



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

Trabajo de Fin de Grado



Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Feasibility study of an electric mobility project in the Cabárceno Nature Park.

Para acceder al título de:

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autora: Belén Barquín González

Director: Juan Carcedo Haya

Convocatoria: Noviembre, 2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el amor, paciencia y cariño, siempre voy a estar agradecida.

A mi hermana, mi otra mitad, por ser alguien a quién admirar siempre.

*A la Escuela de Minas, por darme a dos de las personas más importantes en mi vida,
Jaime y Miguel.*

A María Jesús y Ana por ser mi segundo hogar durante estos años.

RESUMEN

Con un aumento cada vez mayor de la necesidad de proyectos de movilidad eléctrica y de energías renovables, tanto por motivos medioambientales como de aceptación social, más y más sectores están buscando cómo implantarlos y adaptarlos a sus necesidades, de manera rentable. Este trabajo busca estudiar la viabilidad de llevar a cabo un proyecto de estas características, que impulse y fomente el uso de energías limpias y vehículos eléctricos.

El presente documento desarrolla un estudio de viabilidad para la puesta en marcha de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno, en Cantabria. El parque supone la principal atracción turística de la Comunidad Autónoma, recogiendo en sus setecientas cincuenta hectáreas de extensión, más de ciento veinte especies de animales en semilibertad.

En el trabajo se plantea una flota formada por bicicletas, buggies y autobuses eléctricos, que permitan el desplazamiento de los visitantes por el parque. Los autobuses ofrecerán un traslado colectivo y gratuito para los visitantes del recinto, a modo de autobuses de línea, las bicicletas, por su parte, permitirán realizar una visita que promueve la actividad física y el contacto con la naturaleza y, finalmente, los buggies eléctricos tipo todoterreno otorgan al visitante independencia y comodidad.

Tanto los buggies como las bicicletas eléctricas estarán alimentadas a través de una instalación de energía solar fotovoltaica, buscando el autoconsumo con energías limpias y sostenibles. Para ello, se desarrolla la teoría y estado actual tanto de la tecnología fotovoltaica como de los vehículos eléctricos, para posteriormente buscar el tipo de instalación que mejor se adapte al proyecto, en términos de ubicación, potencia otorgada o sistema de acumulación.

A continuación, y en función de la energía producida por la instalación fotovoltaica, se dimensiona la flota final de vehículos, formada por tres autobuses eléctricos eCitaro, sesenta bicicletas Riverside y ciento veinticinco buggies FTV-1 de Free To Vibe. Para la obtención de beneficios se implantará en el Parque de Cabárceno un sistema de alquiler de bicicletas y buggies, cuyas tarifas ideales se determinan con un cálculo iterativo de parámetros económicos, el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, en dos periodos distintos, cinco y diez años.

Los resultados del trabajo nos muestran que es posible recuperar la inversión inicial, que asciende a un total de **CINCO MILLONES MIL QUINIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS (5.001.532,24 €)** en un periodo de **4,31 años**, con un cobro de 35 € por el alquiler diario de los buggies eléctricos y 10 € por las bicicletas.

Finalmente, se plantean distintas opciones para el aumento de estos beneficios y la implantación final del negocio en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

ABSTRACT

With an increasing social and environmental pressure for electric mobility and renewable energy projects, more and more businesses and institutions are looking at how to implement them in a cost-effective manner. This document seeks to study the feasibility of carrying out a project of this kind, which both promotes and encourages the use of clean energies and electric vehicles.

To achieve this goal, the present paper develops a feasibility study for the implementation of an electric mobility project in the Cabárceno Nature Park in Cantabria. This Park is the main tourist attraction in the Autonomous Community of Cantabria, covering an area of seven hundred and fifty hectares and containing more than one hundred and twenty species of animals in a semi-free state.

It proposes a fleet of electric bicycles, buggies, and buses to enable visitors to move around the park. The buses will offer free collective transport for visitors to the park, while the bicycles will allow visitors to enjoy a visit that promotes physical activity and contact with nature. Finally, the all-terrain electric buggies will give visitors independence and comfort.

Both the buggies and the electric bicycles will be powered by a photovoltaic solar energy installation, seeking self-consumption with clean and sustainable energies. To this end, the state and current trends of both photovoltaic technology and electric vehicles is developed, in order to subsequently find the type of installation that best suits the project in terms of location, power or accumulation system.

Then, based on the energy produced by the photovoltaic installation, the final fleet of vehicles is sized, consisting of three eCitaro electric buses, sixty Riverside bicycles and one hundred and twenty-five Free to Vibe FTV-1 buggies. To obtain economic benefits, a rental system will be implemented for the bicycles and buggies, whose ideal rates are determined by an iterative calculation of economic parameters, namely the Net Present Value and the Internal Rate of Return, in two different periods of five and ten years.

The results of this project show that it is possible to fully recover the initial investment, which amounts to a total of **FIVE MILLION ONE THOUSAND FIVE HUNDRED AND THIRTY-TWO EUROS AND TWENTY-FOUR CENTS (5,001,532.24 €)** in a period of **4,31 years**, with a charge of 35 € for the daily rental of the electric buggies and 10 € for the bicycles.

Finally, different options are proposed for increasing these profits and improving the final implementation of the business in the Cabárceno Nature Park.

PALABRAS CLAVE

Movilidad eléctrica, energías renovables, energía solar fotovoltaica, Parque de la Naturaleza de Cabárceno, viabilidad, rentabilidad

KEYWORDS

Electric mobility, Renewable energies, photovoltaic solar energy, Cabárceno Nature Park, viability, profitability

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Introducción y objetivos	1
1.1.	Exposición del proyecto	1
1.2.	Alcance y objetivos	2
2.	Estado del arte.....	3
2.1.	El Parque de la Naturaleza de Cabárceno.....	3
2.2.	El vehículo eléctrico	10
2.2.1.	Historia de los vehículos eléctricos	10
2.2.2.	Actualidad de los vehículos eléctricos en españa	12
2.2.3.	Definición y clasificaciones de un vehículo eléctrico	12
2.2.4.	Elementos principales de un vehículo eléctrico	13
2.2.4.1.	El motor.....	13
2.2.4.2.	Las baterías.....	15
2.2.4.3.	Otros componentes.....	16
2.2.5.	Tipos de recarga	17
2.2.6.	Modos de carga de un vehículo eléctrico.....	17
2.2.7.	Tipos de conectores.....	18
2.2.7.1.	Conector Schuko o doméstico	18
2.2.7.2.	Conector SAE J1772 o Tipo 1.....	18
2.2.7.3.	Conector IEC 62196 o Tipo 2.....	19
2.2.7.4.	Conector CHAdeMO	19
2.2.7.5.	Conector CCS o Combo2	20
2.2.8.	Normativa e incentivos de los vehículos eléctricos.....	20
2.3.	Energía solar fotovoltaica	21
2.3.1.	Situación actual de la energía fotovoltaica	21
2.3.2.	El sol y su energía	23
2.3.3.	Geometría del sol y la tierra	25
2.3.4.	Tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	29
2.3.5.	Componentes de una instalación fotovoltaica.....	32
2.3.5.1.	El módulo fotovoltaico	33

2.3.5.2.	El regulador de carga.....	38
2.3.5.3.	El inversor y el convertor	39
2.3.5.4.	Las baterías.....	41
2.3.5.5.	Conductores eléctricos.....	42
2.3.5.6.	Protecciones, contadores y conexión a red.	42
2.3.6.	Regulaciones y normativa aplicable a la instalación fotovoltaica	44
2.4.	Estudio de viabilidad de un negocio	45
3.	Caso de estudio	48
3.1.	Selección de vehículos eléctricos en el parque	48
3.1.1.	Autobuses eléctricos.....	48
3.1.1.1.	Justificación de necesidad.....	48
3.1.1.2.	Modelo de autobús seleccionado	49
3.1.1.3.	Número de autobuses.....	52
3.1.2.	Bicicletas eléctricas.....	52
3.1.2.1.	Justificación de necesidad.....	52
3.1.2.2.	Carril bici.....	53
3.1.2.3.	Modelos y elección de bicicletas eléctricas	54
3.1.2.4.	Número de bicicletas eléctricas	58
3.1.3.	Buggies eléctricos	59
3.1.3.1.	Justificación	59
3.1.3.2.	Modelos y elección de buggies eléctricos.....	60
3.1.3.3.	Número de buggies necesarios	66
3.2.	Instalación fotovoltaica para la recarga de vehículos	66
3.2.1.	Justificación	66
3.2.2.	Emplazamiento de la instalación.....	71
4.	Metodología	72
4.1.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	72
4.1.1.	Selección del módulo fotovoltaico	72
4.1.2.	Estructura del aparcamiento solar	72
4.1.3.	Superficie de aparcamiento.....	72
4.1.4.	Implantación de los módulos y selección del inversor.....	73
4.1.5.	Cableado de la instalación.....	75

4.1.6.	Elementos de protección y puesta a tierra	78
4.1.7.	Elementos de medida	79
4.1.8.	Radiación solar incidente	79
4.1.9.	Pérdidas en la instalación fotovoltaica.....	80
4.1.9.1.	Pérdidas de potencia de fabricación.....	80
4.1.9.2.	Disposición de los paneles	81
4.1.9.3.	Pérdidas por polvo y suciedad	84
4.1.9.4.	Pérdidas por sombreado.....	85
4.1.9.5.	Pérdidas por temperatura.....	86
4.1.9.6.	Pérdidas del cableado	87
4.1.9.7.	Rendimiento del inversor.....	87
4.1.10.	Rendimiento global del sistema o performance ratio.....	87
4.1.11.	Producción final	88
4.1.12.	Baterías	88
4.1.13.	Subvenciones para las instalaciones fotovoltaicas.....	89
4.2.	Dimensionado final de la flota de vehículos.....	90
4.2.1.	Recarga de los vehículos.....	90
4.2.2.	Subvenciones para la movilidad eléctrica	90
4.3.	Estudio de viabilidad	91
4.3.1.	Análisis DAFO.....	91
4.3.2.	Tipo de instalación fotovoltaica	91
4.3.3.	Viabilidad del proyecto.....	92
4.4.	Implantación del negocio.....	92
5.	Resultados	93
5.1.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	93
5.1.1.	Selección del módulo fotovoltaico	93
5.1.2.	Estructura de marquesina solar	93
5.1.3.	Superficie de aparcamiento.....	95
5.1.4.	Implantación de los módulos y selección del inversor.....	97
5.1.5.	Cableado de la instalación	102
5.1.6.	Elementos de protección y puesta a tierra	107
5.1.6.1.	Fusibles.....	107

5.1.6.2.	Interruptor magnetotérmico en corriente alterna	107
5.1.6.3.	Interruptor diferencial o disyuntor	107
5.1.6.4.	Puesta a tierra	108
5.1.6.5.	Protecciones extra del inversor	110
5.1.7.	Elementos de medida	110
5.1.8.	Radiación solar incidente	111
5.1.9.	Pérdidas de la instalación	117
5.1.9.1.	Pérdidas de potencia de fabricación	117
5.1.9.2.	Disposición de los paneles	117
5.1.9.3.	Pérdidas por polvo y suciedad	120
5.1.9.4.	Pérdidas por sombreado	120
5.1.9.5.	Pérdidas por temperatura	120
5.1.9.6.	Pérdidas del cableado	123
5.1.9.7.	Rendimiento del inversor	123
5.1.10.	Rendimiento global del sistema o performance ratio	124
5.1.11.	Producción final	127
5.1.12.	Baterías	128
5.2.	Dimensionado final de la flota de vehículos	129
5.2.1.	Recarga de los vehículos	133
5.2.2.	Subvenciones para la movilidad eléctrica	133
5.3.	Estudio de viabilidad	135
5.3.1.	Análisis DAFO	135
5.3.2.	Tipo de instalación fotovoltaica	136
5.3.3.	Viabilidad del proyecto	144
5.3.3.1.	Viabilidad comercial	144
5.3.3.2.	Viabilidad técnica	146
5.3.3.3.	Viabilidad administrativa y legal	146
5.3.3.4.	Viabilidad ambiental	146
5.3.3.5.	Viabilidad financiera – VAN, TIR y PRI	146
5.4.	Implantación del negocio	151
5.4.1.	Tarifas	151
5.4.2.	Publicidad y marketing	151

5.4.3.	Soluciones para el aumento de los beneficios	152
5.4.4.	Consideraciones de futuro y mejoras.....	154
5.4.4.1.	Ampliación de las líneas de autobuses.	154
5.4.4.2.	Alquiler de buggies por temporadas.....	155
5.4.4.3.	Uso de los excedentes eléctricos	156
5.4.4.4.	Puntos de carga rápida.....	156
6.	Presupuesto final.....	157
7.	Conclusiones.....	158
8.	Bibliografía.....	163
9.	Anexos	171

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS E ILUSTRACIONES

TABLAS

<i>Tabla 2.1 Número de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno según su procedencia. Años 2018 - 2020. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos ofrecidos por CANTUR S.A.</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2.2 Viajeros y pernoctaciones en Cantabria a lo largo de un año. FUENTE: Instituto Cántabro de Estadística.</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2.3 Número medio de visitantes en cada mes en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2.4 Número de visitantes medio por día según el mes y día de la semana en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2.5 Tipos de entradas Adulto/Niño. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos aportados por CANTUR.</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 2.6 Tipo de compañía de los visitantes del parque. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos extraídos de TripAdvisor.</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3.1 Tabla comparativa de los modelos de bicicleta eléctrica seleccionados. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 3.2 Tabla comparativa de los modelos de buggy eléctrico seleccionados. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 4.1 Conductividad del cobre y el aluminio. FUENTE: Instalaciones III - Electrotécnia, Universidad de Málaga.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 4.2 Criterio de intensidad máxima admisible para distintos tipos de instalación y cables empleados. FUENTE: Guía ITC-BT-19.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4.3 Ángulo de inclinación óptima según la latitud del lugar. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 4.4 Límites de pérdidas por Orientación e inclinación y sombras. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 4.5 Ayudas aplicables a la financiación de las estaciones de recarga en función del destinatario y la localización. FUENTE: IDAE.</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 5.1 Características generales de las distintas instalaciones propuestas. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 5.2 Características del módulo fotovoltaico seleccionado. FUENTE: Ficha técnica A-330M GS 60.</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 5.3 Sección mínima de cableado según la intensidad máxima admisible. Zona 1. FUENTE: Edición a partir de la Guía ITC-BT-19.</i>	<i>103</i>

<i>Tabla 5.4 Sección mínima de cable según el criterio de intensidad máxima admisible. Zona 2. FUENTE: Edición propia a partir de la Guía ITC-BT-19.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 5.5 Secciones mínimas del cableado según el criterio de intensidad máxima admisible. FUENTE: Edición a partir de la Guía ITC-BT-19.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 5.6 Coste por metro de los distintos cables utilizados. FUENTE: Elaboración propia.</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 5.7 Dimensiones de los electrodos en una puesta a tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 5.8 Secciones para los conductores de tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 5.9 Sección de los conductores de protección en una puesta a tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 5.10 Irradiación global horizontal en la ubicación de estudio entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 5.11 Irradiación directa normal en la ubicación de estudio, entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 5.12 Irradiación global con inclinación de 9º, entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 5.13 Comparativa entre los datos extraídos de la ADRASE y de PVGIS para la ubicación de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 5.14 Ángulo óptimo de inclinación para el módulo fotovoltaico según la latitud. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 5.15 Pérdidas admisibles por orientación e inclinación y sombras. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 5.16 Temperatura media según el mes, en la ubicación de estudio. Años 2010 – 2016. FUENTE: Elaboración propia. Datos de PVGIS.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 5.17 Potencia del módulo fotovoltaico con la temperatura de funcionamiento. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 5.18 Pérdidas y rendimiento del panel fotovoltaico debido a la temperatura de operación. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 5.19 Producción final de las instalaciones A, B y A+B. FUENTE: Elaboración propia</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 5.20 Consumo por la recarga de los autobuses eléctricos. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 5.21 Precio medio del megavatio hora en España en los últimos años (2014-Sept.2021). FUENTE: Elaboración propia, datos de statista.com.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 5.22 Flota a implantar según la instalación fotovoltaica. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>132</i>

<i>Tabla 5.23 Ayudas aplicables a la financiación de las estaciones de recarga en función del destinatario y la localización. FUENTE: IDAE</i>	134
<i>Tabla 5.24 Subvenciones aplicables a través del Plan MOVES III. FUENTE: Elaboración propia. Información de Free to Vibe y la IDAE</i>	134
<i>Tabla 5.25 Análisis DAFO. FUENTE: Elaboración propia</i>	135
<i>Tabla 5.26 Costes (mes 1) de la instalación A con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	137
<i>Tabla 5.27 Costes (mes 1) de la instalación B con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	138
<i>Tabla 5.28 Costes (mes 1) de la instalación A+B con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	139
<i>Tabla 5.29 Costes (mes 1) de la instalación A sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	141
<i>Tabla 5.30 Costes (mes 1) de la instalación B sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	142
<i>Tabla 5.31 Costes (mes 1) de la instalación A+B sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	143
<i>Tabla 5.32 Inversiones iniciales según la instalación y el sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	144
<i>Tabla 5.33 Ingresos por actividad en los años 2017 y 2018, CANTUR. FUENTE: Cuentas anuales 2018 CANTUR</i>	145
<i>Tabla 5.34 Buggies y bicicletas utilizados anualmente. Caso B y A+B. FUENTE: Elaboración propia</i>	147
<i>Tabla 5.35 Producción total anual de las instalaciones B y A+B. FUENTE: Elaboración propia</i>	148
<i>Tabla 5.36 Flujos de carga acumulados en el periodo de cinco años. FUENTE: Elaboración propia</i>	150
<i>Tabla 6.1 Presupuesto final. FUENTE: Elaboración propia</i>	157
<i>Tabla 7.1 Inversiones iniciales para las distintas instalaciones y sistemas de acumulación. FUENTE: Elaboración propia</i>	160

GRÁFICOS

<i>Gráfico 2.1 Frecuencia de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno por meses. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín</i>	4
--	---

Gráfico 2.2 Viajeros y pernoctaciones en Cantabria a lo largo de un año. FUENTE: Instituto Cántabro de Estadística.	5
Gráfico 2.3 Superposición de la frecuencia de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno y las pernoctaciones en Cantabria. FUENTE: Elaboración propia.	5
Gráfico 2.4 Porcentaje de los visitantes totales anuales que visitan el parque cada mes. FUENTE: Elaboración propia.	6
Gráfico 2.5 : Visitantes al Parque de Cabárceno en junio y septiembre (izquierda) y en febrero (derecha) entre los años 2004 y 2017. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín.	7
Gráfico 2.6 Visitantes al Parque de Cabárceno en julio y agosto entre los años 2004 y 2017. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín.	8
Gráfico 2.7 Países más desarrollados en términos de energía fotovoltaica. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative Energies.	22
Gráfico 2.8 Adiciones de energía solar fotovoltaica en todo el mundo. Años 2009-2019. FUENTE: Pablo Castro Alonso. Renewable and Alternative energies.	22
Gráfico 2.9 Espectro de la radiación solar en la Tierra. FUENTE: Research Gate.	24
Gráfico 2.10 Curva I-V de un panel fotovoltaico. FUENTE: Edición propia a partir de gráfica obtenida a través de: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.	36
Gráfico 2.11 Curva de eficiencia de un inversor. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.	40
Gráfico 3.1 Desnivel en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Rutasenbici.net.	53
Gráfico 3.2 Perfil medio diario de la velocidad del viento en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: CENER - mapaeolicoiberico.com.	69
Gráfico 3.3 Producción anual de electricidad a través de centrales de energía solar térmica en España a lo largo de un año. Años 2009-2015. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.	70
Gráfico 4.1 Cambios en el voltaje y corriente de un módulo fotovoltaico al cambiar la temperatura de operación. FUENTE: Researchgate.net.	86
Gráfico 5.1 Irradiación solar global sobre el plano horizontal para el emplazamiento de estudio. Valores medios por mes. FUENTE: ADRASE.	112
Gráfico 5.2 Irradiación solar mensual entre los años 2005 y 2016 en la ubicación de estudio. FUENTE: PVGIS.	113
Gráfico 5.3 Trayectoria solar en la ubicación de estudio. FUENTE: Sun Earth Tools.	117
Gráfico 5.4 Temperatura media mensual para la ubicación de estudio, 2016. FUENTE: PVGIS.	120

<i>Gráfico 5.5 Sensibilidad de distintas tecnologías fotovoltaicas a efectos espectrales. FUENTE: PVGIS.....</i>	<i>124</i>
<i>Gráfico 5.6 Producción de energía mensual de la instalación fotovoltaica A. FUENTE: PVGIS.....</i>	<i>125</i>
<i>Gráfico 5.7 Producción de energía mensual de la instalación fotovoltaica B. FUENTE: PVGIS.....</i>	<i>126</i>
<i>Gráfico 5.8 Evolución de los precios de la luz en los últimos meses. 2021. FUENTE: OMIE</i>	<i>129</i>
<i>Gráfico 5.9 Precio horario del mercado diario en España. FUENTE: OMIE</i>	<i>130</i>

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 2.1 La Jamais Contente. FUENTE: Foro Coches Eléctricos.</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2.2 Conector Schuko. FUENTE: Electromaps.com.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 2.3 Conector Tipo 1. FUENTE: Gotebike.es</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 2.4 Conector Tipo 2. FUENTE: Circuitor.es.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 2.5 Conector CHAdeMO. FUENTE: Econeq.es</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2.6 Conector Combo 2. FUENTE: cocheselectricos10.com.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2.7 Esquema de los distintos tipos de radiación. FUENTE: SFE Solar.</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 2.8 Irradiación global horizontal en Europa. FUENTE: Wikipedia Commons.</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 2.9 Parámetros de posición entre el sol y el observador. Altura y azimut solar. FUENTE: Research Gate.</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 2.10 Instalación fotovoltaica conectada a la red. FUENTE: Global Electricity.</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 2.11 Instalación fotovoltaica aislada de la red. FUENTE: Global Electricity.</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 2.12 Autoconsumo conectado a red. FUENTE: Global Electricity.</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 2.13 Esquema de una instalación fotovoltaica de autoconsumo con sistema de acumulación. FUENTE: energiafv.com.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2.14 Polarización, unión P-N. FUENTE: Wikipedia Commons.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 2.15 Clasificación de las principales tecnologías fotovoltaicas. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative Energies.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 2.16 Componentes del módulo fotovoltaico. FUENTE: ingemecanica.com..</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 2.17 Conexión de módulos fotovoltaicos en paralelo. FUENTE: SFE Solar. ..</i>	<i>38</i>

<i>Ilustración 2.18 Conexión de módulos fotovoltaicos en serie. FUENTE: SFE Solar</i>	38
<i>Ilustración 3.1 Líneas de autobús del Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Parquedecabarceno.com</i>	49
<i>Ilustración 3.2 eCitaro. FUENTE: Mercedes-Benz</i>	50
<i>Ilustración 3.3 Bicicleta eléctrica Youin You-Ride FUENTE: Mediamarkt.es</i>	54
<i>Ilustración 3.4 Bicicleta eléctrica Riverside. FUENTE: Decathlon.es</i>	55
<i>Ilustración 3.5 Bicicleta eléctrica Elops eBike 120. FUENTE: Decathlon.es</i>	55
<i>Ilustración 3.6 Bicicleta eléctrica MOMA bikes. FUENTE: momabikes.com</i>	56
<i>Ilustración 3.7 Buggy eléctrico Marshall DN-4. FUENTE: Movelco.com</i>	61
<i>Ilustración 3.8 Buggy eléctrico Little E-Box 4. FUENTE: Movelco.com</i>	62
<i>Ilustración 3.9 Buggy eléctrico EZGO. FUENTE: ezgo.txtsv.com</i>	63
<i>Ilustración 3.10 Buggy eléctrico FTV-1 Free to Vibe. FUENTE: FreeToVibe.com</i>	64
<i>Ilustración 3.11 Energía final consumida por el sector transporte en el año 2017. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.</i>	67
<i>Ilustración 3.12 Entorno del Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia a partir de imagen satélite de Google Maps.</i>	68
<i>Ilustración 3.13 Rosa de vientos en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: CENER - mapaeolicoiberico.com</i>	69
<i>Ilustración 4.1 Horas Solares Pico. FUENTE: certificacionenergetica.info</i>	80
<i>Ilustración 4.2 Orientación de un panel fotovoltaico. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.</i>	81
<i>Ilustración 4.3 Cambio en la trayectoria solar en diciembre y junio. FUENTE: altestore.com</i>	82
<i>Ilustración 4.4 Inclinación de un módulo fotovoltaico. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.</i>	82
<i>Ilustración 4.5 Figura para el cálculo de pérdidas por inclinación y orientación. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red</i>	84
<i>Ilustración 5.1 Módulo fotovoltaico A-330M GS 60. FUENTE: Atersa.com</i>	93
<i>Ilustración 5.2 Marquesina solar SolarPark ZFrame. FUENTE: Cambioenergetico.com</i>	94
<i>Ilustración 5.3 Vista lateral de la marquesina. FUENTE: Ficha técnica SolarPark ZFrame</i>	94
<i>Ilustración 5.4 Áreas de estudio para la instalación fotovoltaica. FUENTE: Elaboración propia a partir de imagen de satélite de Mapas Cantabria.</i>	95
<i>Ilustración 5.5 Esquema básico de las distintas zonas de cableado en la instalación. FUENTE: Elaboración propia.</i>	102

<i>Ilustración 5.6 Señal de puesta a tierra en el esquema del panel fotovoltaico. FUENTE: Edición sobre imagen de la ficha técnica del módulo fotovoltaico A-330M GS 60</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 5.7 Irradiación solar global horizontal en España. FUENTE: ADRASE</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 5.8 Cálculo de la inclinación máxima y mínima con la orientación y eficiencia mínima requerida. FUENTE: Elaboración propia, figura de IDAE -. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.....</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 5.9 Esquema de la instalación con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 5.10 Esquema simplificado de la instalación sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia.....</i>	<i>140</i>
<i>Ilustración 5.11 Perfil del Parque de Cabárceno en Instagram. FUENTE: Instagram...</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 5.12 App de Cabárceno. FUENTE: parquedecabarceno.com</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 5.13 Nuevas líneas de autobuses en Cabárceno. FUENTE: Imagen original de parquedecabarceno.com. Edición propia</i>	<i>155</i>

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. EXPOSICIÓN DEL PROYECTO

Uno de los grandes retos tecnológicos que se presentan en los próximos años es la adaptación de la producción energética a las necesidades de nuestra industria, transporte y forma de vivir, a un coste aceptable, para reducir las emisiones de contaminantes y así colaborar al cuidado del medioambiente y nuestra propia salud.

Dentro de todos los focos de consumo energético, el transporte se encuentra a la cabeza, suponiendo aproximadamente el 40% del total de la energía consumida en España y causando el 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la región de Cantabria [1]. Además, hay que tener en cuenta que tan solo un 3% de la energía destinada al sector transporte es de origen renovable, lo que hace que la adaptación de este sector sea una de las claves de la transición energética.

El transporte cumple un papel fundamental en la economía y en la sociedad actual, consumiendo grandes cantidades de combustibles fósiles y produciendo, por lo tanto, toneladas de CO₂ cada año, además de otros gases tóxicos como son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) e hidrocarburos (H_xC_y) [2]. El dióxido de carbono (CO₂) como tal no es un gas tóxico, sin embargo, se produce en grandes cantidades. Esta gran emisión de CO₂ a la atmósfera es la causa del aumento del efecto invernadero, y con ello, el aumento de la temperatura media terrestre. Hoy en día existen multitud de planes y normativas destinadas a la mejora de esta problemática, como puede ser el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima a nivel nacional o el régimen de comercio de derechos de admisión de la Unión Europea.

Para lograr los objetivos es necesaria una respuesta multilateral, en la cual tanto entidades públicas y privadas como los individuos colaboren en la transformación de este sector a través de la electrificación, con la introducción de tecnologías libres de emisiones y fomentando el uso de estas. Esta situación se puede interpretar como una nueva oportunidad para el desarrollo de negocios que, al mismo tiempo de aportar beneficios, utilicen energías renovables como una vía energética más limpia.

El documento tiene como objetivo realizar un estudio de rentabilidad sobre un proyecto de movilidad eléctrica, basado en la implantación de una flota de vehículos eléctricos en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno, en Cantabria. De esta manera, los visitantes del parque se desplazarían por el mismo con estos, en lugar de con su vehículo particular.

A partir de esta idea se valoran distintas opciones para el número de vehículos, el tipo de instalación fotovoltaica y la organización general del negocio para encontrar la opción más viable.

1.2. ALCANCE Y OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es desarrollar un estudio sobre la viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno, así como analizar las distintas posibilidades para su implantación. Para este desarrollo, se marcan distintos objetivos:

- I. Recopilar información, comprender y estudiar las características del Parque de la Naturaleza de Cabárceno y de sus visitantes.
- II. Analizar los aspectos básicos sobre los vehículos eléctricos, estudiar el tipo de vehículos a implantar en el parque y sus características generales.
- III. Búsqueda de información sobre la obtención de energía eléctrica a partir de un sistema de energía fotovoltaica. Características de la instalación ideal para esta aplicación.
- IV. Diseño simplificado de un sistema de producción de energía solar en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno, y realizar un cálculo del número de vehículos a implantar en función de la energía eléctrica producida.
- V. Realizar un cálculo iterativo para encontrar el punto de mayor rentabilidad para distintas tarifas de alquiler de los vehículos. Descripción del negocio, detalles e implantación.
- VI. Examinar los resultados obtenidos, realizar un presupuesto final y conclusiones.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. EL PARQUE DE LA NATURALEZA DE CABÁRCENO

El proyecto se desarrollará en base a las necesidades del Parque de la Naturaleza de Cabárceno, ubicado en el municipio de Penagos (43°21'0" N, 3°51'8" W). Este espacio, que se desarrolla en setecientas cincuenta hectáreas pertenecientes a una antigua explotación minera, cuenta con casi ciento veinte especies de animales en semilibertad y recibe miles de visitantes anuales [3].

El parque se ha convertido además en un referente en la conservación de especies, educación e investigación medioambiental y adaptación del entorno para conseguir que los animales se encuentren en un hábitat lo más natural posible. Una de las principales interferencias es la gran presencia de vehículos en el parque por el itinerario de más de veinte kilómetros de extensión, que, si bien también pueden ser recorridos a bicicleta o a pie, lo más habitual es que los visitantes opten por recorrerlo en su propio coche.

Con el desarrollo de este proyecto, se consigue convertir el espacio en un lugar libre de ruidos y emisiones, más acorde a la idea del parque de acercar a las especies a su hábitat natural, evitando innecesarios movimientos de cientos de vehículos a diario y colaborando así al alcance de los objetivos medioambientales de cero emisiones.

La instalación se adecuará a las características del Parque, estudiando para ello las estadísticas de visitantes de los tres últimos años. Se muestra a continuación una recopilación de esta información (Tabla 2.1):

Tabla 2.1 Número de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno según su procedencia. Años 2018 - 2020. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos ofrecidos por CANTUR S.A.

PROCEDENCIA DE LOS VISITANTES	2018	2019	2020
<i>España</i>	336253	161893	467795
<i>Resto del mundo</i>	10503	5284	2798
<i>NS/NC</i>	268330	445036	17190
TOTAL	615086	612213	487783

La gran diferencia de visitantes anuales entre los años 2018-2019 y el año 2020 es debido a que este último se ha visto marcado por la pandemia del SARS-CoV-2, reduciendo notablemente los desplazamientos turísticos.

Para la selección del número de vehículos eléctricos requeridos hay que tener en cuenta de manera más específica la distribución del volumen de visitantes a lo largo del año, ya que, en los meses de verano o en los fines de semana, es cuando se registran los mejores datos y, por ejemplo, un día laboral en temporada baja habrá muchos menos visitantes.

El aforo máximo del parque está establecido en 10.500 personas, aunque el récord de visitantes en un mismo día se sitúa en los 10.400 visitantes [4]. Para calcular la cantidad de vehículos a adquirir no se toma respecto al aforo máximo si no a un aforo medio,

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

estudiando también cual será la cantidad de vehículos rentable, para ello, se analiza la evolución mensual de los visitantes del Parque (Gráfico 2.1):

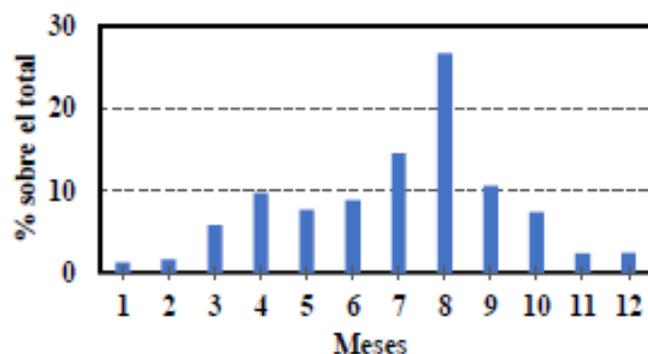


Gráfico 2.1 Frecuencia de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno por meses. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín

En esta figura destaca el mes de agosto, que concentra más de un cuarto de los visitantes anuales del Parque, alcanzando un 26%. Así mismo sobresalen sobre el resto julio (14,6%) y el mes de septiembre (10%). Por otra parte, cabe señalar la importancia de la Semana Santa en el mes de abril, con un 10% de visitantes, alcanzando valores superiores al mes de mayo (8%) y junio. Marzo por otra parte supone el 5% de los visitantes, y octubre, justo al terminar la temporada alta, alcanza el 7,5% de los visitantes.

Por otro lado, tenemos los datos de viajeros y pernoctaciones en Cantabria. Fácilmente se puede observar como la evolución por meses de los visitantes del Parque tiene una distribución muy similar a los visitantes totales de la comunidad autónoma, lo que nos servirá para la obtención de los porcentajes no disponibles de la frecuencia mensual de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno. En la siguiente tabla (Tabla 2.2) se observa cómo, igualmente, los meses de temporada alta se corresponden con julio, agosto y septiembre.

Tabla 2.2 Viajeros y pernoctaciones en Cantabria a lo largo de un año. FUENTE: Instituto Cántabro de Estadística.

TIEMPO	Viajeros	Pernoctaciones
2019-Enero	39.754	76.086
2019-Febrero	51.514	96.301
2019-Marzo	75.691	148.784
2019-Abril	112.826	244.848
2019-Mayo	112.955	233.175
2019-Junio	140.593	293.090
2019-Julio	187.250	458.883
2019-Agosto	215.454	561.389
2019-Septiembre	153.352	351.448
2019-October	108.048	224.094
2019-Noviembre	64.536	136.330
2019-Diciembre	59.748	112.917

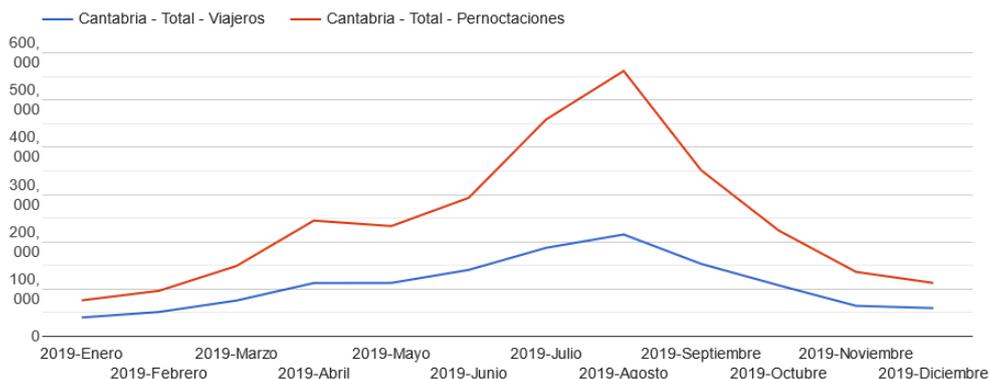


Gráfico 2.2 Viajeros y pernoctaciones en Cantabria a lo largo de un año. FUENTE: Instituto Cántabro de Estadística.

Observando una superposición entre ambas gráficas se confirma lo anteriormente descrito. Cabe destacar que el mes de agosto es mucho más concurrido respecto al total en el Parque de Cabárceno, que en el total de la comunidad autónoma, sin embargo, esto no es problema pues se tiene el dato de que supone el 26%.

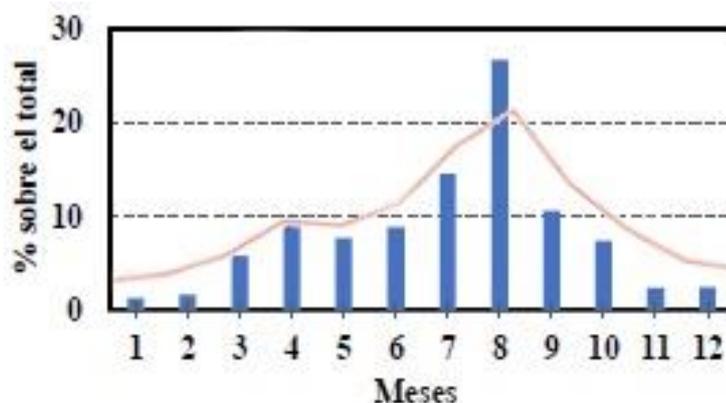


Gráfico 2.3 Superposición de la frecuencia de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno y las pernoctaciones en Cantabria. FUENTE: Elaboración propia.

Finalmente se aproximan los porcentajes utilizando los datos de pernoctaciones como referencia, quedando lo siguiente:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

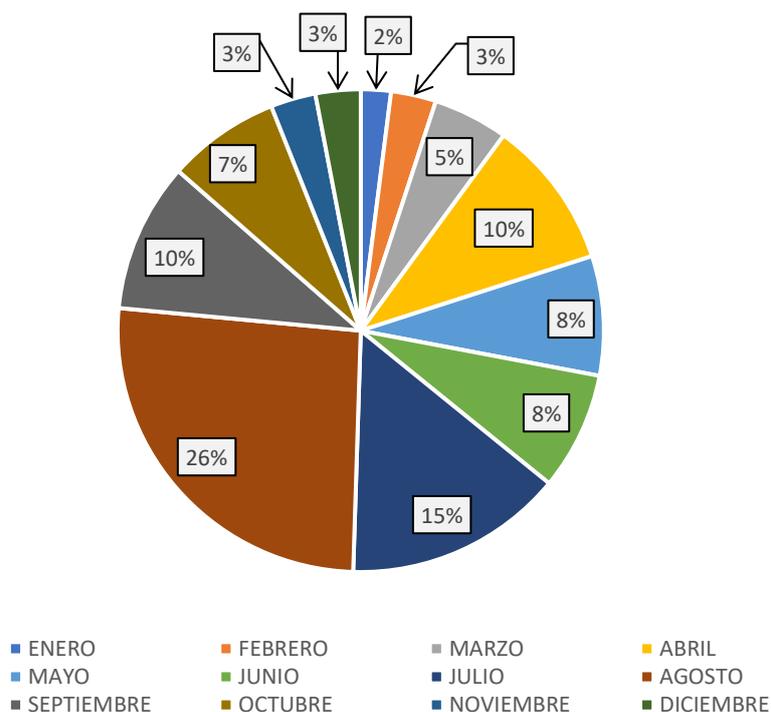


Gráfico 2.4 Porcentaje de los visitantes totales anuales que visitan el parque cada mes. FUENTE: Elaboración propia.

Con estos porcentajes y el número total de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno a lo largo del año 2019 se calcula los visitantes por mes en dicho año:

Tabla 2.3 Número medio de visitantes en cada mes en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia.

MESES	VISITANTES
<i>Enero</i>	12.244
<i>Febrero</i>	18.366
<i>Marzo</i>	30.612
<i>Abril</i>	61.221
<i>Mayo</i>	48.977

Junio	48.365
Julio	89.384
Agosto	159.175
Septiembre	61.221
Octubre	45.916
Noviembre	18.366
Diciembre	18.366

Otro factor a tener en cuenta es la distribución semanal de visitantes, que varía en función del mes. Lo que uno puede imaginarse es que la concentración de visitantes semanales se sitúe en su mayor parte en los fines de semana, coincidiendo con el tiempo libre más común de los calendarios lectivos y laborales, y así es en los meses entre septiembre y junio.

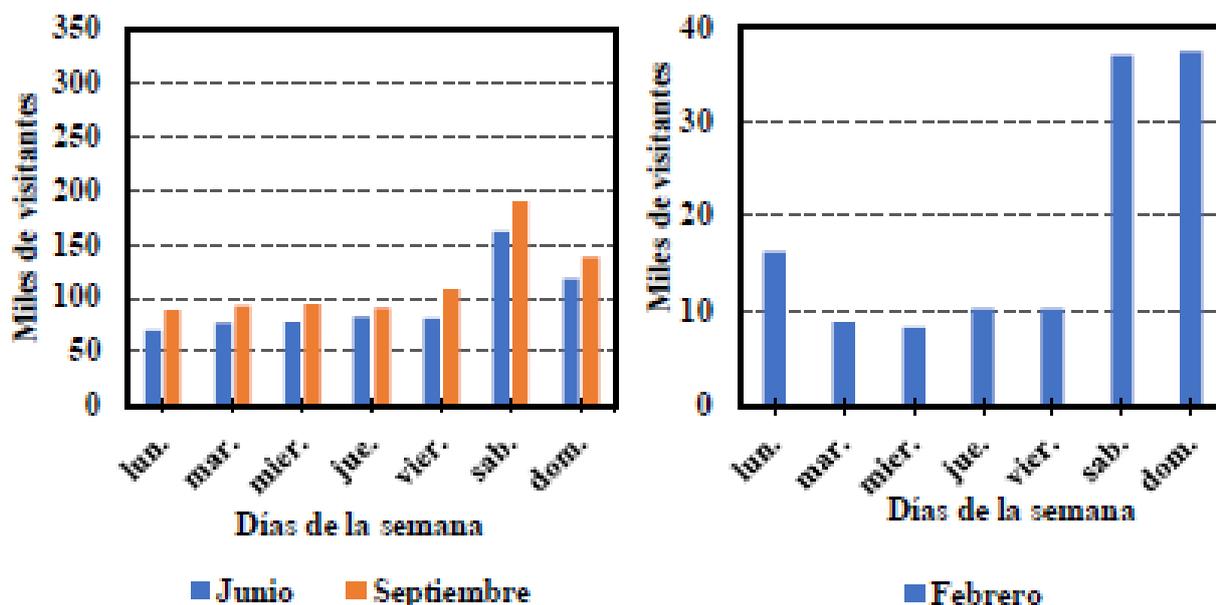


Gráfico 2.5 : Visitantes al Parque de Cabárceno en junio y septiembre (izquierda) y en febrero (derecha) entre los años 2004 y 2017. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín

Por el contrario, en los meses con mayor número de visitantes, julio y agosto, no se cumple este reparto de visitantes semanales, en los cuales hay una distribución más homogénea entre los días de la semana, destacando los martes, miércoles y jueves.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

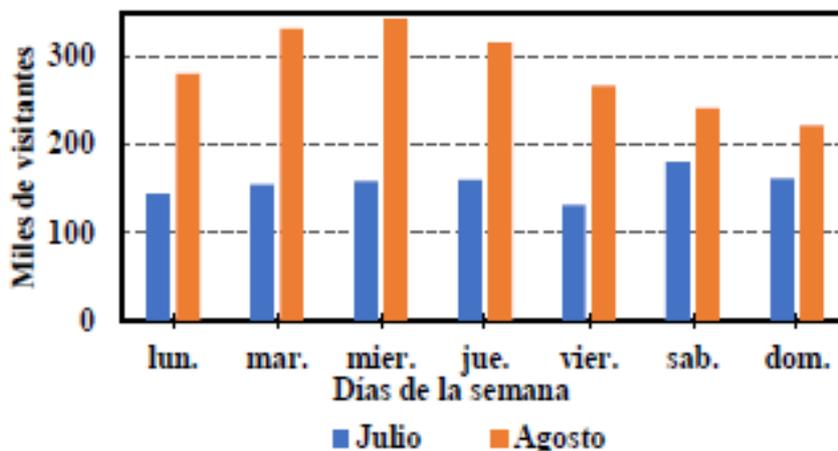


Gráfico 2.6 Visitantes al Parque de Cabárceno en julio y agosto entre los años 2004 y 2017. FUENTE: Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín.

En función de los datos reflejados en las anteriores gráficas se realiza un cálculo aproximado de lo que sería la media de visitantes por día, según el mes y el día de la semana:

Tabla 2.4 Número de visitantes medio por día según el mes y día de la semana en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia.

MES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL
FEBRERO	268	161	161	179	179	625	625	8786
JUNIO	982	1339	1339	1429	1429	2768	1875	44643
JULIO	2857	2946	2946	2946	2232	3214	2679	79286
AGOSTO	5000	5804	6250	5536	4464	4107	3750	139643
SEPTIEMBRE	1607	1607	1696	1607	1875	3214	2589	56786

Los datos anteriores no son datos reales, si no un cálculo aproximado que se utilizará como muestra de cuáles son los días, en promedio, más concurridos en el parque, así como los menos concurridos. Con los valores anteriores y extrapolando al resto de meses del año, se calcula que un día de media visitan el parque 1600 personas. Además, este anterior valor coincide al realizar un promedio con el total de visitantes en un año:

$$n = \frac{\text{visitantes totales por año}}{\text{días del año}} = \frac{615086}{365} = 1685,16 \text{ visitantes/día}$$

Así mismo, se puede observar que los datos de visitantes totales en un mes, calculados en las tablas 2.3 y 2.4 no coinciden exactamente, pero son bastante próximos. Esta variación, de nuevo, se debe a que el cálculo se ha hecho con estimaciones al no disponer de los datos reales.

De todo lo anterior se puede concluir que:

- Agosto es el mes con mayor afluencia de visitantes, alcanzando valores de en torno a 150.000 visitantes.
- El mes menos visitado es enero, con cifras de 10.000 visitantes.
- La media se sitúa en torno a los 50.000 visitantes mensuales.
- De manera más concreta, en un año cualquiera el día más concurrido será un miércoles de agosto, ascendiendo a 6.250 visitantes de media en un día. El récord de visitantes se sitúa en 10.400 personas.
- Un día poco concurrido se dará entre los meses de enero y febrero y entre semana, situándose el mínimo de visitantes diario en torno a 160 visitantes.
- El promedio anual de visitantes en un día se sitúa en unas **1600** personas.

Respecto a los accesos separados agrupando las diferentes categorías o formas de acceso, tenemos lo siguiente:

Tabla 2.5 Tipos de entradas Adulto/Niño. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos aportados por CANTUR.

TIPO DE ENTRADA	2018	2019	2020
Adulto	364813	341228	307959
Niño	157636	178360	128214

Es importante también tener en cuenta el tipo de grupos que visitan el Parque, para elegir los vehículos con el número de plazas más adecuadas. Con lo anterior no queda definido de manera concreta, por lo que se recurre a revisar la página del Parque de Cabárceno en la web de Tripadvisor. Esta web permite a los usuarios de hostelería, museos y otras actividades turísticas valorar su experiencia, acompañado de un comentario en el que se detalla, entre otros factores, con quién han desarrollado la visita, quedando lo siguiente para una muestra de 4809 reseñas:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 2.6 Tipo de compañía de los visitantes del parque.
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos extraídos de TripAdvisor.

Tipo de visita	Personas	Porcentaje
En familia	2355	49,0%
En pareja	1108	23,0%
Negocios	14	0,3%
Amigos	373	7,8%
En solitario	28	0,6%
NS/NC	931	19,4%
Total	4809	-

Una vez recopilados los datos sobre los visitantes del Parque de Cabárceno se puede partir de una primera dificultad para el desarrollo del proyecto, y es la gran variabilidad en la distribución de visitantes a lo largo del año. Si se tratase de una atracción turística con unas estadísticas de visitantes con mayor constancia, el número de vehículos eléctricos a instalar se podría decidir con más facilidad, sin embargo, no se puede tomar como referencia un número medio de visitantes ya que en muchos meses estaría sobredimensionado, con las correspondientes pérdidas que esto supone, y en meses de alta ocupación como agosto no se podría abarcar la totalidad de visitantes. Por ello, no se dimensionará la flota de vehículos en función de las estadísticas de visitantes, si no que se utilizará la capacidad de carga de la instalación realizada como punto de partida.

2.2. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

2.2.1. Historia de los vehículos eléctricos

Los primeros vehículos eléctricos comenzaron a fabricarse a finales del siglo XIX, incluso antes que los vehículos de combustión interna, aunque nos encontramos ahora en el momento de máximo desarrollo, siendo un tema de gran actualidad y siendo un punto clave para el futuro del transporte sostenible.

Hoy en día todavía existen dudas sobre quién fue el inventor de los automóviles eléctricos, aunque hay ciertas personas que históricamente han colaborado a llegar a lo que tenemos en la actualidad.

Una de las figuras históricas a destacar es *Anyos Istvan Jedlik*, que inventó el primer motor eléctrico en el año 1827 [5]. *Thomas Davenport*, en el año 1834, y usando como referencia el invento de *Anyos Istvan*, desarrolló igualmente un motor eléctrico que consiguió patentar. A partir de esto, se comenzaron a desarrollar distintos vehículos

propulsados por este sistema, como el carruaje desarrollado por *Robert Anderson* en el año 1839.

La principal desventaja de estos vehículos es que no empleaban baterías recargables, hasta que *Gaston Planté* y *Camille Faure* desarrollaron el método adecuado, lo que impulsó a la presentación de un vehículo eléctrico en la Exposición Internacional de París en 1881 por *Gustave Trouvé*: un triciclo eléctrico.

A lo largo de los siguientes años se continuó estudiando las aplicaciones de los motores eléctricos en distintos sectores, así como el desarrollo y la mejora de las baterías, y en el año 1899 se alcanzó un nuevo hecho histórico: Se fabricó el primer coche en superar los 100 km/h de velocidad, "*La Jamais Contente*" (Ilustración 2.1), fabricado por *Compagnie Internationale des transports automóbiles électriques* y conducido por *Camille Jenatzy* [6].

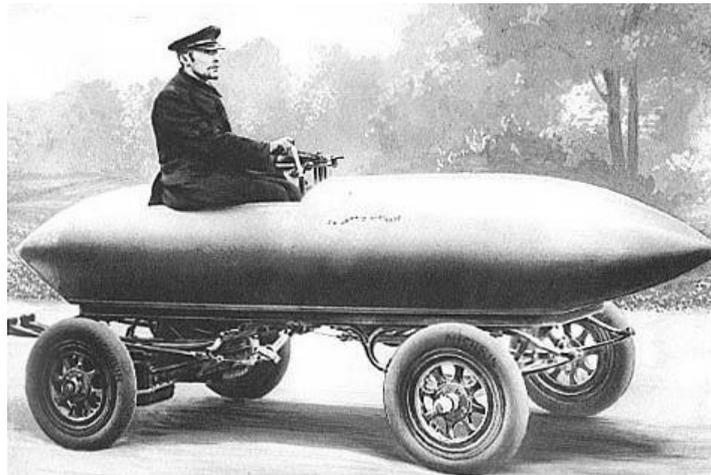


Ilustración 2.1 *La Jamais Contente*. FUENTE: Foro Coches Eléctricos.

Uno de los principales inconvenientes de estos vehículos era la autonomía, mejorada con la introducción de las baterías recargables de níquel hierro (*Thomas Edison*), sin embargo pronto el coche eléctrico se utilizaría de manera exclusiva para recorrer pequeñas distancias o utilizados por mujeres, disminuyendo cada vez más su uso. Poco después, en 1912, *Henry Ford* abarató los costes de los vehículos de combustión interna al desarrollar su fabricación en cadena, hecho que se unió a la caída del precio de la gasolina y a la falta de una red eléctrica, para que el coche de combustión interna se impusiera sobre el eléctrico [7].

Hoy en día, los vehículos eléctricos han vuelto a cobrar vida por distintos motivos: Con la combustión de hidrocarburos en los motores térmicos se producen grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2), además de otros compuestos como el monóxido de carbono o los óxidos de nitrógeno o de azufre. Estas masivas emisiones de contaminantes producen un aumento en el efecto invernadero, provocando un aumento de la temperatura del planeta. Nos encontramos ante una emergencia

climática, en la que la reducción del consumo energético así como el aumento de la eficiencia de este y la transición hacia energías limpias se ha convertido en una necesidad.

Así mismo, nos enfrentamos a una situación crítica en cuanto a las reservas de petróleo, origen de los hidrocarburos, pues se estima que al ritmo actual de consumo se agotará en 50 años, por lo que los principales fabricantes de vehículos se encuentran desarrollando nuevos y mejores sistemas de vehículos eléctricos, además de que cada vez más usuarios se decantan por modelos con cierto grado de electrificación [2].

2.2.2. Actualidad de los vehículos eléctricos en España

Este último año, 2020, deja cifras de 1.030.748 vehículos matriculados en España, de las cuales un 19% correspondieron a vehículos alternativos, con un acumulado de 201.412 unidades vendidas. El mercado automovilístico se ha visto fuertemente afectado por la pandemia del COVID-19, y aún con esta disminución de compras, los vehículos electrificados duplicaron sus ventas hasta alcanzar un crecimiento del 30,7% [8].

Sin embargo, estas cifras tan prometedoras se corresponden, en general, con todo vehículo que tenga cierto grado de electrificación. Entre los distintos tipos de vehículo eléctrico, los híbridos enchufables alcanzaron 23.368 unidades entregadas, con un aumento del 213 %, los híbridos no enchufables acumulan 140.869 unidades, con un aumento del 28,3 %. Finalmente, los vehículos eléctricos puros siguen presentando datos muy inferiores, alcanzando las 19.949 matriculaciones el pasado año, al tratarse de una tecnología cuya implantación está en pleno desarrollo.

Pese a estos datos positivos, España cerró el año 2020 en las últimas posiciones de Europa en el indicador del Barómetro de la electromovilidad, un índice que analiza los datos y otorga puntos en función del cumplimiento de distintos objetivos: 10% de cuota de mercado de vehículo electrificado, 30% de puntos de recarga sean rápidas o super rápidas, introducción del vehículo eléctrico puro, etcétera [8].

Desde el estímulo comercial de las marcas de automóviles y con planes de gobierno como el Plan MOVES, que otorga financiación por la compra de vehículos eléctricos, también se trata de impulsar la compra de este tipo de transporte.

2.2.3. Definición y clasificaciones de un vehículo eléctrico

A lo largo del documento se estudiará la introducción de diferentes formas de desplazamiento eléctrico a lo largo del Parque, por un lado, tenemos los buggies eléctricos, por otro lado, las bicicletas eléctricas y por último los autobuses eléctricos.

Los vehículos eléctricos pueden contar con distintos grados de electrificación, pudiendo clasificarse principalmente como [9]:

- Vehículo 100% eléctrico (*BEV*)

A diferencia de los tradicionales vehículos con motores de combustión, los vehículos eléctricos funcionan obteniendo la tracción de uno o varios motores eléctricos. La energía eléctrica se almacena en baterías que alimentan el motor durante los desplazamientos. Los principales inconvenientes o problemáticas que presentan estos sistemas es la baja autonomía, los elevados costes de las baterías y el origen de la electricidad que los recarga. Así mismo, la falta de estaciones de recarga en espacios públicos es una problemática que se está tratando de solucionar en España.

- Híbrido enchufable (*PHEV*) o no enchufable (*HEV*)

Este tipo de vehículo combina un motor eléctrico y un motor de combustión, de forma que puede funcionar con uno de los dos motores o utilizar el motor de combustión para recargar las baterías eléctricas. También existen los híbridos no enchufables (*HEV*), que cuentan con ambos motores de igual manera, y sus baterías se recargan siempre a través del motor de combustión.

- Eléctrico de autonomía extendida (*EREV*)

Funcionan de una manera similar a los híbridos, utilizando un motor de combustión para recargar la batería eléctrica siempre que sea necesario para aumentar la autonomía del vehículo, con la diferencia de que lo hace siempre de manera automática, comportándose como un generador.

2.2.4. Elementos principales de un vehículo eléctrico

2.2.4.1. El motor

Una de las partes principales de estos vehículos es el motor. En ocasiones los vehículos eléctricos cuentan con más de un motor dependiendo de las prestaciones requeridas. Los motores utilizados para un vehículo eléctrico pueden ser de corriente continua (CC) o corriente alterna (AC), en cuyo caso requieren un inversor para transformar la energía otorgada por las baterías. Algunos tipos y su funcionamiento son los siguientes [2, 9]:

- Motor asíncrono o de inducción (AC)

Es el más utilizado en estos vehículos. Es un motor que se basa en el principio de Faraday, sobre la inducción con campos magnéticos y eléctricos. Se tienen tres bobinas a 120° entre ellas (estator) y se les hace pasar una corriente alterna trifásica. Esto hace que se genere un campo magnético.

Por otro lado, está el rotor, formado por un conjunto de conductores dispuestos en forma de jaula de ardilla. Cuando tenemos un campo

magnético y un conductor que se encuentran en movimiento relativo entre ellos, se genera una fuerza electromotriz que induce una corriente eléctrica en el conductor eléctrico, haciendo que el rotor gire.

Simplemente por el principio físico que hace que el motor funcione, la frecuencia de rotación del campo magnético y del rotor no pueden ser la misma, si no que esta última es algo inferior, de ahí que sea “asíncrono”.

- Motor síncrono de imanes permanentes (AC)

Los motores síncronos también tienen dos partes diferenciadas, una de las cuales se encuentra en movimiento (rotor) que cuenta con un eje y el núcleo, formado por un cilindro ferromagnético y un conjunto de electroimanes o imanes permanentes. Por otro lado, está el estator, el conjunto estático formado igualmente por tres bobinas por las que circula una corriente alterna.

En este caso el rotor gira al mismo tiempo que el campo magnético generado por el estator. Este tipo de motores son menos utilizados, ya que no pueden arrancar por sí mismos, si no que utilizan dispositivos auxiliares. Además, no pueden someterse a grandes variaciones ya que en caso de perder el sincronismo el motor se pararía. Presentan un elevado rendimiento.

- Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC)

Este tipo de motor se basa en el concepto de reluctancia magnética, que es la resistencia que presenta un material al paso del flujo magnético. Las líneas del campo buscarán el camino por donde sea más fácil desplazarse, dependiendo de las reluctancias de los materiales que formen el motor. Si tenemos un material de baja reluctancia y le colocamos un eje que le permita girar, ante la presencia de campos magnéticos, aparecen fuerzas que lo hacen rotar, ya que el flujo magnético circulará mejor por este material que por el aire.

- Motores de corriente continua (DC)

El uso de estos motores en los vehículos eléctricos tiene sentido ya que las baterías aportan corriente continua, por lo que simplificaría el esquema general del vehículo. Así mismo, hay que tener en cuenta que

estos motores están muy desarrollados, sin embargo, presentan desventajas como baja velocidad y rendimiento.

Los motores de corriente continua pueden ser con escobillas o sin ellas (*brushless*).

Con escobillas: Al igual que los otros tipos de motor, el estator está formado por bobinas, solo que en este caso están alimentadas con corriente continua. Esta corriente viene de un elemento llamado colector, en el cual se encuentran las escobillas y una serie de placas que friccionan entre sí permitiendo el paso de la corriente. Este tipo de motor presenta bastante desgaste por lo que conlleva mantenimiento.

Sin escobillas (*brushless*): Este tipo de motores es muy similar a los motores de corriente alterna síncronos, sustituyendo la corriente por continua. El rotor cuenta con imanes permanentes y el estator contiene el conjunto de bobinas.

2.2.4.2. Las baterías

Las baterías son otra de las partes principales de estos vehículos, pues es imprescindible tener un lugar donde guardar la energía eléctrica con la que funcionan los motores. Las baterías son, con diferencia, el elemento clave de los vehículos eléctricos, pues de ellas dependen importantes datos como la autonomía o el coste del vehículo.

Las baterías son las encargadas de recibir la energía y almacenarla en forma de energía química. Al ponerse en funcionamiento se producen reacciones de oxidación-reducción que permiten la obtención de energía eléctrica para alimentar el motor.

Algunas de las características más importantes de las baterías son las siguientes [2, 9]:

- **TENSIÓN (V):** Es la diferencia de potencia eléctrica que hay entre los polos de la batería.

La tensión nominal es la tensión de referencia de la batería, la que aparece descrita en sus características técnicas.

La tensión de carga, por su parte, es la que se le debe suministrar a la batería para cargarla, generalmente calculada como:

$$V_{carga} = 1,16 * V_{nominal}$$

- **CAPACIDAD:** Es la intensidad que la batería puede proporcionar por el tiempo durante el que puede suministrarla (Ah). También puede expresarse como la potencia que puede aportar la batería en un determinado tiempo (Wh). Al igual que en el caso de la tensión,

tendremos una capacidad nominal, especificada por el fabricante, y una capacidad real, que dependerá del estado de carga.

- *ESTADO DE LA CARGA (%)*: Es un valor expresado en tanto por ciento e indica la proporción de carga que tiene la batería en el momento respecto a la carga total.
- *DENSIDAD DE ENERGÍA (Wh/kg)*: Es la capacidad que tiene la batería para almacenar energía en función de lo que esta pesa.
- *CICLOS DE VIDA*: Número de veces que la batería puede ser cargada y descargada, su vida útil dependerá de estos.

Las baterías pueden clasificarse en función de la tecnología o química empleada para su funcionamiento. Las primeras baterías para los vehículos eléctricos eran de plomo-ácido, aunque hoy en día están en desuso para esta aplicación por sus malas características. Las más utilizadas para los vehículos eléctricos son principalmente tres tecnologías, ion-litio, ion-níquel e ion-sodio. Hoy en día también se está profundizando en el estudio de nuevas opciones, tecnologías metal-aire, de flujo, uso de hidrógeno, etc.

Respecto a la vida útil de las baterías, esta varía enormemente según el tipo de batería, el modelo y distintos factores de uso. Los fabricantes suelen estimar la vida útil de las baterías en una media de 3000 ciclos de recarga completos, pudiendo durar incluso más de ocho años sin ser necesario cambiarla. Sin embargo, existen distintos factores que afectan al tiempo de vida útil, acortándola o alargándola, por ejemplo, se deben evitar las cargas rápidas. Estas pueden ser muy útiles, pues se consigue una carga de entorno al 80% en muy poco tiempo, en ocasiones menor a treinta minutos, sin embargo, pueden llegar a disminuir hasta un uno por ciento anual de la vida útil de la batería.

Otra problemática son las temperaturas, ya que, a temperaturas muy bajas o elevadas, las celdas de las baterías de litio se degradan muy rápidamente. Por esto mismo se debe tener cuidado con las condiciones de almacenamiento, y siempre estos vehículos cuentan con sistemas de refrigeración que mantienen las baterías en un rango de temperaturas adecuado.

2.2.4.3. Otros componentes

Otros elementos que forman el vehículo eléctrico pueden ser los inversores, en el caso de tratarse de un vehículo cuyo motor se accione con corriente alterna, para transformar la corriente continua de la batería, convertidores para la disminución de la tensión para sistemas del vehículo y los cargadores para las baterías junto con la toma de corriente.

2.2.5. Tipos de recarga

Los vehículos eléctricos recargan sus baterías conectándolos a puntos de recarga que presentan distintas características. En función del tiempo de recarga, puede darse [10, 11]:

- *Recarga lenta o convencional*

Se trata del tipo de recarga más común, consistiendo en conectar el vehículo a un enchufe doméstico. El tiempo de carga variará en función del vehículo a cargar, aunque se encuentra en un rango de entre cinco y ocho horas.

- *Recarga semi-rápida*

Este tipo de recarga está enfocada hacia la carga de vehículos eléctricos en zonas públicas, que permiten una recarga del vehículo en tiempos de unas tres horas.

- *Recarga rápida*

Para las estaciones de servicio conocidas como “electrolineras”, con instalaciones eléctricas complejas, pero permite una recarga en breves periodos de tiempo, inferiores a una hora.

- *Recarga súper rápida y ultra rápida*

En pleno estudio y desarrollo debido al daño que puede producir en las baterías.

2.2.6. Modos de carga de un vehículo eléctrico

Respecto al sistema de carga de los vehículos eléctricos, esta se puede realizar en cuatro modos principalmente, tres en corriente alterna y uno en corriente continua [12].

MODO 1: Realizado en corriente alterna, conectando directamente el vehículo a la red en un enchufe tradicional de tipo doméstico (enchufe Schuko), útil para la conexión de bicicletas o vehículos similares, para baterías de poca capacidad. Es un modo de carga lenta y al conectarse a un enchufe doméstico, tendrá las características de la red de 16 A y 240 V, es decir, como mucho puede alcanzar los 3,7 kW para una red monofásica.

MODO 2: En corriente alterna, se conecta a un enchufe doméstico utilizando un cable especial de conexión. El uso de este cable aumenta la seguridad en la recarga al llevar sistemas de protección. Puede soportar la recarga de un vehículo, pero la carga se realiza con lentitud. La intensidad normalmente es de 16 A también.

MODO 3: Se realiza en corriente alterna, con sistemas de alimentación específicos para vehículos eléctricos (SAVE). Completamente compatible con todos los coches eléctricos, permite recargas rápidas y semirrápidas (dependiendo del conector utilizado). La

intensidad es de entre 32 y 63 A, con unas potencias de entre 8 y 14 kW. En monofásica generalmente permite una recarga de un vehículo en tres horas.

MODO 4: En corriente continua, se produce a intensidades muy elevadas que ofrecen una carga muy rápida, hasta el punto de permitir una recarga del 80% en tan solo media hora. Es el tipo de recarga utilizado en las “electrolineras”, aunque todavía está en estudio para su mejora ya que en ocasiones puede dañar las baterías.

2.2.7. Tipos de conectores

Dependiendo del vehículo y la forma de recarga requerida, existen distintos tipos de conectores, entre los cuales destacan [12, 13] :

2.2.7.1. Conector Schuko o doméstico

Este conector es el utilizado por la mayoría de aparatos eléctricos en Europa, estandarizado por la norma CEE 7/4. Se emplea para los dos primeros modos de carga, por lo que principalmente es utilizado en vehículos eléctricos pequeños.



Ilustración 2.2 Conector Schuko. FUENTE: Electromaps.com

2.2.7.2. Conector SAE J1772 o Tipo 1

Se fabricó por primera vez en el año 2009 por Yazaki. Este tipo de conector es el más utilizado en los vehículos eléctricos, sobre todo los mercados americanos y asiáticos, ya que presenta las mismas características de un enchufe monofásico normal pero con mayor comunicación entre el vehículo y sistemas de seguridad y bloqueo.



Ilustración 2.3 Conector Tipo 1. FUENTE: Gotebike.es

2.2.7.3. Conector IEC 62196 o Tipo 2

Al igual que el Conector tipo 1 es el estándar para América y Asia, el Conector tipo 2 es el que tradicionalmente se utiliza en Europa. También se le conoce por Mennekes, debido al fabricante alemán que lo desarrolló. Grandes marcas de coches eléctricos como Tesla o Mercedes emplean este tipo de conector.

Este tipo de conector generalmente permite potencias más elevadas que el Tipo 1.



Ilustración 2.4 Conector Tipo 2. FUENTE: Circuitor.es

2.2.7.4. Conector CHAdeMO

Este tipo de conector se diseñó con el objetivo de servir para cargas en Modo 4, es el tipo de conector estándar para los fabricantes japoneses, como Nissan o Mitsubishi. Su funcionamiento consiste en comenzar la carga a elevadas corrientes (110 A) para después disminuirlas progresivamente a medida que se recarga la batería.



Ilustración 2.5 Conector CHAdeMO. FUENTE: Econeq.es

2.2.7.5. Conector CCS o Combo2

Es el tipo de conector utilizado para la carga de vehículos eléctricos en corriente continua. Este tipo de conector es una solución combinada entre un conector Tipo 2 (AC) y dos tomas de potencia para permitir la carga en CC. También existe una variante conocida como Combo1, que es el mismo concepto pero utilizando de base un conector Tipo 1, aunque esta versión se encuentra menos extendida por el momento [14].



Ilustración 2.6 Conector Combo 2. FUENTE: cocheselectricos10.com

2.2.8. Normativa e incentivos de los vehículos eléctricos

La contaminación atmosférica lleva tiempo siendo tema de actualidad, por lo que de forma continuada se generan planes, normativas y acciones para mejorar la situación,

tanto a nivel nacional como europeo. El transporte es uno de los sectores a reformar para conseguir los objetivos planteados, por lo que los vehículos eléctricos son una pieza clave, presente en diversas normativas y planes, todas ellas destinadas a ser incentivos y estimular la implantación de estos sistemas de transporte. Algunos de ellos son [15]:

- *Reglamento (CE) 443/2009* Parlamento Europeo, en el que se establecen normas en materia de emisiones para vehículos nuevos (Disposición derogada) [16].
- *Directiva 2012/27/UE*, relativa a eficiencia energética y descarbonización del transporte.
- *Directiva 2014/94/UE* del Parlamento Europeo, por la implantación de infraestructura para combustibles alternativos [17].
- *Real Decreto 1053/2014*, aprobación de una nueva ITC (BT 52) del reglamento electrotécnico de baja tensión regulando la infraestructura para la recarga de los vehículos eléctricos [18].
- *Real Decreto 617/2017*: ayudas para la adquisición de vehículos con tecnologías alternativas y la implantación de puntos de recarga.
- *Plan MOVALT (2017)*: Programa de ayudas con 20.000.000 € de presupuesto, para vehículos de energías alternativas y sistemas de recarga.
- *Plan VEA (2018)*: Programa de ayudas para vehículos que se consideren “cero emisiones” y “eco” e infraestructura de carga o cableado.
- *Plan integral de movilidad eléctrica en País Vasco (2018)*: electrificación del transporte público.
- *Madrid Central (2018)*: limitación de la circulación de vehículos contaminantes por el centro de la ciudad. Este plan ha sido modificado en el año 2021.
- *Real Decreto 72/2019 (PLAN MOVES)*: Plan dotado con 45 millones de euros destinado a incentivar la compra de vehículos y la instalación de puntos de recarga.
- *Real Decreto 659/2020 (Plan MOVES II)*: continuación del plan MOVES con 100 millones de euros de presupuesto, siguiendo lo establecido en el PNIEC.
- *Real Decreto 266/2021 (Plan MOVES III)*: apoyo con 400 millones de euros a la movilidad eléctrica, con una distribución del presupuesto total en función del Padrón municipal de habitantes (Real Decreto 1147/2020) [19].

2.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.3.1. Situación actual de la energía fotovoltaica

El mercado de la energía fotovoltaica se encuentra en pleno crecimiento y desarrollo. Tan solo en el año 2019 la potencia instalada creció en 115 GW, alcanzando cifras de 627 GW en todo el mundo [20]. Dentro de las zonas líderes en energía fotovoltaica destaca Asia, con China como principal potencia y Japón y la India en el ranking de los cinco países con mayor potencia instalada. De los 115 GW instalados en el año 2019, China participó con 30.1 GW, seguido de los Estados Unidos como segunda potencia con un aumento de 13.3 GW (Gráfico 2.8).

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

El número de instalaciones solares fotovoltaicas aumenta de manera exponencial cada año en España. Este último año, 2020, la producción solar fotovoltaica aumentó un 68,5% respecto al año anterior, alcanzando los 14.912 GWh [20].

El gran crecimiento que se ha producido desde el año 2016 se debe principalmente a la reducción de los costes (los paneles solares cuestan hoy un 80% menos que hace cinco años, y continúa descendiendo) y al gran potencial de energía solar que tiene España.

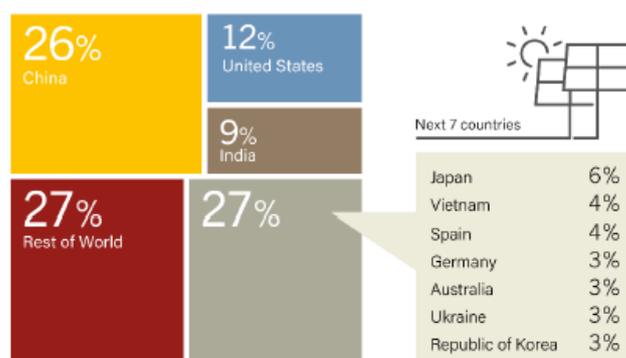


Gráfico 2.7 Países más desarrollados en términos de energía fotovoltaica. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative Energies.

En cuanto a potencia instalada, las instalaciones solares fotovoltaicas aumentaron un 34,1% este último año, un aumento de casi 4800 MW, haciendo un total de 11.714 MW en todo España [21]. Según el PNIEC, en 2030 la potencia instalada de energía solar fotovoltaica tiene como objetivo llegar a los 36.882 MW, mientras que el objetivo para el año 2020 eran cerca de los 9000 MW que se han superado [22].

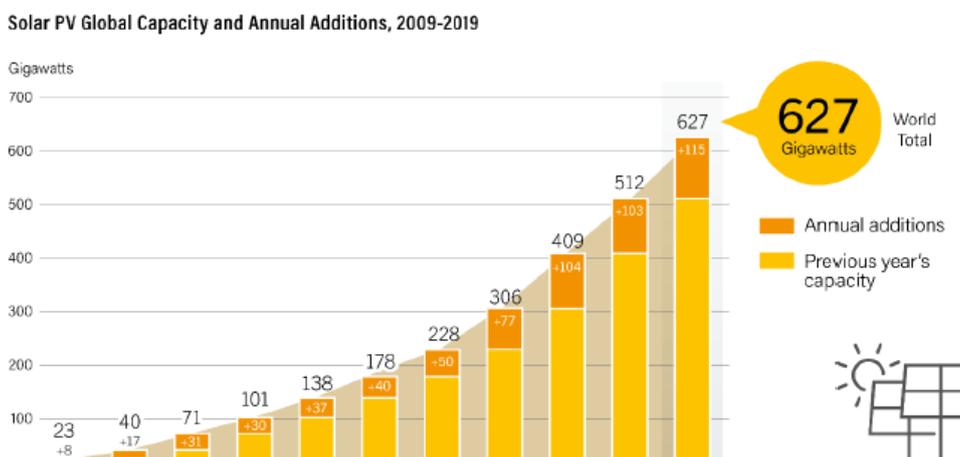


Gráfico 2.8 Adiciones de energía solar fotovoltaica en todo el mundo. Años 2009-2019. FUENTE: Pablo Castro Alonso. Renewable and Alternative energies.

2.3.2. El sol y su energía

La energía solar fotovoltaica es aquella que se alimenta a partir del Sol. El Sol es una estrella formada por material gaseoso a altísimas temperaturas, con más de 5.500 grados centígrados en superficie y 15,5 millones de grados centígrados en su centro. En este núcleo es donde se producen reacciones de fusión del hidrógeno, desprendiendo energía, que es transportada por los fotones hacia la superficie solar y llega a la tierra como radiación electromagnética, con diferentes características en función de su longitud de onda [23].

El Sol tiene un gran tamaño, con un diámetro de 1,39 millones de kilómetros, y se encuentra a una distancia media de la Tierra de $1,496 \times 10^8$ km (lo que se conoce como unidad astronómica). Esta es la principal fuente de energía en la Tierra, en forma de luz y calor, afectando a la vida de todos los organismos y a los cambios del clima en la superficie de la Tierra y siendo el origen de otras energías como la eólica, la hidráulica o la bioenergía. El Sol tiene 4.500 millones de años y ha consumido aproximadamente la mitad del hidrógeno que lo forma, por lo que se estima que su vida media se alargará unos 5.000 millones de años más [24].

Los módulos fotovoltaicos, concretamente, se encargan de captar la radiación producida por el sol para transformarla en electricidad. Esta radiación llega a la superficie terrestre con flujos de densidad de hasta 1 kW/m^2 , con valores de longitud de onda entre 0,3 y $2,5 \mu\text{m}$.

El área bajo la curva en el gráfico 2.9 se define como la constante solar, B_0 , con un valor de unos 1.367 W/m^2 . La constante solar representa la energía que llega fuera de la atmósfera por unidad de superficie.

Sin embargo, la radiación que alcanza la superficie variará en función de muchos factores, como la geometría de la Tierra, la latitud del lugar en el que nos encontremos o fenómenos atmosféricos como la reflexión, la difusión y la absorción de la radiación por parte de componentes atmosféricos como el vapor de agua, dando lugar a grandes variaciones.

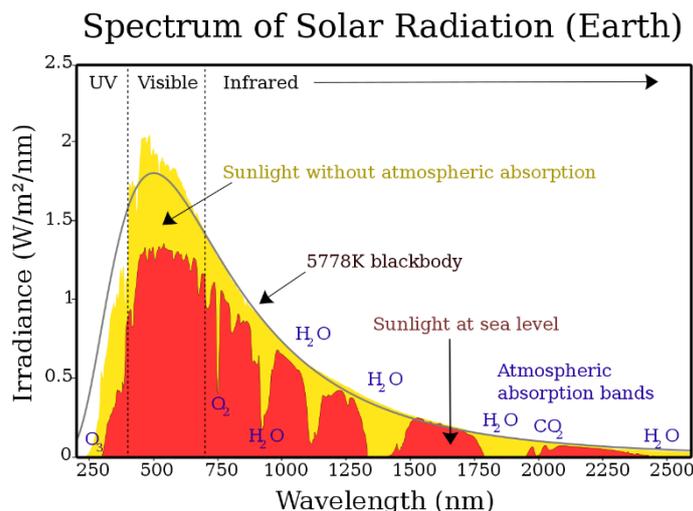


Gráfico 2.9 Espectro de la radiación solar en la Tierra. FUENTE: Research Gate.

A mayor materia que tenga que atravesar la radiación, mayores pérdidas se producirán por los efectos de reflexión, difusión y absorción, es decir, cuando los rayos de Sol incidan perpendicularmente sobre la atmósfera (mediodía) se producirá menos pérdidas y llegará más radiación a la superficie que en cualquier otro momento del día [25].

Como puede observarse en el gráfico 2.9, el espectro solar se puede dividir en tres regiones:

1. Región ultravioleta: supone el 5% de la radiación
2. Región visible: 43% de la radiación
3. Región infrarroja: 52 % de la radiación solar

Interpretándolo desde el punto de vista de la superficie, la radiación puede llegar a ella de distintas formas, como radiación directa, difusa o reflejada. El conjunto de la radiación directa y la difusa dispersada por la atmósfera dan lugar a la radiación global, mientras que la radiación total es la suma de todas las radiaciones [26].

La radiación directa es aquella que alcanza la superficie terrestre directamente, como su propio nombre indica, sin haberse encontrado con ningún obstáculo ni cambiar su trayectoria en la atmósfera. Entre los distintos tipos de radiación es el que mayor potencia puede dar.

La radiación difusa es la que se dispersa al atravesar la atmósfera o al haberse reflejado en muchas direcciones. En días muy soleados supone entre el 10 y el 15 % de la radiación total, sin embargo, en días nublados aumenta de forma considerable, siendo equivalente al 55 % de la radiación anual recibida.

Por último, la radiación reflejada es aquella fracción que se refleja en una superficie. También es conocida como radiación albedo, en referencia al coeficiente de reflexión

de las superficies, que depende del material sobre el que se refleja (0,15 para una carretera asfaltada, 0,88 para la nieve recién caída, etc). Las superficies horizontales no reciben este tipo de radiación mientras que las verticales son las que más la reciben [25, 27].



Ilustración 2.7 Esquema de los distintos tipos de radiación. FUENTE: SFE Solar.

A la hora de diseñar correctamente una instalación fotovoltaica es vital conocer la radiación del emplazamiento, por lo que se utilizan diferentes equipos con el objetivo de determinar la irradiancia y la irradiación.

La irradiancia es una magnitud que representa la cantidad de radiación, o la intensidad de iluminación solar, que llega a la superficie, en forma de potencia por unidad de superficie (W/m^2). La irradiación, por su parte, es la cantidad de irradiancia recibida en un determinado tiempo (Wh/m^2).

Los instrumentos de medida utilizados son los pirheliómetros para el caso de la radiación directa y piranómetro para la radiación global. Si bien es cierto que estos datos deben conocerse, el uso de estos aparatos es complejo y costoso, además de requerir largos periodos de tiempo para medir correctamente la radiación de una zona. Por esto, se suele recurrir a tablas de datos o modelos matemáticos que permitan la comprobación y el cálculo de estos valores [25].

Otro factor muy importante a la hora de captar la energía solar son las horas solar pico (HSP), ya que indica el número de horas en las que los módulos fotovoltaicos reciben la irradiación solar. Los valores de HSP para España se sitúan entre 3 y 6 horas. En el caso de nuestro lugar de estudio, Cantabria, es de unas 3,5 horas [28].

2.3.3. Geometría del sol y la tierra

Para el cálculo de la producción energética de una instalación determinada, es importante conocer su irradiación, que dependerá de la geometría solar y de la Tierra. Para ubicar un punto en la Tierra, se emplean dos coordenadas llamadas longitud y latitud.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

La longitud es la distancia en grados desde el meridiano de referencia (meridiano de Greenwich) hasta el punto a determinar. Esta longitud podrá venir especificada con “E”, que en este caso el punto se encuentra al este del meridiano de Greenwich, o con “O”, si se encuentra al oeste. De la misma manera, pueden ser valores positivos medida hacia el este.

La latitud por otra parte es la distancia desde el punto hasta el Ecuador, que igualmente podrá estar definida con “N” en el caso de encontrarse en el hemisferio norte y “S” si está en el sur, o bien siendo positiva para el hemisferio norte y negativa para el sur.

La ubicación del punto en el que se llevará a cabo la producción energética es un factor imprescindible que conocer, pues en distintos puntos terrestres el rango de radiación alcanzado varía significativamente (Ilustración 2.8).

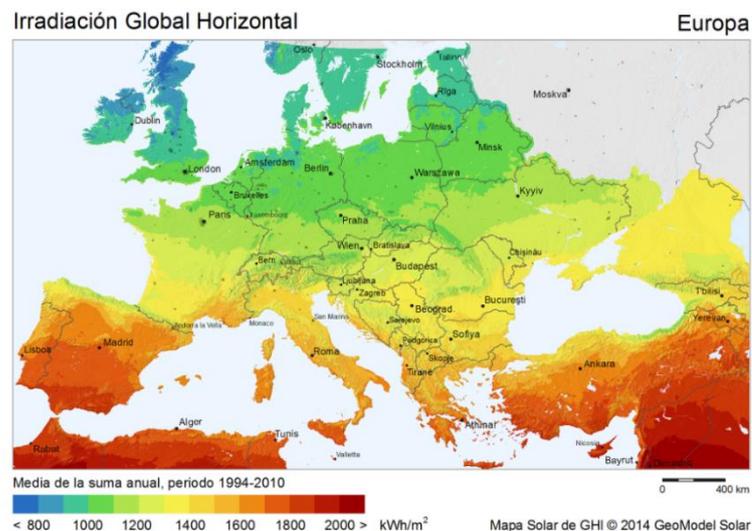


Ilustración 2.8 Irradiación global horizontal en Europa. FUENTE: Wikipedia Commons.

A lo largo de un año la radiación que alcanza un determinado punto de la tierra también es variable, debido al movimiento de la Tierra respecto del Sol. La Tierra se mueve en un movimiento de rotación, en el cuál esta gira sobre sí misma, y uno de traslación alrededor del Sol en un plano eclíptico. Existe un tercer movimiento terrestre conocido como nutación, que provoca un vaivén en el eje terrestre debido a la atracción de la Luna sobre las irregularidades de la Tierra (geoide).

El eje sobre el que la Tierra gira sobre sí misma (eje polar) se encuentra a 23,5 ° respecto al plano eclíptico. La rotación de la tierra provoca los cambios en la radiación incidente a lo largo de un día.

El ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano por el que pasa el ecuador terrestre varía a lo largo del año, con valores entre 23,45 ° (solsticio de verano) y -23,45 ° (solsticio de

invierno). El valor que toma esta inclinación se conoce como declinación solar, y se traduce en que los rayos del Sol inciden sobre la Tierra con distinta inclinación a lo largo de un año, produciendo diferencias en la intensidad de la radiación.

En un determinado día del año, la declinación se puede calcular a través de la expresión de Cooper (1969):

$$\delta = \delta_0 * \sin \frac{360 + (284 + n)}{365}$$

Donde n = día del año y $\delta_0 = 23,45^\circ$

Si se desea calcular la radiación que alcanza una instalación fotovoltaica existen determinados parámetros que son importantes de conocer (altura solar, azimut solar y ángulo de incidencia [20, 29]), pues describen la posición del Sol respecto al observador.

ALTURA SOLAR

La altura solar (α) es el ángulo entre la dirección de los rayos del sol y un plano horizontal. La altura solar tiene distintos valores a lo largo de un día, alcanzando su valor máximo al mediodía y posteriormente volviendo a disminuir su valor. La expresión que define la altura solar es:

$$\sin \alpha = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos h)$$

$$\varphi = \textit{latitud}$$

$$\delta = \textit{declinación}$$

$$h = \textit{ángulo horario}$$

El ángulo horario (h) representa el desplazamiento angular aparente del Sol. Se mide sobre el plano del ecuador, como el ángulo entre el meridiano del Sol y el del observador. Por esto la Tierra se divide en distintas zonas llamadas husos horarios, con una amplitud de 15° cada uno.

AZIMUT SOLAR

El azimut solar (Z), para el hemisferio norte, es el ángulo que forman los rayos del sol con la dirección sur, medido sobre el plano horizontal, y se describe matemáticamente como:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

$$\sin Z = \frac{\cos \delta * \sin h}{\cos \alpha}$$

$\delta =$ declinación

$\alpha =$ altura solar

$h =$ ángulo horario

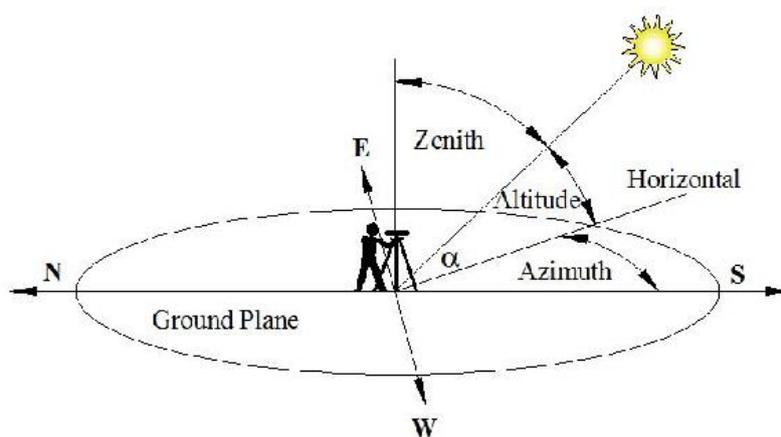


Ilustración 2.9 Parámetros de posición entre el sol y el observador. Altura y azimut solar. FUENTE: Research Gate.

ÁNGULO DE INCIDENCIA SOLAR

Es el ángulo entre los rayos de sol y una recta perpendicular a la superficie (θ). Se calcula de la siguiente manera:

$$\cos \theta = (\sin \varphi * \sin \delta * \cos \beta) - (\cos \varphi * \sin \delta * \sin \beta * \cos Z_s) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos h * \cos \beta) + (\sin \varphi * \cos \delta * \cos h * \sin \beta * \cos Z_s) + (\cos \delta * \sin h * \sin \beta * \sin Z_s)$$

$\varphi =$ latitud

$\delta =$ declinación

$\beta =$ ángulo de inclinación de la superficie respecto al plano horizontal

$h =$ ángulo horario

$Z_s =$ azimut de la superficie

2.3.4. Tipos de instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas pueden clasificarse principalmente en dos tipos [25]:

- Instalaciones conectadas a la red
- Instalaciones aisladas de la red

Las instalaciones conectadas a la red son aquellas en las cuales la energía extraída no se utiliza específicamente para cubrir las necesidades de un consumidor, si no que se vende al mercado eléctrico para su posterior distribución. Generalmente en estas instalaciones el objetivo principal es producir la mayor cantidad posible de electricidad, como son las grandes centrales fotovoltaicas y los huertos solares. En algunos casos parte de la electricidad producida se utiliza para autoconsumo, aunque el restante es vendido a la red.

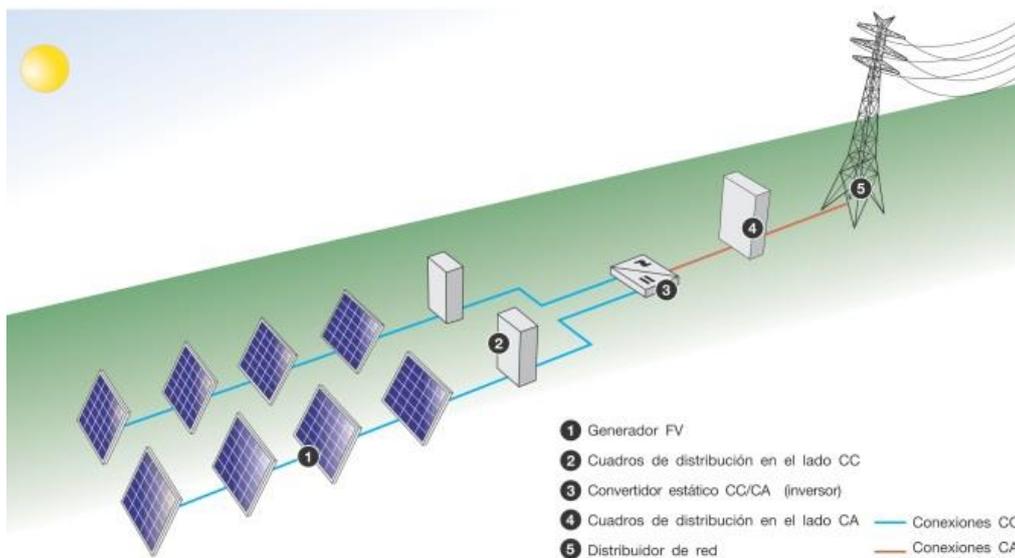


Ilustración 2.10 Instalación fotovoltaica conectada a la red. FUENTE: Global Electricity.

Por su parte, las instalaciones aisladas de la red tienen como objetivo principal garantizar el suministro eléctrico al usuario, como puede ser los puntos de recarga de vehículos eléctricos, electrificación de zonas rurales, etcétera. Consisten principalmente en los paneles fotovoltaicos y un sistema de almacenamiento.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

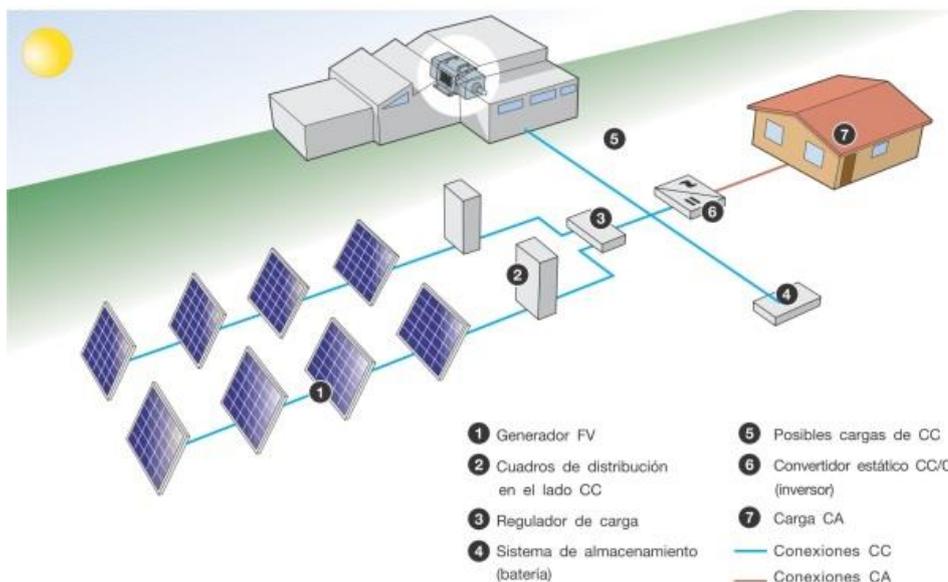


Ilustración 2.11 Instalación fotovoltaica aislada de la red. FUENTE: Global Electricity.

Es importante conocer que hoy en día el concepto “autoconsumo” no va necesariamente ligado a que la instalación sea independiente a los suministradores, ya que uno de los mayores inconvenientes de este tipo de generación eléctrica es la variabilidad de la misma, por los cambios en la radiación incidente a lo largo de un año y porque, aunque sigue produciendo energía, la reducción de la producción en días de gran nubosidad [28].

La principal traba para la conexión de las instalaciones de autoconsumo a la red era el conocido “impuesto al sol”, pero desde su derogación en el año 2018 esto ya no supone un problema y en el año 2019 se publicó el Real Decreto 244/2019, que regula este tipo de instalaciones de autoconsumo. Una de las ventajas de este tipo de instalaciones es el concepto “compensación simplificada de los excedentes”, de tal forma que, por cada vatio vertido a la red de la producción solar, se descontará de la factura eléctrica [30, 31].

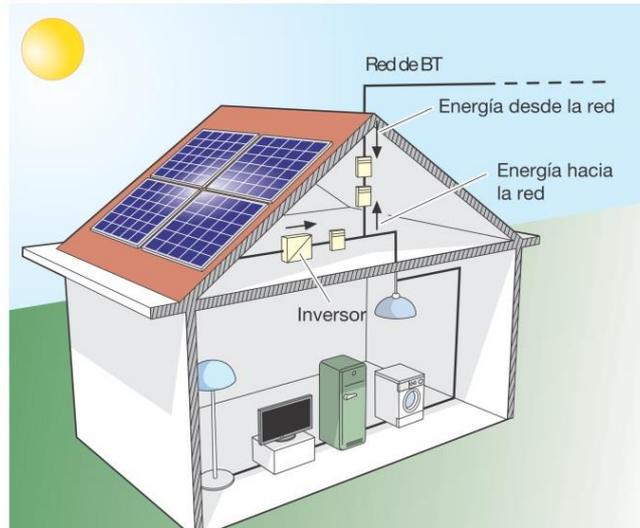


Ilustración 2.12 Autoconsumo conectado a red. FUENTE: Global Electricity.

Dentro de las instalaciones de este tipo se distingue entre autoconsumo sin excedentes y autoconsumo con excedentes, disponiéndose de la siguiente forma:

- Autoconsumo sin excedentes: Generalmente cuenta con un equipo que evite el vertido de energía a la red eléctrica, lo que provoca pequeños consumos de la red.
- Autoconsumo con excedentes: Aquellas instalaciones que verterán energía a la red eléctrica. Este tipo de instalación resulta interesante para el desarrollo del proyecto, ya que se dimensionará el número de coches en función del mes de menor producción, por lo que en verano habrá excedentes que podrían verterse a la red, y se podría realizar una compensación o una venta de energía.

Igualmente, según el uso que se le dé a la batería, pueden clasificarse en instalaciones de:

- Almacenamiento a corto plazo, diseñadas para que las baterías cubran la demanda energética en momentos del día de baja producción, como sería nuestro caso.
- Almacenamiento a largo plazo, diseñadas para almacenar la energía durante largos periodos de tiempo y consumir en meses de menor irradiación.

La clave de la rentabilidad de este proyecto podría encontrarse en tomar la opción de compensación de red, aumentando el número de vehículos, o la instalación de baterías para realizar cargas nocturnas, teniendo en cuenta siempre que incorporar baterías a un sistema conectado a red resulta en la necesidad de más componentes (como el regulador de carga), una mayor inversión y una menor eficiencia.

2.3.5. Componentes de una instalación fotovoltaica

Si bien es cierto que dependiendo del tipo de instalación o el uso que se le quiera dar las componentes que la forman pueden variar, existe un esquema básico que, de manera general, describe por qué elementos está formada una instalación solar fotovoltaica:

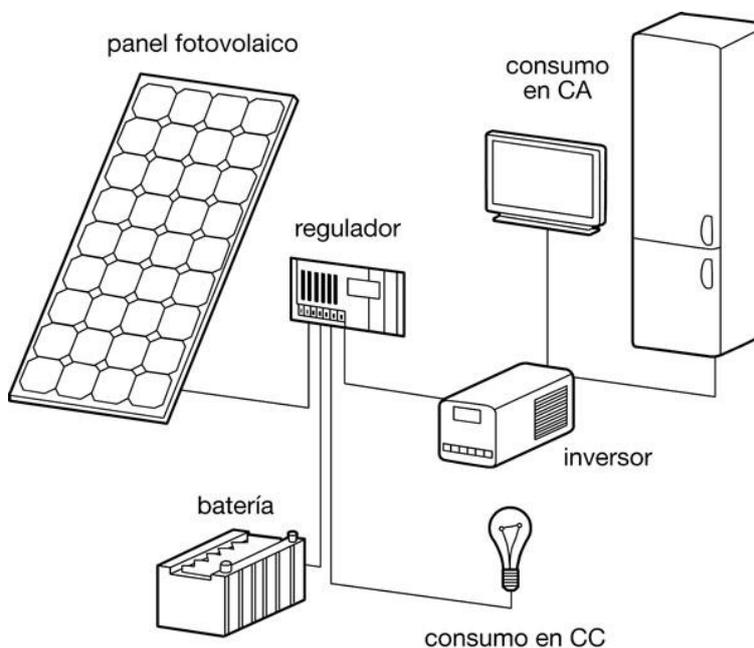


Ilustración 2.13 Esquema de una instalación fotovoltaica de autoconsumo con sistema de acumulación. FUENTE: energiafv.com

Los paneles son conectados externamente con un conductor, de manera que la electricidad los recorre hasta llegar a un regulador de carga. A continuación, pueden darse distintos casos. En primer lugar, que el consumo vaya a realizarse en corriente continua, por lo que directamente puede conectarse. Otra opción es que el consumo no se vaya a producir de manera inmediata, por lo que se recurren a sistemas de acumulación, como las baterías, también cargadas en corriente continua. Por último, la electricidad puede consumirse en corriente alterna, por lo que se añadiría un inversor.

En el caso de tratarse de una instalación conectada a la red eléctrica, cuenta además con un contador, de forma que se lleva un control sobre los flujos eléctricos de la instalación a la red y viceversa. También son importantes elementos como las protecciones, el cableado o los soportes de los paneles fotovoltaicos.

A continuación, se describe con más detalle cada parte de la instalación.

2.3.5.1. El módulo fotovoltaico

El panel o módulo fotovoltaico es el encargado de transformar la radiación incidente en electricidad en forma de corriente continua, por lo que supone la pieza clave de la instalación. Para construir una instalación fotovoltaica, los paneles se conectan entre sí a través de conexiones, en serie o en paralelo, con la finalidad de adaptarse a las características eléctricas que se deseen obtener. La unidad más pequeña de los componentes de un panel es la célula fotovoltaica, las cuales se unen entre sí para formar los módulos fotovoltaicos.

Funcionamiento teórico

Las células fotovoltaicas son las encargadas de capturar la energía del Sol para transformarla en electricidad. Estas se asocian y forman en conjunto un módulo fotovoltaico, de tal forma que las características de un módulo dependerán de la cantidad de células que lo formen y las condiciones del entorno, siendo las más importantes la radiación y la temperatura.

Si la célula fotovoltaica se expone a la luz del sol esta es capaz de absorber los fotones, que son partículas portadoras de una determinada energía, en función de su longitud de onda.

Al incidir la luz del sol sobre un panel fotovoltaico pueden ocurrir tres cosas:

1. Los fotones pueden atravesar el panel en caso de que su energía sea inferior a la necesaria para liberar un electrón.
2. Pueden reflejarse en la superficie, dependiendo del material del panel.
3. Pueden ser absorbidos. Esto puede darse en dos casos: cuando los fotones tienen la misma energía que la necesaria para liberar al electrón, produciéndose la corriente eléctrica, o bien si los fotones tienen más energía de la necesaria. En este último caso también se producirá energía eléctrica, sin embargo, la energía restante se transformará en calor, lo que afecta negativamente a la eficiencia. Se estima que aproximadamente el 84% de la energía se pierde en forma de calor. Es debido a este bajo rendimiento por lo que es necesario ocupar grandes superficies en caso de necesitar mucha potencia [25].

Si son absorbidos, los fotones aportarán energía a los electrones que forman el material y romperán los enlaces que lo mantienen en el átomo, liberándolo. Al liberar un electrón, queda un hueco libre, de tal forma que los electrones de los átomos cercanos se desplazarán para ocupar ese hueco vacío, produciendo una corriente eléctrica continua al tratarse de electrones en movimiento.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Para conseguir la circulación de los electrones, es necesario que se distingan las dos zonas dentro del material, una con alta carga negativa (exceso de electrones) y otra con exceso de huecos. Con este fin, las células fotovoltaicas utilizan materiales semiconductores, principalmente el silicio cristalino. El silicio puro se comporta prácticamente como un material aislante, sin embargo, al tratarlo químicamente pasa a funcionar como un semiconductor, de tal forma que sus propiedades de conductividad eléctrica varían entre conductor y aislante. Dependiendo del elemento utilizado para doparlo, se forman zonas tipo "N" o tipo "P", y la corriente eléctrica se forma en la unión de ambas zonas.

La zona "N", dopada normalmente con fósforo, es la correspondiente a la zona superior del panel (sobre la que incide la luz del sol). La zona "P", dopada con boro, es la capa inferior, cuenta también con una capa conductora, generalmente de plata o aluminio.

La unión "PN" se consigue uniendo dos regiones de silicio tratadas químicamente con distintas concentraciones de dopante. La zona N es neutra inicialmente, y al colocarse cerca de la zona P pierde electrones libres, siendo más positiva y, de la misma manera, la zona P pierde huecos, por lo que se hace más negativa. Esa diferencia de potencial es lo que genera una corriente eléctrica (Ilustración 2.14) [25, 32].

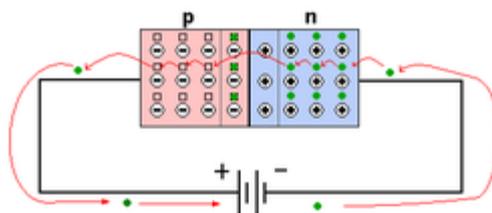


Ilustración 2.14 Polarización, unión P-N. FUENTE: Wikipedia Commons.

Tipos de células fotovoltaicas

Existen células fotovoltaicas de distintos tipos en función de los materiales semiconductores que las formen.

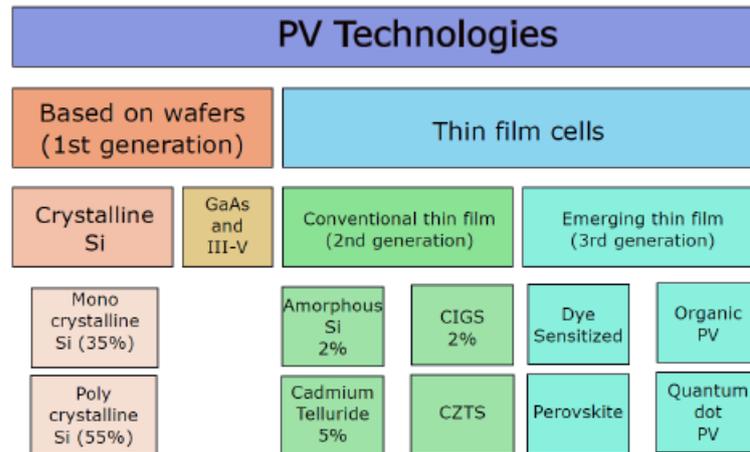


Ilustración 2.15 Clasificación de las principales tecnologías fotovoltaicas. FUENTE: Pablo Castro Alonso, *Renewable and Alternative Energies*.

Generalmente, se suele entender por células de primera generación aquellas que emplean materiales monocristalinos y policristalinos con tecnología de Silicio. Estas suponen el 90 % del mercado de los paneles fotovoltaicos, pues los paneles de generación dos y tres se encuentran en pleno estudio y desarrollo.

La tecnología de silicio monocristalino ha supuesto un papel muy importante en el mercado durante muchos años debido a su altísima eficiencia comprándolo con otras tecnologías, alcanzando eficiencias de transformación de hasta el 19 %, sin embargo, presenta inconvenientes como la dificultad y el gran coste del proceso de fabricación. Por otra parte, el silicio policristalino supuso uno de los principales motivos de la gran extensión de la tecnología fotovoltaica, al ser la que mejor se conoce y la más asequible, alcanzando eficiencias con valores muy positivos, aunque inferiores al monocristalino [25].

Entre las tecnologías de segunda y tercera generación destacan las tecnologías de película fina, utilizando materiales como el silicio amorfo, telurio de cadmio y el seleniuro de cobre [32]. También destacan las células multicapa, utilizando Arseniuro de Galio, que se encuentran en desarrollo y estudio alcanzando eficiencias muy prometedoras. Si bien suponen alternativas económicas, por su facilidad de producción y al escaso material utilizado, actualmente presentan inconvenientes como baja eficiencia o estabilidad, lo que lleva a una gran degradación de los paneles con el paso del tiempo [20].

A la hora de formar un módulo fotovoltaico, las células se pueden unir entre sí con una conexión en serie, en paralelo o mixta, formando distintas disposiciones, como puede ser 4 tiras de 9 células, para los modelos de 36 [25].

Parámetros fundamentales

Algunos de los parámetros más importantes en una célula fotovoltaica son los siguientes:

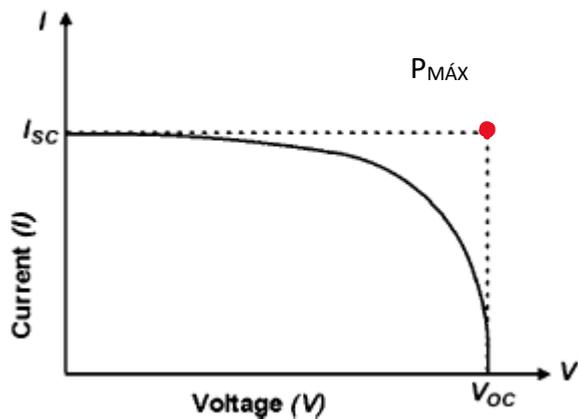


Gráfico 2.10 Curva I-V de un panel fotovoltaico. FUENTE: Edición propia a partir de gráfica obtenida a través de: Pablo Castro Alonso, *Renewable and Alternative energies*.

- *Corriente de cortocircuito (I_{sc}):* El máximo valor de corriente que hay en una célula fotovoltaica, se produce cuando está en cortocircuito y por tanto el voltaje es cero.
- *Tensión de circuito abierto (V_{oc}):* El máximo valor de la tensión, cuando no se conecta a ninguna carga y por tanto no circula corriente por la célula fotovoltaica.
- Al representar la curva I-V característica de una célula también podemos observar la existencia de un *punto de máxima potencia (P_{max})*. Para ese punto el valor del voltaje se denota como V_{MP} y la corriente I_{MP} .

- *El factor de forma (FF)* es la relación entre la potencia máxima y la potencia teórica que puede entregar la célula, por lo tanto, es un factor que representa la calidad de la célula fotovoltaica.
- *Eficiencia del panel (η):* Potencia que entrega el panel entre la potencia de la radiación que le llega, es el rendimiento con el que transforma la radiación en electricidad.

La potencia aportada por un módulo fotovoltaico dependerá del valor de la radiación solar que le llega, el ángulo de incidencia del panel, la superficie de captación y el rendimiento de sus componentes.

Elementos que forman un módulo fotovoltaico

Además de las células fotovoltaicas, un panel solar tiene diversos componentes:

- El marco de aluminio rodea el perímetro del panel para protegerlo y sujetar el conjunto.
- Los paneles cuentan con una cubierta de vidrio para favorecer la absorción de fotones y proteger las células de cualquier impacto o desgaste.
- Además de la cubierta exterior, cuentan con una cubierta posterior, formada por un material opaco con la finalidad de que los fotones que hayan atravesado las células sin ser absorbidos se reflejen para incidir de nuevo en ellas.
- El encapsulante está formado por resinas u otros materiales que tengan buena transmisión de la radiación y sirven para sujetar las células y protegerlas.

- El resto de elementos son los relacionados con la electricidad, con las bornas de conexión con el resto del sistema y los diodos de protección. Estos se ubican en una caja estanca que debe ser hermética para asegurar la protección.

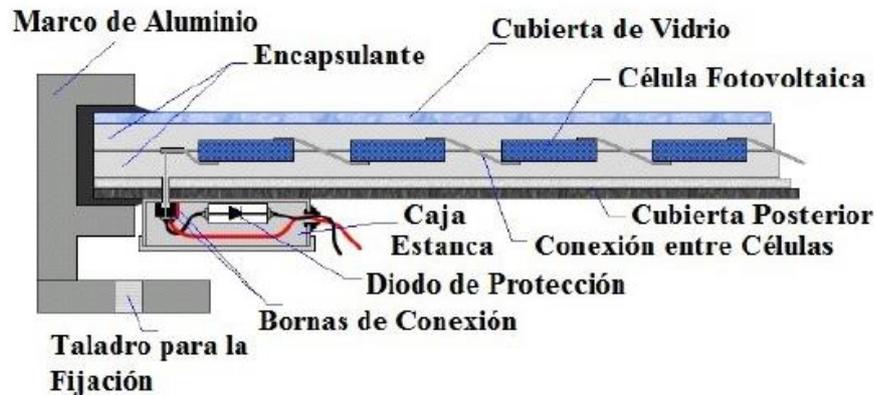


Ilustración 2.16 Componentes del módulo fotovoltaico. FUENTE: ingemecanica.com

Otro elemento importante en la instalación es el soporte de los módulos fotovoltaicos. Generalmente son de material metálico como el aluminio, al igual que el marco que sujeta el panel, y pueden ser fijos o con movimiento en distintos ejes.

En el primer caso los paneles se disponen orientados hacia al sur en una posición fija, con un grado de inclinación lo más próximo al ideal, calculado en función de la ubicación de la instalación. Existen variantes de estos soportes que incluyen la posibilidad de ajustar mecánicamente la inclinación, lo cual supone un punto intermedio entre ambas tecnologías. En este caso la principal ventaja es el bajo coste y la sencillez del sistema, aunque se traduce en un menor aprovechamiento energético que en el caso de los soportes en movimiento, los cuales varían su posición en distintos ejes, siguiendo al sol en su trayectoria para que los rayos incidan perpendicularmente al panel en todo momento.

Generalmente, los soportes fijos se utilizan en instalaciones pequeñas, como el autoconsumo para una vivienda, mientras que los móviles se emplean en grandes instalaciones eléctricas.

Conexión entre módulos fotovoltaicos

La conexión entre los distintos módulos da lugar al campo fotovoltaico. Los módulos se asociarán entre sí con diferentes conexiones para obtener las características deseadas en el sistema.

Al asociar los módulos en serie se forman *strings* y la corriente que los atraviesa es la misma en todos y la tensión es la suma de cada una de ellas. En el caso de la asociación

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

en paralelo ocurre justo lo contrario, en todos los puntos del sistema tenemos la misma tensión, aunque la corriente se sumará.

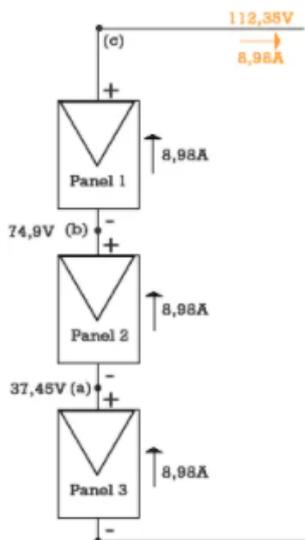


Ilustración 2.18 Conexión de módulos fotovoltaicos en serie. FUENTE: SFE Solar

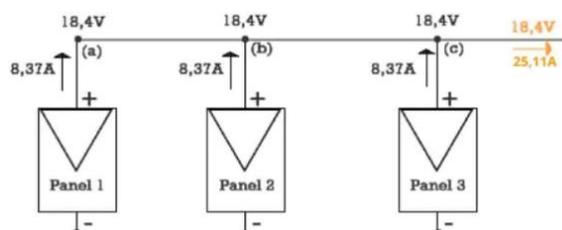


Ilustración 2.17 Conexión de módulos fotovoltaicos en paralelo. FUENTE: SFE Solar.

Generalmente, al diseñar una instalación al completo se utiliza una conexión mixta, uniendo distintos *strings* en paralelo, con el fin de aumentar la potencia. Al hacer estas conexiones entre paneles lo ideal es que todos sean el mismo modelo, ya que de lo contrario afectaría negativamente a la producción.

2.3.5.2. El regulador de carga

Este elemento se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de las baterías a través de sus principales funciones, entre las que destaca controlar el estado de carga de las baterías cuando se están descargando para evitar una sobredescarga, controlar el nivel de carga en las baterías, para evitar sobrecargas, llevar a cabo un control de las temperaturas en el electrolito de las baterías, protección del sistema, etc. Las funciones que incluya dependerán del tipo de regulador, desde los más simples hasta reguladores con pantallas de lectura y alarmas auditivas para notificar cualquier problemática [28].

El regulador en una instalación se ubica entre el generador fotovoltaico y el consumo en CC y, en ocasiones, es necesario un regulador para cada determinado número de módulos si la instalación es grande.

Esencialmente existen dos tipos de reguladores, los PWM (*Pulse Width Modulation*) [33] y los MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) [34]. Los primeros son reguladores sencillos, que fuerzan a los módulos a trabajar en la tensión que tengan las baterías, para que la tensión de entrada a estas sea la apropiada. Tienen ventajas como la sencillez, el reducido peso y resultan más económicos que los MPPT.

Por el contrario, los MPPT son más caros y más aparatosos (grandes y pesados), pero permiten la conexión de un voltaje superior y permiten obtener la máxima potencia de los paneles ya que siempre buscan ese punto, por lo que se obtiene más rendimiento del sistema al completo.

2.3.5.3. *El inversor y el conversor*

El inversor es un dispositivo electrónico de potencia que permite convertir la corriente continua (CC) que producen los módulos fotovoltaicos a corriente alterna (AC). En la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas se requiere un inversor, ya sea para conectar la corriente a la red o para alimentar los receptores, adaptando la frecuencia a 50 Hz y la tensión de 230 V o 400 V. Los inversores se pueden clasificar según distintos criterios, por ejemplo, en función de la forma de onda que generan (onda cuadrada, cuadrada modulada, senoidal pura o trapezoidal), según su aplicación en instalaciones aisladas o conectadas a la red, según si incluye transformadores, etcétera [20, 25].

Una de las clasificaciones más comunes se realiza entre los inversores de conmutación natural y los inversores de conmutación forzada. Los inversores de conmutación natural, también conocidos como inversores conmutados por red, se reserva para las instalaciones conectadas a la red, aunque cada vez más se ven sustituidos por los de tipo PWM. Los de conmutación forzada se utilizan para los sistemas aislados.

Hoy en día se han conseguido muy buenas eficiencias en la tecnología del inversor, de entre el 85% y el 95% [32], lo que significa que apenas hay pérdidas en el proceso de transformación de la energía. La eficiencia de un inversor se calcula de la siguiente forma:

$$\eta_{inv} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Donde P_{AC} es la potencia de salida y P_{DC} es la potencia de entrada.

La eficiencia varía de un inversor a otro y a su vez también cambiará en función de la potencia en la que se esté trabajando, siendo muy baja para potencias pequeñas y aumentando progresivamente hasta un máximo, para después disminuir lentamente de nuevo para potencias mayores [20]. Por esto mismo, los fabricantes suelen incluir una curva de la eficiencia del inversor en la ficha técnica (Gráfico 2.11).

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

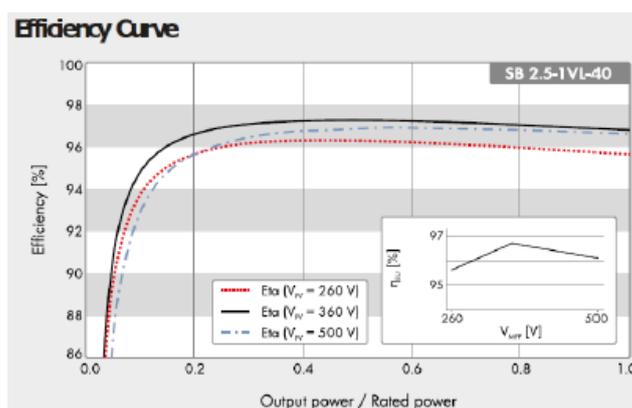


Gráfico 2.11 Curva de eficiencia de un inversor. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.

Algunos de los datos importantes de conocer de un inversor son su factor de potencia y la distorsión armónica, pues de ellos dependerá la calidad de la señal generada. Además de la transformación de la corriente, el inversor cumple otras funciones imprescindibles, como conseguir que el sistema trabaje en el punto de máxima potencia, ajustando la tensión de entrada del inversor a la tensión de máxima potencia (V_{MP}), o incluir protecciones eléctricas.

A la hora de incorporar un inversor en una instalación fotovoltaica se pueden disponer de distintas maneras. Una de las disposiciones es ubicar el inversor en el centro de la instalación, de manera que todos los *strings* se conectan a este. Esto presenta como principal ventaja que solo emplea un inversor, sin embargo, puede llevar a que se produzcan pérdidas y las conexiones son más complejas, con lo que los costes en definitiva son más altos. Otra opción más razonable es utilizar un inversor en cada *string*, de manera que mejora considerablemente la búsqueda del punto de máxima potencia y también simplifica la instalación. Una configuración que supone una mayor inversión es la conexión de un inversor por cada módulo fotovoltaico. Independientemente de la disposición del inversor en la instalación, se suele tratar de que este se encuentre lo más próximo a la salida de los módulos para evitar las pérdidas en el cableado [20].

Por otra parte, los convertidores DC-DC transforman la corriente continua producida por el sistema a otra de diferente tensión. Al igual que los inversores, estos elementos mantienen eficiencias muy altas, del orden del 95%. En ocasiones se utilizan para convertir el voltaje de trabajo en un voltaje superior, de manera que se reducen costes en el cableado.

Hoy en día existen modelos en los que ambos dispositivos están incorporados, por lo que en el caso de necesitar ambos elementos se simplifica el sistema.

2.3.5.4. Las baterías

Aquellos sistemas fotovoltaicos conectados directamente a la red para producción energética no tendrán baterías, sin embargo, en muchas ocasiones es necesario debido a que el momento de consumo no se corresponde con las horas en las que se produce la electricidad. Estos elementos aumentan considerablemente los costes de una instalación fotovoltaica. Aunque generalmente se habla de baterías, pues son los elementos más comunes, existen otros acumuladores que funcionan con tecnologías de producción y almacenamiento de aire comprimido, de energía térmica o de hidrógeno, bombeo de agua, etcétera.

Algunos de los parámetros más importantes a la hora de describir una batería son las siguientes [25].

- *Capacidad de la batería (Ah)*, que se determina a partir de la duración de la descarga, y por ello viene definida por el fabricante en función de las horas, por ejemplo, C_{10} es para una duración de diez horas, conocido como régimen de descarga (generalmente 100 h, 20 h o 10 h).
- *Profundidad de descarga*, que es el porcentaje de la capacidad de la batería que se emplea en un ciclo de carga-descarga. Las descargas profundas aceptan un 80% de la capacidad nominal de la batería.
- *Tensión nominal, resistencia interna, rendimiento.*
- *Velocidad de carga y descarga.*
- *Estado de carga.*
- *Ciclos de vida o vida útil.*
- *Autodescarga.*

Las baterías pueden clasificarse en función del material que las compone, en función del voltaje que vayan a utilizar o la potencia que son capaces de almacenar. Según el material empleado encontramos dos tipos principales, las baterías de plomo y las de litio.

Al igual que en el caso de los vehículos las baterías de plomo estaban en desuso por su elevado peso, para instalaciones fotovoltaicas son muy usadas, principalmente debido a sus bajos costes, aunque las baterías de litio presentan mejores capacidades, mayores ciclos de vida y destacan para un funcionamiento a elevado voltaje. Además, la IDAE recomienda el uso de baterías de plomo y ácido en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red [35] que fundamentalmente se clasifican como [32]:

- *Estacionarias monobloc:* Un único bloque del que se obtiene 12 V, utilizadas en instalaciones pequeñas de baja potencia.
- *Estacionarias transparentes:* Están compuestas por células, de tensión 2,2 V, por lo que se conectan en serie para obtener un mayor voltaje. Son mayores y pesan más que las anteriores.
- *Estacionarias herméticas:* Este tipo de baterías no requieren mantenimiento de recarga del líquido interno, pero no responden correctamente a descargas profundas.

También destacan las de níquel y cadmio, aunque su coste es mucho mayor y son más tóxicas para el medioambiente.

2.3.5.5. Conductores eléctricos

Los componentes eléctricos de una instalación fotovoltaica están interconectados a través de cables conductores. El correcto dimensionado del cableado es una de las partes más importantes del sistema, ya que si no se hace de manera adecuada puede acarrear graves problemas técnicos y aumentar los costes.

En una instalación fotovoltaica generalmente se puede distinguir entre dos circuitos, el de corriente continua, que conecta los módulos fotovoltaicos y va hasta el inversor, y el de corriente alterna.

Los cables deben cumplir [36, 37]:

- Los conductores deben ser de cobre.
- Sección adecuada para evitar caídas de tensión superiores al 1,5 %.
- Longitud suficiente para no generar dificultades en la instalación.
- Cableado adecuado para uso en intemperie.
- Deben estar sobredimensionados para una intensidad de al menos el 125 % de la máxima intensidad del generador.

2.3.5.6. Protecciones, contadores y conexión a red.

En el caso de las instalaciones en conexión a la red eléctrica, es necesario tener contadores instalados, que pueden ser un único contador bidireccional o dos contadores, para llevar un registro de la energía producida por la instalación fotovoltaica que se vierte a la red y también de la energía que la red haya suministrado en momentos de menor producción.

Las protecciones contra el choque eléctrico tienen una regla general definida en la norma *UNE-EN 61140* como “*que las partes activas peligrosas no deben ser accesibles y que las partes conductoras accesibles no deben ser peligrosas, ni en condiciones normales ni en condiciones de defecto simple*” [36].

Existen dos tipos de contacto, directo e indirecto. Se entiende por contacto directo aquel que se da cuando se entra en contacto con alguna parte activa que transmite energía eléctrica, y contacto indirecto aquellos que se producen cuando se entra en contacto con alguna parte que por accidente podría transmitir energía eléctrica, como las partes metálicas de los equipos [32].

En el caso de los contactos directos, los medios empleados para proteger son [38]:

- Aislamiento de las partes activas: Todas las partes activas de la instalación deben llevar un aislamiento apropiado.
- Protección mediante barreras
- Protección por obstáculos
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual

Por la parte de los contactos indirectos, cabe destacar la puesta a tierra múltiple, los fusibles, interruptores automáticos y dispositivos de protección de corriente diferencial residual. Entre las protecciones a incluir también destacan los diodos de bloqueo, los interruptores magnetotérmicos y los descargadores [38].

Los fusibles son los encargados de evitar los excesos de corriente, soportando entre 1,25 y 2 veces la intensidad de protección. En el caso de producirse un fallo en la instalación el fusible actúa y evita que el exceso de corriente circule aguas abajo protegiendo el resto de sistemas eléctricos. Los fusibles se suelen ubicar en cada uno de los extremos de los *strings* y a la entrada del inversor. Por su parte, los diodos de bloqueo se encargan de evitar el paso de la corriente inversa, aunque se suelen instalar cuando se espera tener sombreados parciales.

Los interruptores magnetotérmicos se pueden emplear tanto en la zona de corriente continua como en la de alterna, y siempre deben estar sobredimensionados [28]. Su comportamiento es similar al de los fusibles, protegiendo al circuito en caso de que se produzca una sobreintensidad. Funcionan mejor que los fusibles y no hay que sustituirlos después, sin embargo, tienen elevados costes. También destacan los interruptores automáticos diferenciales, que protegen a las personas en el caso de producirse cualquier derivación del sistema.

Otro elemento importante son los descargadores y puesta a tierra, que se encargan de protecciones contra sobretensiones de los efectos de los rayos y contra sobretensiones que puedan generar elevadas corrientes. A la puesta a tierra deben estar conectadas todas las estructuras metálicas de soporte de los paneles [28].

2.3.6. Regulaciones y normativa aplicable a la instalación fotovoltaica

La obtención de energía fotovoltaica y la instalación de sistemas solares está sujeta a regulaciones por parte del Gobierno, que varían en función de distintos criterios, principalmente el tamaño de la instalación (potencia total) y también el objetivo de la misma, es decir, si se trata de una instalación de autoconsumo, una central de generación, etc. [39].

En orden cronológico se recogen algunas de las Leyes y Reales Decretos que involucran la energía solar (BOE):

- *Real Decreto 891/1980*, de 14 de abril, sobre la homologación de los paneles solares.
- *Real Decreto 2366/1994*, de 9 de diciembre, sobre la producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables.
- *Real Decreto 1955/2000*, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- *Real Decreto 842/2002*, de 2 de agosto, bajo el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- *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.
- *Ley 24/2013*, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- *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 renovable.
- *Real Decreto 900/2015*, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del suministro de energía eléctrica con autoconsumo y la producción con autoconsumo.
- *Real Decreto-Ley 15/2018*, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energía y la protección de los consumidores (entre otras medidas elimina el conocido como “impuesto al sol”.)
- *Real Decreto 244/2019*, de 5 de abril, que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las instalaciones de autoconsumo. Entre otras medidas, se eliminan las tasas de la generación fotovoltaica, se permite el autoconsumo compartido o la producción a terceros. Distingue entre tres rangos de potencia y entre instalaciones con excedentes o sin excedentes.
- *Real Decreto 1183/2020*, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

2.4. ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN NEGOCIO

A la hora de implantar un negocio, es de vital importancia realizar un estudio previo de viabilidad, para conocer si resulta rentable o en cuánto tiempo se recuperará la inversión inicial. Algunos de los principales tipos de viabilidad son los siguientes [40]:

- *Viabilidad comercial:* Este tipo de viabilidad consiste en realizar un estudio sobre el mercado existente en el que se va a implantar el negocio, de la demanda que este pueda tener, si hay competidores, etcétera. Se debe asegurar una demanda mínima de lo que se está ofreciendo.
- *Viabilidad técnica:* En ocasiones, al plantear un negocio, no resulta posible física o materialmente. El proyecto debe, ante todo, tener sentido y ser posible de realizar.
- *Viabilidad administrativa y legal:* Viene de la necesidad de que el proyecto cumpla los reglamentos y leyes establecidas, evitando cualquier posible traba legal.
- *Viabilidad ambiental:* Especialmente hoy en día hay que prestar atención a los posibles daños medioambientales que puedan ser producidos por la implantación del negocio de estudio.
- *Viabilidad financiera:* Permite expresar de forma numérica la rentabilidad del negocio, a partir de valores como el VAN o la TIR. En definitiva engloba todos los tipos de viabilidad y los refleja en datos numéricos.

Previamente a realizar los cálculos económicos correspondientes, se suele recurrir a realizar un estudio no numérico de cómo puede desarrollarse el proyecto, analizando cuáles son los factores internos y externos que le pueden afectar, a través de un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

Por otro lado, se emplean como parámetros el VAN y la TIR. El VAN, o Valor Actual Neto, es una de las herramientas para calcular la viabilidad económica, debe ser siempre mayor a cero para que el negocio pueda considerarse rentable. Se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$VAN = -D + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n}$$

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Donde:

- D es la inversión inicial
- FC_n son los distintos flujos de carga en cada periodo
- k es la tasa de descuento
- n es el número de periodos

Es decir, es el desembolso inicial que se produce, con la suma de los flujos futuros del proyecto. Si el VAN resulta en un valor positivo, el proyecto es rentable, sin embargo, si el valor es negativo significa que no lo es.

La TIR o Tasa Interna de Retorno representa la rentabilidad que ofrece una determinada inversión [41]. Se representa en tanto por ciento, y también representa el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero:

$$VAN = -D + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

El criterio para analizar si la inversión resulta rentable será con la comparación de la k elegida para el cálculo del VAN y el TIR obtenido, de manera que:

Si $TIR > k$, el proyecto se acepta.

Si $TIR = k$, podría plantearse algún tipo de mejora para el proyecto

Si $TIR < k$, el proyecto no es rentable y debe ser rechazado

Otro parámetro económico interesante de determinar es el periodo de recuperación de la inversión, calculado de la siguiente manera:

$$PRI = a + \frac{|b|}{c}$$

Donde:

- a es el último periodo con flujo de carga acumulado negativo
- b es el valor absoluto del último flujo de carga acumulado negativo
- c es el valor del flujo de carga en el siguiente periodo

Este parámetro nos da nociones sobre el tiempo en el que se recuperará la inversión inicial. Resulta fácil de calcular, y si obtenemos un corto periodo de tiempo, sabremos que la inversión inicial será fácilmente recuperable.

Como parte negativa, es que no es representativo al cien por cien del tiempo de recuperación real, ya que no tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, a diferencia del VAN y la TIN, a través de la tasa de descuento k . Por ello, cuando se calculen todos los parámetros, el PRI no coincidirá exactamente con lo que representa el VAN y la TIN.

3. CASO DE ESTUDIO

3.1. SELECCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL PARQUE

El proyecto de movilidad eléctrica constará de tres tipos de vehículos:

- *Autobuses eléctricos*
- *Bicicletas eléctricas*
- *Buggies eléctricos*

3.1.1. Autobuses eléctricos

3.1.1.1. Justificación de necesidad

En primer lugar, se elegirán los autobuses. Desde el año 2016, Cabárceno ha incluido un nuevo servicio de lanzaderas que se mantiene activo en determinados momentos del año [3]. Estas permiten a aquellos visitantes que no deseen desplazarse con su propio coche, y tampoco quieran, o puedan, realizar actividad física con las bicicletas, moverse con facilidad por el recorrido, combinando estas lanzaderas con las líneas de teleférico. Otro objetivo de estos autobuses es evitar los problemas que causa la gran afluencia de coches en los meses de alta ocupación, sobre todo agosto, creando atascos.

Se trata de un recorrido formado por dos líneas [42]:

LINEA 1: Desde el recinto de los osos hasta la estación número 1 de la telecabina, pasando por el recinto de los elefantes.

LINEA 2: Desde la entrada al Parque de Cabárceno por Obregón hasta el recinto de los osos, pasando por el recinto de los tigres, de los gorilas y por la estación 4 de la telecabina.

Ambas líneas tienen un horario de 10:00 a 19:00 y los autobuses tienen una frecuencia de 15 minutos.



Ilustración 3.1 Líneas de autobús del Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Parquedecabarceno.com

Resulta muy adecuado incluir esta opción en el nuevo plan de movilidad en el parque, pues:

- Supone una alternativa al alquiler de los buggies o bicicletas.
- Facilita el movimiento por el Parque a aquellas personas que no sepan o no deseen conducir un buggy o montar en bicicleta.
- Resulta una opción inclusiva para las personas con movilidad reducida.
- El transporte colectivo en definitiva se traduce en un ahorro energético.

Si bien la compra de un autobús eléctrico resulta entre 2 y 2,5 veces más cara que un autobús de combustión interna [43], además de sus ventajas medioambientales, se puede conseguir financiación y el consumo energético es relativamente bajo.

3.1.1.2. Modelo de autobús seleccionado

Los autobuses eléctricos pueden clasificarse en distintos tipos según el tipo de electrificación y sistema de funcionamiento [9]:

- **TROLEBÚS:** La alimentación eléctrica se realiza mediante cables aéreos que siguen todo el trayecto que realice el vehículo.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

- **AUTOBUSES ELÉCTRICOS A BATERÍA O DE CARGA LENTA:** Las baterías se transportan en el interior del vehículo, de tal manera que son capaces de cubrir la demanda de energía en un día. Las baterías que alimentan un autobús eléctrico suelen ser de gran tamaño y pueden pesar incluso varias toneladas, por lo que se reduce el número de pasajeros que pueden transportar.

Estos autobuses necesitan cargarse durante varias horas para conseguir una carga completa, por lo que se requiere una estación de carga para cada uno de ellos.

- **AUTOBUSES DE RECARGA RÁPIDA/ULTRARRÁPIDA:** La recarga se realiza en estaciones de carga rápida que funcionan con un brazo mecánico, similar a los de los trolebuses, que entra en contacto con el techo del autobús, por lo que el vehículo va realizando pequeñas paradas en las estaciones para obtener la energía eléctrica en unos pocos minutos.

Uno de los modelos de autobús eléctrico más innovadores es el eCitaro, de Mercedes Benz [44]. Este autobús representa grandes avances en el mundo de los autobuses eléctricos de baterías. El sistema de funcionamiento de este autobús es lo que se conoce como “*intelligent eco steering*”. El eje delantero del autobús tiene una gran capacidad de carga, de hasta ocho toneladas, permitiendo el transporte de entre 88 y 146 pasajeros. En el trasero se encuentra la propulsión eléctrica, con dos motores situados cerca de las ruedas, además de un conjunto de baterías, los sistemas de refrigeración y de frenado. Además, en la parte superior tiene un espacio reservado para incluir, de manera opcional, un sistema de rieles de carga (sistema de carga de alta potencia) [45]. Los sistemas del autobús, como el climatizador o la refrigeración, están conectados en circuitos optimizados para conseguir la mayor eficiencia energética posible de todo el conjunto.



Ilustración 3.2 eCitaro. FUENTE: Mercedes-Benz

Tecnología de las baterías

Las baterías empleadas permiten alcanzar, en condiciones óptimas, una autonomía de 320 kilómetros, aunque en condiciones desfavorables como puede ser un día de verano con climatización activada llega a recorrer unos 150 kilómetros, valores muy apropiados para el recorrido de las lanzaderas en el parque.

El eCitaro emplea fundamentalmente dos tipos de baterías:

- *LMP (Lithium Metal Polymer)*, de electrolito en estado sólido: Estas baterías permiten un gran rango cuando trabajan a carga completa (100%), de tal forma que permitirían la circulación del autobús a lo largo de todo el día, sin necesidad de hacer paradas de recarga intermedias, lo cual facilita la logística y agiliza el sistema de transporte. Estas baterías son de carga lenta (potencias de hasta 80 kW), pensadas para cargar el autobús a diario durante la noche, de forma que al día siguiente la carga es completa. Así mismo, esta tecnología permite aclimatar el vehículo con el preacondicionado, es decir, que ajusta la temperatura del vehículo a las condiciones ideales para los pasajeros antes de ponerse en funcionamiento, ahorrando energía. Estas baterías solamente pueden cargarse a través de un conector tipo Combo 2.
- *NMC (Nickel-Metal-Cobalt)*: Esta tecnología presenta más adaptabilidad o versatilidad a la forma de cargarlas: Se pueden cargar mucho más rápido que las anteriores (250 kW o más) y admiten la conexión de un pantógrafo. En este caso tienen menos capacidad que las anteriores, de tal forma que para dar servicio al Parque de Cabárceno requerirían la instalación de puestos de recarga rápida en determinadas paradas a lo largo de todo el día. Igualmente se pueden recargar durante la noche utilizando un conector tipo Combo2.

Muchos vehículos eléctricos tienen problemas al enfrentarse a temperaturas muy bajas o elevadas, por el efecto negativo de estas sobre las baterías, pero este no es el caso del eCitaro, habiendo superado pruebas en el círculo polar ártico a -15°C y en España a 30°C.

En este vehículo la cadena cinemática (conjunto del motor y el sistema de transmisión) tiene una potencia de 125 kW. Las baterías tienen acumuladores de iones de litio y tienen una disposición modular, pudiendo variar entre dos, cuatro o seis módulos de batería, pudiendo ser complementados con otros cuatro módulos ubicados en la parte trasera. La capacidad total de las baterías llega a los 441 kWh. La reducción del número de baterías se traduce en una menor autonomía, pero permite mayor capacidad de pasajeros.

Tecnología de carga

Los autobuses eCitaro incorporan una conexión para un conector eléctrico “Combo 2” en un lateral del vehículo. Como ya se ha mencionado anteriormente, también cuenta con la opción de incluir un pantógrafo en la parte superior del vehículo que permitiría cargas intermedias de alta potencia, aumentando la autonomía en cuestión de minutos. De esta manera se podrían colocar menos baterías para aumentar la capacidad de transporte.

Para las baterías tipo LMP se requieren mínimo 80 kW para la recarga de cada vehículo, y tardaría unas seis horas para cargar al 100%.

Tecnología del motor

Cuenta con un motor asíncrono refrigerado por agua, con un eje de potencia de 125 kW. El par es de 2 x 485 Nm y la relación de desmultiplicación permite conseguir un par en las ruedas de hasta 2 x 11.000 Nm [46].

3.1.1.3. Número de autobuses

En momentos del año con menor número de visitantes se utilizará un autobús en cada línea, teniendo disponible otro más por si se produce algún fallo y para cubrir las necesidades en días de mayor afluencia.

El precio de un eCitaro con baterías LMP tiene un precio aproximado de 600.000 € con el máximo de baterías embarcadas.

3.1.2. Bicicletas eléctricas

3.1.2.1. Justificación de necesidad

Las bicicletas eléctricas son un medio de transporte que ha ganado una gran popularidad en los últimos años. Ideales para un transporte urbano, cada vez se instalan más puntos de alquiler de estas en las ciudades, ya que mantienen todos los aspectos positivos de una bicicleta convencional, como puede ser la práctica de ejercicio físico y el transporte sostenible y libre de emisiones, pero facilitando la conducción para el usuario, pues la potencia otorgada por el motor eléctrico ayuda a superar pendientes, grandes distancias y reduce el tiempo del transporte.

Dentro de los vehículos eléctricos, las bicicletas eléctricas se clasifican como vehículos eléctricos ligeros o LEV (*Light Electric Vehicle*). Estos engloban a todos los vehículos eléctricos que son de bajo peso como pueden ser también los ciclomotores eléctricos, los scooters, los patinetes y similares. Estos vehículos son 100% eléctricos (no cuentan en ningún caso con motor de combustión adicional) y suelen tener sistemas de baja tensión, por debajo del límite de seguridad del cuerpo humano situado en 50 V.

El manejo de una bicicleta eléctrica es prácticamente igual al de una bicicleta común. Estas llevan un motor incorporado, normalmente en la zona de los pedales, que impulsa el movimiento de la rueda trasera. De esta manera, hay que diferenciarlas de los ciclomotores, que incorporan un sistema de aceleración, mientras que lo más común entre las bicicletas eléctricas es que funcionen a través de un sistema de pedaleo asistido, regulado a través de la potencia ejercida por el usuario [47].

Generalmente, las bicicletas eléctricas suelen alcanzar velocidades de asistencia de en torno a 25 km/h, aunque pueden llegar incluso a los 45 km/h bajo distintas normativas. Hablando de autonomía, esta puede variar entre los 30 km hasta algo más de 100 km, aunque esta se ve altamente influenciada por el uso que se le dé [48].

Las bicicletas eléctricas permitirán a los usuarios desplazarse por los veinte kilómetros de carreteras que recorren el Parque, haciendo que la visita se pueda realizar en el día sin ninguna complicación. La potencia adicional que ofrecen las bicicletas eléctricas, además, facilita la subida de las pendientes (Gráfico 3.1), que en determinados puntos del recorrido ascienden al 20% [49].



Gráfico 3.1 Desnivel en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Rutasenbici.net

Frente al resto de formas de transporte que se incluirán en el proyecto, las bicicletas ofrecen una alternativa distinta, en la cual los visitantes podrán disfrutar de un día activo, practicando ejercicio físico en un entorno natural y de forma divertida y fácil, pues éstas se conducen igual que una bicicleta convencional.

Algunas de las características que se buscarán en las bicicletas son que tengan suficiente potencia como para ayudar a superar los desniveles, al ser las zonas de mayor dificultad y donde más importante resulta que la bicicleta sea eléctrica, cambio de velocidades, alta autonomía y posibilidad de recarga rápida.

3.1.2.2. Carril bici

Una de las posibilidades es realizar un carril bici para aumentar la seguridad y tranquilidad de aquellos que opten por este servicio.

3.1.2.3. Modelos y elección de bicicletas eléctricas

- Youin You-Ride Amsterdam [50]

Esta bicicleta está equipada con frenos de disco, que ofrecen precisión y fuerza en el frenado. Cuenta con un cambio de velocidades Shimano, con seis velocidades diferentes, además de cinco modos de conducción que permiten ajustar el grado de asistencia al pedaleo. La potencia del motor es de 250 W y un voltaje de 36 V, tiene una velocidad con motor de 25 km/h y una autonomía de hasta 35 km. La batería es extraíble, de 7800 mAh y con un tiempo de carga de unas tres horas aproximadamente.

PRECIO: 649 € IVA incluido.



Ilustración 3.3 Bicicleta eléctrica Youin You-Ride
FUENTE: Mediamarkt.es

- RIVERSIDE [51]

Esta bicicleta tiene tres modos de conducción, en los cuales se obtienen 90 km de autonomía, 70 km y 50 km respectivamente. En este caso, los cambios son de siete velocidades y dos tallas diferentes. El motor es tipo *brushless*, de 250 W en el buje de la rueda trasera y par de 30 Nm. La batería, por su parte, es de ion de litio, de 36 V y 11,6 Ah (418 Wh). La batería es extraíble, pero cuenta con llave de bloqueo. La duración de carga es aproximadamente de seis horas y media, y cuenta con garantía de dos años.

Esta bicicleta tiene una pantalla para visualizar la velocidad, las distancias, la autonomía y el modo de conducción, además de una entrada de USB con la posibilidad de conectar el teléfono móvil. También cuenta con timbre y luces traseras y delanteras. Existe la posibilidad de añadir accesorios como cesta delantera, portaequipajes trasero o portabebés.

El diseño de la bicicleta está enfocado hacia un objetivo más deportivo, ya que el modelo anterior era más urbano.

PRECIO: 799,99 € IVA incluido.



Ilustración 3.4 Bicicleta eléctrica Riverside. FUENTE: Decathlon.es

- ELOPS EBIKE 120 [52]

Bicicleta muy similar en diseño a la Riverside, con un motor en la rueda trasera de 36 V con una potencia máxima de 250 W. La batería es de Samsung y está compuesta de células de litio, con un tiempo de carga de cinco horas para una recarga completa.

La autonomía máxima es de 70 km, pero el fabricante advierte que desciende en gran cantidad dependiendo del peso transportado, del modo de asistencia y de las pendientes a superar.

Cambio de siete velocidades, alumbrado trasero y delantero y neumáticos con refuerzos antipinchazos. También tiene posibilidad de incluir portaequipajes/portabebés y otro tipo de accesorios.

PRECIO: 799,99 € IVA incluido.



Ilustración 3.5 Bicicleta eléctrica Elops eBike 120. FUENTE: Decathlon.es

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

- MOMA | Bicicleta Ebike 26 Hydr [53]

De tallaje único (1,55-1,80 m), esta bicicleta cuenta con una batería de ion-Litio de 36 V y 16 Ah. El motor es de tipo brushless, de 250 W, y funciona con cinco niveles de asistencia. Cuenta también con una pantalla en la que se refleja el nivel de carga, la asistencia, la velocidad, la distancia parcial y la total.

El tiempo de carga es de cuatro horas, aunque existe la posibilidad de recurrir a la carga rápida. Su autonomía es de hasta 80 km y la velocidad máxima alcanzada con la batería es de 25 km/h.

PRECIO: 899,99 € IVA incluido.



Ilustración 3.6 Bicicleta eléctrica MOMA bikes. FUENTE: momabikes.com

Tabla comparativa y elección

Tabla 3.1 Tabla comparativa de los modelos de bicicleta eléctrica seleccionados. FUENTE: Elaboración propia.

Características	YOUIN YOU- RIDE AMSTERDAM	RIVERSIDE	ELOPS EBIKE	MOMA
Autonomía máxima	35 km	90 km	70 km	80 km
Extracción de batería	Sí	Sí	Sí	Sí
Potencia	250 W	250 W	250 W	250 W
Precio	649 €	799,9 €	799,99 €	899,99 €

Comparando autonomías la bicicleta que sobresale es la *Riverside*, con una autonomía de hasta 90 km. La *Elops ebike* y la *Moma* tienen también buenas autonomías, sin embargo, el modelo *Youin you-ride Amsterdam* queda por detrás del resto con tan solo 35 km. Las carreteras en el recinto tienen una longitud de 20 km, aunque a lo largo de un día en el parque se recorren varias veces los mismos tramos, por lo que la distancia aumenta. Así mismo hay que tener en cuenta que esa autonomía máxima que se describe es con el mínimo nivel de asistencia y en condiciones ideales del entorno.

Por último, un factor importante a tener en cuenta es el precio. La más barata es la *Youin you-ride Amsterdam*, pero su autonomía máxima es bastante inferior al resto, suponiendo un factor muy importante. Tanto la *Riverside* como la *Moma* han rebajado sus precios, costando inicialmente 999,99 € y 1800 € respectivamente.

Teniendo en cuenta sus buenas características y su precio moderado, el modelo seleccionado es la bicicleta *Riverside*.

3.1.2.4. Número de bicicletas eléctricas

Hoy en día, el Parque de Cabárceno puede ser visitado sin ninguna restricción tanto a pie como a bicicleta, sin embargo, los visitantes suelen optar por el desplazamiento en su vehículo particular. Esto se debe a diversos motivos, como a la gran extensión del Parque, las pendientes de las carreteras y que la mayoría de los visitantes van acompañados de niños pequeños (Tabla 2.5).

Desde julio de 2020, el Parque ofrece la opción de reservar una visita guiada en bicicleta eléctrica, para adultos y para niños a partir de los nueve años, así como alquilar las bicicletas eléctricas con servicios por día completo, medio día u horas sueltas, bajo las siguientes tarifas:

- Día completo:
 - Adultos 20 €
 - Niños 17 €

- Medio día:
 - Adultos 15 €
 - Niños 12 €

- Horas sueltas:
 - Adultos 6 €/hora
 - Niños 4€/hora

El Parque de la Naturaleza de Cabárceno, a su vez, alquila las bicicletas eléctricas, manteniendo como constante un total de 30 bicicletas de servicio y 10 bicicletas más en stock. En el caso de necesitar más bicicletas para un determinado día, el Parque puede solicitar el servicio con al menos 12 horas de antelación [54].

Este número de bicicletas lo podemos tomar como referencia a la hora de decidir el número de bicicletas a implantar. En este proyecto querrá favorecer e impulsar esta opción, por lo que se ampliará el número de bicicletas eléctricas disponibles en el Parque de Cabárceno, para acercarnos más al objetivo de electrificar todo el transporte por el recinto, fomentando la actividad física al aire libre e implantando una forma distinta de ver el Parque. Debido a esto el número de bicicletas aumentará respecto al actual, ascendiendo a 60 bicicletas eléctricas.

3.1.3. Buggies eléctricos

3.1.3.1. *Justificación*

Los buggies eléctricos son vehículos pequeños, típicamente de cuatro ruedas, que vienen en una gran variedad de formatos, desde modelos adaptados tipo todoterreno 4x4, hasta los tradicionales carritos de golf, pasando por vehículos de trabajo y buggies urbanos para el turismo en las ciudades. El número de pasajeros que alberga también es variable, siendo lo más común aquellos de dos plazas, también es habitual de cuatro, seis o incluso grandes vehículos de más de nueve plazas. Estos se mueven a velocidades reducidas, generalmente inferiores a 30 km/h, resultando una conducción segura y que, además, asegura el cumplimiento de las restricciones de baja velocidad establecidas por el Parque de Cabárceno.

Si bien es cierto que en los últimos años han surgido modelos de buggies accionados con motores de gasolina, los de tipo eléctrico tienen más popularidad debido a su nula contaminación ambiental y acústica, la seguridad y la facilidad en su manejo.

Hoy en día, todo campo de golf está equipado con una flota de buggies, ya que se observó que esto se podía incluir como parte del negocio, alquilándolos a los jugadores para sus traslados. Esto finalmente derivó en una gran fuente de ingresos para campos de golf y clubs de campo y, de hecho, cada vez se impulsan más iniciativas de este estilo, como en el centro de las ciudades por las que se restringe la conducción de coches no eléctricos, permitiendo visitas turísticas. La idea de este proyecto es seguir esa misma línea, conseguir que Cabárceno sea un lugar libre de emisiones y de ruido, a la vez que se consigan nuevas formas de actualizar el negocio.

Pese a que las bicicletas eléctricas son una gran opción, muy recomendable para aquellos dispuestos a hacer ejercicio a la vez que visitan el Parque, muchos no desearán, o no podrán, realizar ese tipo de visita: Personas con movilidad reducida, familias acompañadas de niños pequeños y/o ancianos, o simplemente gente que desea una visita más tranquila y relajada. También existe la opción de los autobuses, sin embargo, supone un gran cambio con respecto al acceso particular en cuanto a libertad de movimiento e independencia. Para todos ellos, los buggies eléctricos son una alternativa ideal.

La conducción de los buggies es sencilla y segura, permitiendo un traslado tranquilo por el recinto. Presentan grandes autonomías, sin problema de fallo ante el largo recorrido del Parque, además de que determinados modelos pueden superar pendientes de más del 20%, característica esencial para este proyecto debido a las grandes cuestas del parque.

Otra característica muy importante es que son compactos, por lo que resultan compatibles con la creación de un carril bici para aumentar la seguridad de todos los visitantes. La compacidad de los buggies también nos facilita su manejo y almacenamiento.

3.1.3.2. Modelos y elección de buggies eléctricos

El número de plazas más común en el mercado de los buggies eléctricos es de dos, ya que uno de los grandes consumidores son los campos de golf, en los cuales la parte trasera del vehículo está adaptada para el transporte de las bolas, palos y otros equipamientos. Sin embargo, cada vez es más común el uso de los buggies en otros ámbitos, como puede ser el turístico, por lo que también es fácil encontrar buggies de cuatro plazas.

Los buggies de cuatro plazas son los más adecuados para ser el vehículo mayoritario, ya que la gran mayoría de los visitantes del Parque lo visitan en familia (Tabla 2.6).

- *Marshell DN-4 | Movelco [55]*

Vehículo 100% eléctrico con un diseño enfocado al uso turístico, espacioso, con capacidad para cuatro personas. Equipado con frenos en las cuatro ruedas y un freno de estacionamiento, luces delanteras y traseras, intermitentes, luces de freno, retrovisores, velocímetro e indicador de batería.

Batería: 6V | 220AH x 8

Motorización: 3 kW

Máxima velocidad: 28 km/h

Dimensiones: 3250 x 1380 x 1850 mm

Cargador: 48 V | 18 A, Full automatic high frequency charger

Controlador: American Curties controller DC48V/325A

PRECIO: 13.475€ + IVA



Ilustración 3.7 Buggy eléctrico Marshall DN-4. FUENTE: Movelco.com

- Little E-Box 4 [56]

Este vehículo eléctrico está especialmente diseñado para rutas en familia, por terrenos más complicados, como pueden ser los parques naturales e ideal para espacios protegidos por su categoría de 100% eléctrico. Puede seleccionarse el modelo con batería de litio o de plomo, se puede cargar en un enchufe doméstico convencional y alcanza el 100% de su carga en siete horas.

Tanto por el diseño como por el equipamiento de serie, resulta un modelo estéticamente atractivo y muy seguro, pues cuenta con cinturones de seguridad, guantera con cerradura, retrovisores, techo duro extraíble, claxon, asistencia de frenado, limpiaparabrisas, etc.

Batería: Litio 200 Ah; Litio 300 Ah; Plomo; Plomo Alta Capacidad

Motorización: 8 kW

Máxima velocidad: 45 km/h

Dimensiones: 3040 x 1390 x 1805 mm

PRECIO: 18.409 € + IVA



Ilustración 3.8 Buggy eléctrico Little E-Box 4. FUENTE: Movelco.com

- EZGO [57]

Este modelo varía su precio en función de una serie de características técnicas variables a petición del cliente. La mayor diferencia de precio resulta en el tipo de batería que incluya el vehículo.

Por una parte, tenemos lo que la marca llama *72-volt technology*, una tecnología eléctrica de una gran potencia. Se anuncia como un vehículo capaz de avanzar por grandes pendientes y con baterías cuya carga es de larga duración, que además incluye tecnología regenerativa. En ese caso, el vehículo funcionaría con seis baterías de 12 V y un controlador de 350 A. Funciona con un sistema en alterna y tiene posibilidad de carga rápida con un cargador de 1500 W y el sistema funciona a 72 V.

Lo bueno de esta tecnología es que resulta más económica, con un coste de 9.750 € en el caso de contar con cuatro pasajeros y ampliable a seis por un precio de 11.360 €.

Por otro lado, la marca ofrece su tecnología *Elite lithium powertrain*, basado en una nueva tecnología de Samsung llamada SDI. En este caso, los modelos cuentan con una garantía de ocho años, además de que aseguran que no es necesario ningún tipo de mantenimiento para las baterías, partes de los vehículos eléctricos que suelen traer problemas y acarrear importantes gastos con el paso del tiempo. El diseño del vehículo además permite a los pasajeros tener un mayor espacio de almacenamiento para sus bienes personales.

La carga de estos vehículos asegura una carga el doble de rápida en todo caso, además de permitir conectarlos a la red en un enchufe convencional sin afectar al estado de las baterías. En este caso, el precio asciende a un total de 11.740 € con capacidad para cuatro pasajeros.

OPCIÓN 72-V

Pack de baterías: 6 x 12V

Motorización: 16,7 kW

Máxima velocidad: 30,5 km/h

Dimensiones: 2920 x 1390 x 1890 mm

Cargador: 72 V DC | 1000 W

Controlador: 350 Amp AC

PRECIO: A partir de 9.750 € + IVA

OPCIÓN ELITE LITHIUM TECHNOLOGY

Pack de baterías: ELiTE 2.0 – 56V Lithium

Motorización: 8.7 kW

Máxima velocidad: 30,5 km/h

Dimensiones: 2940 x 1240 x 2110 mm

Cargador: ELiTE Light World Charger 120/230 V AC

Controlador: 235 A | AC

PRECIO: 11.740 € + IVA



Ilustración 3.9 Buggy eléctrico EZGO. FUENTE: ezgo.txtsv.com

- *Free to Vibe* [58]

Esta marca presenta una amplia gama de modelos eléctricos, con grandes autonomías de hasta 120 kilómetros. Entre todos ellos caben destacar el FTV 1 y el FTV 5, cuya principal diferencia es que el segundo es 4x4.

FTV 1 – Tracción trasera; pendiente máxima superable 20%

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Pack de baterías: 5 x 12 V (6 kWh)

Motorización: 5 kW

Máxima velocidad: 40 km/h

Dimensiones: 2411 x 1406 x 1933 mm

Sistema: 60 V

Capacidad de hasta cuatro pasajeros

PRECIO: 8.500 € (IVA incluido)

FTV 5 – 4x4; Pendiente máxima superable 35%

Pack de baterías: 9 x 10.8 kWh

Motorización: 5,7 kW

Máxima velocidad: 60 km/h

Dimensiones: 2950 x 1430 x 1780 mm

Sistema: 72 V

PRECIO: 12.500 € (IVA incluido)



*Ilustración 3.10 Buggy eléctrico FTV-1 Free to Vibe.
FUENTE: FreeToVibe.com*

Tabla comparativa y selección

Tabla 3.2 Tabla comparativa de los modelos de buggy eléctrico seleccionados. FUENTE: Elaboración propia.

Características	Marshall DN-4	Little E-box 4	EZGO 72 V	EZGO Elite lithium	Free to vibe FTV 1	Free to vibe FTV 5
Potencia del motor	3 kW	8 kW	16,7 kW	8,7 kW	5 kW	5,7 kW
Máxima velocidad	28 km/h	45 km/h	30,5 km/h	30,5 km/h	40 km/h	60 km/h
Precio	13.475 € + IVA	18.409 € + IVA	9.750 € + IVA	11.740 € + IVA	8.500 € (IVA incluido)	12.500 € (IVA incluido)

La potencia del motor es un dato importante, el cual se refleja en características como la máxima pendiente que puede superar el vehículo. Es importante que el vehículo pueda superar pendientes del 20% ya que estas son habituales en el recorrido del parque.

En el recinto la velocidad está limitada a 20 km/h, por lo que realmente no es relevante las velocidades máximas que estos puedan alcanzar.

De nuevo el precio es un factor muy importante destacando el modelo FTV 1 de la marca *Free To Vibe*. Además de su reducido precio, este cuenta con otras características ideales: es un vehículo tipo todoterreno con una autonomía de entre 80 y 120 km en cada carga, con una estimación de coste por carga en la red de 1 €.

El buggy seleccionado, por tanto, es el modelo FTV 1 de la marca *Free To Vibe*, con un precio de 8.500 € cada vehículo, incluyendo el IVA.

3.1.3.3. Número de buggies necesarios

Si bien el número de bicicletas o de autobuses a instalar en este proyecto resulta una decisión más sencilla de tomar, determinar el número de buggies tiene mayores complicaciones. Como se ha visto en el apartado 2.1, el Parque de la Naturaleza de Cabárceno tiene una distribución de visitantes de mucha variabilidad a lo largo de un año, lo que trae problemas de dimensionado de la flota de vehículos. El mayor número de visitantes registrados se produce en el mes de agosto, siendo un mes importante ya que se producen las mayores ganancias, sin embargo, si se trata de encontrar un número de buggies que se ajuste a este mes, el resto del año estarían infrutilizados. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que los volúmenes de gente que el parque puede mover en un día no pueden ser cubiertos al completo por una flota de buggies, pues supondría un número desorbitado y no tendría sentido.

La clave para esta decisión, por un lado, reside en los autobuses, una opción que podrá desplazar a muchas personas a lo largo de un día al tratarse de un autobús de línea, de tal forma que evita la necesidad de tener una flota de buggies excesivamente grande, además de agilizar el tráfico por el parque.

Para la selección del número de buggies a instalar se partirá del cálculo de la instalación fotovoltaica, de forma que se calcule a cuántos buggies podría dar servicio la energía producida, para posteriormente analizar los resultados y comprobar que sean coherentes.

3.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS

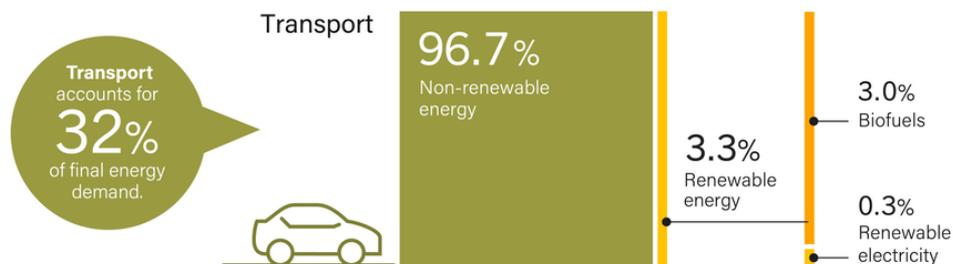
3.2.1. Justificación

Una de las grandes vías de descarbonización de ciertos sectores, como es el caso del transporte, es a través de la electrificación, que supone sustituir los tradicionales motores de combustión por motores eléctricos alimentados con baterías. Sin embargo, una de las grandes problemáticas de la electrificación reside en el origen de la energía que alimenta dichas baterías, pues no tendría ningún sentido que se obtuviese, por ejemplo, quemando carbón en una central térmica. La energía dedicada al sector transporte es aproximadamente un tercio del consumo total de energía en el mundo, y la gran mayoría de esta energía (96.7%) es de origen no renovable (derivados del petróleo) [59]. Uno de los grandes problemas que trae consigo el consumo actual de energía, que en su mayoría sigue siendo a partir de combustibles fósiles, es el calentamiento global, producido por las grandes emisiones de CO₂ a nuestra atmósfera lo que aumenta el efecto invernadero. Sin embargo, esta no es la única problemática, pues nos encontramos también ante una situación límite de reservas de combustibles fósiles: se estima que quedan reservas de petróleo para unos cincuenta años al ritmo

actual de consumo. Entre otros problemas también puede destacarse la lluvia ácida al emitir óxidos de azufre y nitrógeno.

Tan solo el 3,3% de la energía destinada al transporte es de origen renovable. Se tiene un 3 % procedente del uso de biocombustibles y tan solo el 0,3% restante es de electricidad obtenida a través de energías renovables [20]. Lo ideal es que todo el ciclo, desde la obtención de recursos hasta el consumo energético, se realice de la manera más limpia y sostenible posible, consiguiendo cero emisiones en todo el proceso.

Renewable Share of Total Final Energy Consumption in Transport, 2017



Source: Based on IEA data.

REN21 RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT

Ilustración 3.11 Energía final consumida por el sector transporte en el año 2017. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.

Por todo ello, se estudiará la viabilidad de que los vehículos eléctricos integrados en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno se alimenten, en la medida de lo posible, a través de una instalación de energía renovable. Una de las formas de definir energía renovable es toda aquella que puede reponerse en una escala temporal adecuada para el uso humano, en definitiva, aquellas fuentes inagotables, como el sol, el viento, la biomasa o el movimiento del agua.

El futuro energético está fuertemente ligado a las energías renovables, al no producir gases contaminantes o tóxicos, la posibilidad de su empleo en estaciones de autoconsumo y el bajo coste ligado a su funcionamiento.

Sin embargo, las energías renovables también tienen ligados algunos problemas. Algunas de estas tecnologías pueden interferir con los ecosistemas, como la interferencia de los aerogeneradores con los pájaros o la modificación del paisaje, por ejemplo, al construir presas para la obtención de energía hidráulica, problemática que se une al impacto visual que genera dificultades a la hora de desarrollar proyectos cercanos a núcleos de población o zonas turísticas.

Otra de las grandes problemáticas de este tipo de recursos es su variabilidad. Algunos de estos recursos son constantes, como puede ser la geotermia, sin embargo, muchos de ellos dependen de condiciones que se escapan de nuestro control, como la energía

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

solar, que solo produce durante el día, obligando en muchas ocasiones al uso de sistemas de acumulación que elevan considerablemente los costes de la instalación.

Además de la variabilidad en el tiempo existe otro factor importante y es la situación geográfica de estos recursos, pues muchos se encuentran localizados o son rentables en determinadas ubicaciones. Por ejemplo, para la extracción del recurso eólico es necesario que el viento sople a unas velocidades concretas, además de disponer de grandes superficies de terreno para la instalación, o la energía geotérmica, cuyo recurso solo es accesible en determinadas zonas del planeta.

Si bien lo ideal es que el futuro energético sea 100% renovable, siempre se necesita una energía que aporte una carga base fiable o bien una mejora de los sistemas de almacenamiento actuales para abaratar los costes.

En el año 2018 en España, las energías renovables suponían el 13,8 % de la energía primaria consumida. Datos muy interesantes sobre las energías renovables en España es que han alcanzado el 54% de la potencia instalada en el año 2020, equivalente a 110.839 MW. En cuanto a la generación eléctrica, el máximo en generación renovable en la península se alcanzó con un valor del 45,5 % [21].

Para la selección del tipo de energía a instalar, primero se observa el entorno del Parque de Cabárceno. En el interior del recinto no existen terrenos amplios en los que pueda ser posible realizar instalaciones convencionales, pues el espacio está aprovechado al completo. Aquellas zonas amplias que permitirían una instalación están reservadas para los animales, a excepción de determinadas zonas de aparcamiento para los visitantes, que podrían ser aprovechadas. En el entorno del parque es tanto natural como rural. Alrededor de este, sobre todo por la zona sureste, se encuentran poblaciones como Cabárceno, Sobarzo y Obregón, zonas en las cuales se observa abundancia de terreno. El entorno en general es bastante natural, sin excesivas edificaciones, sin embargo, hay que tener en cuenta que gran parte del terreno que rodea al parque se encuentra con bastante relieve, factor que podría dificultar una instalación.

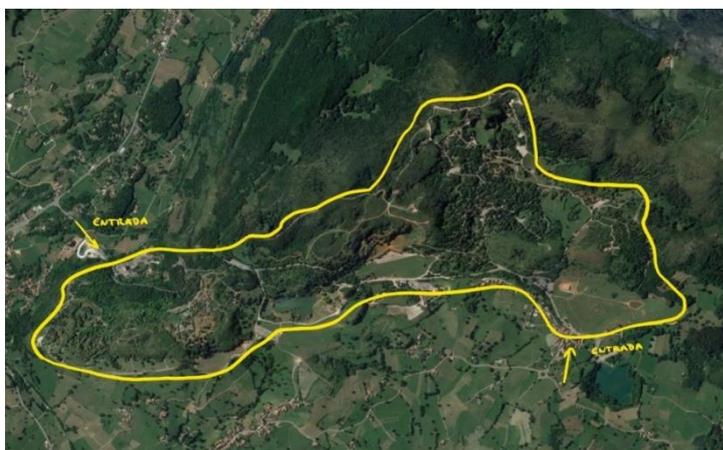


Ilustración 3.12 Entorno del Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: Elaboración propia a partir de imagen satélite de Google Maps.

Dentro de los principales tipos de energías renovables se pueden descartar la geotérmica, la biomasa, la hidráulica y la mareomotriz, ya sea porque no sean apropiadas para esta aplicación o por la imposibilidad de llevarlas a cabo.

Por otra parte, cabe la posibilidad de realizar una instalación eólica. En este caso existen varias problemáticas, la primera, la característica de los vientos de la zona, y es que no todos los lugares son aptos para una instalación de este tipo.

Generalmente, el rango de velocidades de viento que lo clasifican como apto para la obtención de energía eólica se sitúa entre los 3 m/s y los 25 m/s. El CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) ha desarrollado un mapa eólico de la península ibérica en el cual se pueden consultar el potencial de distintos municipios, en base a datos del proyecto europeo NEWA.

Rosa de vientos a la altura seleccionada

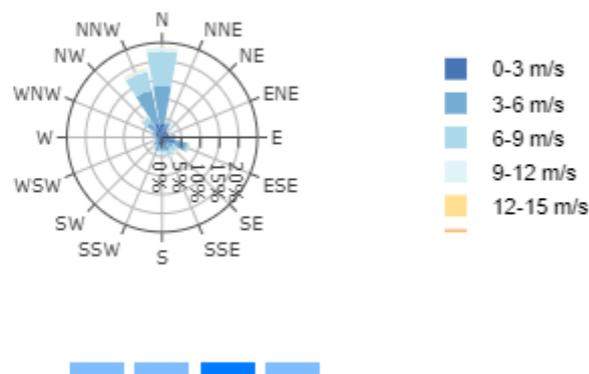


Ilustración 3.13 Rosa de vientos en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: CENER - mapaeolicoiberico.com

La rosa de vientos en nuestra ubicación se muestra en la ilustración 3.13. Una rosa de vientos representa la frecuencia y dirección de las diferentes corrientes de viento. En este caso se aprecia que el viento sopla mayoritariamente hacia el Norte y con velocidades bastante bajas, lo que también se observa en el perfil medio diario de velocidades de viento que, como mucho, se registran de 5 m/s [60].

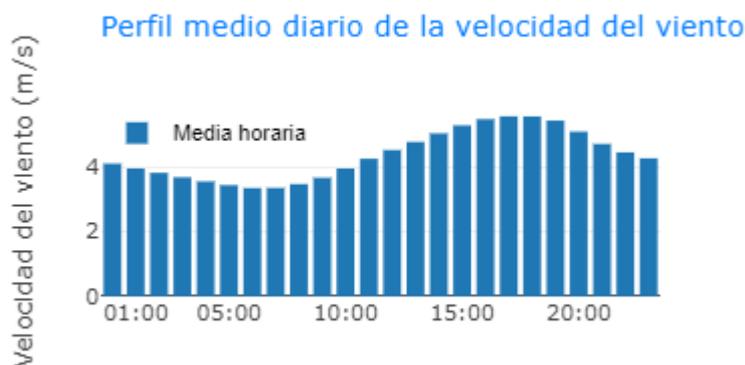


Gráfico 3.2 Perfil medio diario de la velocidad del viento en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. FUENTE: CENER - mapaeolicoiberico.com

Por otro lado, las instalaciones eólicas ocupan una gran superficie, por ejemplo, una instalación de unas veinte turbinas podría ocupar un kilómetro cuadrado y, sin embargo, solo el uno por ciento de esa superficie estaría ocupada por las turbinas y el resto de infraestructura de la instalación [20]. Pese a tener disponibilidad de terreno este se encuentra rodeado de poblaciones, por lo que no hay tanta tierra disponible como para una instalación de estas dimensiones, además de un factor muy importante que es la oposición de los vecinos a la construcción de estos aerogeneradores por su impacto visual y otras molestias como pueden ser el ruido o el uso de grandes superficies de terreno.

Una vía más apropiada de obtención de energía sería una instalación de energía solar, que pueden ser fotovoltaicas o térmicas. En el caso de la energía solar térmica es necesario alcanzar temperaturas muy altas para conseguir una buena eficiencia, por ello muchos de los sistemas requieren de la construcción de determinadas estructuras tipo torre, que permitan la concentración de la radiación en un mismo punto. Debido a este requerimiento de altas temperaturas, también se producen grandes fluctuaciones de energía obtenida a lo largo del año, alcanzando grandes picos en verano, cuando las temperaturas medias son elevadas, pero produciendo menos de un cuarto de la energía en invierno y, así mismo, hay que tener en cuenta que el emplazamiento se realiza en Cantabria, donde la temperatura media anual se sitúa en torno a los 15 °C [61].

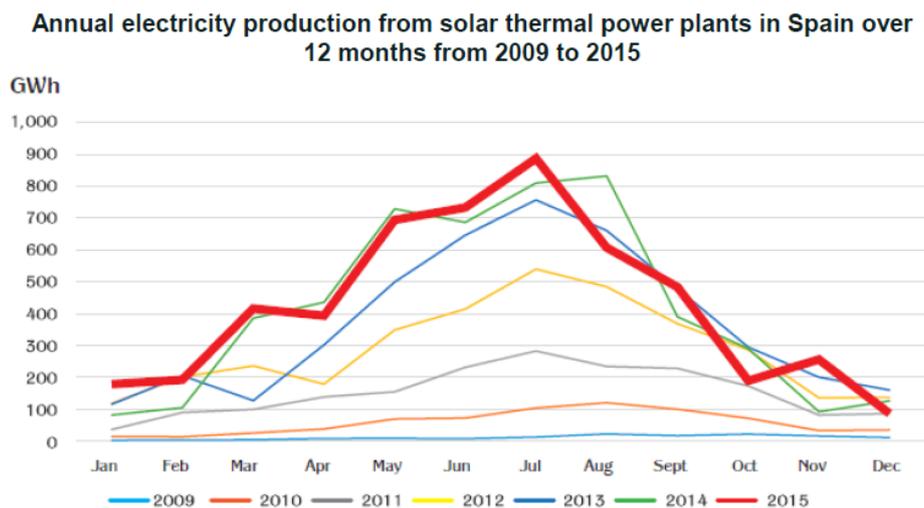


Gráfico 3.3 Producción anual de electricidad a través de centrales de energía solar térmica en España a lo largo de un año. Años 2009-2015. FUENTE: Pablo Castro Alonso, Renewable and Alternative energies.

Además, pese a que la energía solar térmica tiene múltiples usos, la gran mayoría de instalaciones se utilizan para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), instalaciones de calefacción, climatización y otras aplicaciones industriales.

La elección finalmente es una instalación de energía solar fotovoltaica, que supone el aprovechamiento de la radiación solar para generar energía eléctrica, transformación que ocurre en los semiconductores integrados en los paneles, mediante un fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico, funcionamiento explicado en el apartado 2.3.5.1.

3.2.2. Emplazamiento de la instalación.

Existen diversas opciones a la hora de incorporar la instalación en el proyecto. Si bien es cierto que hay disponibilidad de terreno en las inmediaciones del Parque de la Naturaleza de Cabárceno, no podemos asegurarnos que el terreno esté disponible para la compra o que salga rentable ese planteamiento, por ello, se estudiará la opción de realizar una instalación fotovoltaica sobre las zonas de aparcamiento de Cabárceno. Una de las ventajas de esta solución reside en que estas zonas son propiedad del parque, por lo que se ahorrarían los costes de compra o arrendamiento del terreno para la instalación.

Para ello, se plantea ocupar este terreno con una estructura que permita el estacionamiento de los vehículos particulares, al mismo tiempo que en su parte superior se puedan instalar los módulos fotovoltaicos. Se parte de un cálculo de la potencia que podría dar esa superficie, punto de partida para la selección del número de buggies.

4. METODOLOGÍA

4.1. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

4.1.1. Selección del módulo fotovoltaico

Tal y como se ha descrito en el apartado 2.3.5.1, existe una gran variedad de módulos fotovoltaicos en el mercado. Según las características que presenten, como puede ser su composición o cómo estén dispuestas las células, se consiguen distintas eficiencias y potencias.

El objetivo de la instalación es el aporte de la mayor potencia posible dentro de un rango lógico de precios, puesto que a partir de la potencia que pueda dar se seleccionará el número de buggies a implantar. El número de buggies interesa que sea medianamente elevado para poder cubrir el mayor número de visitantes posible.

4.1.2. Estructura del aparcamiento solar

Se entiende por aparcamiento solar por una estructura tipo cochera o marquesina, que tiene doble función. Por una parte, protege a los vehículos estacionados de la lluvia y otros fenómenos atmosféricos, además de dar sombra, de manera que en los días de calor mantiene una temperatura en el interior de los vehículos más agradable. Por otro lado, y el principal objetivo, permite la instalación de placas solares fotovoltaicas para la producción de electricidad, de forma que la estructura sirve como soporte de estas.

Otro dato que puede resultar de interés es que en muchas ocasiones vienen preparadas para instalar puntos de carga para los vehículos eléctricos, de forma que toda la instalación se ubique en un mismo punto.

4.1.3. Superficie de aparcamiento

Para determinar el área de aparcamiento sobre el que ubicar el soporte se utiliza como herramienta Mapas Cantabria [62], servicio desarrollado por la UCSIG (Unidad de Cartografía y Sistemas de Información Geográfica) y ofrecido por el Gobierno de Cantabria, desde la Consejería de Obras Públicas, Ordenación del Territorio y Urbanismo.

Se trata de una web que permite la consulta y extracción de datos sobre geología, orografía, archivos históricos de cartografía u ortofotos, perfiles de un determinado espacio y cálculo de superficies. En definitiva, permite realizar primeras aproximaciones para estudios o proyectos de este tipo.

4.1.4. Implantación de los módulos y selección del inversor

Para empezar, se comprobará que el módulo fotovoltaico seleccionado sea el adecuado a la instalación. A continuación, podemos calcular la potencia máxima de la instalación como la suma de las potencias de todos los módulos fotovoltaicos que se instalen, y se plantea las posibles conexiones entre módulos. En este caso, como se tratará del mismo modelo de módulo fotovoltaico para toda la instalación, se multiplica la potencia máxima de cada módulo por el número de estos.

Comenzaremos con el cálculo de cuál va a ser la temperatura máxima y mínima de funcionamiento del panel fotovoltaico. Además, serán datos empleados más tarde para el número máximo de módulos en serie. Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

$$T_{m\acute{a}x} = t_{m\acute{a}x \text{ registrada}} + I_{m\acute{a}x} * \left[\frac{NOCT - 20}{800} \right]$$

$$T_{m\acute{i}n} = t_{m\acute{i}n \text{ registrada}} + I_{m\acute{i}n} * \left[\frac{NOCT - 20}{800} \right]$$

Donde NOCT es la temperatura de funcionamiento normal de la célula, especificada en la ficha técnica.

Para el cálculo de la temperatura máxima y mínima de operación, se extraerán los valores de la AEMET en la ubicación más cercana a nuestro emplazamiento (Santander).

Una vez se compruebe que las temperaturas máximas y mínimas de la zona de estudio sean apropiadas para el uso del módulo fotovoltaico, se calcula también el factor de forma, un indicador de la calidad del panel, de la siguiente manera:

$$FF = \frac{P_{max}}{P_T}$$

Al emplear una marquesina como soporte de los módulos, sería apropiado que las conexiones de *strings* sigan la lógica de la estructura, por lo que se calcula, para la disposición ideal de los paneles, cuáles serían los voltajes máximos y mínimos que estos podrían alcanzar. Para ello se extraen los datos de tensión de máxima potencia, corriente de máxima potencia, tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito para el módulo fotovoltaico seleccionado, a partir de su ficha técnica, y se procede al cálculo con la siguiente formulación [20, 63]:

$$V_{m\acute{a}x} = V_{OC} * \left[1 + \frac{TK_{VOC} * (T_{min} - T_{amb})}{100} \right]$$

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Donde:

- V_{OC} es la tensión de circuito abierto en condiciones estándar del módulo seleccionado.
- $T_{MÍN}$ es la temperatura mínima que puede alcanzar el módulo fotovoltaico.
- T_{amb} es la temperatura estándar de funcionamiento.
- TK_{VOC} es el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto, especificado por el fabricante en la ficha técnica del producto.
-

Por otra parte, se calculará la tensión mínima del módulo fotovoltaico. Para ello, se empleará la siguiente ecuación:

$$V_{min} = V_{MP} * \left[1 + \frac{TK_{VOC} * (T_{max} - T_{amb})}{100} \right]$$

Donde:

- V_{MP} es la tensión para el punto de máxima potencia.
- $T_{MÁX}$ es la temperatura máxima que puede alcanzar el módulo fotovoltaico.
- T_{AMB} es la temperatura estándar de funcionamiento.
- TK_{voc} es el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto.

Una vez calculados los voltajes máximos y mínimos, se propondrá la conexión entre los módulos y el inversor necesario en cada caso. El inversor es un elemento clave en la instalación, ya que cumple funciones muy importantes como la conversión de la energía eléctrica, la optimización de la energía al buscar el punto de máxima potencia y realizar un seguimiento y protección de la instalación.

El modelo de inversor deberá cumplir requisitos de potencia, voltaje e intensidad, por lo que en un primer lugar veremos cómo será la instalación de cara a la conexión entre los módulos por la estructura de la marquesina, para después tratar de adaptar el inversor a esta.

Tradicionalmente siempre se ha realizado la aproximación de que el inversor pueda tener un 20% menos de potencia nominal que la potencia generada asociada, aunque hoy en día se suele aplicar la siguiente fórmula:

$$SR_{AC} = \frac{P_{STC}}{P_{INV-AC}}$$

Donde P_{STC} es la potencia nominal asociada a la instalación, P_{INV-AC} es la potencia nominal de salida del inversor en corriente alterna y generalmente el valor de SR_{AC} es de 1,1.

Conociendo el número ideal de módulos por *string*, se emplea la siguiente formulación para conocer el rango de voltaje que debería tener el inversor para que el número de módulos sea el apropiado:

$$N_{\frac{módulos}{string}} = \frac{V_{INV MÁX DC}}{V_{MÁX}}$$

$$N_{\frac{módulos}{string}} = \frac{V_{INV MIX DC}}{V_{MIN}}$$

Además del requisito de potencia y voltaje, el inversor debe tener una corriente adecuada, con un valor mayor a intensidad máxima de la instalación a la que deben dar servicio:

$$I_{INV} > N_{STRINGS} \times I_{SC}$$

El inversor seleccionado tendrá que cumplir todas las características anteriores. Igualmente, se valorará la opción de realizar la instalación con sistema de acumulación, por lo que, en caso de contar con baterías, debe incluirse un regulador. Por ello, se buscará un inversor híbrido que cumpla ambas funciones y se adapte correctamente a la instalación.

4.1.5. Cableado de la instalación

Las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por tener dos circuitos diferenciados, uno en corriente continua, que abarca los paneles solares, el regulador de carga y las baterías, y el circuito en corriente alterna, posterior al inversor.

En general el cableado de una instalación fotovoltaica debe cumplir unas determinadas pautas, como, por ejemplo, este debe ser de cobre, con doble aislamiento y adecuado para el uso en exterior, al aire o enterrado, con una sección adecuada para evitar las caídas de tensión (suficiente para que la caída sea inferior al 1,5%) o calentamientos. Así mismo, en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la ITC-BT-40 apartado 5, se especifica que deben estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. La longitud de los cables deberá ser la suficiente para realizar la correcta instalación sin suponer un obstáculo y en todo momento deben cumplir lo establecido en la norma UNE 21123.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Para el dimensionado de los cables siempre se debe asegurar una sección mínima que satisfaga dos condiciones:

- Criterio de la intensidad máxima admisible (criterio de calentamiento)
- Criterio de caída de tensión máxima admisible

Cableado de continua

El grado de aislamiento eléctrico para el cableado de continua debe ser doble aislamiento de clase 2, con un grado de protección mínimo de IP65 (Equipo hermético al polvo y protegido frente al agua proyectada). El dispositivo de clase II se diseña de tal manera que no es necesaria la toma a tierra, consiguiéndose el aislamiento mediante dos capas de material aislante.

Para el cálculo de la sección de cable según el criterio de tensión se recurre a la siguiente fórmula [32]:

$$S = \frac{2 * I * L}{k * U}$$

Donde:

- S es la sección del cable
- L es la longitud de cable
- I es la corriente máxima del tramo sobredimensionada
- K es la conductividad del cable
- U es la caída de tensión máxima admisible en voltios

Tabla 4.1 Conductividad del cobre y el aluminio. FUENTE: Instalaciones III - Electrotécnia, Universidad de Málaga.

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Por otro lado, se debe aplicar el criterio de intensidad máxima admisible y elegir el más restrictivo. A continuación, se muestra una tabla que muestra distintos tipos de instalaciones y materiales empleados [64]:

Tabla 4.2 Criterio de intensidad máxima admisible para distintos tipos de instalación y cables empleados. FUENTE: Guía ITC-BT-19.

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes										
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos ³⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
B2		Cables multiconductores en tubos ³⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ³⁾						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ³⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Cableado de alterna

En el caso del cableado de alterna, se ha de asegurar un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I, afectando tanto a los equipos como al cableado. El aislamiento eléctrico de tipo básico clase I significa que, además de un aislamiento básico, se incluyen precauciones como la conexión de tierra. En este caso, la sección para cumplir el criterio de tensión se calcula de la siguiente manera [32]:

$$S = \frac{I * L}{k * U}$$

Para el criterio de intensidad máxima admisible se empleará la misma tabla que en el caso de continua, tan solo que teniendo en cuenta que el cableado será trifásico.

Para determinar la longitud de los cables se realizará una estimación en función de las dimensiones de las marquesinas solares seleccionadas. Se dimensionarán los cables para la conexión de los paneles fotovoltaicos, entre el conjunto de módulos y el inversor y a la salida del inversor.

4.1.6. Elementos de protección y puesta a tierra

En el caso de nuestra instalación se debe prestar atención a las protecciones del sistema, para el correcto funcionamiento de la instalación y para que protejan a las personas de contactos tanto directos como indirectos, ya que la instalación se realiza encima de la estructura de aparcamiento, zona de movimiento de multitud de personas.

Las protecciones, fundamentalmente, deben proteger contra cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones, se desarrollan a continuación [32, 37]:

Protecciones en corriente continua

- Fusibles para proteger los paneles solares, el cable de continua y el inversor, entre las placas y el inversor y entre el regulador y las baterías, para proteger de las sobrecargas.
- Descargadores de sobretensión.

Protecciones en corriente alterna

- Interruptor magnetotérmico
- Interruptor diferencial

Imprescindible también la correcta puesta a tierra de todos los soportes, según la IDAE, todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 V deben contar con una toma de tierra a la que se tiene que conectar por lo menos la estructura de soporte y los marcos metálicos de los módulos.

Fusibles

Se calculará la intensidad asignada que deben tener los fusibles y a continuación se seleccionan los valores inmediatamente superiores a los obtenidos con los valores normalizados, teniendo en cuenta que los fusibles deben tener una corriente asignada superior a la de cortocircuito del conjunto de paneles fotovoltaicos, en este caso se sobredimensiona un 25%:

$$I_{MÁX\ CAMPO} = I_{SC} * N_{STRINGS}$$
$$I_{FUSIBLES} = 1,25 * I_{MÁX\ CAMPO}$$

Entre el regulador y las baterías se debe incluir un fusible también, cuyo valor de corriente puede tomar distintos valores, como el valor de la corriente del regulador o el valor de la corriente máxima del campo fotovoltaico.

Interruptor magnetotérmico en corriente alterna

La intensidad nominal del magnetotérmico seleccionado debe ser superior a la del circuito que protege.

Interruptor diferencial o disyuntor

Este elemento es muy importante, al proteger tanto de contactos directos como indirectos. Se emplean de distintas sensibilidades, optando por el de mayor sensibilidad para este proyecto (30mA). Igualmente se dimensiona en función de la intensidad.

Puesta a tierra

La estructura de aparcamiento solar y el marco metálico de los módulos irán conectados a una puesta a tierra para evitar posibles accidentes, siguiendo lo establecido en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [65].

4.1.7. Elementos de medida

En la conexión entre la producción y el suministro se debe instalar un contador bidireccional para llevar un registro del vertido a la red y el consumo de la misma en el caso de que se produzca.

Esta instalación se dimensionará hasta este punto, sin tener en cuenta los posibles gastos asociados a la conexión a un centro de transformación, además de que los gastos asociados son variables, dependiendo de la compañía propietaria y de la distancia al centro de transformación.

4.1.8. Radiación solar incidente

Tal y como se explica en el apartado 2.3.3, la radiación solar incidente depende del lugar en el que nos encontremos. En este proyecto se toma como referencia las coordenadas 43°21'00"N 3°51'08"W, correspondientes a Cabárceno, Cantabria.

La radiación incidente en un determinado punto puede medirse con los adecuados aparatos, sin embargo, existen inconvenientes como el encarecimiento de los costes del proyecto, la dificultad asociada al proceso y la necesidad de mínimo un año para realizar todas las medidas necesarias. Por ello se recurre a una base de datos de radiación solar incidente en la ubicación deseada, que recoge datos de radiación para los distintos meses a lo largo de los años [25].

Hoy en día existen múltiples bases de datos, tanto gratuitas como de pago, entre las que destacan las proporcionadas por ADRASE (Acceso a datos de radiación solar española), realizada por el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y

Tecnológicas), del Gobierno de España, las ofrecidas por las bases de datos de PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*), proyecto de la Comisión Europea, datos de la NASA y softwares como *Meteonorm*, algunas de las cuales se emplearán para su comparativa y la extracción de datos para el proyecto, como la irradiación global o la irradiación para el ángulo de inclinación.

Otra forma de expresar la radiación incidente, y que se calculará, es a través de las horas solar pico (HSP), que se calcula con la siguiente expresión [28]:

$$HSP = \frac{I \left(\frac{Wh}{m^2} \right)}{1000 \frac{W}{m^2}}$$

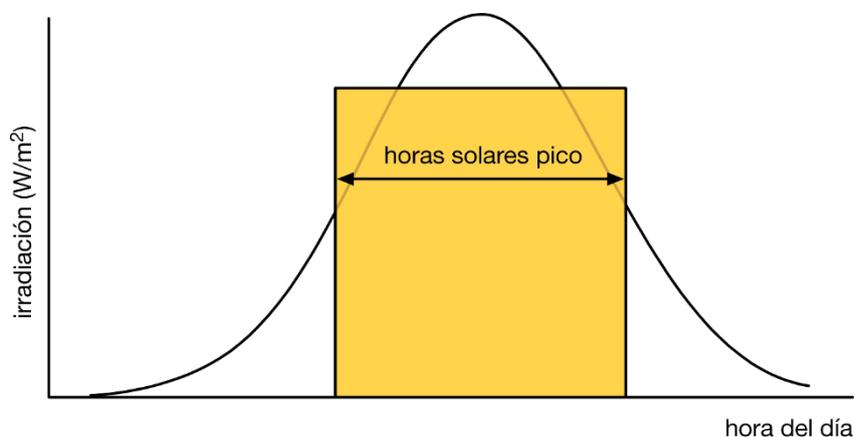


Ilustración 4.1 Horas Solares Pico. FUENTE: certificacionenergetica.info

4.1.9. Pérdidas en la instalación fotovoltaica

A la hora de obtener electricidad a partir del recurso solar hay que tener en cuenta distintos factores que reducen el aprovechamiento de la radiación [66]:

4.1.9.1. Pérdidas de potencia de fabricación

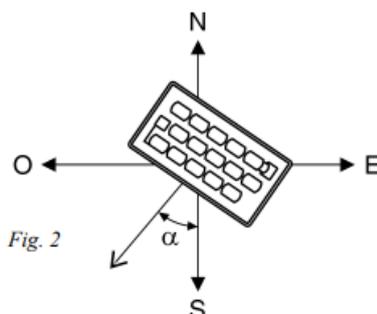
Los fabricantes clasifican sus módulos fotovoltaicos según la potencia máxima obtenida, en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como una irradiación de 1000 W/m², espectro AM 1.5 y una temperatura de 25°C. Así mismo, existe una tolerancia para la medida de potencia de los módulos fotovoltaicos, también especificada por el fabricante, generalmente con valores de ±3%, ±5% y ±10%.

4.1.9.2. Disposición de los paneles

En función de la ubicación de la instalación fotovoltaica existen una serie de disposiciones ideales para los paneles fotovoltaicos, que provocan el aprovechamiento máximo del recurso. Básicamente se trata de la orientación y de la inclinación de los paneles.

Orientación

La orientación de los paneles solares en una instalación ubicada en el hemisferio norte, como es el caso, es hacia el sur ($\alpha = 0^\circ$), por ser la orientación donde incide la mayor radiación solar a lo largo del día. Las desviaciones en esta orientación pueden repercutir negativamente a la producción de energía, aunque sí que es cierto que no son demasiado relevantes para pequeñas desviaciones, estimándose que si se dirige hacia el sureste o suroeste se presentan pérdidas de entre el 1 y el 4 % [67].



*Ilustración 4.2 Orientación de un panel fotovoltaico.
FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de
Instalaciones Conectadas a Red.*

Inclinación de los paneles – geometría solar.

Como se explicó en el apartado 2.3.3 la irradiación solar incidente en una determinada zona depende de la situación solar en ese lugar y, por lo tanto, afecta a la producción energética, teniendo como parámetros fundamentales la altura y el azimut solares.

Tal y como se aprecia en la ilustración 4.3., la trayectoria del Sol cambia a lo largo de un año, incidiendo de diferente forma en la instalación fotovoltaica, en verano el sol se

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

encuentra mucho más elevado, es decir, tiene un valor de altura solar superior al invierno.

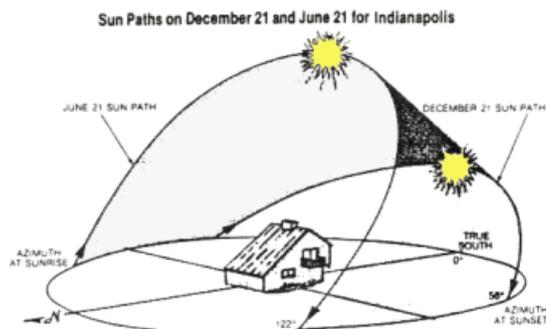


Ilustración 4.3 Cambio en la trayectoria solar en diciembre y junio. FUENTE: altestore.com

En el caso planteado, la instalación se realizará sobre una estructura de marquesina solar, por lo que habrá que estudiar, en primer lugar, si esta puede variar su inclinación. Si esto es así, se optará por inclinarlo hasta el ángulo óptimo. Si no es el caso, se plantea la opción de calcular si las pérdidas que se producirán por la inclinación asignada entran dentro de los límites aceptables.

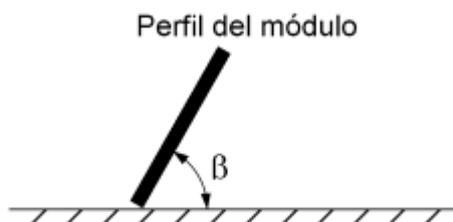


Ilustración 4.4 Inclinación de un módulo fotovoltaico. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

El procedimiento consistirá en estudiar la trayectoria solar en el punto de instalación, a través de Sun Earth Tools. Estos datos afectan a una instalación a la hora de la selección de la disposición de los paneles solares, pues como ya se ha especificado, siempre se busca que la incidencia de los rayos solares sea lo más perpendicular posible para el máximo aprovechamiento de la energía fotovoltaica. Los soportes móviles permiten un ajuste de esta inclinación, ya que dependiendo del periodo del año en el que nos encontremos la inclinación óptima será una u otra, sin embargo, en nuestro caso se trata de una instalación fija, cuyo ángulo óptimo de inclinación se calculará con la siguiente tabla [35]:

Tabla 4.3 Ángulo de inclinación óptima según la latitud del lugar. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.

Design Period	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
December	$\phi + 10$	1,7
July	$\phi - 20$	1
Annual	$\phi - 10$	1,15

Igualmente, existen otros métodos de cálculo, como el uso de la siguiente ecuación [20]:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \varphi$$

Donde φ es la latitud del lugar de instalación.

Por otra parte, se estudiará el caso de contar con una inclinación fija, calculando si el ángulo de la marquesina se encuentra dentro de las pérdidas máximas permisibles (IDAE). Estas pérdidas siempre tienen que ser inferiores a los límites estipulados respecto a los valores ideales, definidos en la siguiente tabla [37].

Tabla 4.4 Límites de pérdidas por Orientación e inclinación y sombras. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

En nuestro caso se trata de una integración arquitectónica, por lo que nos encontramos en que se permiten pérdidas de hasta el 40% por orientación e inclinación, lo que se traduce en una eficiencia mínima del 60%.

Para comprobar que nos encontramos dentro de los límites establecidos, procedemos a realizar un método de cálculo a través de la siguiente figura, utilizada para una latitud de 41º.

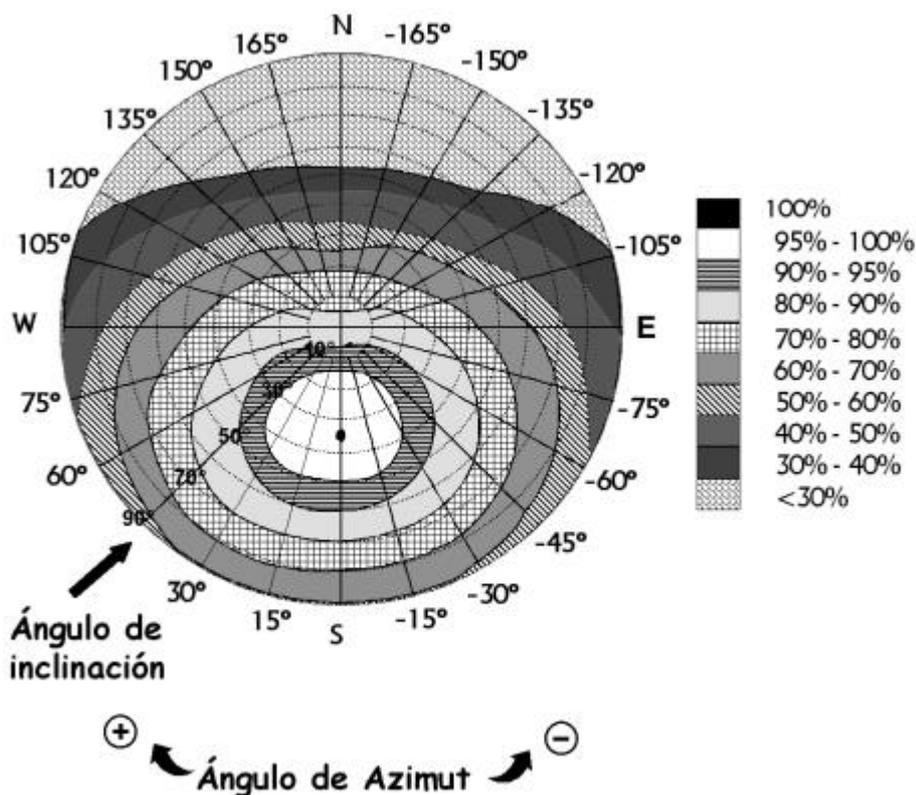


Ilustración 4.5 Figura para el cálculo de pérdidas por inclinación y orientación. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red

Las distintas zonas coloreadas representan los rangos de eficiencia, de tal forma que, si las pérdidas admisibles son de 40% máximo, nosotros nos movemos en el rango de 60-70% de eficiencia.

Posteriormente, se corrige para la latitud en la que nos encontramos [37]:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación para } 41^\circ \text{ de latitud} - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación para } 41^\circ \text{ de latitud} - (41^\circ - \text{latitud})$$

4.1.9.3. Pérdidas por polvo y suciedad

Generan una disminución en la potencia de la instalación, al depositarse suciedad sobre los módulos fotovoltaicos a causa de fenómenos como el rocío, las lluvias, partículas de arena y polvo, suciedad arrastrada por el viento, excrementos de animales, etcétera. En el caso de distribuirse de forma uniforme esto produce una disminución de la potencia general, en el caso de suciedad localizada da lugar a sombreados parciales, que puede ocasionar sobrecalentamientos. Para evitar ambos problemas basta con llevar a cabo una limpieza y control rutinario de la instalación, así como recurrir a la instalación de

diodos de *bypass* cada determinado número de células fotovoltaicas, de tal manera que si falla una no afecte al conjunto completo [25].

La limpieza de los paneles se puede realizar con distintos métodos [32, 68]:

- *PÉRTIGA Y AGUA*

Se trata de un tipo de limpieza de los paneles a mano. Un operario pasa una pértiga con agua por la superficie de los paneles para eliminar la suciedad superficial. Es el método más sencillo de limpieza de los paneles.

- *CON PRESIÓN*

Siguiendo un procedimiento similar, se pueden emplear técnicas de limpieza a presión proyectando agua o vapor. Es menos perjudicial para los módulos ya que no hay contacto directo con la superficie (solo el líquido/vapor), pero más cara.

- *RODILLO*

Similar a la tecnología de los lavacoches, un rodillo mecánico que puede ser automático o semiautomático se desliza por la superficie.

- *MÉTODOS ALTERNATIVOS Y EN DESARROLLO*

El uso de aire comprimido, robots de limpieza o sistemas similares al riego también se están poniendo a prueba e instalando cada vez más.

Es importante atender a la correcta limpieza y cuidado de la instalación, pues se estima que las pérdidas asociadas a la suciedad pueden alcanzar entre el 10 y el 15%, sin embargo, con el correcto mantenimiento de la instalación las pérdidas pueden minimizarse considerablemente, tomando un valor de entre el 0,5 y el 5 % generalmente [68].

4.1.9.4. *Pérdidas por sombreado*

En el momento de realizar una instalación fotovoltaica en determinados entornos, en muchas ocasiones es inevitable la presencia de sombras. Por ejemplo, si la instalación está ubicada en un entorno urbano, a lo largo de un día es fácil que alguna edificación cercana pueda dar sombra a la instalación. Al igual que las pérdidas por suciedad, dan lugar a una menor potencia producida y en ocasiones también a sobrecalentamientos por el fallo de algunas de las células que forman el panel.

Así mismo, es importante que además de evitar los sombreados por elementos externos a la instalación, también se eviten las sombras entre los elementos que la componen. De esta manera, se suele mantener una cierta distancia entre los módulos fotovoltaicos para evitar que estos produzcan sombras a los que les rodean.

4.1.9.5. Pérdidas por temperatura

La eficiencia que ofrece un panel fotovoltaico también se ve afectada por la temperatura de operación. Si un panel fotovoltaico se encuentra en unas condiciones de elevadas temperaturas, esto supone que la intensidad de cortocircuito aumente y al mismo tiempo que la tensión de circuito abierto se reduzca considerablemente, por lo que disminuye la eficiencia. Esto también se traduce en una reducción de la potencia máxima que puede otorgar el panel.

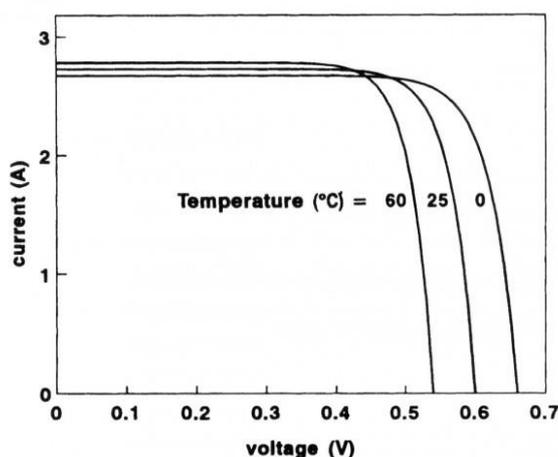


Gráfico 4.1 Cambios en el voltaje y corriente de un módulo fotovoltaico al cambiar la temperatura de operación. FUENTE: Researchgate.net

Para calcular la temperatura a la que realmente trabajará el panel fotovoltaico se recurre a la siguiente expresión [20]:

$$T_{cell} = T_{air} + G * \left[\frac{(NOCT - 20)}{800} \right]$$

Donde

- T_{air} es la temperatura media en el lugar de la instalación
- G es la radiación solar
- $NOCT$ (Nominal Operation Cell Temperature) es la temperatura nominal de operación del panel fotovoltaico, definida por el fabricante en la ficha técnica

Para el dato de la temperatura media se revisan dos bases de datos distintas, la de la AEMET, cuya estación meteorológica más cercana a nuestra ubicación se encuentra en

el aeropuerto de Santander, y la base de datos de PVGIS, que permite la selección de nuestras coordenadas. Si bien es cierto que la AEMET cuenta con un historial de datos más completo, que recoge las temperaturas desde el año 1981 hasta 2010, y que se encuentra en una localización muy próxima, 43° 25' 26" N 3° 49' 32" O, hay que tener en cuenta la proximidad de esta ubicación al mar, que influye en el clima de la zona.

Para calcular las pérdidas producidas por la temperatura de operación, se empleará la siguiente expresión:

$$Pérdidas_{Temp} = T_K * (T_{CELL} - 25)$$

El valor T_K viene definido por el fabricante del módulo fotovoltaico, y representa el porcentaje de pérdidas que se producen por cada grado por encima de los 25 °C, que es la temperatura en las condiciones de test estándar.

Generalmente vienen definidos tres coeficientes de la temperatura, uno para la intensidad de cortocircuito, uno para el voltaje de circuito abierto y otro para la potencia máxima, pues son los tres factores que se ven afectados por los cambios en la temperatura. El que nos interesa, T_K , es el referido a la potencia máxima.

4.1.9.6. *Pérdidas del cableado*

Desarrollando un correcto dimensionado del cableado las pérdidas producidas son las mínimas, aunque sí que es cierto que es inevitable que haya pérdidas, sobre todo en corriente continua, por el efecto Joule. Se le asignará un 1% de pérdidas.

4.1.9.7. *Rendimiento del inversor*

Generalmente se tienen rendimientos muy elevados, de cerca del 100 %, aunque siempre se debe tener en cuenta un pequeño margen de pérdidas.

4.1.10. Rendimiento global del sistema o performance ratio

El coeficiente de rendimiento, rendimiento global o performance ratio (PR) es una magnitud que expresa la calidad de la instalación fotovoltaica o, lo que es lo mismo, su capacidad para transformar la energía fotovoltaica en energía útil para el consumo.

Para el cálculo del rendimiento global del sistema, simplemente se tendrán en cuenta los rendimientos individuales de cada uno de los elementos que afectan o se ven involucrados en la instalación, de manera que se obtiene [37]:

$$\eta_{GLOBAL} = \eta_{MÓDULOS} * \eta_{INVERSOR} * \eta_{SOMBRAS} * \eta_{CABLEADO} * \eta_{TEMPERATURA}$$

Posteriormente, se desarrollará una simulación de la instalación fotovoltaica mediante el programa PVGIS, que ampliará los cálculos de las pérdidas, ofreciéndonos valores como las pérdidas producidas a causa de la inclinación de los módulos en el sistema, efectos de reflexión de la luz solar en los paneles, etc.

4.1.11. Producción final

Según la IDAE, la estimación de la energía final de una instalación se realiza mediante la siguiente fórmula [37]:

$$E = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P * PR}{G_{CEM}}$$

Donde:

- E es la energía final en $kWh/día$
- P es la potencia pico instalada
- PR es el rendimiento global de la instalación o performance ratio
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ es el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano en el que se encuentra el generador en $kWh/(m^2*día)$
- G_{CEM} toma un valor de $1 kW/m^2$

Para la elección del número de buggies se tomarán los datos de radiación del mes con menor producción.

4.1.12. Baterías

Uno de los grandes inconvenientes que presenta la extracción de energía fotovoltaica es que en muchas ocasiones las horas de necesidad energética no coinciden con las de máxima producción, como es nuestro caso.

Los vehículos de este proyecto estarán en funcionamiento durante el día, es decir, coincidiendo con las horas de sol y por lo tanto de producción energética, lo que plantea distintas posibilidades. Por un lado, se podría sobredimensionar el número de vehículos en el parque, de forma que se tenga un determinado número de vehículos cargando y otros en funcionamiento, para posteriormente hacer un intercambio entre ellos. La otra opción consistiría en la instalación de baterías, de forma que los vehículos estarían en funcionamiento durante el día y cargando por la noche extrayendo la carga de las baterías. Esta decisión del tipo de instalación podría ser de gran importancia.

La capacidad de la batería se calculará utilizando la siguiente expresión, siendo esta directamente proporcional al consumo que se realice:

$$C (Ah) = \frac{\text{Consumo (Wh/día)} * \text{Autonomía (días)}}{\text{Tensión del sistema(V)} * \text{Profundidad de descarga}}$$

Antes de introducir los consumos en la fórmula, se suele aplicar un factor de corrección debido a la profundidad de descarga de las baterías, generalmente, el consumo se duplica para no superar el 50% de capacidad cuando se descarga la batería, ya que por debajo de este porcentaje se reduce la vida útil de la batería [69].

La autonomía determina cuantos días nos va a durar la carga de la batería, es decir, si tenemos cuatro días de autonomía se consumirá un cuarto de la capacidad de la batería cada día. Generalmente, para instalaciones ubicadas en zonas con alta probabilidad de cielo nublado, como es el caso de este proyecto, se suele establecer una autonomía de entre cinco y diez días, sin embargo, nuestra instalación está conectada a la red, por lo que en el caso de faltar potencia se podría cargar a partir de esta. Por ello, se pondrá una autonomía menor, de tres días, que además es el mínimo recomendado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red [35].

La IDAE recomienda el uso de baterías estacionarias [35], que se caracterizan por poder almacenar energía durante largos periodos de tiempo y, lo que nos interesa especialmente, que son capaces de resistir descargas profundas [32].

4.1.13. Subvenciones para las instalaciones fotovoltaicas

Para las subvenciones de energía fotovoltaica se consulta la página del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, en el que se pueden encontrar múltiples planes y ayudas a través de distintos fondos. Aquellos fondos provenientes del Gobierno de Cantabria no se tendrán en cuenta ya que CANTUR está subvencionado por estos.

Uno de los programas aprobado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Real Decreto 477/2021. Existen seis programas de incentivos distintos, encontrándose este proyecto en el programa de incentivos 1, de realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable en el sector servicios, con o sin almacenamiento. Estas ayudas se mantienen vigentes hasta el 31 de diciembre de 2023, con fondos procedentes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (Fondos Europeos), con un presupuesto de 660 millones de euros [70].

En el programa de incentivos 1 las ayudas se calculan como un porcentaje sobre el total de los costes, con lo siguientes datos:

- Instalación fotovoltaica de autoconsumo: 460 – 1.188 €/kWp (15 – 45 % ayuda sobre coste subvencionable)
- Incorporación almacenamiento autoconsumo: 200 – 700 €/kWp (45 – 65 % ayuda sobre coste subvencionable)

Para el desarrollo del presupuesto de la instalación no se tendrán en cuenta estas subvenciones, para compensar los costes extra que podrían producirse si se desarrollase el proyecto.

4.2. DIMENSIONADO FINAL DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS

Para el dimensionado de los buggies eléctricos se estudiarán los consumos energéticos de cada vehículo seleccionado, para después elegir las opciones de recarga más viables y así determinar cuántos buggies podrán ser cargados a partir de la instalación fotovoltaica.

En primer lugar, se determinarán los consumos por parte de los autobuses. Al tratarse de vehículos de tanta envergadura y con tanta autonomía, requieren una carga muy potente, por lo que se parte de la premisa de que no se podrán cargar con la instalación fotovoltaica. Sin embargo, se realizarán los cálculos de su consumo para comprobarlo, junto con los consumos de las bicicletas y los buggies seleccionados previamente.

Con estos datos de consumo y con los datos de producción de las distintas instalaciones, se procederá a determinar cuál será el número de buggies que, en cada caso, es capaz de cargar la instalación fotovoltaica. Para esta decisión final, se tendrá en cuenta, por una parte, la inversión-beneficios que se puede obtener en cada uno de los casos y, muy importante, que se ajuste y tenga lógica de cara a las estadísticas de visitantes del parque.

4.2.1. Recarga de los vehículos

Una vez determinados los vehículos que se utilizarán, se procederá a realizar un cálculo aproximado de los costes relacionados con la infraestructura y elementos necesarios para la recarga de estos.

4.2.2. Subvenciones para la movilidad eléctrica

Hoy en día, Gobiernos e instituciones realizan esfuerzos por implantar una serie de ayudas y subvenciones, con el objetivo de impulsar e incentivar el uso de los vehículos eléctricos. Por esto, algunos de los elementos de nuestro proyecto no van a suponer el coste inicialmente planteado, si no que van a contar con un descuento, como pueden ser los vehículos (buggies eléctricos) y los puntos de recarga.

Las ayudas para las estaciones de recarga se recogen a continuación [71]:

Tabla 4.5 Ayudas aplicables a la financiación de las estaciones de recarga en función del destinatario y la localización. FUENTE: IDAE

DESTINATARIOS	Ayuda (% Subvencionable)	
	Localización general	Municipios < 5.000 habitantes
Autónomos particulares, Comunidades de Propietarios y administración sin actividad económica	70 %	80 %
Empresas y entes públicos con actividad económica, recarga de acceso público y P > 50 kW	35 % (45 % mediana) (55 % pequeña)	40 % (50% mediana) (60% pequeña)
Empresas y entes públicos con actividad económica recarga acceso privado o acceso público con P < 50 kW	30 %	40 %

En el caso de los buggies eléctricos, estos cuentan también con una subvención por parte del plan MOVES III.

4.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

4.3.1. Análisis DAFO

Previamente al desarrollo de los últimos cálculos y parámetros de rentabilidad, se analizará el negocio a través de un análisis DAFO, que puede ayudar a encontrar soluciones ante problemas que se podrían presentar.

4.3.2. Tipo de instalación fotovoltaica

Como ya se ha expuesto con anterioridad, una de las claves de la rentabilidad de este proyecto puede ser el hecho de optar por la instalación de baterías para la carga nocturna de los vehículos, u optar por aumentar la flota para hacer un intercambio en momentos de carga de estos.

Se realizará un cálculo de inversión inicial para las distintas instalaciones en ambos casos, para después tomar la decisión sobre un tipo de sistema u otro.

4.3.3. Viabilidad del proyecto

Para estudiar finalmente la rentabilidad de este proyecto, se valorarán los distintos tipos de viabilidad y se desarrollarán los cálculos correspondientes al VAN y a la TIR a través de Excel, pudiendo determinar también los precios de alquiler de los distintos vehículos, realizando un cálculo iterativo hasta encontrar el punto óptimo. Una vez seleccionada la mejor opción, se procederá a calcular el PRI.

4.4. IMPLANTACIÓN DEL NEGOCIO

Una vez analizados todos los elementos del proyecto, se plantearán las distintas opciones para la introducción de este negocio en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

5. RESULTADOS

5.1. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5.1.1. Selección del módulo fotovoltaico

La marca seleccionada para el desarrollo del proyecto es Atersa (1983). Atersa es una filial de Elecnor, una de las principales empresas globales en desarrollo, construcción y procesos, especializada en el sector de la energía fotovoltaica. Esta desarrolla, produce y distribuye los componentes y equipos para instalaciones fotovoltaicas de todo tipo, desde pequeñas instalaciones de autoconsumo hasta grandes campos de producción fotovoltaica, desde sus puntos de producción en Valencia, España.

Los principales criterios de selección de módulo fotovoltaico será la eficiencia, la potencia y el precio. Dentro de las distintas gamas que ofrece la marca se seleccionará el módulo dentro de la serie *optimum*, con características generales como elevadas eficiencias del módulo, 60 células por panel, buen funcionamiento incluso en condiciones de baja irradiación, facilidad de instalación y garantía de 10 años por defectos de fabricación y 25 años por fallos de rendimiento.

Dentro de esta gama existen modelos con distintas potencias y eficiencias, entre los cuales se selecciona el A-330M GS 60 al ofrecer las mejores prestaciones, con eficiencias del 19.79% y potencia máxima de 330 Wp. El modelo tiene como medidas 1,7x1 m aproximadamente.

La tecnología de estos módulos es monocristalina, con cubiertas de cristal templado y marcos de aleación de aluminio anodizado. El resto de las especificaciones técnicas se detallan en la ficha técnica (disponible en Anexos).

El precio por panel es de 134,23 €, con opción de compra de un palet de 31 unidades por 3.679,61 €, que supone un ahorro de 481.52 €. Teniendo en cuenta que se trata de tecnología monocristalina el precio es muy razonable.



Ilustración 5.1 Módulo fotovoltaico A-330M GS 60. FUENTE: Atersa.com

5.1.2. Estructura de marquesina solar

Existen múltiples empresas que ofrecen este servicio, entre las cuales se encuentra Cambio energético, una empresa que suministra elementos para energía fotovoltaica, solar térmica, elementos de calefacción, etcétera.

Estas marquesinas son las SolarPark ZFrame [72], presentan un diseño modular con gran resistencia mecánica y al desgaste por los fenómenos atmosféricos. Los materiales empleados para estas marquesinas son:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

- Aluminio, material ligero que asegura la facilidad de instalación, presenta baja corrosión.
- Acero inoxidable para las tuercas y los tornillos.
- Acero más pintura epoxi en las pletinas que unen los perfiles, protegiendo de la corrosión y la radiación solar.
- Acero galvanizado para las protecciones de los soportes.



Ilustración 5.2 Marquesina solar SolarPark ZFrame. FUENTE: Cambioenergetico.com

Este modelo viene en múltiples distribuciones y con dos tipos distintos de estructura, simple o doble, lo que permite que se pueda distribuir de manera modular para lograr superficies desde 2 hasta 150 plazas de aparcamiento y con garantías de 15 años contra la corrosión. El modelo principal empleado será el de 12 plazas, que tiene una longitud de 30 m de largo, con un precio total de 13.666,67 € + IVA.

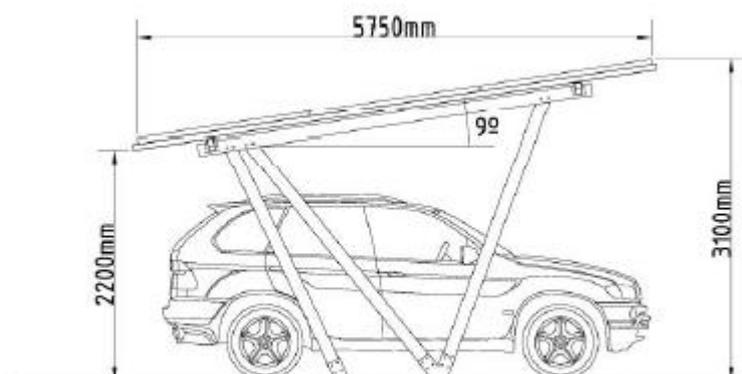


Ilustración 5.3 Vista lateral de la marquesina. FUENTE: Ficha técnica SolarPark ZFrame

5.1.3. Superficie de aparcamiento

En el recinto del parque existen diversas zonas de aparcamiento, algunas de mayor extensión que otras. Las principales o mayores zonas para aparcar se señalan a continuación, con los datos obtenidos a partir de Mapas Cantabria:



Ilustración 5.4 Áreas de estudio para la instalación fotovoltaica. FUENTE: Elaboración propia a partir de imagen de satélite de Mapas Cantabria.

El área aproximada de las anteriores superficies es la siguiente:

- Área A: 4.393 m² | 144 plazas
- Área B: 6.108 m² | 172 plazas
- Área C: 7.772 m² | 246 plazas
- Área D: 5.788 m² | 132 plazas
- Área E: 3.085 m² |
- Área F: 4.179 m² |
- Área G: 3.552 m² |

Estos valores nos sirven de referencia para seleccionar los aparcamientos de mayor superficie para realizar la instalación. Se seleccionan las cuatro primeras áreas como zonas de estudio, al tener la mayor superficie. Se calculará la potencia que pueden aportar cada una de ellas para la selección final.

Hay que tener en cuenta que la distribución de las mismas no siempre va a permitir la instalación del máximo número de marquesinas en ese espacio. Por ello, utilizando como herramienta de apoyo Mapas Cantabria, se determina el número de marquesinas que podrían ajustarse al espacio disponible, siempre orientadas hacia el sur. Con ello se estudia el número de paneles que podría instalarse en cada área, teniendo en cuenta

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

que en una marquesina simple permite la instalación de 90 módulos y en una doble 180 módulos.

Tabla 5.1 Características generales de las distintas instalaciones propuestas. FUENTE: Elaboración propia.

LUGAR	SUPERFICIE (m ²)	PLAZAS	MODELO MARQUESINA	NÚMERO MARQUESINAS	NÚMERO MÓDULOS	POTENCIA MÁXIMA
ÁREA A	4.393	144	12 plazas simple	11 marquesinas	990 módulos	326,7 kW
ÁREA B	6.108	172	12 plazas simple	12 marquesinas	1080 módulos	356,4 kW
ÁREA C	7.772	246	24 plazas (doble)	8 marquesinas	1440 módulos	475,2 kW
ÁREA D	5.788	132	12 plazas simple y 24 plazas (doble)	3 marquesinas simples + 2 marquesinas dobles	270+360= 630 módulos	207,9 kW

En el caso del área D, el aprovechamiento del espacio no es el ideal. Si observamos con atención los datos, la superficie es considerablemente más grande que el área A y sin embargo consigue la extracción de mucha menos potencia, por ello se descarta.

Por otra parte, el área C tampoco presenta la disposición ideal, además de encontrarse en un área del parque más inconveniente para la realización de la instalación, en primer lugar, por encontrarse en una zona muy concurrida (zona de los osos) y también por su orientación, que dificultaría la orientación de la instalación hacia el sur y por lo tanto se producirían pérdidas.

Por ello, se continúa el estudio con las **áreas A y B**.

5.1.4. Implantación de los módulos y selección del inversor

En primer lugar, se procede con el cálculo de cuál va a ser la temperatura máxima y mínima de funcionamiento del panel fotovoltaico. Este dato es importante, ya que en la ficha técnica de los paneles fotovoltaicos viene definido el rango de temperaturas admisible de operación, en este caso desde -40°C hasta 85°C. Además, serán datos empleados más tarde para el número máximo de módulos en serie.

Para el cálculo de la temperatura máxima de operación, se toma el valor máximo de temperatura registrada por la AEMET en la ubicación más cercana a nuestro emplazamiento (Santander), en este caso 35,6°C. Para la radiación en este caso se toma el valor estándar de 1000 Wh/m².

$$T_{m\acute{a}x} = 35,6 + 1000 * \frac{45 - 20}{800} = 66,85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La temperatura máxima se encuentra dentro del rango de temperaturas máximas de operación y, a continuación, se calcula la temperatura mínima siguiendo el mismo procedimiento, con unos datos de temperatura mínima de -1,7 °C y una irradiación de 100 Wh/m².

$$T_{m\acute{i}n} = -1,7 + 100 * \frac{45 - 20}{800} = 1,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se cumplen las condiciones de temperatura máxima y mínima en la zona de estudio.

A continuación, se calcula el factor de forma del panel fotovoltaico seleccionado. Para ello, se presentan en primer lugar algunos datos eléctricos importantes sobre los paneles seleccionados:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.2 Características del módulo fotovoltaico seleccionado. FUENTE: Ficha técnica A-330M GS 60

<i>Tensión máxima potencia (V_{MP})</i>	<i>34,3 V</i>
<i>Corriente máxima potencia (I_{MP})</i>	<i>9,6 A</i>
<i>Tensión de Circuito Abierto (V_{OC})</i>	<i>41,6 V</i>
<i>Corriente en Cortocircuito (I_{SC})</i>	<i>10,27 A</i>

$$FF = \frac{P_{max}}{P_T} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{9,6 * 34,3}{10,27 * 41,6} = 0,77$$

Generalmente, el factor de forma de un panel fotovoltaico se encuentra entre 0,5 y 0,82, por lo que tenemos un buen valor adecuado [20].

A continuación, se calculan los valores de tensiones máximas y mínimas que pueden alcanzar los paneles. Comenzamos con la tensión máxima que puede soportar:

$$V_{m\acute{a}x} = V_{OC} * \left[1 + \frac{TK_{VOC} * (T_{min} - T_{amb})}{100} \right]$$

Donde:

- V_{OC} es la tensión de circuito abierto en condiciones estándar del módulo seleccionado, con un valor de 41,6 V especificado por el fabricante en la ficha técnica del producto.
- $T_{MÍN}$ es la temperatura mínima que puede alcanzar el módulo fotovoltaico, calculado anteriormente y tomando un valor de 1,43 °C.
- T_{amb} es la temperatura estándar de funcionamiento, 25 °C.
- TK_{VOC} es el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto, con un valor de -0.28 %/°C, especificado por el fabricante en la ficha técnica del producto.

$$V_{m\acute{a}x} = 41,6 * \left[1 + \frac{-0,28 * (1,43 - 25)}{100} \right] = 44,35 V$$

Por otra parte, se calcula la tensión mínima del módulo fotovoltaico. Para ello, se empleará la siguiente ecuación:

$$V_{min} = V_{MP} * \left[1 + \frac{TK_{VOC} * (T_{max} - T_{amb})}{100} \right]$$

Donde:

- V_{MP} es la tensión para el punto de máxima potencia, con un valor de 34,3 V, especificada por el fabricante en la ficha técnica del producto.
- $T_{M\acute{A}X}$ es la temperatura máxima que puede alcanzar el módulo fotovoltaico, calculado anteriormente y tomando un valor de 66,85 °C.
- T_{amb} es la temperatura estándar de funcionamiento, 25 °C.
- TK_{VOC} es el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto, con un valor de -0.28 %/°C, especificado por el fabricante en la ficha técnica del producto.

Entonces:

$$V_{min} = 34,3 * \left[1 + \frac{-0,28 * (66,85 - 25)}{100} \right] = 30,28 V$$

Una vez calculados los voltajes máximos y mínimos, se procede a la selección del inversor. Este debe cumplir requisitos de potencia, voltaje e intensidad en función de los módulos y su conexión. En el caso de la marquesina seleccionada, se tiene una disposición de los módulos de tres *strings* de 30 módulos conectados en serie, por lo que se calculan las características del inversor para permitir esta conexión.

Se sabe que:

- $N_{m\acute{o}dulos} = 90$
- $N_{m\acute{o}dulos/string} = 30$
- $N_{string} = 3$
- Potencia/módulo = 330 W

Por lo tanto, la potencia asociada al inversor debe ser:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

$$P_{inv} = \frac{(90 \times 330)}{1,1} = 29.700 \text{ W} = 29,7 \text{ kW}$$

El número de módulos por *string* ideal es de 30, por lo que debería encontrarse dentro del rango. Para esto, calculamos el voltaje máximo y mínimo del inversor a seleccionar, tomando 34 como número por encima y 28 por debajo, para ofrecer una mayor holgura.

$$\begin{aligned} N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} &= \frac{V_{INV \text{ MÁX } DC}}{V_{MÁX}} \rightarrow V_{INV \text{ MÁX } DC} = N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} * V_{MÁX} = \\ &= 34 * 44,35 = 1507,9 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} &= \frac{V_{INV \text{ MÍN } DC}}{V_{MÍN}} \rightarrow V_{INV \text{ MÍN } DC} = N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} * V_{MÍN} = \\ &= 28 * 30,28 = 847,84 \text{ V} \end{aligned}$$

Estos voltajes son excesivamente elevados para los inversores que convencionalmente pueden encontrarse, sobre todo en el rango de potencias en el que nos encontramos, por lo que se plantea la conexión de 15 módulos en cada *string*:

- $N_{\text{módulos}} = 90$
- $N_{\text{módulos/string}} = 15$
- $N_{\text{string}} = 3$
- 2 zonas de conexión/marquesina
- Potencia/módulo = 330 W
-

La nueva potencia que pueda conectarse al inversor debe ser:

$$P_{inv} = \frac{(45 \times 330)}{1,1} = 13.500 \text{ W} = 13,5 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} &= \frac{V_{INV \text{ MÁX } DC}}{V_{MÁX}} \rightarrow V_{INV \text{ MÁX } DC} = N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} * V_{MÁX} = \\ &= 18 * 44,35 = 798,3 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} &= \frac{V_{INV\ MIX\ DC}}{V_{MIX}} \rightarrow V_{INV\ MIN\ DC} = N_{\frac{\text{módulos}}{\text{string}}} * V_{MIN} = \\ &= 10 * 30,28 = 302,8\ V \end{aligned}$$

Entre los inversores consultados, existen dos que cumplen los anteriores requisitos, el *Sunny Tripower 15000 TL*, de SMA, y el *Eversol TLC15K*, de Zerversolar, sin embargo, existe un tercer requisito de intensidad, en función del número de *strings* conectados en paralelo y la intensidad de cortocircuito del módulo:

$$I_{INV} > 3 * 10,27 = 30,81\ A$$

Finalmente se selecciona el modelo de inversor *SUNNY TRIPOWER 15000TL* de SMA, por los siguientes motivos:

- Necesidad de un inversor trifásico
- Protección IP65, puede colocarse en exteriores
- Cuenta con dos seguidores del punto de máxima potencia.
- Potencia máxima de entrada en CC de 15.330 W
- Corriente máxima de entrada de 33 A
- Rango de tensión apropiado, entre 150 y 1000 V
- Elevado rendimiento del 98,4%
- Empresa líder y con experiencia en tecnologías fotovoltaicas, especialmente en cuanto a los inversores

Se comprueban los cálculos a la inversa:

$$N_{m\acute{a}x} = \frac{V_{INV\ M\acute{A}X\ DC}}{V_{M\acute{A}X}} = \frac{1000}{44,35} = 22,54 \sim 22\ \text{módulos como máximo por string}$$

$$N_{m\grave{i}n} = \frac{V_{INV\ MIN\ DC}}{V_{MIN}} = \frac{150}{30,28} = 4,95 \sim 5\ \text{módulos como mínimo por string}$$

Por lo tanto, en una misma marquesina se conectarán dos inversores, cada uno conectado a 3 *strings* en paralelo de 15 módulos conectados en serie.

También hay que tener en cuenta que otra de las posibilidades es la conexión de baterías. En este segundo caso, el inversor seleccionado será el inversor híbrido trifásico de la marca Infinisolar 10K, que cumple la función de regulador e inversor al mismo tiempo, incorporando un cargador para las baterías de 48 V.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Este inversor es adecuado para esta aplicación porque:

- Cuenta con salida trifásica para la conexión a red
- Regula la carga de las baterías con tecnología MPPT, y como la instalación es de paneles de 60 células, (https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1) el regulador de carga adecuado es de esta tecnología, aprovechando también el mejor rendimiento del sistema y el mejor mantenimiento de las baterías que estos ofrecen.
- Permite la conexión de 15 módulos en serie y 3 *strings* en paralelo, al contar con una intensidad máxima de 37,2 A y un rango de voltaje de 350 a 850 V.
- Soporta la conexión de sistemas fotovoltaicos de hasta 14.850 W de potencia ($45 \times 330 = 14.850 \text{ W}$).

5.1.5. Cableado de la instalación

A continuación, se muestra un esquema simplificado de la conexión entre distintas partes de la instalación, y se calcula el voltaje, corriente y sección de cada zona principal para el dimensionamiento de los cables:

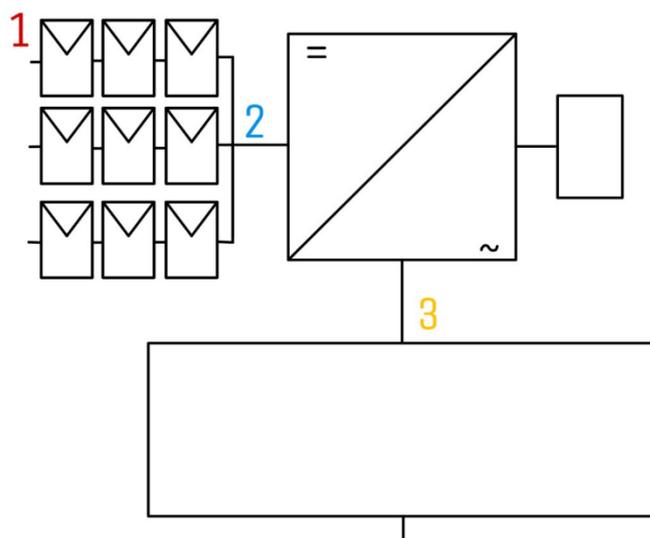


Ilustración 5.5 Esquema básico de las distintas zonas de cableado en la instalación. FUENTE: Elaboración propia.

Zona 1

La conexión de los paneles fotovoltaicos en serie y en corriente continua. El voltaje de esta zona de la instalación se corresponde a la suma del voltaje unitario por panel, mientras que la corriente es igual a la que recorre un panel, de tal manera que, en cada *string*, se tiene una tensión y una corriente de:

$$V_1 = N_{\text{PANELES}} * V_{MP} = 15 * 34,3 = 514,5 \text{ V}$$

$$I_1 = I_{MP} = 9,6 \text{ A}$$

Criterio de tensión:

$$S_1 = \frac{2 * 15 * (9,6 * 1,25)}{56 * (0,015 * 514,5)} = 0,83 \text{ mm}^2$$

Criterio de intensidad:

El tipo de aislamiento seleccionado para los cables es de XLPE, al tratarse de un tipo de aislamiento mejorado respecto al PVC. La corriente que circulará por este cableado es monofásica y el tipo de instalación se clasificará como B2, por lo tanto, nos encontramos en la columna 8:

Tabla 5.3 Sección mínima de cableado según la intensidad máxima admisible. Zona 1. FUENTE: Edición a partir de la Guía ITC-BT-19

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	17	18	21	22	25	27	-	30	35	39	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
240				315	350	374	419	455	490	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

La corriente sobredimensionada un 125% tiene un valor de 12 A, por lo que con una sección de cable de 1,5 mm² para esta primera zona es suficiente.

$$S_1 = 1,5 \text{ mm}^2$$

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Zona 2

Esta zona de cableado se corresponde a la unión entre los tres *strings*, también en corriente continua. En las conexiones en paralelo la corriente de salida se corresponde con la suma de las tres corrientes de entrada, y la tensión será igual a la de cada *string*, de tal forma que se obtiene:

$$V_2 = V_1 = 514,5 V$$

$$I_2 = 3 * I_1 = 28,8 A$$

Criterio de tensión:

$$S_2 = \frac{2 * 10 * (28,8 * 1,25)}{56 * (0,015 * 514,5)} = 1,66 mm^2$$

Criterio de intensidad:

Igualmente nos encontramos en la columna 8, aunque esta vez necesitamos una intensidad de al menos 36 A. En la tabla podemos observar que el valor más cercano a 36 A es 34 A, aunque este no es suficiente, por lo que se accede al inmediatamente superior de 44 A, con un valor de 6 mm² de sección.

Tabla 5.4 Sección mínima de cable según el criterio de intensidad máxima admisible. Zona 2. FUENTE: Edición propia a partir de la Guía ITC-BT-19

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	43	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821

$$S_2 = 6 mm^2$$

Zona 3

La corriente a la salida del inversor es trifásica, con unos valores de:

$$V_3 = 230 V$$

$$I_3 = 21,7 A$$

Esos valores son en el caso de emplear el inversor de *Sunny Tripower*, para el segundo caso, si se cuenta con baterías y por tanto el inversor *Infinisolar*:

$$V_3 = 230 V$$

$$I_3 = 43,5 A$$

Criterio de tensión:

$$S = \frac{150 * (21,7 * 1,25)}{56 * (0,015 * 230)} = 21 \text{ mm}^2$$

O bien;

$$S = \frac{150 * (43,5 * 1,25)}{56 * (0,015 * 230)} = 42,21 \text{ mm}^2$$

Criterio de intensidad:

En este caso el cableado debe ser trifásico, aunque el aislamiento se mantiene de la misma manera. Nos situamos en la columna número 6, conociendo que la intensidad que deben soportar los cables tiene un valor de $21,7 \times 1,25 = 27,125 A$. En este caso también se busca el inmediatamente superior, con 30 A de corriente, lo que equivale a una sección de 4 mm². En este caso, el criterio que se impone es el de tensión con una sección final de cable de 21 mm², por lo que se seleccionará la siguiente sección normalizada.

En el segundo caso la intensidad que deben soportar los cables es de $43,5 \times 1,25 = 54,37$. Aquí se obtiene una sección de 16 mm², por lo que también se impone el criterio de tensión.

Tabla 5.5 Secciones mínimas del cableado según el criterio de intensidad máxima admisible. FUENTE: Edición a partir de la Guía ITC-BT-19

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	43	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

$$S_3 = 25 \text{ mm}^2 \text{ (SIN BATERÍAS)}$$

$$S_3 = 50 \text{ mm}^2 \text{ (CON BATERÍAS)}$$

Para la selección del cable a instalar y en función de lo calculado previamente, se ha contactado con la empresa Cables RCT, empresa activa desde 1965 en Zaragoza, cuyos productos cumplen el control basado en UNE-EN ISO 9001 y certificado por AENOR.

Para el cableado en corriente continua se emplearán conductores de color rojo y negro, empleando el rojo para el positivo y el negro para el negativo. En el caso del cableado en corriente continua, debe contar con tres conductores, uno para el paso de corriente y otros dos para la puesta a tierra y el neutro, y cinco conductores para la corriente trifásica, para las tres fases y para la puesta a tierra y el neutro.

Los cables son catalogados como RZ1. Son recomendados para instalaciones de exterior y puede ser utilizado tanto en redes subterráneas como instalaciones fijas. Tal y como indica su nomenclatura, el aislamiento es de polietileno reticulado (XLPE) de tipo DIX-3. El precio aproximado de los distintos modelos por metro se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Coste por metro de los distintos cables utilizados. FUENTE: Elaboración propia.

CABLE	PRECIO €/m
<i>1,5 mm²</i>	<i>1,13</i>
<i>6 mm²</i>	<i>3</i>
<i>25 mm²</i>	<i>16,25</i>
<i>50 mm²</i>	<i>20</i>

5.1.6. Elementos de protección y puesta a tierra

5.1.6.1. Fusibles

Se calcula la intensidad asignada que deben tener los fusibles y a continuación se seleccionan los valores inmediatamente superiores a los obtenidos con los valores normalizados.

Los fusibles deben tener una corriente asignada superior a la de cortocircuito del conjunto de paneles fotovoltaicos, en este caso se sobredimensiona un 25%:

$$I_{MÁX\ CAMPO} = I_{SC} * N_{STRINGS} = 3 * 10,27 = 30,81\ A$$

$$I_{FUSIBLES} = 1,25 * I_{MÁX\ CAMPO} = 1,25 * 30,81 = 38,51\ A$$

Los fusibles ubicados entre el módulo y el regulador-inversor deberán tener una intensidad mínima asignada de 38,51 A.

Se selecciona el fusible de 40 A en este caso, con un precio de 4,54 € la unidad.

Entre el regulador y las baterías se debe incluir un fusible también, cuyo valor de corriente puede tomar distintos valores, como el valor de la corriente del regulador o el valor de la corriente máxima del campo fotovoltaico. En este caso se toma esta última intensidad, con un valor de 30,81 A.

En este segundo caso se recurre al fusible 32 A, preparado para fundirse siempre que se superen los 32 A, protegiendo de cortocircuitos a las baterías, con un coste de 4,24 € la unidad.

Los fusibles seleccionados son del mismo tamaño (14x51), lo que es recomendable ya que facilita el mantenimiento y la selección de portafusibles. En ambos casos se emplea un portafusibles 14x51, al ser compatibles en la intensidad y tamaño.

5.1.6.2. Interruptor magnetotérmico en corriente alterna

La intensidad nominal del magnetotérmico seleccionado debe ser superior a la del circuito que protege. En este caso, su colocación es tras el inversor, con una intensidad de 21,7 A (sin baterías) o 43,5 A (con baterías).

En el primer caso se emplea el magnetotérmico de 25 A de la marca Schneider y en el segundo caso se instala el magnetotérmico de 50 A de la misma serie de Schneider.

5.1.6.3. Interruptor diferencial o disyuntor

Este elemento es muy importante, al proteger tanto de contactos directos como indirectos. La sensibilidad del disyuntor será de 30 mA, de alta sensibilidad, utilizándose

también los de la marca Schneider, de 25 A y 63 A para la instalación sin baterías y con ellas, respectivamente.

5.1.6.4. Puesta a tierra

El material del marco del módulo fotovoltaico seleccionado es una aleación de aluminio anodizado y plata. El aluminio anodizado se consigue a través de un tratamiento superficial que logra unos buenos comportamientos como aislante. En estos marcos se encuentra un orificio específicamente preparado para la conexión de la toma a tierra, tal y como se puede ver en la siguiente figura de la ficha técnica del panel fotovoltaico. La estructura de aparcamiento solar también irá conectada a una puesta a tierra para evitar posibles accidentes.

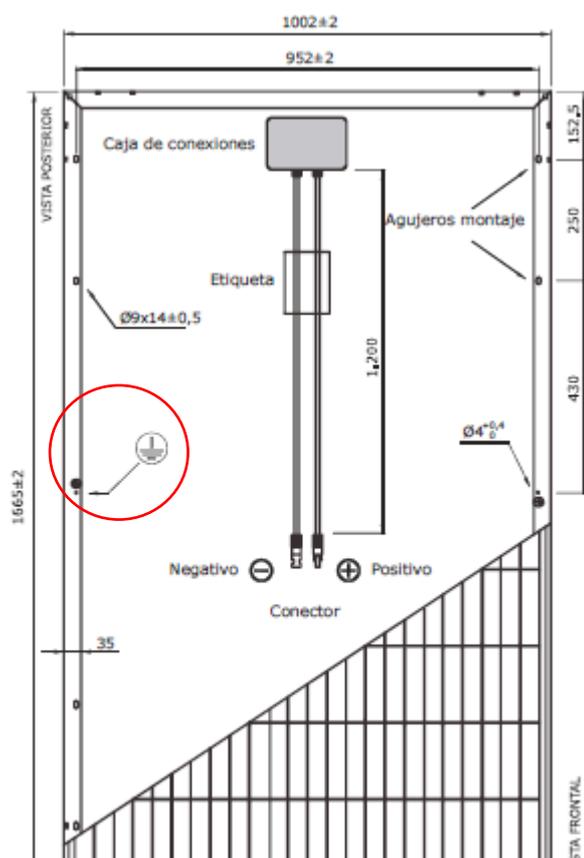


Ilustración 5.6 Señal de puesta a tierra en el esquema del panel fotovoltaico. FUENTE: Edición sobre imagen de la ficha técnica del módulo fotovoltaico A-330M GS 60

Siguiendo lo establecido en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de baja tensión, la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra nunca debe ser inferior a 0,5 m [65].

El electrodo empleado para la puesta a tierra será de placa rectangular, de 1000x500 y con un espesor de 2 mm al tratarse de cobre.

Tabla 5.7 Dimensiones de los electrodos en una puesta a tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18.

Tipo de electrodo		Dimensión mínima
Picas	barras	$\varnothing \geq 14,2 \text{ mm}$ (acero-cobre 250μ) $\varnothing \geq 20 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
	perfiles	Espesor $\geq 5 \text{ mm}$ y Sección $\geq 350 \text{ mm}^2$
	tubos	$\varnothing_{ext} \geq 30 \text{ mm}$ y Espesor $\geq 3 \text{ mm}$
Placas	rectangular	$1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
	cuadrada	$1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
Conductor desnudo		35 mm^2 (cobre)

Otro elemento de la puesta a tierra son los conductores de tierra, cuyas secciones mínimas son las siguientes:

Tabla 5.8 Secciones para los conductores de tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18

TIPO	PROTEGIDO MECÁNICAMENTE	NO PROTEGIDO MECÁNICAMENTE
Protegido contra la corrosión*	$S < 16; S_p = S$ $16 < S < 35; S_p = 16$ $S > 35; S_p = S/2$	16 mm^2 Cobre 16 mm^2 Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm^2 Cobre 50 mm^2 Hierro
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Se tomará como conductores de tierra conductores de 16 mm^2 de cobre.

Los conductores de protección responden a las siguientes secciones:

Tabla 5.9 Sección de los conductores de protección en una puesta a tierra. FUENTE: Guía ITC-BT-18.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2)
$S < 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Los conductores de protección tendrán una sección de 6 mm^2 en la conexión entre módulos fotovoltaicos-inversor.

Para los costes producidos por la puesta a tierra se recurre al software generador de precios de CYPE Ingenieros S.A.

5.1.6.5. Protecciones extra del inversor

En el caso de contar con el inversor de SMA Sunny Tripower 15000 TL, este cuenta con dispositivos de protección tales como:

- Punto de desconexión en el lado de entrada
- Monitorización de toma a tierra y de red
- Descargador de sobretensión de CC
- Protección contra polarización inversa de CC
- Resistencia al cortocircuito de CA
- Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal

5.1.7. Elementos de medida

El contador bidireccional seleccionado es de la marca MAXGE, con un precio de 148,03 €. Al ser bidireccional llevará un registro del vertido de energía a la red y también de los posibles consumos que se produzcan de esta.

5.1.8. Radiación solar incidente

En primer lugar, se accede a ADRASE, del CIEMAT. El CIEMAT es un centro público de investigación, en funcionamiento desde 1951, liderando proyectos de I+D y formando parte del Gobierno de España. Desde el año 1985 el CIEMAT se ha involucrado en el trabajo de desarrollo de las energías renovables, entre las que se encuentra la solar fotovoltaica. Para la extracción de los datos, el CIEMAT ha utilizado más de 50 estaciones de AEMET para comparar los datos suministrados con datos históricos de más de 10 años.



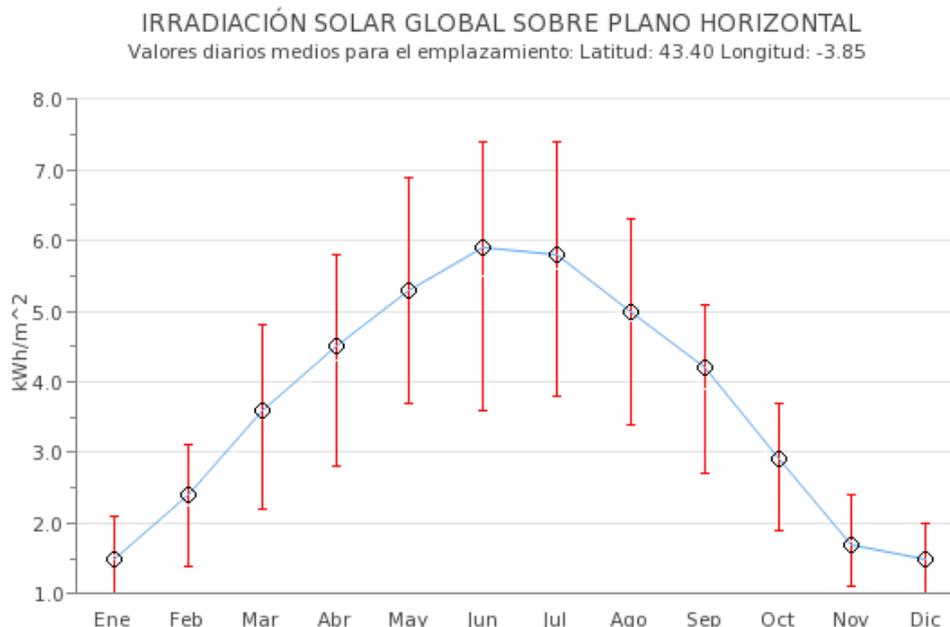
Ilustración 5.7 Irradiación solar global horizontal en España. FUENTE: ADRASE

La irradiación global para nuestras coordenadas es de 3,7 kWh/m²día. Como se puede observar en el mapa, nuestra zona de estudio se encuentra en la parte de menor radiación de la península, motivo por el cual no es común ver grandes instalaciones fotovoltaicas en el norte.

En el gráfico 5.1 se puede observar los valores medios para los distintos meses del año. Los meses entre noviembre y febrero presentan los valores más desfavorables, inferiores a 3 kWh/m², destacando especialmente los meses de diciembre y enero con

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

valores medios de 1,5 kWh/m². Por el otro lado, junio y julio destacarán en la producción al tener valores de radiación cercanos a los 6 kWh/m².



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.1	3.1	4.8	5.8	6.9	7.4	7.4	6.3	5.1	3.7	2.4	2.0
Valor medio	1.5	2.4	3.6	4.5	5.3	5.9	5.8	5.0	4.2	2.9	1.7	1.5
Percentil 25	1.0	1.4	2.2	2.8	3.7	3.6	3.8	3.4	2.7	1.9	1.1	1.0

Gráfico 5.1 Irradiación solar global sobre el plano horizontal para el emplazamiento de estudio. Valores medios por mes. FUENTE: ADRASE.

A continuación, se comprueba la base de datos SARA H del PVGIS. El PVGIS permite a los usuarios consultar y extraer información sobre el potencial fotovoltaico de una determinada zona, con datos como la radiación solar y la temperatura para distintos meses, o la realización de simulaciones de generación fotovoltaica, herramienta que también utilizaremos para la estimación de la potencia generada. Los datos que ofrece el PVGIS se recogen a partir de los satélites geoestacionarios de Meteosat.

En este caso extraeremos los datos para nuestra ubicación de irradiación total, irradiación directa y de irradiación para el ángulo seleccionado, en nuestro caso 9º, entre los años 2005 y 2016, que es el máximo periodo de tiempo que permite revisar la base de datos. Como podemos observar la irradiación horizontal y la irradiación para el ángulo seleccionado toma prácticamente los mismos valores, al tratarse de un ángulo

prácticamente plano. A diferencia de la base de datos del CIEMAT, que mostraba los valores de radiación medios por día, en este caso se muestra como datos mensuales.

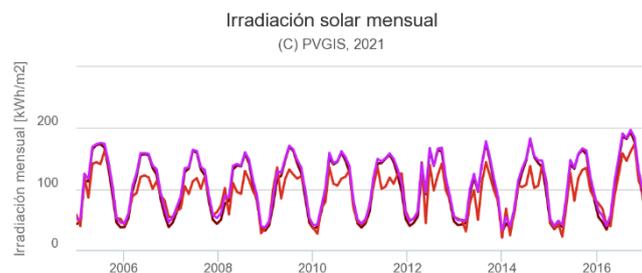


Gráfico 5.2 Irradiación solar mensual entre los años 2005 y 2016 en la ubicación de estudio. FUENTE: PVGIS

Para comparar los datos con los obtenidos a través de ADRASE, se realiza la media de la irradiación para los años 2010-2016, tanto de la irradiación global horizontal, de la irradiación directa y la irradiación del ángulo seleccionado para presentar los datos:

Tabla 5.10 Irradiación global horizontal en la ubicación de estudio entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.

IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL (kWh/m²)								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MEDIA
ENERO	37,65	43,7	44,35	41,82	35,35	41,31	33,46	39,66
FEBRERO	62,62	62,3	54,88	44,35	58,7	38,2	51,68	53,25
MARZO	94,13	109,63	128,35	92,35	103,34	80,78	103,69	101,75
ABRIL	151,57	141,63	91,32	119,22	127,62	139,96	143,26	130,65
MAYO	140,13	142,59	163,66	95,3	146,76	133,19	186	143,95
JUNIO	144,39	149,6	137,62	141,79	180,99	156,73	181,97	156,16
JULIO	159,88	155,92	163,57	175,04	152,41	163,7	193,61	166,30
AGOSTO	146,69	144,58	161,14	145,77	142,32	156,73	177,03	153,47
SEPTIEMBRE	127,33	122,53	110,36	108,68	135,6	111,48	121,52	119,64
OCTUBRE	73,1	95,93	79,5	77,78	94,42	81,32	89,52	84,51
NOVIEMBRE	43,69	50,81	47,23	29,37	43,86	53,89	47,38	45,18
DICIEMBRE	36,72	39,45	40,81	43,53	34,14	45,35	41,32	40,19

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.11 Irradiación directa normal en la ubicación de estudio, entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.

IRRADIACIÓN DIRECTA NORMAL (kWh/m²)								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MEDIA
ENERO	26,66	47	50,83	55,38	36,03	55,79	44,84	45,22
FEBRERO	68,48	74,43	62,77	31,7	66,32	24,49	42,37	52,94
MARZO	78,63	105,4	143,53	71,91	106,51	71,95	89,79	95,39
ABRIL	135,61	136,12	44,06	92,57	100,02	122,64	119,98	107,29
MAYO	108,61	100,3	139,23	46,11	109,19	74,12	158,18	105,11
JUNIO	105,57	103,95	97,64	103,2	122,84	114,15	143,46	112,97
JULIO	116,96	118,54	122,93	141,14	97,05	124,78	158,29	125,67
AGOSTO	120,01	108,69	141,57	118,49	102,82	128,11	177,23	128,13
SEPTIEMBRE	130,86	124,59	97,81	96,17	137,38	91,01	113,19	113,00
OCTUBRE	68,84	125,28	82,48	84,22	124,27	86,94	104,2	96,60
NOVIEMBRE	46,13	64,09	55,12	24,18	52,78	88,25	58,09	55,52
DICIEMBRE	42,07	48,84	51,13	88,23	43,77	90,59	67,9	61,79

Tabla 5.12 Irradiación global con inclinación de 9º, entre los años 2010 y 2016. FUENTE: Elaboración propia, datos de ADRASE.

IRRADIACIÓN GLOBAL CON INCLINACIÓN DE 9º (kWh/m²)								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MEDIA
ENERO	43,18	52,09	52,53	51,41	41,73	52,13	40,66	47,68
FEBRERO	70,03	74,82	63,47	47,61	66,54	39,92	57,88	60,04
MARZO	99,75	121,84	141,66	96,36	111,11	87,53	112,65	110,13
ABRIL	157,74	146,73	86,04	118,88	129,7	145,85	149,52	133,49
MAYO	140,23	141,76	170,31	92,26	150,42	127,28	191,43	144,81
JUNIO	144,86	147	136,35	139,25	173,34	154,75	184,21	154,25
JULIO	155,54	155,07	161,07	173,71	150,16	160,82	197,25	164,80
AGOSTO	148,75	143,85	162,12	145,78	142,91	157,01	185,3	155,10
SEPTIEMBRE	135,27	130,34	116,52	115,92	145,57	115,05	131,56	127,18
OCTUBRE	78,9	111,46	91,36	87,51	112,25	91,77	103,47	96,67
NOVIEMBRE	51,58	65	59,17	31,88	51,78	68,69	57,57	55,10
DICIEMBRE	47,55	50,08	53,6	60,62	41,72	64,22	54,41	53,17

A continuación, se muestra la comparativa entre los datos de irradiación global entre ambas bases de datos consultadas. Para obtener los datos del PVGIS en radiación por día, simplemente se divide entre el número de días de un mes.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.13 Comparativa entre los datos extraídos de la ADRASE y de PVGIS para la ubicación de estudio. FUENTE: Elaboración propia.

MES	ADRASE – Radiación global horizontal (kWh/m ²)	PVGIS – Radiación global horizontal (kWh/m ²)
ENERO	1,5	1,3
FEBRERO	2,4	1,9
MARZO	3,6	3,2
ABRIL	4,5	4,4
MAYO	5,3	4,6
JUNIO	5,9	5,2
JULIO	5,8	5,4
AGOSTO	5,0	5,0
SEPTIEMBRE	4,2	4,0
OCTUBRE	2,9	2,7
NOVIEMBRE	1,7	1,5
DICIEMBRE	1,5	1,3

Si bien los datos resultan muy similares, existen pequeñas variaciones en las cuales la ADRASE presenta valores superiores de radiación. Esto puede deberse al distinto origen de los datos de ambas bases y de los años entre los que se han valorado los datos.

A continuación se calculan las horas solar pico con la siguiente expresión:

$$HSP = \frac{I \left(\frac{Wh}{m^2} \right)}{1000 \frac{W}{m^2}}$$

Tomando como valor I la radiación solar media diaria en la ubicación, se tiene un valor de 3,56 h.

5.1.9. Pérdidas de la instalación.

5.1.9.1. Pérdidas de potencia de fabricación

En el caso del módulo fotovoltaico seleccionado, la potencia máxima está definida como 330 W y tiene una oscilación de $\pm 3\%$, es decir, que puede situarse aproximadamente entre los 320 y los 340 W.

5.1.9.2. Disposición de los paneles

Orientación

La orientación ideal para una instalación en el hemisferio norte es hacia el sur. Esta orientación es fácil de conseguir con la estructura de aparcamiento solar y teniendo en cuenta la ubicación de las áreas A y B seleccionadas. En definitiva, el azimut, α , será 0° .

Inclinación de los paneles – geometría solar.

En la siguiente figura está representada la trayectoria solar para la ubicación de la instalación, obtenida a través de la herramienta *Sun Earth Tools*.

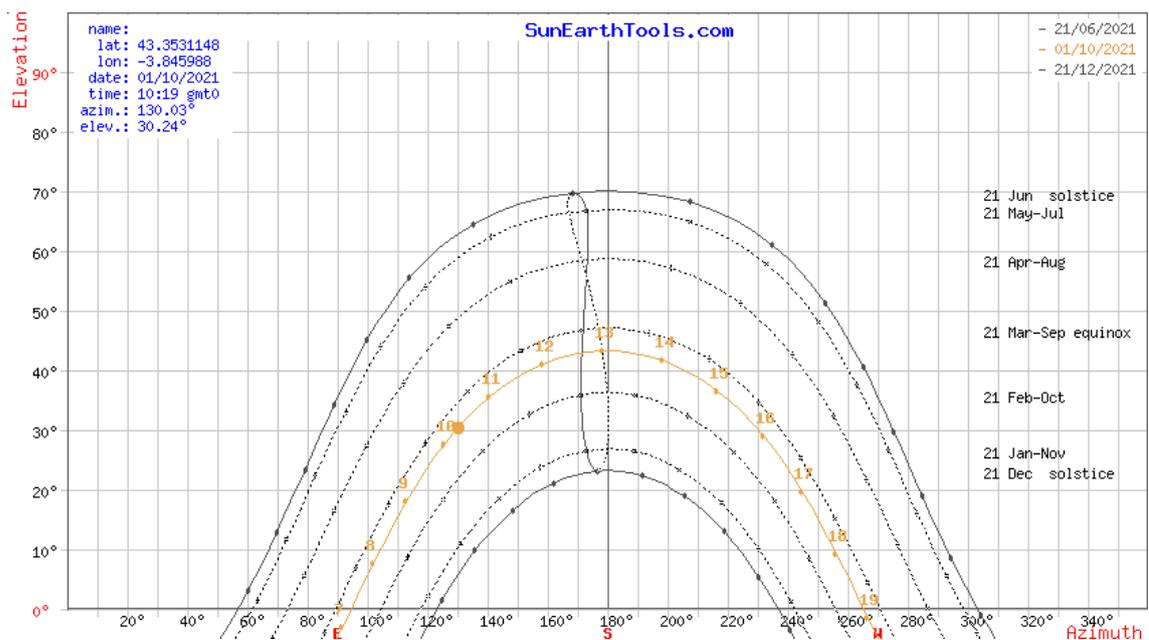


Gráfico 5.3 Trayectoria solar en la ubicación de estudio. FUENTE: Sun Earth Tools.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Igual que se había descrito, la altura solar o elevación, representada en el eje vertical, alcanza su máximo valor en el solsticio de verano y el mínimo en invierno. Por otro lado, el azimut solar, que es el ángulo que forma la trayectoria solar con la dirección sur, se mantiene bastante constante a lo largo de todo el año.

Sin embargo, debido a la selección de la marquesina, estos datos no se utilizarán, al tratarse de una marquesina fija con un ángulo de inclinación de 9°. Para conocer si estamos dentro de los márgenes aceptables, en primer lugar se calcula cuál sería la inclinación óptima a partir de la siguiente tabla y de la expresión:

Tabla 5.14 Ángulo óptimo de inclinación para el módulo fotovoltaico según la latitud. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red

Design Period	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
December	$\phi + 10$	1,7
July	$\phi - 20$	1
Annual	$\phi - 10$	1,15

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \varphi$$

Donde φ es la latitud del lugar de instalación, en nuestro caso tiene un valor de 43° 21' 28.91'', es decir, restándole 10° obtendríamos una inclinación óptima de 33° y siguiendo la anterior ecuación, la inclinación óptima sería aproximadamente 33° también.

Este ángulo de 33° es el que se debería utilizar siempre y cuando el objetivo de la instalación sea el aprovechamiento máximo de la energía solar. En el caso de paneles fotovoltaicos integrados en edificios o estructuras, como es el caso, con el objetivo de producir energía para el autoconsumo, no es estrictamente necesario que tengan esta inclinación, aunque uno debe ser consciente de que esto conlleva una menor producción y habría que estudiar las pérdidas asociadas para valorar la viabilidad de la instalación.

En este caso, la inclinación de la superficie es de 9° respecto a la horizontal, por lo que se calculará si se encuentra dentro de las pérdidas máximas permisibles (IDAE). Estas pérdidas siempre tienen que ser inferiores a los límites estipulados respecto a los valores ideales, definidos en la siguiente tabla.

Tabla 5.15 Pérdidas admisibles por orientación e inclinación y sombras. FUENTE: IDAE - Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se permiten pérdidas de hasta el 40% por orientación e inclinación, lo que se traduce en una eficiencia mínima del 60%, introduciéndolo en la figura para una latitud de 41º, conociendo también el ángulo de azimut, cero grados, al estar orientado hacia el sur.

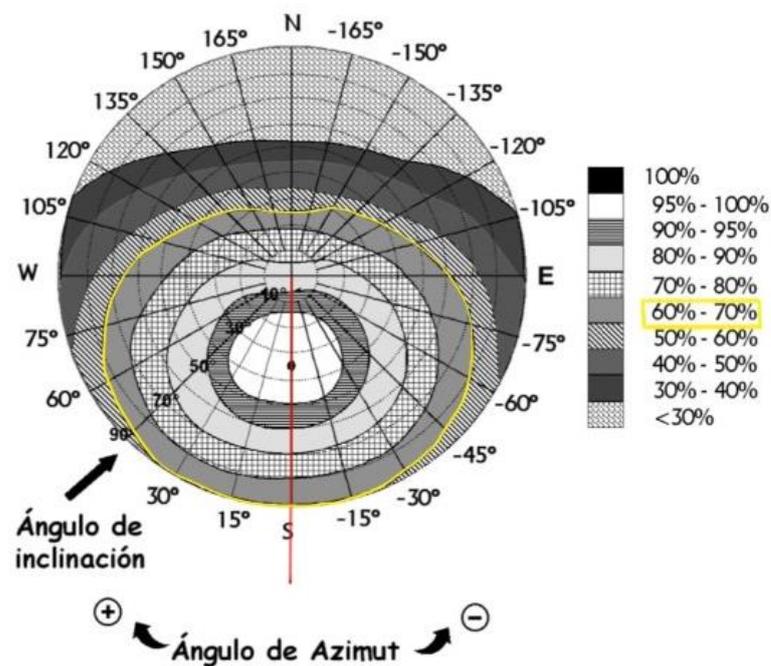


Ilustración 5.8 Cálculo de la inclinación máxima y mínima con la orientación y eficiencia mínima requerida. FUENTE: Elaboración propia, figura de IDAE -. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

Como podemos observar obtenemos un ángulo de inclinación máximo de 90º y un ángulo mínimo se mantiene en 0º, es decir, para una instalación orientada hacia el sur en una latitud de 41º no existen restricciones respecto al ángulo de inclinación para ese rango de eficiencias.

A continuación, se corrige para la latitud en la que nos encontramos (43º):

$$\begin{aligned} \text{Inclinación máxima} &= \text{Inclinación para } 41^\circ \text{ de latitud} - (41^\circ - \text{latitud}) \\ &= 90 - (41 - 43) = 92^\circ \rightarrow 90^\circ \text{ (no puede ser mayor a } 90^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inclinación mínima} &= \text{Inclinación para } 41^\circ \text{ de latitud} - (41^\circ - \text{latitud}) \\ &= 0 - (41 - 43) = 2^\circ \end{aligned}$$

Por lo tanto, la inclinación de las marquesinas resulta adecuada, aunque no ideal, para nuestra instalación.

5.1.9.3. Pérdidas por polvo y suciedad

Se atenderá a la correcta limpieza y mantenimiento de los paneles, además teniendo en cuenta que en este caso, al no contar con mucha inclinación estas pérdidas pueden ser más notables. Se estimarán para un valor del 2%.

5.1.9.4. Pérdidas por sombreado

En el caso de esta instalación no se cuenta con el problema del sombreado de los módulos entre sí, al colocarse todos sobre una misma superficie inclinada, aunque se tendrá en cuenta un 1% de pérdidas, por la posible presencia de vegetación en el entorno que pueda crear pequeñas sombras.

5.1.9.5. Pérdidas por temperatura

Se recurre a los datos de temperatura media mensual del PVGIS en la ubicación de estudio, ya que presenta unos datos más realistas en comparación con la base de datos ubicada en Santander. Posteriormente, se realizará el cálculo de la temperatura del panel. A continuación, se muestra una gráfica de ejemplo de la temperatura media mensual, en este caso para el año 2016, aunque como dato se tomará la media de temperaturas entre los años 2010 y 2016, reflejados en la siguiente tabla.

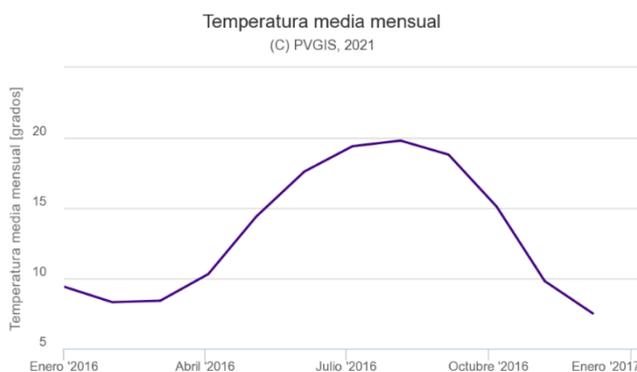


Gráfico 5.4 Temperatura media mensual para la ubicación de estudio, 2016.
FUENTE: PVGIS.

Tabla 5.16 Temperatura media según el mes, en la ubicación de estudio. Años 2010 – 2016. FUENTE: Elaboración propia. Datos de PVGIS.

PERIODO DE TIEMPO	TEMPERATURA MEDIA (°C)
ENERO	7,4
FEBRERO	7,1
MARZO	9,6
ABRIL	12,1
MAYO	14,3
JUNIO	17,3
JULIO	18,9
AGOSTO	18,9
SEPTIEMBRE	17,8
OCTUBRE	14,9
NOVIEMBRE	10,4
DICIEMBRE	6,9
AÑO	13,0

Con esto se puede calcular la temperatura del panel en función de la radiación, tomando como dato la radiación global para la inclinación de 9°. Se calculan los parámetros con las siguientes fórmulas y se muestran los resultados a continuación:

$$T_{cell} = T_{air} + G * \left[\frac{(NOCT - 20)}{800} \right]$$

$$Pérdidas_{Temp} = T_K * (T_{CELL} - 25)$$

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.17 Potencia del módulo fotovoltaico con la temperatura de funcionamiento. FUENTE: Elaboración propia.

<i>MES</i>	<i>TEMPERATURA MEDIA (°C)</i>	<i>IRRADIACIÓN (Wh/m²)</i>	<i>TEMPERATURA PANEL (°C)</i>	<i>PÉRDIDAS</i>	<i>POTENCIA POR MÓDULO (W)</i>
<i>ENERO</i>	7,43	1537,93	55,49	0,11	292,77
<i>FEBRERO</i>	7,11	2144,23	74,12	0,18	270,02
<i>MARZO</i>	9,59	3552,53	120,60	0,35	213,27
<i>ABRIL</i>	12,09	4449,81	151,14	0,47	175,98
<i>MAYO</i>	14,30	4671,38	160,28	0,50	164,82
<i>JUNIO</i>	17,31	5141,71	177,99	0,57	143,20
<i>JULIO</i>	18,86	5316,22	184,99	0,59	134,65
<i>AGOSTO</i>	18,87	5003,32	175,23	0,56	146,58
<i>SEPTIEMBRE</i>	17,83	4239,19	150,30	0,46	177,00
<i>OCTUBRE</i>	14,93	3118,53	112,38	0,32	223,31
<i>NOVIEMBRE</i>	10,37	1836,52	67,76	0,16	277,79
<i>DICIEMBRE</i>	6,91	1715,21	60,51	0,13	286,64
<i>AÑO</i>	12,97	3560,55	124,23	0,37	208,84

Finalmente, se calculan las pérdidas y los rendimientos asociados a los cambios de temperatura a lo largo de un año y la media anual:

Tabla 5.18 Pérdidas y rendimiento del panel fotovoltaico debido a la temperatura de operación. FUENTE: Elaboración propia.

PERIODO	RENDIMIENTO POR TEMPERATURA (%)	PÉRDIDAS POR TEMPERATURA (%)	RENDIMIENTO PANEL (%)
ENERO	88,72	2,23	17,55
FEBRERO	81,83	3,60	16,18
MARZO	64,63	7,00	12,78
ABRIL	53,33	9,23	10,55
MAYO	49,95	9,90	9,88
JUNIO	43,39	11,20	8,58
JULIO	40,80	11,71	8,07
AGOSTO	44,42	10,99	8,79
SEPTIEMBRE	53,64	9,17	10,61
OCTUBRE	67,67	6,40	13,38
NOVIEMBRE	84,18	3,13	16,65
DICIEMBRE	86,86	2,60	17,18
ANUAL	63,28	7,26	12,52

Generalmente, las mayores pérdidas asociadas a una instalación fotovoltaica son las debidas a la temperatura. En la tabla se puede observar cómo los meses de mayores temperaturas son aquellos en los que se producen las mayores pérdidas, disminuyendo el rendimiento del panel desde su rendimiento nominal de 19,78% a valores tan bajos como 8,07%.

5.1.9.6. Pérdidas del cableado

Se le ha asignado un 1% de pérdidas.

5.1.9.7. Rendimiento del inversor

El rendimiento del inversor seleccionado es del 98,4 % en el caso del *SunnyTripower* y del 96 % para el inversor híbrido de *Infinisolar*, por lo que se le asignarán unas pérdidas del 4 %, para tener una mayor holgura.

5.1.10. Rendimiento global del sistema o performance ratio

En primer lugar, se introducen las coordenadas de la zona de instalación, para que el programa pueda extraer los correctos datos de irradiación y temperatura de la zona.

A continuación, se introducen datos como la tecnología fotovoltaica empleada (en nuestro caso silicio cristalino), la potencia pico instalada en kWp, que varía para el área A y el área B, las pérdidas del sistema y las variables en la posición de los paneles fotovoltaicos, como el grado de inclinación y el azimut.

ÁREA A

En esta área la potencia nominal instalada es de 325,6 kWp. Las pérdidas del sistema que pide el programa son las pérdidas que provocan que la potencia generada por los módulos no sea la que finalmente se entrega, es decir, aquellas pérdidas relacionadas con los elementos que forman la instalación, como puede ser el rendimiento de los inversores o el funcionamiento de los paneles. Teniendo en cuenta lo anterior, se ha estimado un valor de estas pérdidas del 8%. La inclinación de los módulos es de 9º y un azimut de 0º.

Una vez realizada la simulación, el programa calcula un aumento de pérdidas de hasta el 18.54 %, debido a pérdidas por el ángulo de incidencia seleccionado (3,28 %), efectos espectrales (1,25 %), que se relacionan con la sensibilidad de las distintas tecnologías fotovoltaicas a la radiación en diferentes rangos de longitud de onda. Por otra parte, a los efectos de la temperatura y baja irradiancia (9,49 %). Este último valor se aproxima bastante a las pérdidas por efecto de la temperatura que se habían calculado con anterioridad, lo que confirma el correcto cálculo de las mismas.

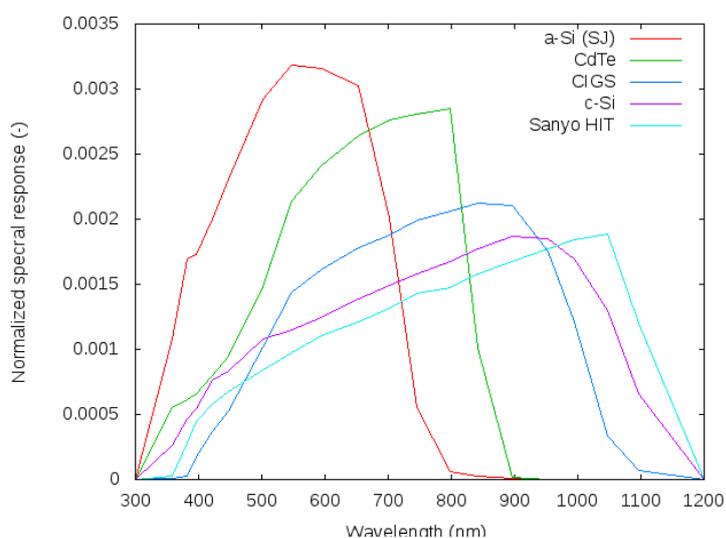


Gráfico 5.5 Sensibilidad de distintas tecnologías fotovoltaicas a efectos espectrales.
FUENTE: PVGIS.

Los valores de producción mensual del sistema se muestran a continuación:

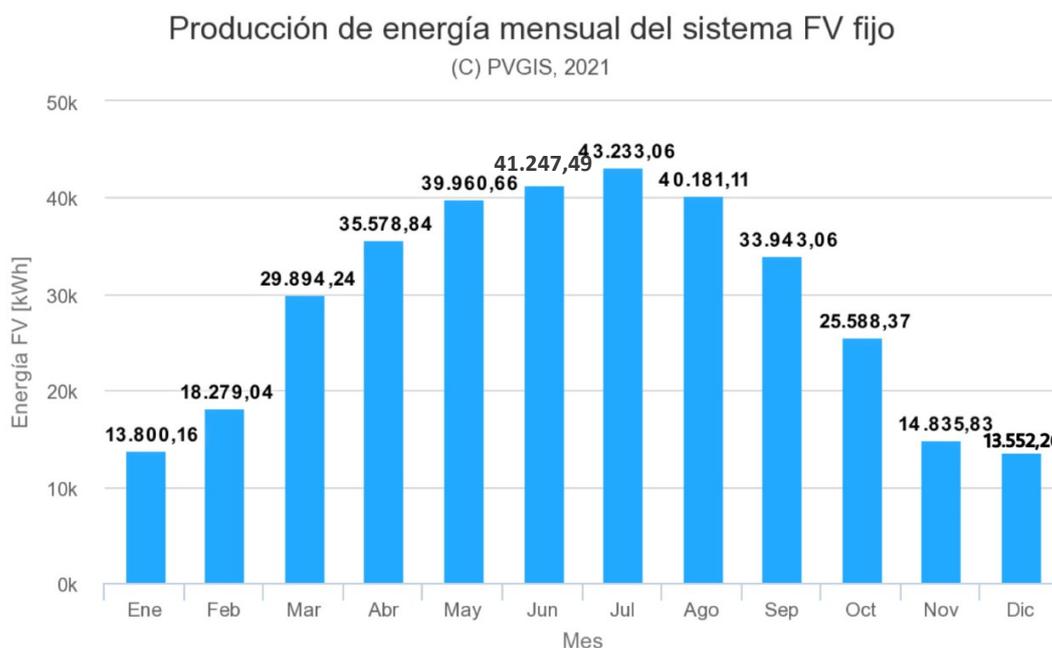


Gráfico 5.6 Producción de energía mensual de la instalación fotovoltaica A. FUENTE: PVGIS

ÁREA B

En este segundo caso, la potencia nominal instalada es de 356,4 kWp. Las pérdidas del sistema se mantienen en un valor del 8%, pues se emplean los mismos elementos. En esta ocasión el programa estima unas pérdidas totales del 18,57 %, asignando 3,41% al ángulo de incidencia, un 1,25 % a los efectos espectrales y un 9,5% a la temperatura y baja irradiancia.

Los valores de producción mensual del sistema se muestran a continuación:

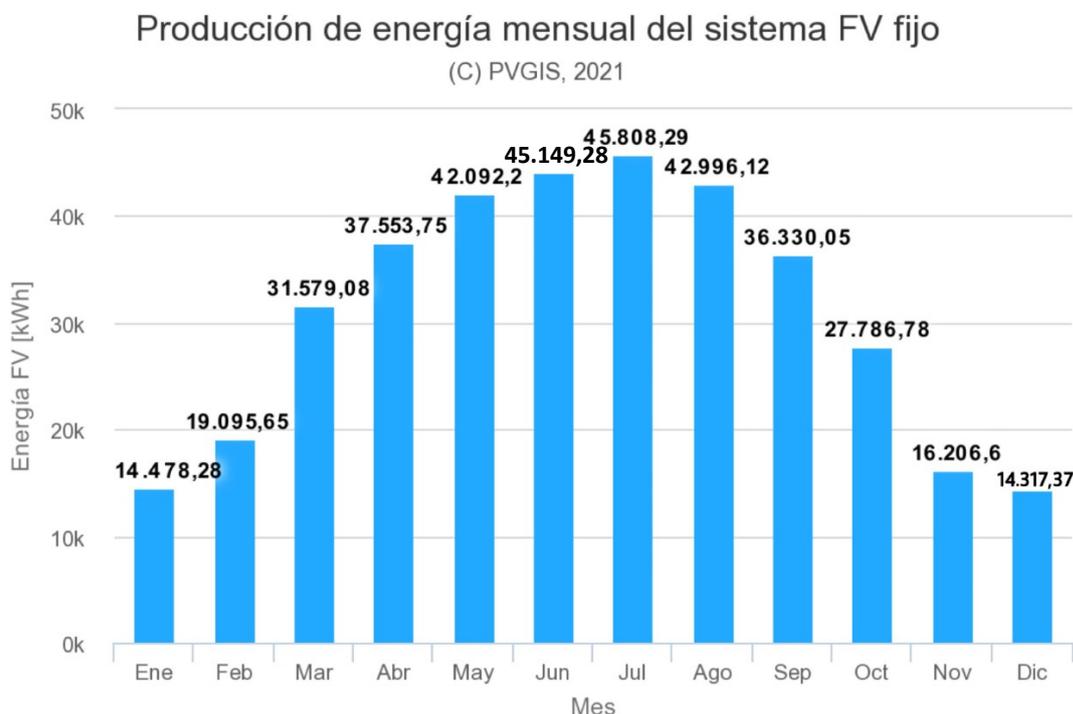


Gráfico 5.7 Producción de energía mensual de la instalación fotovoltaica B. FUENTE: PVGIS

Por lo tanto, se procede a calcular el rendimiento global de la instalación:

$$\eta_{GLOBAL} = \eta_{MÓDULOS} * \eta_{INVERSOR} * \eta_{SOMBRA} * \eta_{CABLEADO} * \eta_{TEMPERATURA} * \dots$$

A las pérdidas del sistema se les ha asignado un valor del 8%, por lo que se tendrá un rendimiento del conjunto de los módulos, inversor, etc. Por otro lado, las pérdidas de temperatura y baja irradiancia serán del 9,5%, por ser un valor más restrictivo que el calculado previamente. En el caso de las pérdidas por sombras y suciedad se mantienen los valores del 1 y 2% respectivamente, ya que el programa de PVGIS no lo incluye en sus estimaciones. El cableado tendrá un rendimiento también del 1% y por último se le añaden las pérdidas por la inclinación de los paneles, 3,4% y los efectos espectrales 1,25%.

$$\eta_{GLOBAL} = 0,92 * 0,905 * 0,99 * 0,99 * 0,98 * 0,966 * 0,9875 = 0,7628$$

Es decir, la instalación tendrá un rendimiento aproximado del 76,28% y unas pérdidas del 23,7%.

5.1.11. Producción final

Siguiendo la formulación propuesta por la IDAE, se recogen a continuación los resultados de las producciones por mes para la instalación A, la instalación B y la instalación conjunta de ambas.

$$E = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P * PR}{G_{CEM}}$$

Tabla 5.19 Producción final de las instalaciones A, B y A+B. FUENTE: Elaboración propia

PERIODO DE TIEMPO	PRODUCCIÓN A (kWh/día)	PRODUCCIÓN B (kWh/día)	PRODUCCIÓN A+B (kWh/día)
ENERO	381,97	418,10	800,07
FEBRERO	532,56	582,94	1115,5
MARZO	882,33	965,80	1848,13
ABRIL	1105,19	1209,73	2314,92
MAYO	1160,22	1269,97	2430,19
JUNIO	1277,04	1397,84	2674,88
JULIO	1320,38	1445,28	2765,66
AGOSTO	1242,66	1360,21	2602,87
SEPTIEMBRE	1052,88	1152,47	2205,35
OCTUBRE	774,54	847,81	1622,35
NOVIEMBRE	456,13	499,28	955,41
DICIEMBRE	426,00	466,30	892,3

En ambos casos la menor producción calculada se produce en enero, así que estos serán los datos utilizados para el dimensionamiento de los vehículos, por ser los más restrictivos.

5.1.12. Baterías

La capacidad de las baterías se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$C (Ah) = \frac{\text{Consumo (Wh/día)} * \text{Autonomía (días)}}{\text{Tensión del sistema(V)} * \text{Profundidad de descarga}}$$

Al tratarse de una instalación de tanta potencia, se estudiará la conexión de distintos grupos de baterías, por lo que se ha calculado la producción de media marquesina (45 módulos) en enero, al ser el mes de menor producción y con la justificación de las conexiones de inversor, obteniendo como resultado 17.420 Wh/día y tomándolo como consumo, de forma que las baterías sean capaces de almacenar toda la energía producida.

El sistema se puede diseñar para un voltaje de 12, 24 o 48 V. En este caso, al requerir una alta capacidad de almacenamiento en cualquiera de los casos, se diseñará para un voltaje de 48 V, además de que esta es la tensión de salida para el inversor-regulador.

Conocido lo anterior, se calcula la capacidad que debería tener una batería para almacenar esa producción:

$$C (Ah) = \frac{17420 * 3}{48 * 0,5} = 2177,5 Ah$$

Es decir, se requiere una batería de unos 2150 Ah de capacidad por cada zona de instalación.

Las baterías seleccionadas son de la marca BAE, una marca que ofrece baterías para aplicaciones fotovoltaicas. Se trata de un modelo de batería estacionaria, BAE 2040 Ah 24 V, de buena calidad y durabilidad, caracterizadas por una alta capacidad cíclica, con un comportamiento de recarga excelente.

La tecnología empleada es de placas de plomo y con el electrolito líquido. La conexión entre las baterías será en serie, uniendo el borne negativo de las baterías entre sí y lo mismo con el positivo, de tal forma que si se conectan 2 baterías de este tipo se pueden alcanzar los 48 V de potencia necesarios.

5.2. DIMENSIONADO FINAL DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS

Los resultados de cálculo para el consumo de los tres autobuses se recogen a continuación:

Tabla 5.20 Consumo por la recarga de los autobuses eléctricos. FUENTE: Elaboración propia

VEHÍCULO	CANTIDAD	Potencia/ unidad (kW)	Potencia total (kW)	Capacidad baterías (kWh)	Tiempo de carga (h)	Consumo total (kWh)
AUTOBÚS	3	80	240	441	5,5	1323

Como se puede observar, el consumo diario producido por los autobuses es de 1323 kWh. La carga de los buses a partir de la instalación fotovoltaica solo podría darse en contados meses de verano en el caso de las instalaciones A y B de forma individual y, si bien se podrían cargar a lo largo de la mayoría del año en el caso de la instalación conjunta, no permitiría apenas la carga del resto de vehículos, por lo que tal y como se había establecido anteriormente, inicialmente se parte de la premisa de que los autobuses se carguen utilizando la red eléctrica. Igualmente, para reducir el consumo y por lo tanto los costes en electricidad, se podría plantear que los autobuses fuesen híbridos en lugar de 100 % eléctricos.

En el caso de los autobuses seleccionados, se realizará un cálculo del coste del consumo mensual de electricidad, para conocer el gasto que esto supone. Actualmente en España el precio de la luz está incrementando cada vez más [73], por lo que el consumo de la red es menos rentable cada día. En octubre de 2021 se ha alcanzado un nuevo precio de récord de 216 €/MWh, llegando a los 230 € en los horarios pico, valores que incluso triplican los precios de electricidad de otros años (En septiembre de 2020 alcanzó los 41,96 €/MWh) [74].



Gráfico 5.8 Evolución de los precios de la luz en los últimos meses. 2021. FUENTE: OMIE

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Desde que comenzaron estas subidas drásticas en el precio de la luz, el Gobierno ha comenzado a implantar medidas para tratar de reducir el precio, como la reducción del IVA y de los impuestos de electricidad, aunque resultan insuficientes para reducir el precio a lo que era hace unos meses.

También hay que tener en cuenta las horas en las que se van a cargar los vehículos, pues la carga puede programarse para realizar las seis horas de carga en horas valle, que según Endesa abarca desde las 00h hasta las 08h, por lo que el coste será menor, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura que representa la evolución de los precios de la electricidad en función de la hora del día, en este caso para el ocho de octubre de dos mil veintiuno [75].



Gráfico 5.9 Precio horario del mercado diario en España. FUEENTE: OMIE

Por ejemplo, en el caso de Naturgy, el precio de la luz varía desde los 0,271360 €/kWh en horas punta a 0,186133 €/kWh en horas valle [76], y para Endesa de 0,177330 €/kWh a 0,133351 €/kWh [77].

Se muestra a continuación una tabla con los precios medios anuales de anteriores años por megavatio hora:

Tabla 5.21 Precio medio del megavatio hora en España en los últimos años (2014-Sept.2021). FUENTE: Elaboración propia, datos de statista.com

AÑO	PRECIO €/MWh
2014	55,05
2015	62,84
2016	48,42
2017	60,55
2018	64,37
2019	53,41
2020	40,37
2021 (hasta septiembre)	83,41

Tomando como referencia los precios de las tarifas valle actuales para distintas compañías eléctricas y reduciendo el valor ligeramente para aproximarlos más a años anteriores, se calcula un gasto diario de 145,53 € en cargar al completo los tres autobuses.

A continuación, se realiza una comparativa entre las distintas posibilidades de instalación para el cálculo del número de buggies, conociendo el número fijo de bicicletas que se quieren instalar y su consumo, se ajusta para que el consumo total no supere a la producción de las instalaciones. Se reflejan los resultados en la siguiente tabla (Tabla 5.22).

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.22 Flota a implantar según la instalación fotovoltaica. FUENTE: Elaboración propia.

INSTALACIÓN A						
<i>Vehículo</i>	<i>Número de vehículos</i>	<i>Potencia/unidad (kW)</i>	<i>Potencia total (kW)</i>	<i>Capacidad baterías (kWh)</i>	<i>Tiempo de carga (h)</i>	<i>Consumo total (kWh)</i>
BICICLETA	60	0,06	3,86	0,418	-	25,08
BUGGIES	59	1	59	6	6	354
					TOTAL BUGGIES Y BICICLETAS	379,08
INSTALACIÓN B						
<i>Vehículo</i>	<i>Número de vehículos</i>	<i>Potencia/unidad (kW)</i>	<i>Potencia total (kW)</i>	<i>Capacidad baterías (kWh)</i>	<i>Tiempo de carga (h)</i>	<i>Consumo total (kWh)</i>
BICICLETA	60	0,06	3,86	0,418	-	25,08
BUGGIES	65	1	65	6	6	390
					TOTAL BUGGIES Y BICICLETAS	415,08
INSTALACIÓN A + B						
<i>Vehículo</i>	<i>Número de vehículos</i>	<i>Potencia/unidad (kW)</i>	<i>Potencia total (kW)</i>	<i>Capacidad baterías (kWh)</i>	<i>Tiempo de carga (h)</i>	<i>Consumo total (kWh)</i>
BICICLETA	60	0,06	3,86	0,418	-	25,08
BUGGIES	125	1	125	6	6	750
					TOTAL BUGGIES Y BICICLETAS	775,08

El consumo producido por las bicicletas es mínimo, al tratarse de baterías muy pequeñas, por lo que realmente no es un factor determinante. Estas pueden cargarse sin problemas con cualquiera de las opciones, al producir un consumo tan pequeño.

Por parte de los buggies, con las dos instalaciones de manera individual podríamos tener 59 buggies en el caso de la instalación A y 65 para la instalación B, al tener una producción eléctrica ligeramente superior. En el caso de combinar ambas instalaciones se podrían cargar 125 buggies con la electricidad fotovoltaica exclusivamente.

Para la selección del número de buggies se tendrá en cuenta, por una parte, la inversión-beneficios que se puede obtener en cada uno de los casos y, muy importante, que se ajuste y tenga lógica de cara a las estadísticas de visitantes del parque.

5.2.1. Recarga de los vehículos

A continuación, se hace un estudio aproximado de los costes de infraestructura o materiales necesarios para la recarga de los vehículos eléctricos.

Según la empresa Daimler buses, para la recarga de los autobuses se requiere una inversión de 40.000 € (cargador de 80 kW).

Para los buggies eléctricos, dependerá del número de estas a instalar, empleándose el software de generador de precios [78] para realizar un cálculo aproximado del coste unitario de estas. Además, se compara el precio aportado por esta página con la información de Electricistas de la Fuente S.L. [79], para determinar que para un modo de carga 1 o 2, cuesta 1.500 €, incluyendo:

- Toma Schuko
- Interruptores de protección (magnetotérmicos y diferenciales)
- Indicadores del estado de carga
- Cerradura con llave

Actualmente, Cabárceno ya cuenta con bicicletas eléctricas, por lo que se asume que la infraestructura necesaria para la recarga de las mismas ya se encuentra disponible.

COSTE INICIAL INSTALACIÓN A: $(40.000 \times 3) + (1.500 \times 59) = 208.500 \text{ €}$

COSTE INICIAL INSTALACIÓN B: $(40.000 \times 3) + (1.500 \times 65) = 217.500 \text{ €}$

COSTE INICIAL INSTALACIÓN A+B: $(40.000 \times 3) + (1.500 \times 125) = 307.500 \text{ €}$

5.2.2. Subvenciones para la movilidad eléctrica

Penagos, el municipio de Cabárceno, cuenta con 2.142 habitantes [80], por lo que la subvención de las estaciones de recarga asciende al 40 %:

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.23 Ayudas aplicables a la financiación de las estaciones de recarga en función del destinatario y la localización. FUENTE: IDAE

DESTINATARIOS	Ayuda (% Subvencionable)	
	Localización general	Municipios < 5.000 habitantes
Autónomos particulares, Comunidades de Propietarios y administración sin actividad económica	70 %	80 %
Empresas y entes públicos con actividad económica, recarga de acceso público y P > 50 kW	35 % (45 % mediana) (55 % pequeña)	40 % (50% mediana) (60% pequeña)
Empresas y entes públicos con actividad económica recarga acceso privado o acceso público con P < 50 kW	30 %	40 %

Teniendo en cuenta también las subvenciones de los buggies eléctricos a través del Plan MOVES III, se recogen a continuación las principales ayudas:

Tabla 5.24 Subvenciones aplicables a través del Plan MOVES III. FUENTE: Elaboración propia. Información de Free to Vibe y la IDAE

PLAN MOVES III			
<i>Elemento subvencionable</i>	<i>Precio inicial</i>	<i>Subvención</i>	<i>Precio final</i>
<i>Buggy eléctrico – Free to Vibe modelo FTV 1</i>	8.500,00 €	1.200,00 € Límite de 50 vehículos	7.300,00 €
<i>Estaciones de recarga</i>	A: 208.500,00 € B: 217.500,00 € A+B: 307.500,00 €	40 %	A: 125.100, 00 € B: 130.500,00 € A+B: 184.500 €

5.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

5.3.1. Análisis DAFO

Tabla 5.25 Análisis DAFO. FUENTE: Elaboración propia

DEBILIDADES	AMENAZAS
<p><i>Emplazamiento no ideal para la producción de energía solar, bajo aprovechamiento del recurso debido a las malas condiciones climatológicas de la zona.</i></p> <p><i>Incertidumbre sobre la demanda de vehículos.</i></p> <p><i>Flujo de visitantes inconstante a lo largo del año.</i></p> <p><i>Falta de proyectos similares como referencia.</i></p>	<p><i>Posibilidad de que otra empresa externa ofrezca alquiler de los vehículos a un menor precio, comparación entre los usuarios.</i></p> <p><i>Posibilidad de aumento de precios de los materiales y equipos necesarios.</i></p> <p><i>Incertidumbre sobre las fluctuaciones del mercado energético.</i></p>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p><i>El parque es un negocio consolidado, público asegurado.</i></p> <p><i>Cero impacto medioambiental.</i></p> <p><i>Subvenciones por el uso de energías renovables y de la movilidad eléctrica.</i></p> <p><i>Novedad en el Parque de Cabárceno, servicio extra ofrecido a los visitantes, reclamo.</i></p> <p><i>Reducción de ruidos y gases contaminantes en un entorno natural con animales.</i></p> <p><i>Proyecto innovador.</i></p>	<p><i>Posibilidad de causar un impacto positivo sobre este tipo de negocios y sirva de inspiración para otros lugares.</i></p> <p><i>Tecnologías renovables y de movilidad eléctrica en pleno desarrollo y mejora, posible abaratamiento de los costes.</i></p> <p><i>Posibilidad de nuevas aplicaciones de la energía renovable en el parque.</i></p>

5.3.2. Tipo de instalación fotovoltaica

A continuación se determinará en función de la inversión necesaria, que tipo de instalación es más adecuada para el proyecto. Por un lado, se analizará la opción de realizar una instalación fotovoltaica con sistema de acumulación. Como ya se ha mencionado anteriormente, las baterías son el elemento más costoso de una instalación fotovoltaica, a lo que se suma la necesidad de otros elementos como protecciones extra y un regulador, que en nuestro caso se ha incorporado en el inversor (inversor híbrido).

Este sistema de acumulación permitiría la recarga de los buggies y las bicicletas fuera de los horarios de producción solar, de forma que se carguen por la noche y entren en servicio a la mañana siguiente.

A continuación se muestra un esquema simplificado de esta instalación y las tablas que desglosan los costes asociados a las instalaciones con baterías en el caso A, B y A+B.

OPCIÓN 1 - CON BATERÍAS

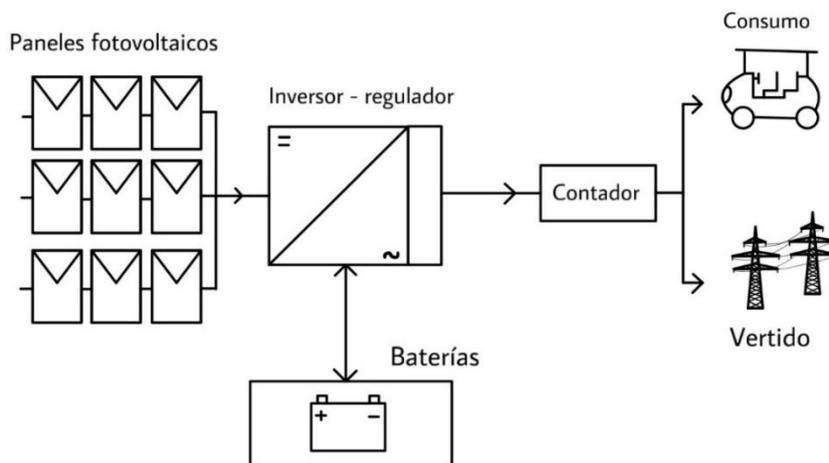


Ilustración 5.9 Esquema de la instalación con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5.26 Costes (mes 1) de la instalación A con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

COSTES CON BATERÍAS - A			
INSTALACIÓN A	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
<i>Módulos fotovoltaicos (hay packs de 31 uds)</i>	990	134,23 €	117.960,58 €
<i>Inversor híbrido</i>	22	3.903,05 €	85.867,10 €
<i>Marquesinas</i>	11	16.537,88 €	181.916,69 €
<i>Cables</i>	---	67.778,70 €	67.778,70 €
<i>Baterías</i>	22	17.888,86 €	393.554,92 €
<i>Protecciones y puesta a tierra</i>	---	10.045,97 €	10.045,97 €
<i>Contador bidireccional</i>	22	148,03 €	3.256,66 €
<i>Obra civil - cimentaciones estructura solar</i>			2.750,00 €
<i>Mano de obra y permisos</i>			77.981,76 €
INSTALACIÓN			863.130,62 €
TOTAL INSTALACIÓN			941.112,37 €
VEHÍCULOS			
<i>Autobús eCitaro</i>	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
<i>Bicicleta eléctrica</i>	60	799,99 €	47.999,40 €
<i>Buggy eléctrico</i>	59	8.500,00 €	441.500,00 €
<i>Sistema de recarga</i>	---	125.100,00 €	125.100,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
<i>Coste por mes****</i>	0,11	39690	4365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			2.418.965,30 €
TOTAL (Mes 1)			3.360.077,67 €

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.27 Costes (mes 1) de la instalación B con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

COSTES CON BATERÍAS - B			
INSTALACIÓN B	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
Módulos fotovoltaicos (hay packs de 31 uds)	1080	134,23 €	128.596,72 €
Inversor híbrido	24	3.903,05 €	93.673,20 €
Marquesinas	12	16.537,88 €	198.454,57 €
Cables	---	73.940,40 €	73.940,40 €
Baterías	24	17.888,86 €	429.332,64 €
Protecciones y puesta a tierra	---	10.959,24 €	10.959,24 €
Contador bidireccional	24	148,03 €	3.552,72 €
Obra civil - cimentaciones estructura solar			3.000,00 €
Mano de obra y permisos			85.035,85 €
INSTALACIÓN			941.509,49 €
TOTAL INSTALACIÓN			1.026.545,34 €
VEHÍCULOS			
Autobús eCitaro	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
Bicicleta eléctrica	60	799,99 €	47.999,40 €
Buggy eléctrico	65	8.500,00 €	492.500,00 €
Sistema de recarga	---	130.500,00 €	130.500,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
Coste por mes****	0,11	39690	4.365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			2.475.365,30 €
TOTAL (Mes 1)			3.501.910,64 €

Tabla 5.28 Costes (mes 1) de la instalación A+B con sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

COSTES CON BATERÍAS – A+B			
INSTALACIÓN A+B	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
<i>Módulos fotovoltaicos (hay packs de 31 uds)</i>	2070	134,23 €	246.075,78 €
<i>Inversor híbrido</i>	46	3.903,05 €	179.540,30 €
<i>Marquesinas</i>	23	16.537,88 €	380.371,26 €
<i>Cables</i>	---	141.719,10 €	141.719,10 €
<i>Baterías</i>	46	17.888,86 €	822.887,56 €
<i>Protecciones y puesta a tierra</i>	---	21.005,21 €	21.005,21 €
<i>Contador bidireccional</i>	46	148,03 €	6.809,38 €
<i>Obra civil - cimentaciones estructura solar</i>			5.750,00 €
<i>Mano de obra y permisos</i>			162.374,27 €
INSTALACIÓN			1.804.158,59 €
TOTAL INSTALACIÓN			1.966.532,86 €
VEHÍCULOS			
<i>Autobús eCitara</i>	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
<i>Bicicleta eléctrica</i>	60	799,99 €	47.999,40 €
<i>Buggy eléctrico</i>	125	8.500,00 €	1.002.500,00 €
<i>Sistema de recarga</i>	---	184.500,00 €	184.500,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
<i>Coste por mes****</i>	0,11	39690	4.365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			3.039.365,30 €
TOTAL (Mes 1)			5.005.898,16 €

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Cabe destacar que la instalación de ambas áreas de estudio no supone un gasto equivalente a la suma de los dos costes individuales, debido a la venta de packs que reducen los costes.

OPCIÓN 2 - SIN BATERÍAS

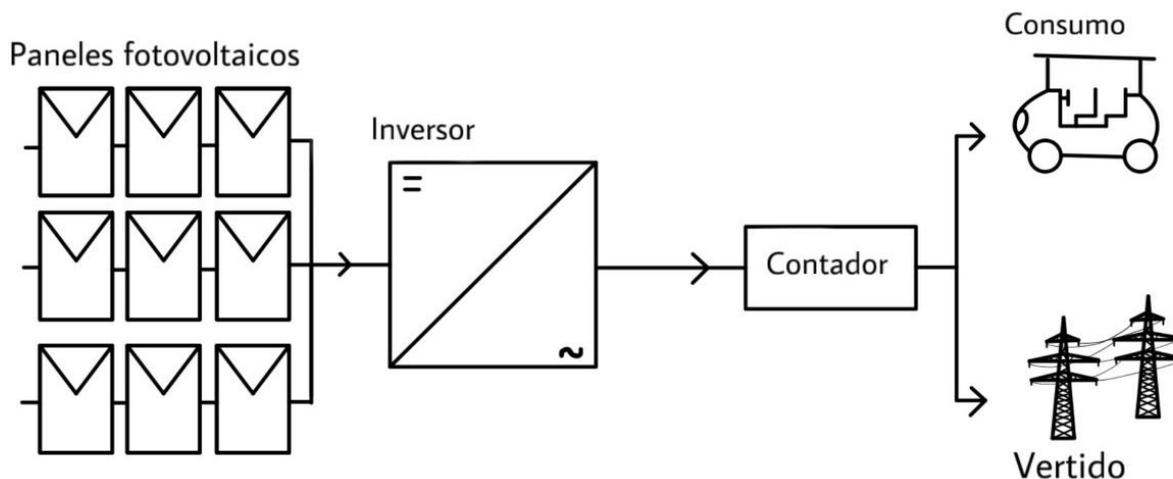


Ilustración 5.10 Esquema simplificado de la instalación sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

Como se puede observar en los anteriores desgloses de precios, las baterías constituyen el elemento más costoso de cualquiera de las instalaciones. Además, otros elementos como las protecciones, el cableado o el inversor empleado también son más costosos en el caso de emplear baterías en la instalación, por lo que, como veremos a continuación, el precio de la instalación fotovoltaica se duplica.

Sin embargo, la instalación fotovoltaica tan solo es uno de los dos elementos de este proyecto, por lo que hay que tener en cuenta el coste de los vehículos. En el caso de no contar con sistema de acumulación, los vehículos tendrán que cargarse en las horas de producción, es decir, durante el día, momento que coincide con las horas de uso de los mismos. Esto lleva a la necesidad de compra del doble de vehículos en la flota, e ir rotando entre los dos grupos de vehículos, teniendo siempre unas bicicletas y buggies en funcionamiento y otras cargando para intercambiarlas al día siguiente.

Se muestran a continuación los cálculos de la instalación en el caso de no contar con las baterías.

Tabla 5.29 Costes (mes 1) de la instalación A sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

<u>COSTES SIN BATERÍAS - A</u>			
INSTALACIÓN A	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
Módulos fotovoltaicos (packs de 31 uds)	990	134,23 €	117.960,58 €
Inversor	22	3.018,38 €	66.404,36 €
Marquesinas	11	16.537,88 €	181.916,69 €
Cables	---	55.403,70 €	55.403,70 €
Protecciones y puesta a tierra	---	7.717,27 €	7.717,27 €
Contador bidireccional	22	148,03 €	3.256,66 €
Obra civil - cimentaciones estructura solar			2.750,00 €
Mano de obra			39.486,83 €
INSTALACIÓN			435.409,26 €
TOTAL INSTALACIÓN			474.896,09 €
VEHÍCULOS			
Autobús eCitara	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
Bicicleta eléctrica	120	799,99 €	95.998,80 €
Buggy eléctrico	118	8.500,00 €	943.000,00 €
Sistema de recarga	---	125.100,00 €	125.100,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
Coste por mes****	0,11	39690	4.365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			2.968.464,70 €
TOTAL (Mes 1)			3.443.360,79 €

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Tabla 5.30 Costes (mes 1) de la instalación B sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

COSTES SIN BATERÍAS - B			
INSTALACIÓN B	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
<i>Módulos fotovoltaicos (packs de 31 uds)</i>	1080	134,23 €	128.596,72 €
<i>Inversor</i>	24	3.018,38 €	72.441,12 €
<i>Marquesinas</i>	12	16.537,88 €	198.454,57 €
<i>Cables</i>	---	60.440,40 €	60.440,40 €
<i>Protecciones y puesta a tierra</i>	---	8.418,84 €	8.418,84 €
<i>Contador bidireccional</i>	24	148,03 €	3.552,72 €
<i>Obra civil - cimentaciones estructura solar</i>			3.000,00 €
<i>Mano de obra</i>			43.041,39 €
INSTALACIÓN			474.904,37 €
TOTAL INSTALACIÓN			517.945,76 €
VEHÍCULOS			
<i>Autobús eCitaro</i>	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
<i>Bicicleta eléctrica</i>	120	799,99 €	95.998,80 €
<i>Buggy eléctrico</i>	130	8.500,00 €	1.045.000,00 €
<i>Sistema de recarga</i>	---	130.500,00 €	130.500,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
<i>Coste por mes****</i>	0,11	39690	4.365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			3.075.864,70 €
TOTAL (Mes 1)			3.593.810,46 €

Tabla 5.31 Costes (mes 1) de la instalación A+B sin sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

COSTES SIN BATERÍAS – A+B			
INSTALACIÓN A+B	Número	Precio unitario	Coste final
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
<i>Módulos fotovoltaicos (hay packs de 31 uds)</i>	2070	134,23 €	246.075,78 €
<i>inversor</i>	46	3.018,38 €	138.845,48 €
<i>Marquesinas</i>	23	16.537,88 €	380.371,26 €
<i>Cables</i>	---	115.844,10 €	115.844,10 €
<i>Protecciones y puesta a tierra</i>	---	16.136,11 €	16.136,11 €
<i>Contador bidireccional</i>	46	148,03 €	6.809,38 €
<i>Obra civil - cimentaciones estructura solar</i>			5.750,00 €
<i>Mano de obra y permisos</i>			81.884,89 €
INSTALACIÓN			909.832,11 €
TOTAL INSTALACIÓN			991.717,00 €
VEHÍCULOS			
<i>Autobús eCitaro</i>	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
<i>Bicicleta eléctrica</i>	120	799,99 €	95.998,80 €
<i>Buggy eléctrico</i>	250	8.500,00 €	2.065.000,00 €
<i>Sistema de recarga</i>	---	184.500,00 €	184.500,00 €
CARGA DE BUSES	€/kWh	Consumo mensual (kWh)	TOTAL
<i>Coste por mes****</i>	0,11	39.690,00 €	4.365,90 €
TOTAL VEHÍCULOS			4.149.864,70 €
TOTAL (Mes 1)			5.141.581,70 €

Tal y como se puede comprobar, el coste del proyecto es mayor en el caso de no contar con sistema de acumulación, aunque la diferencia no es demasiado elevada. Los

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

elevados costes que tienen las baterías no son suficientemente altos como para compensar los costes que conllevaría el aumento de la flota. A continuación se muestran los valores de las distintas inversiones iniciales, sin contar la carga de los autobuses el primer mes:

Tabla 5.32 Inversiones iniciales según la instalación y el sistema de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

<i>ÁREA INSTALADA</i>	<i>Inversión inicial con baterías</i>	<i>Inversión inicial sin baterías</i>
<i>Instalación A</i>	3.355.711,77 €	3.438.994,89 €
<i>Instalación B</i>	3.497.544,74 €	3.589.444,56 €
<i>Instalación A+B</i>	5.001.532,24 €	5.137.215,8 €

Encontrándose esta situación se opta por realizar la instalación con sistema de acumulación, por distintos motivos. En este momento se han realizado los cálculos sin tener en cuenta las posibles subvenciones que podrían recibirse para la instalación fotovoltaica, las cuáles aumentan en el caso de haber sistema de acumulación. Una clara desventaja, y factor determinante para esta decisión, es el hecho de que, si se tiene que duplicar la flota, los vehículos que estén cargando durante el día ocuparán mucho espacio mientras cargan, reduciendo considerablemente la capacidad del aparcamiento, además de ampliarse los costes de un futuro de mantenimiento o reparación de los vehículos.

Así mismo, teniendo en cuenta que las instalaciones A y B ofrecen prácticamente el mismo servicio, y a un precio cercano, se elimina el estudio sobre la instalación A, para centrarnos en la economía resultante con las opciones B y A+B.

5.3.3. Viabilidad del proyecto

5.3.3.1. Viabilidad comercial

Una de las ventajas claras que tiene este proyecto es que se está implantando en un negocio que ya dispone de público extenso, es un negocio que funciona y que, pese a las variaciones de ofertas o de precios por parte del parque, ha continuado con una demanda prácticamente constante, con ingresos anuales de más de diez millones de euros al año, y representando en torno al 60 % de los ingresos de CANTUR S.A.

Tabla 5.33 Ingresos por actividad en los años 2017 y 2018, CANTUR. FUENTE: Cuentas anuales 2018 CANTUR

<i>Descripción de la actividad</i>	2018		2017	
	<i>Euros</i>	<i>%</i>	<i>Euros</i>	<i>%</i>
<i>Abra del Pas</i>	525.353,59	2,45 %	451.446,79	1,97 %
<i>Áliva</i>	281.037,07	1,31 %	306.604,29	1,33 %
<i>Alto Campoo</i>	2.503.894,56	11,64 %	2.211.221,83	9,63 %
<i>Cabárceno</i>	13.383.437,50	62,22 %	14.283.722,19	62,19 %
<i>Fuente Dé</i>	3.507.417,71	16,30 %	4.406.198,41	19,18 %
<i>Museo Marítimo</i>	529.060,10	2,46 %	560.977,93	2,44 %
<i>Nestares</i>	778.842,00	3,62 %	742.139,24	3,23 %
<i>Otros centros</i>	1.460,65	0,01 %	5.503,87	0,02 %
<i>TOTAL</i>	21.511.503,18		22.967.825,55	

Un ejemplo de esto puede ser la telecabina, una gran inversión por parte de CANTUR, con un presupuesto máximo estimado de 11.575.175,00 € en el Pliego de Prescripciones técnicas particulares del expediente de contratación, ejecución de las obras y explotación de telecabina [81]. La forma de recuperar esta inversión, además del reclamo que supuso la incorporación de esta novedad al parque, es a través la subida del precio de las entradas generales.

Estos nuevos reclamos son importantes, pues en cuanto a la procedencia de los visitantes, cabe destacar una gran parte de los visitantes del parque proceden de Cantabria. En el año 2018 hubo 64.818 visitantes de Cantabria, lo que supone un 10,5% del total. No podemos dejar de lado el hecho de que Cabárceno constituye una de las principales atracciones turísticas en la Comunidad Autónoma, y la introducción de los vehículos eléctricos supone una novedad que aumentará el interés de los visitantes, sobre todo los locales, al igual que el teleférico, inaugurado en 2016, que pese a suponer una gran inversión, el propio director de CANTUR, Javier Carrión, declaró que las visitas crecieron entre un veinticinco y un treinta por ciento desde la apertura de este [82].

5.3.3.2. *Viabilidad técnica*

A priori, la viabilidad técnica de este proyecto ha sido comprobada, tiene sentido y es posible de ejecutar.

5.3.3.3. *Viabilidad administrativa y legal*

Por parte de las instituciones y en vista del marco legal, tanto las instalaciones de energía renovable como el uso del vehículo eléctrico, se encuentran favorecidas e impulsadas. Se debe asegurar siempre que el proyecto se desarrolle cumpliendo las normativas de diseño, ejecución de las obras e implantación del negocio, pero en principio no existen trabas legales a su ejecución.

5.3.3.4. *Viabilidad ambiental*

La viabilidad ambiental es la clave de este proyecto, pues no solo no es perjudicial para el medioambiente, si no que supone un impacto positivo, al reducir el uso de vehículos de motor en el entorno del parque y al favorecer el uso de energías limpias.

Volviendo al ejemplo de la telecabina, en el desarrollo del proyecto se realizó un Estudio de Impacto Ambiental, concluyendo que supuso un impacto altamente positivo, al reducir el tránsito de vehículos, que no solo mejoraría el funcionamiento del parque, sino que también ayudaría a crear un ambiente más limpio [83].

5.3.3.5. *Viabilidad financiera – VAN, TIR y PRI*

Para realizar el cálculo del Valor Actual Neto y de la Tasa Interna de Retorno, se recurre al uso de Excel y sus funciones asociadas.

$$VAN = -D + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n}$$

- La inversión inicial, D, es el coste calculado de 3.497.544,74 €, a la que se le ha agregado un margen del 10%, ascendiendo a un total de 3.847.299,21 €, para la instalación B, y un total de 5.501.685,49 € para el caso A+B, incluido el margen del 10 %. Este margen se agrega con el fin de compensar cualquier error de cálculo o sobrecoste inesperado que pueda producirse a la hora de implantar el negocio.
- Para la estimación de los flujos de carga se procede a realizar una serie de suposiciones:

- El 45% de los visitantes optarán por desplazarse con los buggies eléctricos hasta completar las plazas disponibles, suponiendo que cada buggy, de media, esté ocupado por tres personas. El máximo de buggies que pueden ocuparse es 65 para el caso B y 125 en el caso A+B.
- El 10% de los visitantes harán uso de las bicicletas, con excepción de los meses en los que hay peor clima, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, en los cuales su uso se verá reducido hasta el 2%. El número máximo de bicicletas es 60.
- El resto de los visitantes del parque decidirá visitarlo haciendo uso de las líneas de autobuses o de su coche particular.

Se utilizarán las estadísticas del parque que representan la media de visitantes por cada día de la semana en cada mes, y se aplicarán los anteriores porcentajes, limitando el número máximo de buggies y de bicicletas que pueden ser usados por día (65 o 125 buggies y 60 bicicletas), se obtiene el total del año sumando todas las semanas y meses. Para este cálculo, se considera que cada buggy estará ocupado, de media, por tres personas.

Tabla 5.34 Buggies y bicicletas utilizados anualmente. Caso B y A+B. FUENTE: Elaboración propia

Total vehículos / Caso	Instalación B	Instalación A + B
Total bicicletas anuales	12.439	12.439
Total buggies anuales	18.911	40.452

Hay que tener en cuenta que el número anual de visitantes al Parque de la Naturaleza de Cabárceno se sitúa en torno a los 600.000 visitantes, por lo que resulta bastante posible que el 3 % (CASO B) o el 6 % (CASO A+B) de estos opten por alquilar un buggy eléctrico y el 2% una bicicleta.

Se toma la decisión de cobrar un precio fijo por cada tipo de vehículo, y con una duración del día completo. Se calculará el VAN y la TIR para distintas tarifas, para luego tomar la decisión de cuál es la más adecuada. Los precios iniciales asignados van desde los 20 € hasta los 35 € para los buggies eléctricos y desde los 10 € hasta los 25 € para las bicicletas, en tramos de 5 €. Se calcularán los parámetros para distintas combinaciones de las tarifas, lógicamente sin que el precio de las bicicletas sea superior a la de los buggies en ningún caso.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Igualmente, se debe tener en cuenta lo que se ganará vertiendo la energía eléctrica sobrante a la red eléctrica. Estos valores son importantes, pues se producirán grandes excedentes en la mayoría de meses, ya que los consumos de los buggies y las bicicletas son equivalentes aproximadamente a la producción en el mes de enero. Se asume que cada vehículo va a ser cargado al completo tras su uso.

Las producciones anuales de ambas instalaciones se recogen a continuación:

Tabla 5.35 Producción total anual de las instalaciones B y A+B. FUENTE: Elaboración propia.

PERIODO DE TIEMPO	PRODUCCIÓN B (kWh/día)	PRODUCCIÓN A+B (kWh/día)
<i>ENERO</i>	418,10	800,07
<i>FEBRERO</i>	582,94	1115,49
<i>MARZO</i>	965,80	1848,13
<i>ABRIL</i>	1209,73	2314,92
<i>MAYO</i>	1269,97	2430,19
<i>JUNIO</i>	1397,84	2674,87
<i>JULIO</i>	1445,28	2765,66
<i>AGOSTO</i>	1360,21	2602,87
<i>SEPTIEMBRE</i>	1152,47	2205,35
<i>OCTUBRE</i>	847,81	1622,35
<i>NOVIEMBRE</i>	499,28	955,41
<i>DICIEMBRE</i>	466,30	892,30
<i>PROMEDIO (kWh/día)</i>	967,98	1852,30
TOTAL ANUAL (kWh/AÑO)	353311,86	676090,59

Teniendo en cuenta los consumos producidos por los vehículos anualmente y restándolo a la producción anual, obtenemos la energía eléctrica sobrante de manera anual. El precio de venta de esta energía cambiará según la

comercializadora, que determina los precios en función de las fluctuaciones del mercado energético. Aproximadamente el precio de venta de la energía sobrante es de unos 0,06 €/kWh [84], valor que tomaremos como referencia para el cálculo. Las ganancias anuales por la venta de excedentes en el caso B son de 12.081,83 €, mientras que en el caso A+B asciende a un total de 25.690,7 €.

Como costes en cada periodo se tiene un gasto de 52.390,80 € por la carga de los autobuses eléctricos, además de costes por limpieza y revisión de la instalación fotovoltaica de 20.000 € para la instalación B y 40.000 € para la instalación A+B [85].

Por tanto, se calcularían los flujos de carga como:

$$FC = (N_{USO\ BICICLETAS} \times \epsilon_{BICICLETA}) + (N_{USO\ BUGGIES} \times \epsilon_{BUGGY}) + B_{FIJO} - C_{FIJO}$$

Donde el $N_{USO\ BICICLETAS}$ y $N_{USO\ BUGGIES}$ es el número de bicicletas o buggies que se han utilizado a lo largo de todo el año, que se multiplican por $\epsilon_{BICICLETA}$ y ϵ_{BUGGY} , los distintos precios de alquiler diarios asignados, a lo que se suman los beneficios fijos, B_{FIJO} , procedentes del vertido de la energía eléctrica excedente a la red, y se les resta los costes fijos, C_{FIJO} , correspondientes a la limpieza y mantenimiento de la instalación y a la carga de los autobuses.

- La tasa de descuento aplicada es del 5 %.
- Se calculará para dos números de periodos distintos, 5 y 10 años.

En el Anexo II se encuentran los cálculos correspondientes a estos parámetros, con los diferentes escenarios propuestos, obteniendo resultados muy positivos. Recordando que si el VAN es negativo, o el TIR es inferior a la tasa de descuento aplicada, en este caso el 5%, el negocio no saldría rentable, se analizan los resultados.

Si se decide recuperar la inversión en diez años, se podría elegir cualquiera de las opciones planteadas de precios de alquiler, exceptuando el caso de la instalación B con precios de 20 € por buggy y 10 € por bicicleta.

En el caso de tomar un periodo de cinco años, los valores obtenidos son claramente más restrictivos que en el caso de los diez años, al estar dando un menor margen de tiempo de recuperación, sin embargo, se obtienen datos muy positivos igualmente para algunas de las tarifas establecidas.

Por ejemplo, cobrando 35 € por el alquiler de los buggies y 10 € por las bicicletas, se obtiene un **VAN de 877.797,94 € y una TIR del 11 %** para la instalación A+B en cinco años, una de las posibilidades más adecuadas. En esta última opción, aun teniendo un

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

margen del 25 % para la inversión inicial, que ascendería a un total de 6.251.915,33 €, seguiría resultando rentable a cinco años, con un VAN de 127.568,11 € y una TIR del 6 %.

En general, se puede observar que tanto en el periodo de cinco años como en el de diez, resulta más rentable realizar la instalación conjunta A+B, ya que los beneficios que se pueden obtener por aumentar la flota de buggies, compensa notablemente la diferencia de la inversión inicial, por lo que siempre y cuando sea posible acceder a esa cantidad de dinero, se optará por la opción A+B.

Por último, se calcula el Periodo de Recuperación de la Inversión, a través de la inversión inicial y los distintos flujos de carga, en el caso de realizar la instalación A+B y cobrando 35 € por el alquiler del buggy y 10 € por la bicicleta:

Tabla 5.36 Flujos de carga acumulados en el periodo de cinco años. FUENTE: Elaboración propia

Años	0	1	2	3	4	5
Flujos de carga	-5.501.685,48 €	1.473.499,89 €	1.473.499,89 €	1.473.499,89 €	1.473.499,89 €	1.473.499,89 €
Flujos acumulados	-5.501.685,48 €	-4.028.185,59 €	-2.554.685,69 €	-1.081.185,79 €	392.314,10 €	1.865.814,00 €

$$PRI = 3 + \frac{|-1.081.185,79|}{1.473.499,89} = 3,73 \text{ años}$$

Se estima una recuperación de la inversión en **3,73 años**. Como ya se ha dicho anteriormente, no es representativa de la realidad al no tener en cuenta la tasa de descuento asociada. Para realizar la comparativa con el VAN y la TIR calculadas para este mismo caso, se calcula de nuevo pero teniendo en cuenta la tasa de descuento, utilizando como flujo de carga los sumandos del cálculo del VAN, es decir:

$$FC = \frac{FC_N}{(1+k)^N}$$

De esta manera, se obtiene un periodo de recuperación de la inversión de **4,31 años**.

5.4. IMPLANTACIÓN DEL NEGOCIO

5.4.1. Tarifas

Pese a contar con amplias opciones rentables, se opta por establecer un precio de alquiler del buggy en 35 € y la bicicleta eléctrica en 10 €, costes que pueden ser asumibles por los visitantes, teniendo en cuenta los costes actuales de las entradas generales. Así mismo, se realizará la instalación A+B, por lo que, tomando esta decisión, en cinco años se obtiene un VAN de 877.797,49 €.

5.4.2. Publicidad y marketing

Es indiscutible el gran impacto e importancia que tienen el marketing y la publicidad a la hora de vender un producto. A la hora de desarrollar este proyecto no será de otra manera, impulsándolo a través de carteles, información a través de los medios de comunicación y, hoy en día cada vez más importante, las redes sociales.



Ilustración 5.11 Perfil del Parque de Cabárceno en Instagram. FUENTE: Instagram

La cuenta oficial de Cabárceno cuenta con 10.800 seguidores en Twitter, más de 70.000 seguidores en Instagram y más de 100.000 amigos en Facebook. Todo esto, sin tener en cuenta la publicidad que podrían dar otros perfiles importantes a nivel regional y nacional. La publicidad de a través de las redes sociales cada vez tiene un mayor impacto y además resulta muy económica, pues conlleva los costes del sueldo del *Community Manager* (costes que ya existen independientemente de este proyecto) y de la campaña de fotografía y producción de carteles.

Así mismo, se debe tener en cuenta el atractivo que, de base, poseen las energías renovables y los vehículos eléctricos entre la población, cuya opinión general es muy positiva.

5.4.3. Soluciones para el aumento de los beneficios

Uno de los problemas que podrían plantearse en este negocio es que la demanda de buggies y bicicletas sea inferior a lo que inicialmente se ha previsto. Hay que tener en cuenta que la probabilidad de que se alcancen los valores de demanda propuestos es bastante elevada, teniendo en cuenta que de 600.000 personas que aproximadamente visitan el parque cada año, tan solo el 6 % debería decidir alquilar un buggy y el 2 % una bicicleta. Sin embargo, existe una incertidumbre al no poder asegurar que esto vaya a suceder, por lo que se plantean distintas soluciones:

- ***Aumento de los precios de los alquileres:*** Una de las formas de compensar esta falta de demanda, es aumentar el precio del servicio ofrecido, de forma que lo que se gane con los pocos vehículos que se alquilen, compense. Esta solución resulta arriesgada y poco adecuada, ya que podría causar descontento entre la gente y que menos personas decidan alquilar los vehículos.
- ***Reducción de los precios:*** Cobrando el alquiler a 30 € y 10 € seguiría saliendo rentable en tan solo cinco años. En un tiempo intermedio entre los cinco y los diez años también se podrían plantear opciones más económicas, por ejemplo, en ocho años se podría recuperar la inversión cobrando 20 € por el buggy y 10 € por la bicicleta. De esta forma, más gente podría decidir alquilar los vehículos.
- ***Aumento de los costes de las entradas generales:*** Tal y como se planteó con el teleférico, un aumento del coste de la entrada al parque, por pequeño que sea, genera grandes ingresos a final de año. Hay que tener en cuenta que si el parque es visitado por unas 600.000 personas anualmente, un aumento de un euro en el precio generaría 600.000 € extra. Este planteamiento resulta interesante, ya que generalmente esta opción resulta menos alarmante entre los visitantes.
- ***Desincentivar la entrada con el vehículo particular:*** El atractivo que tiene el desplazarse por el recinto en un buggy o en una bicicleta eléctrica puede no ser suficiente para que la gente elija esta opción, sin embargo, si se penaliza la entrada al recinto con un vehículo contaminante, se consigue acercar el coste global de acceder al parque de una manera u otra, por lo que más gente optaría por el uso de los vehículos eléctricos. Obviamente quedarían eximidos de realizar este pago personas con

movilidad reducida u otras circunstancias similares que les provoque la necesidad de acceder en su vehículo personal.

- **Implantar “días libres de emisiones”:** Días exclusivos de uso de los buggies, bicicletas y autobuses eléctricos, en el que se impida la entrada en el vehículo particular. Durante estos días, los visitantes podrían acceder también a pie o con su propia bicicleta, desplazarse con los servicios gratuitos de lanzaderas + telecabina, u optar por el alquiler de los buggies y las bicicletas.
- **Tarjeta Amigo:** El Parque de la Naturaleza de Cabárceno ofrece una oferta conocida como la Tarjeta Amigo. Consiste en un bono con un pago anual que permite el acceso al parque todas las veces que se desee. Por ejemplo, en los tres últimos años, más de 50.000 personas accedieron al parque con la Tarjeta Amigo cada año. Una opción podría ser dar a la gente que posea esta tarjeta un descuento en el alquiler de los vehículos, o aumentar ligeramente el precio de las Tarjeta Amigo y que venga incluido, de forma que se impulse la adquisición de estas, generando ganancias.
- **App de Cabárceno:** Cabárceno cuenta con una aplicación disponible para su descarga gratuita en la App Store y en Google Play, que permite la compra de las entradas, explorar el mapa del parque, consultar horarios, información extra sobre los animales, etcétera. Esta aplicación podría incluir la opción de reservar los vehículos eléctricos con antelación y ofrecer descuentos, de forma que se impulse la descarga de la App y obteniendo beneficios a través de publicidad.



Ilustración 5.12 App de Cabárceno. FUENTE: parquedecabarceno.com

- **Aumentar el atractivo del alquiler de los vehículos:** Ofreciendo servicios extra, por ejemplo, incluir una pequeña radio-audio guía en los buggies eléctricos que ofrezca al usuario información sobre el recinto y los animales, a modo de visita guiada.

5.4.4. Consideraciones de futuro y mejoras

5.4.4.1. Ampliación de las líneas de autobuses.

A medida que avanzase el proyecto podría realizarse un estudio sobre el funcionamiento de los autobuses de línea y cuantas personas optan por esta vía de transporte. En el caso de que este estudio resulte positivo, podría estudiarse limitar el acceso de vehículos particulares, aumentar la flota de autobuses y las líneas, y favorecer aún más esta alternativa. Esta es una opción más radical que lo inicialmente propuesto, pues cambiaría la forma de visitar el parque para la mayoría de los visitantes, al dar una menor independencia, sin embargo, en los meses de mayor flujo de visitantes mejorará la movilidad en el parque reduciendo también problemas como los atascos.

Desde un punto de vista medioambiental, también resulta más positivo, ya que el transporte colectivo siempre se traduce en un ahorro energético, además de limitar el movimiento de múltiples vehículos particulares a diario.

Para compensar económicamente esta inversión podría recurrirse al aumento del precio de las entradas generales.

En este caso, los autobuses recorrerían las carreteras del parque prácticamente al completo, pudiendo quedar de la siguiente forma:



Ilustración 5.13 Nuevas líneas de autobuses en Cabárceno. FUENTE: Imagen original de parquedecabarceno.com. Edición propia

LÍNEA 1: Parada La Mina – Parada Gorilas I – Parada Gorilas II – Parada Estación Rinocerontes – Parada Osos

LÍNEA 2: Parada Osos – Parada Elefantes – Parada Estación Elefantes

LÍNEA 3: Parada Elefantes – Parada Osos – Parada Cuatro Caminos – Parada Mirador Picos Europa – Parada Bisontes – Parada Cebras

LÍNEA 4: Parada Gorilas I – Parada Estación Rinocerontes – Parada Caballos – Parada Jaguares

5.4.4.2. Alquiler de buggies por temporadas

Una de las posibilidades de mejora del proyecto es la ampliación de la flota de buggies de forma temporal, en los meses de mayor afluencia o simplemente para el mes de agosto. Una vez implantado el nuevo sistema de movilidad, se realizará un seguimiento del funcionamiento del mismo, viendo cuántas personas optarán por cada tipo de movilidad.

Con la flota fija de 125 buggies implantada, podría cubrirse la demanda para, como mucho, 500 personas al día, pero en agosto el número de visitantes puede llegar a los 10.000. Las ganancias producidas en este mes son muy relevantes, por lo que podría recurrirse a una empresa de alquiler de buggies eléctricos, aumentando la flota de manera puntual en este mes.

En este caso, se ha contactado con *Teycars*, una empresa de Barcelona que fabrica y distribuye vehículos eléctricos con multitud de aplicaciones, con servicios para hoteles, clubes deportivos, campus universitarios, zonas de explotación forestal, etcétera. Esta empresa ofrece servicios de alquiler de buggies, con un presupuesto de los vehículos de a partir de 500 € al mes para el modelo más básico.

Previamente a la toma de esta decisión se tendría que estudiar cuál será la demanda extra de vehículos, para calcular cuántos se deberían alquilar o si merece la pena, teniendo en cuenta los costes del propio alquiler y de la carga de estos vehículos.

5.4.4.3. Uso de los excedentes eléctricos

Respecto a estos excedentes de energía eléctrica producidos en la instalación fotovoltaica, se podría realizar un estudio sobre cuál es la opción que compensa más, si la venta de esta energía o el uso de la misma para otras aplicaciones. Una opción clara de destino para esta energía limpia excedente podría ser la carga de los autobuses o colaborar, en la medida de lo posible, en el funcionamiento del teleférico, que funciona a través de dos motores eléctricos de potencias aproximadas a los 500 kW [81].

5.4.4.4. Puntos de carga rápida

Pese a que la autonomía de los vehículos con la carga completa a priori podría ser suficiente para el día completo, estas autonomías son variables en función de múltiples factores como el modo de uso, las condiciones ambientales, el recorrido realizado, etcétera.

Los puntos de carga de los vehículos estarán instalados en la propia zona de marquesinas solares, por lo que los visitantes podrían cargar su vehículo en cualquier momento durante el día en esa misma zona, sin embargo, estas estarán diseñadas para un modo de carga normal, que si bien resulta suficientemente rápida como para tener una carga completa durante la noche, resulta ser demasiado lenta para que los visitantes carguen el vehículo durante su visita. Por ello, quizá sea necesaria la instalación de puntos de carga rápida, que podrían instalarse cercanas a la zona de picnic y restauración del parque, de forma que en el momento de pausa para la comida los visitantes puedan cargar su vehículo sin problema, para después continuar con su visita.

Igualmente, existe la posibilidad de incluir puntos de recarga en el trayecto de las líneas de autobuses que, a través de un pantógrafo, pueden ser cargados al completo en cuestión de minutos.

6. PRESUPUESTO FINAL

Tabla 5.1 Presupuesto final. FUENTE: Elaboración propia

PROYECTO MOVILIDAD ELÉCTRICA PARQUE DE LA NATURALEZA DE CABÁRCENO					
1.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
Código	Unidad	Elemento/Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste TOTAL
MÓDULO FOTOVOLTAICO					
1.1.1	Ud	Pack 31 Unidades Módulo fotovoltaico, marca ATERSA, modelo A-330M GS 60. 60 células fotovoltaicas, potencia máxima 330 Wp.	66	3.679,61 €	242.854,26 €
1.1.2	Ud	Módulo fotovoltaico, marca ATERSA, modelo A-330M GS 60. 60 células fotovoltaicas, potencia máxima 330 Wp	24	134,23 €	3.221,52 €
1.1.3	Ud	INVERSOR HÍBRIDO Inversor híbrido trifásico, marca INFINISOLAR, 10KVA, potencia máxima de conexión 14.850 W, rango de voltaje de 350 a 850 V. Eficiencia superior al 96 %.	46	3.903,05 €	179.540,30 €
1.1.4	Ud	MARQUESINAS SOLARES Marquesinas solares, estructura de aparcamiento solar SolarPark ZFrame. Modelo de marquesina simple, 12 plazas, conexión de hasta 90 módulos.	23	16.537,88 €	380.371,24 €
CABLEADO DC					
1.1.5	m	Cable RZ1, aislamiento XLPE, Conductor clase I. Sección de 1,5 mm2. Conductor de corriente continua.	2070	1,13 €	2.339,10 €
1.1.6	m	Cable RZ1, aislamiento XLPE, Conductor clase I. Sección de 6 mm2. Conductor de corriente continua.	460	3,00 €	1.380,00 €
CABLEADO AC					
1.1.7	m	Cable RZ1, aislamiento XLPE. Conductor clase II. Sección 50 mm2. Conductor de corriente alterna.	6900	20,00 €	138.000,00 €
1.1.8	Ud	BATERÍAS Baterías estacionarias con placas de plomo y electrolito líquido. Marca BAE, 2040 Ah 24 V.	46	17.888,86 €	822.887,56 €
FUSIBLES					
1.1.9	Ud	Fusible 40 A para la ubicación entre el módulo y el inversor híbrido.	46	4,54 €	208,84 €
1.1.10	Ud	Fusible 32 A ubicado entre el inversor híbrido y las baterías	46	4,24 €	195,04 €
PORTAFUSIBLES					
1.1.11	Ud	Portafusibles para capacidad de 14x51.	92	12,41 €	1.141,72 €
1.1.12	Ud	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO Interruptor magnetotérmico marca SCHNEIDER, de 50 A.	46	89,00 €	4.094,00 €
1.1.13	Ud	INTERRUPTOR DIFERENCIAL Interruptor diferencial marca SCHNEIDER, de 63 A.	46	79,00 €	3.634,00 €
1.1.14		PUESTA A TIERRA Placa de cobre electrolítico para toma a tierra, de 1000x500x2 mm con borne de union. Pletina conductora de cobre estañado, arqueta de polipropileno para toma de tierra con tapa de registro, puente para comprobación de puesta a tierra, material auxiliar de instalaciones de toma de tierra.		11.731,61 €	11.731,61 €
1.1.15	Ud	CONTADOR Contador bidireccional monofásico-trifásico, marca MAXGE. Medida del consumo y gestion de manera eficiente de los excedentes de producción de autoconsumo conectadas a red.	46	148,03 €	6.809,38 €
1.1.16.		CIMENTACIONES Obra de cimentación para la instalación de la marquesina solar		5.750,00 €	5.750,00 €
TOTAL MATERIALES INSTALACIÓN					1.804.158,57 €
1.1.16		MANO DE OBRA Se estima que los costes asociados a la mano de obra para la instalación son del nueve por ciento de los costes totales.			162.374,27 €
TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					1.966.532,84 €
1.2 FLOTA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS					
1.2.1.	Ud	AUTOBÚS ELÉCTRICO Autobús eléctrico eCitaro Mercedes-Benz. Longitud total de 12 metros, baterías con tecnología LMP (electrolito en estado sólido).	3	600.000,00 €	1.800.000,00 €
1.2.2.	Ud	BICICLETA ELÉCTRICA Bicicleta eléctrica Riverside, motor de 250 W y autonomía de hasta 90 km con tres niveles de asistencia.	60	799,99 €	47.999,40 €
1.2.3.	Ud	BUGGY ELÉCTRICO Buggy eléctrico tipo todoterreno, modelo FTV-1, marca Free To Vibe. Supera pendientes del 20 %. Motor de 5 kW y capacidad de hasta cuatro pasajeros. Financiación de cincuenta unidades de 1.200 €	125	8.500,00 €	1.002.500,00 €
1.2.4.		SISTEMA DE RECARGA Instalación y sistema de recarga para autobuses y buggies eléctricos.			184.500,00 €
TOTAL FLOTA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS					3.034.999,40 €
TOTAL PRESUPUESTO					5.001.532,24 €

7. CONCLUSIONES

En el presente documento se ha realizado un estudio sobre la viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica desarrollado en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno. El proyecto plantea la posibilidad de instalar una flota de vehículos eléctricos para el traslado de los visitantes por el recinto. De igual manera, se analiza la posibilidad de que estos sean cargados a través de una instalación de energía renovable, manteniendo el conjunto lo más medioambientalmente limpio posible. Para ello, se han planteado distintos objetivos, a modo de guía del alcance y desarrollo que tendrá el trabajo.

En primer lugar, para un proyecto de este estilo, considero esencial conocer el entorno en el que se va a desarrollar, por ello, el punto de partida se ha situado en el estudio de las características del Parque de la Naturaleza de Cabárceno y sus visitantes. Estos datos nos han mostrado, como punto positivo, la viabilidad comercial del proyecto planteado, ya que el parque demuestra ser un negocio consolidado, con excelentes datos de más de 600.000 visitantes anuales, lo que asegura una ventana al público y un punto de partida positivo para el proyecto. Como punto negativo de este estudio está la falta de homogeneidad en la distribución anual de visitantes en el parque, que concentra sus visitantes en el mes de agosto (26 % de los visitantes anuales) y en otros momentos del año como la semana santa, alcanzando incluso los 10.000 visitantes diarios, mientras que en meses como enero, de media, se alcanzan los 300 visitantes diarios. Esta inconsistencia puede dificultar el dimensionado de la flota de vehículos, por lo que en lugar de seleccionarlos en función de las estadísticas de visitantes, se ha dimensionado a través de la instalación de energía solar que alimenta los vehículos.

A continuación se ha realizado un estudio sobre los aspectos teóricos y técnicos de los dos elementos básicos que conformarán el proyecto, la movilidad eléctrica y las instalaciones fotovoltaicas. Esta parte del documento resulta esencial para la comprensión de su funcionamiento y para realizar posteriormente un correcto dimensionado, tanto de la instalación fotovoltaica como de la flota de vehículos.

Teniendo en cuenta las características actuales del parque se ha procedido, a continuación, a establecer una serie de puntos de partida sobre el caso de estudio, referido a los vehículos que se emplearán como flota, concluyendo que estará formada por bicicletas, autobuses y buggies eléctricos. La implantación de líneas autobuses llevan planteándose por parte de la organización del parque desde hace unos años, con el objetivo de disminuir el movimiento de vehículos para el beneficio del medioambiente y la reducción de problemas de tráfico en días de alta ocupación. Por ello, se plantea la sustitución de estos autobuses por el modelo de *Mercedes eCitaro*, suponiendo además de un transporte colectivo, de base más ecológico, un modo de transporte eléctrico. Para el número de autobuses a implantar se toma como referencia la organización actual de las líneas de autobús del parque.

Por otra parte, se ofrece al visitante la opción de una visita más deportiva, a través de las bicicletas eléctricas, cuya autonomía y asistencia permitirá a cualquier usuario una

visita más cómoda y sencilla que una bicicleta convencional. El modelo *Riverside* se ha seleccionado debido a sus prestaciones y coste adecuado.

Los buggies eléctricos, como tercer elemento de movilidad eléctrica, representan la clave de este proyecto, al suponer una alternativa de transporte que se asemeja, en términos de comodidad e independencia, al recorrido del parque en el vehículo particular. Al igual que tiene una gran similitud, presenta un atractivo especial el trasladarse en un vehículo todoterreno eléctrico en un día de visita al parque. En este caso, se selecciona el modelo *FTV 1* de la marca *Free To Vibe*, que oferta buggies eléctricos tipo todoterreno con excelente relación calidad-precio. Como se establece en el apartado correspondiente a las estadísticas del parque, esta flota no puede dimensionarse para un número medio de visitantes, pues la flota se mantendría en un número inapropiado para la mayoría del año. Por ello, se plantea dimensionarlo en función de la capacidad de carga de una instalación de energía renovable.

Esta energía renovable seleccionada es, como ya se ha mencionado, la energía solar fotovoltaica, al resultar el tipo de energía más adecuada para el emplazamiento de estudio. Como lugar para la instalación se ha optado por el aprovechamiento del espacio ofrecido por las zonas de aparcamiento del parque, a través de marquesinas solares. Esto presenta como principal ventaja el ahorro que se produce al no requerir la compra o arrendamiento de recintos colindantes para la instalación fotovoltaica. La marquesina empleada será la SolarPark ZFrame, a través de Cambio Energético.

Para llevar a cabo la recarga de los vehículos, y al estar obteniendo la energía a través del recurso solar, se han planteado dos opciones. En primer lugar, que la recarga de estos vehículos se realice durante las horas de producción, que coinciden con las horas de uso. Esto llevaría a la necesidad de sobredimensionar la flota, de forma que mientras unos vehículos permanecen cargando, otros se encuentren en uso, y posteriormente intercambiarlos. La segunda opción consiste en la recarga de los vehículos durante la noche, fuera de las horas de servicio, de forma que por la mañana se encuentren a plena carga, lo que llevaría a la necesidad de un sistema de acumulación. Ambas opciones presentan costes añadidos al proyecto, muy a tener en cuenta, debido a los elevados costes tanto de los vehículos eléctricos como de las baterías. Por ello, la instalación fotovoltaica se ha dimensionado teniendo en cuenta ambas opciones, para posteriormente comparar los costes y ventajas de cada tipo de instalación.

El módulo fotovoltaico seleccionado es el A-330M GS 60 de la marca Atersa, de 330 W de potencia nominal y 60 células. El inversor empleado dependerá de si la instalación tiene sistema de acumulación o no, aunque ambos se dimensionan para permitir la conexión de media marquesina de módulos fotovoltaicos. En el caso de no contar con sistema de acumulación se ha seleccionado el inversor SUNNY TRIPOWER 15000TL, de SMA, y con sistema de acumulación se ha optado por un sistema híbrido que engloba el regulador de carga a manos de Infinisolar. Igualmente, se ha procedido al dimensionado del cableado, de los elementos de protección y puesta a tierra y los elementos de medida, adecuándolos a ambos tipos de instalación (con sistema de acumulación y sin él).

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Teniendo en cuenta los modelos de cada elemento seleccionados y estimando las distintas pérdidas que se dan en la instalación fotovoltaica, se calcula la producción final que ofrecen las distintas áreas de estudio. El valor que se ha tomado como referencia para posteriores cálculos, al ser más restrictivo, es el del mes de menor producción, enero, con datos de 381,97 kWh/día para la instalación A, 418,10 kWh/día en la instalación B y 800,07 kWh/día en la instalación conjunta.

Hoy en día, pese a la gran evolución y abaratamiento de las tecnologías fotovoltaicas, realizar una instalación de este estilo resulta aún muy costosa, por ello es importante seleccionar de manera adecuada el lugar de instalación. En el caso de este proyecto, uno de los puntos negativos es que el emplazamiento no resulta el ideal para el aprovechamiento del recurso solar. Además, las condiciones climatológicas de la zona pueden resultar en días de gran nubosidad, que hagan que la producción energética disminuya y se tenga que recurrir a la red eléctrica, con costes extra asociados.

A continuación, y en función de los consumos producidos por los vehículos, se estima cuál es el número de estos que las instalaciones serían capaces de recargar: 59 buggies en el caso del área A, 65 para el área B y 125 en el caso de realizar la instalación conjunta. Igualmente, se cargarían las 60 bicicletas eléctricas elegidas como punto de partida, aunque los autobuses eléctricos se cargarán a través de la red eléctrica al consumir grandes cantidades de energía que la instalación no sería capaz de ofrecer. Igualmente, se deben calcular los gastos asociados a la infraestructura para la recarga de los vehículos seleccionados. Las inversiones iniciales asociadas a cada tipo de instalación se recogen a continuación:

Tabla 7.1 Inversiones iniciales para las distintas instalaciones y sistemas de acumulación. FUENTE: Elaboración propia

<i>ÁREA INSTALADA</i>	<i>Inversión inicial con baterías</i>	<i>Inversión inicial sin baterías</i>
<i>Instalación A</i>	3.355.711,77 €	3.438.994,89 €
<i>Instalación B</i>	3.497.544,74 €	3.589.444,56 €
<i>Instalación A+B</i>	5.001.532,24 €	5.137.215,8 €

Finalmente se decide optar por las instalaciones con sistema de acumulación, al resultar en una menor inversión inicial y, sobre todo, por facilitar la logística del almacenamiento y recarga de los vehículos. En este punto, se descarta la instalación A al presentar características muy similares a la B, pero dando menor servicio.

Para elegir la forma de introducir el negocio en el Parque de Cabárceno, y qué instalación implantar, se ha realizado un cálculo iterativo de viabilidad financiera en función del VAN y la TIR. Se han calculado ambos parámetros para dos periodos distintos, cinco y

diez años, y también para distintas tarifas en el alquiler de los vehículos. A las inversiones iniciales calculadas previamente se les ha aplicado un margen del 10 %, para cubrir cualquier posible sobrecoste que pueda producirse.

Además, para el cálculo de ganancias, se han realizado una serie de estimaciones en base a las estadísticas del parque, para determinar cuántas personas podrían optar por el alquiler de los vehículos. Según estos cálculos, de los 600.000 visitantes anuales, un 6,66 % optaría por alquilar un buggy eléctrico y un 2 % alquilar una bicicleta. Aunque estos datos son bastante conservadores, siempre existe la incertidumbre sobre si se cumplirán estos baremos, al no poder saber con seguridad las preferencias de los visitantes.

En cuanto a los flujos de carga, se tienen en cuenta las ganancias de las bicicletas y buggies alquilados por el precio asignado, además de gastos y beneficios fijos. Los gastos fijos corresponden con la carga de los autobuses eléctricos desde la red, además del mantenimiento y limpieza de los módulos fotovoltaicos. Los beneficios fijos obtenidos provienen de la venta de los excedentes de energía, calculados en función del precio actual de venta aproximado.

Una vez obtenidos estos resultados, que se muestran en tablas en el Anexo I, se han tomado una serie de decisiones. En primer lugar, en todo caso resulta más rentable realizar la instalación conjunta A+B. Para esta instalación, además, una de las mejores opciones y la que se tomará como referencia es el cobro de 35 € por el alquiler del buggy eléctrico y 10 € por la bicicleta, obteniendo un VAN de 877.797,94 € en un periodo de cinco años, y una TIR del 11 %.

Pese a que se ha añadido un margen del 10 % a la inversión inicial, existen determinadas limitaciones en este estudio económico, como la necesidad de invertir en el mantenimiento de la instalación eléctrica y la flota de vehículos. Además, en el periodo de los cinco años estudiados, es posible que tengan que cambiarse alguna de las baterías de la instalación fotovoltaica, al tener una vida media de entorno a esa duración. Si bien es cierto que el periodo de recuperación calculado es de 4,31 años, igualmente se ha repetido el cálculo agregando un margen de costes del 25 % para cubrir estos posibles costes adicionales, resultando en que continuaría siendo rentable, con un VAN de 127.568,11 € y una TIR del 6 %.

El presupuesto final estimado para la inversión inicial asciende a un total de **CINCO MILLONES MIL QUINIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS (5.001.532,24 €)**, con un periodo de recuperación obtenido de **4,31 años**.

Se tienen claras ventajas a la hora de implantar este proyecto, y es que el Parque de la Naturaleza de Cabárceno es una atracción turística de gran relevancia, la principal de la Comunidad de Cantabria. Esto nos permite asumir que dentro del total de visitantes, habrá gente dispuesta a alquilar estos vehículos. Además, hay que tener en cuenta que la introducción de novedades en el parque también sirve como reclamo turístico.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Con la implantación de este proyecto se conseguiría acercar al parque a ser un entorno más natural, limpio y respetuoso con el medioambiente. La reducción de la presencia de vehículos contaminantes llevaría a una disminución del ruido y de emisiones. Además, con los autobuses y bicicletas el tráfico sería más fluido y cómodo.

Pese a las limitaciones de este estudio y a la incertidumbre que conlleva siempre un proyecto innovador de estas características, se puede afirmar que el proyecto resulta viable.

El planteamiento de este proyecto y el análisis de los resultados obtenidos nos lleva a dos conclusiones. Por un lado, podemos ver que este proyecto, muy deseable desde un punto de vista medioambiental y social, también es un buen planteamiento económicamente hablando, con una alta rentabilidad en poco tiempo, incluso para los casos en los que el servicio de alquiler se ofrezca a precios inferiores. Además, el planteamiento del proyecto permite proponer alternativas y ampliaciones del mismo para el futuro, como una mayor red de autobuses, o tasas para los vehículos convencionales. Esto muestra que el proyecto es adaptable y facilita su modificación en caso de que los resultados de implantación no fueran los deseados, lo que en definitiva le aporta versatilidad y facilita su éxito.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gobierno de Cantabria. *Plan estratégico para impulsar y fomentar la movilidad eléctrica en Cantabria*. 2019. Disponible en: <http://participacion.cantabria.es>
- [2] ROS MARÍN, Joan Antoni y BARRERA DOBLADO, Óscar. *Vehículos eléctricos e híbridos*. 2017. 1º edición. Paraninfo. ISBN 978-84-283-3940-7.
- [3] Parque de la Naturaleza de Cabárceno [en línea]. Cantur. [Consultado el 11 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://parquedecabarceno.com/inicio>
- [4] CHATO, Pilar, 2018. Cabárceno recibe 10.400 visitantes, la mejor cifra de los últimos ocho años. *El Diario Montañés*. [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es/cantabria/cabarceno-recibe-104000-20180330200311-nt.html>
- [5] El Primer Coche Eléctrico de la Historia [en línea]. LuGEnerGy, 2021. [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.lugenergy.com/primer-coche-electrico-historia/>
- [6] Un poco de historia. La Jamais Contente. [en línea]. Foro coches eléctricos, 2021 [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://forococheselectricos.com/2019/08/un-poco-de-historia-la-jamais-contente-un-coche-electrico-de-origen-belga-que-consiguio-superar-por-primera-vez-los-100-km-h-en-1899.html>
- [7] Quién inventó el primer coche eléctrico. [en línea]. BBVA, 2019 [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/>
- [8] *Informe anual ANFAC* [en línea]. ANFAC, 2020 [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://anfac.com/wp-content/uploads/2021/07/Informe-Anual-ANFAC-2020.pdf>
- [9] TRASHORRAS MONTECELOS, Jesús. *Vehículos eléctricos: infraestructura para la recarga, componentes de electricidad y electrónica, esquemas eléctricos, seguridad eléctrica para la electromovilidad*. 2019. Paraninfo. ISBN 978-84-283-4303-9.
- [10] Tipos de recarga del vehículo eléctrico [en línea]. Electromovilidad, 2021. [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://electromovilidad.net/tipos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>
- [11] Estaciones de recarga de vehículos eléctricos [en línea]. Global Electricity, 2013. [Consultado el 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://globalelectricity.wordpress.com/>
- [12] MANUAL DE INTRODUCCIÓN PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS [en línea]. ORBIS, 2019. [Consultado el 18 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.orbis.es/novedades/manual-de-introduccion-para-la-recarga-de-vehiculos-electricos>

- [13] Tipos de Conectores para Coches Eléctricos. [en línea]. LuGEnerGy, 2021. [Consultado el 11 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.lugenergy.com/tipo-de-conectores-vehiculo-electrico/#Conector_Tipo_2_IEC_62196
- [14] Conector de recarga CCS 2, Combo2. [en línea]. Powering Car, 2018. [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.poweringcar.com/2020/09/03/conector-de-recarga-ccs-combo-2-para-que-tantos-pines-de-contactos/>
- [15] Legislación y normativa [en línea] OBSERVATORIO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2021 [Consultado el 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://evobservatory.iit.comillas.edu/legislacion-y-normativa>
- [16] BOE. Reglamento (CE) nº 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009. [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-81012>
- [17] BOE. Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014. [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-83154>
- [18] BOE. Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC). [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-13681>
- [19] BOE. Real Decreto 266/2021, de 13 de abril (MOVES III). [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-5869>
- [20] CASTRO ALONSO, Pablo. 2020, *Renewable and Alternative Energies*. Universidad de Cantabria.
- [21] Informe del Sistema Eléctrico Español 2020. [en línea]. Red Eléctrica de España 2020. [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/glosario>
- [22] Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. [en línea]. IDAE, 2020 [Consultado el 19 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/plan-nacional-integrado-de-energia-y-clima-pniec-2021-2030>
- [23] El Sol. [en línea]. National Geographic, 2015. [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/espacio/el-sol-0>
- [24] ASTRONOMÍA - El Sol. [en línea]. [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.astromia.com/solar/sol.htm>

- [25] RUIZ GÓMEZ, Abraham. 2019. *Energía solar fotovoltaica. Autoconsumo. Energía solar térmica*. Centro de Estudios Financieros. ISBN 978-84-454-3934-0.
- [26] ALONSO LORENZO, José Alfonso. Radiación Solar | Tipos, conceptos y aplicaciones. [en línea]. SFE Solar, 2015 [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>
- [27] Radiación directa, difusa y reflejada en Ecomateriales y construcción sostenible. [en línea]. Wiki EOI (Escuela de Organización Industrial), 2013, [Consultado el 16 de septiembre de 2021]. Disponible en https://www.eoi.es/wiki/index.php/Radiaci%C3%B3n_directa,_difusa_y_reflejada_en_Ecomateriales_y_construcci%C3%B3n_sostenible
- [28] PERALES BENITO, Tomás. 2019. *Manual del técnico instalador de autoconsumo: componentes, planificación y ejecución de instalaciones, mantenimiento*. Creaciones Copyright. ISBN 978-84-15270-46-1.
- [29] GARCÍA GOMEZ, Pedro. Energética y geometría solar - El Blog del Instalador. [en línea]. SALVADOR ESCODA S.A. 2021 [Consultado el 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://elblogdelinstalador.com/energetica-y-geometria-solar/>
- [30] BOE. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril. [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089
- [31] Normativa de Autoconsumo Fotovoltaico (Real Decreto 244/2019). [en línea]. CAMBIO ENERGÉTICO, 2019 [Consultado el 1 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/claves-de-la-nueva-normativa-de-autoconsumo-fotovoltaico-real-decreto-244-2019/>
- [32] PAREJA APARICIO, Miguel. 2016. *Energía solar fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada*. Tercera edición. 2016. ISBN 978-84-267-2230-0.
- [33] Regulador PWM. [en línea]. AutoSolar, 2015 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-pwm>
- [34] Regulador MPPT. [en línea]. AutoSolar, 2021 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-mppt>
- [35] IDAE. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. 2009.
- [36] ITC-BT-40. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [en línea]. 2019. Disponible en: <http://www.uco.es/resultados.html?cx=004105944070986911672%3Anbtdm60cjl&c&of=FORID%3A11&q=ITC-BT-40>
- [37] IDAE. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. 2011.

[38] *Guía ITC-BT-24. Protección contra los contactos directos e indirectos.* [en línea] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019. Disponible en: <http://www.f2i2.net>

[39] Legislación fotovoltaica en España [en línea]. Censolar, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-2021/>

[40] CABRERA LANFRANCONI, Mariano. 2007. Cómo saber si un proyecto ES RENTABLE + (ROI, VAN, TIR). [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.marianocabrera.com/como-saber-si-un-proyecto-es-rentable/>

[41] SEVILLA ARIAS, Andrés. 2014. Tasa interna de retorno (TIR). [en línea]. Economipedia.com [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

[42] Servicio gratuito de autobús lanzaderas en Semana Santa 2017. [en línea]. CANTUR. Parque de la Naturaleza de Cabárceno - 2017. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://parquedecabarceno.com/siguenos/ultimas-novedades/994-servicio-gratuito-de-autobus-lanzaderas-en-semana-santa-2017#.YWVdYhztZPY>

[43] MOHN, Holger. 2021. The eCitaro - ready for the city of tomorrow. *Daimler* [En línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.daimler.com/magazine/technology-innovation/ecitaro-electric-bus.html>

[44] Mercedes eCitaro, Daimler Buses puts the battery on its best seller. [en línea]. Sustainable BUS, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sustainable-bus.com/news/mercedes-ecitaro/>

[45] *Catálogo Técnico Mercedes eCitaro.* [en línea]. Mercedes-Benz, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.mercedes-benz-bus.com/es_ES/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline

[46] BRECHT, Michael. 2020 The world premiere of the eCitaro electric bus. [en línea]. Lastmile.zone, 2020 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://lastmile.zone/en/fahrzeuge/the-world-premiere-of-the-ecitaro-electric-bus/>

[47] Bicicleta eléctrica, pedelec o ebike, ¿conoces la diferencia? [en línea]. Electrobicis, 2019. [Accessed 12 October 2021]. Disponible en: <https://www.electrobicis.com/noticias/bicicleta-electrica-pedelec-ebike-conoces-la-diferencia/>

[48] Cómo funciona una bicicleta eléctrica o ebike [en línea]. Maillot Magazine, 2017. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.maillotmag.com/afondo/como-funciona-una-bicicleta-electrica-o-ebike>

- [49] Parque Natural de Cabárceno en bici. [en línea]. Rutasenbici.net, 2018 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://rutasenbici.net/ruta/cabarceno-en-bici/>
- [50] Bicicleta eléctrica | Youin You-Ride Amsterdam. [en línea]. MediaMarkt, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.medimarkt.es/es/product/_bicicleta-el%C3%A9ctrica-youin-you-ride-amsterdam-bat-extra%C3%ADble-vel-shimano-plegable-autonom%C3%ADa-hasta-35-km-1489744.html
- [51] Bicicleta eléctrica doble suspensión original 920 Riverside [en línea]. Decathlon, 2020 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.decathlon.es/es/p/producto-ocasion-bicicleta-electrica-doble-suspension-original-920/_/R-p-X8672309?_adin=02021864894
- [52] bicicleta urbana electrica ELOPS eBike 120 [en línea]. Decathlon, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.decathlon.es/es/p/bicicleta-urbana-electrica-elops-ebike-120-cuadro-bajo-negro/_/R-p-305582?_adin=02021864894
- [53] Bicicleta eléctrica eBike 26 Hydr [en línea]. MOMA Bikes, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://momabikes.com/products/bicicleta-electrica-ebike26-hydr>
- [54] Informe de necesidad de bicicletas [en línea] CANTUR S.A., 2021. EXP.21.109.PNC.SL. Disponible en: <https://perfilcontratante.cantur.com/inicio/b-JnRleHRvPWJpY2ljbGV0YXM=>
- [55] Marshall DN-4. [en línea]. MOVECO MOBILITY, S.L. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://moveco.com/tienda-buggies/marshell-dn-4/>
- [56] Little E-Box 4. [en línea]. MOVECO MOBILITY, S.L. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://moveco.com/tienda-buggies/little-e-box-6-4wd/>
- [57] EZGO. E-Z-GO | Industry's Best Golf Carts. [en línea] ezgo.txtsv.com [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://ezgo.txtsv.com/>
- [58] Todoterrenos 100 % eléctricos para todos los terrenos. [en línea]. Free To Vibe, 2020 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://freetovibe.com/principal>
- [59] Global Overview. [en línea]. REN21, 2019. [Consultado el 7 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter_01/chapter_01/#sub_4
- [60] Mapa Eólico Ibérico. [en línea]. Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), 2020. [Consultado el 7 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.mapaeolicoiberico.com/map;latitude=42.81953;longitudo=-1.63290;altura=50;dato=micro>

[61] El tiempo en Cantabria [en línea]. AEMET, 2016 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos?k=can&w=2&datos=img&x=d03&f=tmax>

[62] Mapas Cantabria. [en línea]. UCSIG, Gobierno de Cantabria, 2021. [Consultado el 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://mapas.cantabria.es/>

[63] Conexión de módulos fotovoltaicos. [en línea]. Solarweb.net, 2017. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-conectados-red/41599-n-modulos-serie-string.html>

[64] *Guía ITC-BT-19*. [en línea] Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003. Disponible en: <http://www.uco.es/resultados.html?cx=004105944070986911672%3Anbtdm60cjl&c of=FORID%3A11&q=ITC-BT-19>

[65] *Guía ITC-BT-18*. [en línea] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2005. Disponible en: <http://www.uco.es/resultados.html?cx=004105944070986911672%3Anbtdm60cjl&c of=FORID%3A11&q=ITC-BT-18>

[66] Factores de pérdidas energéticas fotovoltaicas. [en línea]. YUBA S.L., 2015. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.yubasolar.net/2015/03/factores-de-perdidas-energeticas.html>

[67] Orientación e inclinación óptimas de las placas fotovoltaicas. [en línea]. TARIFASGASLUZ, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion/inclinacion-y-orientacion>

[68] Limpieza de paneles fotovoltaicos y rendimiento de las instalaciones. [en línea]. Naturgy, 2016 [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.naturgy.es/empresas/blog/limpieza_de_paneles_fotovoltaicos_y_rendimiento_de_las_instalaciones

[69] Cálculo de la capacidad necesaria de una batería [en línea]. AutoSolar, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/calculo-de-la-capacidad-necesaria-de-la-bateria>

[70] RD 477/2021. Programas de incentivos para la ejecución de instalaciones ligadas al autoconsumo y al almacenamiento, con fuentes de energías renovables (EERR), [...] en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). [en línea]. IDAE, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-energias-renovables-en-autoconsumo-almacenamiento-y-termicas-sector>

- [71] Programa MOVES III [en línea]. IDAE, 2020. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>
- [72] Estructura de Parking Solar para Vehículos. [en línea]. Cambio Energético, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.cambioenergetico.com/aparcamiento-solar/2389-estructura-parking-solar.html#/515-plazas_-12_vehiculos
- [73] Precio kWh España 2021: Evolución, Tarifas y Comparativa. [en línea]. Selectra, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://tarifaluzhora.es/info/precio-kwh#evolucion-precio-kwh-espana>
- [74] Precio de la electricidad. [en línea]. OCU, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/precio-luz>
- [75] ¿Cuáles son los Horarios de la Luz? [en línea]. Endesa, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/horarios-luz-valle-punta-llano>
- [76] Tarifa nocturna de discriminación horaria. [en línea]. Naturgy, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.naturgy.es/hogar/luz/tarifa_noche
- [77] Tarifa One Luz 3 Periodos [en línea]. Endesa, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/luz/one/tarifa-one-luz-3periodos>
- [78] Precio en España de Ud de Estación de recarga de vehículos eléctricos. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A. [en línea]. CYPE INGENIEROS S.A. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Electricas/Recarga_de_vehiculos_electricos/IEB010_Estacion_de_recarga_de_vehiculos_el_0_1_0_0_0_0_0_0_0_0.html#gsc.tab=0
- [79] Instalación de punto de recarga Free to Vibe FTV 5 [en línea]. Electricistas de la Fuente, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.electricistasdelafuentemadrid.com/servicios/instalaciones-punto-recarga-coche-electrico/marcas-modelos/free-to-vibe-ftv-5/>
- [80] Penagos en la región de Cantabria - Municipio y ayuntamiento de España. [en línea]. AYUNTAMIENTO ESPAÑA, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ayuntamiento-espana.es/ayuntamiento-penagos.html>
- [81] *PPTP Telecabina Cabárceno*. Santander, 2014. SOCIEDAD REGIONAL CÁNTABRA DE PROMOCIÓN TURÍSTICA S.A. Disponible en: <https://perfilcontratante.cantur.com>
- [82] El primer fin de semana del teleférico de Cabárceno no logra sumar más visitantes, 2016. *El Diario Montañés*. [en línea]. [Consultado el 18 de octubre de 2021].

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es/cantabria/201609/05/primer-semana-teleferico-cabarceno-20160905111632.html>

[83] El Estudio Ambiental destaca el impacto “altamente positivo” del funicular de Cabárceno, 2012. *20 Minutos*. [en línea]. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/noticia/1681682/0/?autoref=true>

[84] CARRASCO, Alicia. Compensación de Excedentes de Autoconsumo. [en línea]. Otovo, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/compensacion-excedentes-autoconsumo/#:~:text=Actualmente%2C%20el%20precio%20de%20la,la%20instalaci%C3%B3n%20de%20paneles%20solares>

[85] How Much Does Solar Panel Maintenance Cost in 2021? [en línea]. Checktrade, 2021. [Consultado el 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.checktrade.com/blog/cost-guides/solar-panel-maintenance-cost/>

9. ANEXOS

ANEXO I – DATOS DE CABÁRCENO

Pais	Código	Descripción	TOTAL	Continente	Código	Descripción	TOTAL				
España	1	Álava	4.538	África	AFRICA	Resto de África	7	TOTALES POR CCAA			
España	2	Albacete	1.670	América	AMC	América Central	106	ANDALUCIA	17.473	5,20%	
España	3	Alicante	5.298	América	AMN	América del Norte	175	ARAGON	12.062	3,59%	
España	4	Almería	1893	América	AMS	América del Sur	153	ASTURIAS	15.263	4,54%	
España	5	Ávila	2103	Asia	ASIA	Asia	57	CANTABRIA	64.818	19,28%	
España	6	Badajoz	2375	Europa	DE	Alemania	553	CASTILLA - LA MANCHA	10.213	3,04%	
España	7	Baleares	4170	Europa	AT	Austria	22	CASTILLA Y LEON	32.820	9,76%	
España	8	Barcelona	15.474	Europa	BE	Bélgica	143	CATALUÑA	21.030	6,25%	
España	9	Burgos	5.577	Europa	FR	Francia	5066	EXTREMADURA	4877	1,45%	
España	10	Cáceres	2502	Europa	HU	Hungría	16	GAUCIA	32.873	9,78%	
España	11	Cádiz	1450	Europa	IE	Irlanda	72	ISLAS BALEARES	4170	1,24%	
España	39	Cantabria	64.818	Europa	IT	Italia	180	ISLAS CANARIAS	5.754	1,71%	
España	12	Castellón	2405	Europa	MA	Marruecos	4	LA RIOJA	4.840	1,44%	
España	51	Ceuta	108	Europa	BQ	Países Bajos (Holanda)	88	MADRID	48.444	14,41%	
España	13	Ciudad Real	1890	Europa	PL	Polonia	77	MURCIA	4.645	1,38%	
España	14	Córdoba	2488	Europa	PT	Portugal	149	NAVARRA	9.280	2,76%	
España	16	Cuenca	960	Europa	GB	Reino unido (Inglaterra y Escocia)	1868	PAIS VASCO	31.350	9,32%	
España	17	Gerona	1319	Europa	UE	Resto de Europa	1716	VALENCIA	16.133	4,80%	
España	18	Granada	2732	Europa	RO	Rumanía	14	CEUTA Y MELILLA	208	0,06%	
España	19	Guadalajara	2.349	Oceania	OC	Oceania	37	TOTAL ESPAÑA	336.253		
España	20	Guipúzcoa	9.229	TOTAL RESTO MUNDO			10503	TOTAL VISITANTES 2018		%	
España	21	Huelva	643	99	No sabe/no cont.		268.330	ESPAÑA	336253	55%	
España	22	Huesca	2084	TOTAL VISITANTES AÑO 2018			615086	RESTO DEL MUNDO	10503	2%	
España	23	Jaén	1542								
España	15	La Coruña	14.603								
España	35	Las Palmas	3.416								
España	24	León	5.562								
España	25	Lérida	1.688								
España	26	Logroño	4.840								
España	27	Lugo	3681								
España	28	Madrid	48.444								
España	29	Málaga	3.392								
España	52	Melilla	100								
España	30	Murcia	4.645								
España	31	Navarra	9.280								
España	32	Orense	2807								
España	33	P. Asturias	15.263								
España	34	Palencia	2.922								
España	36	Pontevedra	11.782								
España	37	Salamanca	4294								
España	40	Segovia	1811								
España	41	Sevilla	3.333								
España	42	Soria	901								
España	38	Sta. Cruz Tenerife	2338								
España	43	Tarragona	2.549								
España	44	Teruel	985								
España	45	Toledo	3.344								
España	46	Valencia	8.430								
España	47	Valladolid	7.854								
España	48	Vizcaya	17.583								
España	49	Zamora	1796								
España	50	Zaragoza	8.993								
TOTAL ESPAÑA			336253								
									TOTAL	615086	

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Pais	Código	Descripción	TOTAL	Continente	Código	Descripción	TOTAL			
España	1	Álava	2.762	África	AFRICA	Resto de África	12	TOTALES POR CCAA		
España	2	Albacete	671	América	AMC	América Central	52	ANDALUCIA	5.113	3,16%
España	3	Alicante	2.023	América	AMN	América del Norte	66	ARAGON	5.115	3,16%
España	4	Almería	640	América	AMS	América del Sur	91	ASTURIAS	7.806	4,82%
España	5	Ávila	1011	Asia	ASIA	Asia	12	CANTABRIA	36.914	22,80%
España	6	Badajoz	1049	Europa	DE	Alemania	237	CASTILLA - LA MANCHA	4.628	2,86%
España	7	Baleares	1940	Europa	AT	Austria	10	CASTILLA Y LEON	16.116	9,95%
España	8	Barcelona	5.462	Europa	BE	Bélgica	49	CATALUÑA	7.065	4,36%
España	9	Burgos	2.764	Europa	FR	Francia	2719	EXTREMADURA	2260	1,40%
España	10	Cáceres	1211	Europa	HU	Hungría	23	GAUCIA	16.369	10,11%
España	11	Cádiz	813	Europa	IE	Irlanda	38	ISLAS BALEARES	1940	1,20%
España	39	Cantabria	36.914	Europa	IT	Italia	109	ISLAS CANARIAS	2.853	1,76%
España	12	Castellón	838	Europa	MA	Marruecos	5	LA RIOJA	2.135	1,32%
España	51	Ceuta	42	Europa	BQ	Países Bajos (Holanda)	41	MADRID	23.227	14,35%
España	13	Ciudad Real	730	Europa	PL	Polonia	19	MURCIA	1.817	1,12%
España	14	Córdoba	537	Europa	PT	Portugal	100	NAVARRA	4.363	2,69%
España	16	Cuenca	411	Europa	GB	Reino unido (Inglaterra y Escocia)	1375	PAIS VASCO	18.030	11,14%
España	17	Gerona	615	Europa	UE	Resto de Europa	245	VALENCIA	6.013	3,71%
España	18	Granada	1039	Europa	RO	Rumania	74	CEUTA Y MELILLA	129	0,08%
España	19	Guadalajara	1.312	Oceania	OC	Oceania	7	TOTAL ESPAÑA	161.893	
España	20	Guipúzcoa	5.473	TOTAL RESTO MUNDO			5284	TOTAL VISITANTES 2019		%
España	21	Huelva	222	99	No sabe/no cont.		445.036	ESPAÑA	161893	26,44%
España	22	Huesca	748	TOTAL VISITANTES AÑO 2019			612213	RESTO DEL MUNDO	5284	0,86%
España	23	Jaén	502							
España	15	La Coruña	7.591							
España	35	Las Palmas	1.796							
España	24	León	2.588							
España	25	Lérida	579							
España	26	Logroño	2.135							
España	27	Lugo	1613							
España	28	Madrid	23.227							
España	29	Málaga	1.255							
España	52	Melilla	87							
España	30	Murcia	1.817							
España	31	Navarra	4.363							
España	32	Orense	1286							
España	33	P. Asturias	7.806							
España	34	Palencia	1.773							
España	36	Pontevedra	5.879							
España	37	Salamanca	2278							
España	40	Segovia	951							
España	41	Sevilla	105							
España	42	Soria	29							
España	38	Sta. Cruz Tenerife	1057							
España	43	Tarragona	409							
España	44	Teruel	473							
España	45	Toledo	1.504							
España	46	Valencia	3.152							
España	47	Valladolid	3.743							
España	48	Vizcaya	9.795							
España	49	Zamora	979							
España	50	Zaragoza	3.894							
TOTAL ESPAÑA			161893							
								TOTAL	612213	

País	Código	Descripción	TOTAL	Continente	Código	Descripción	TOTAL			
España	1	Álava	8.561	África	AFRICA	Resto de África				
España	2	Albacete	1.688	América	AMC	América Central	4			
España	3	Alicante	5.238	América	AMN	América del Norte	25			
España	4	Almería	1087	América	AMS	América del Sur				
España	5	Ávila	1798	Asia	ASIA	Asia				
España	6	Badajoz	2119	Europa	DE	Alemania	192			
España	7	Baleares	1796	Europa	AT	Austria				
España	8	Barcelona	20.492	Europa	BE	Bélgica	134			
España	9	Burgos	10.118	Europa	FR	Francia	1674			
España	10	Cáceres	2538	Europa	HU	Hungría				
España	11	Cádiz	1100	Europa	IE	Irlanda	3			
España	39	Cantabria	128.294	Europa	IT	Italia	95			
España	12	Castellón	2167	Europa	MA	Marruecos				
España	51	Ceuta	131	Europa	BQ	Países Bajos (Holanda)	14			
España	13	Ciudad Real	1775	Europa	PL	Polonia				
España	14	Córdoba	1418	Europa	PT	Portugal	93			
España	16	Cuenca	850	Europa	GB	Reino unido (Inglaterra y Escocia)	414			
España	17	Gerona	1438	Europa	UE	Resto de Europa	124			
España	18	Granada	2047	Europa	RO	Rumania	26			
España	19	Guadalajara	2.763	Oceania	OC	Oceania				
España	20	Guipúzcoa	13.894	TOTAL RESTO MUNDO			2798			
España	21	Huelva	544	99	No sabe/no cont.		17.190			
España	22	Huesca	2099	TOTAL VISITANTES AÑO 2020			487783			
España	23	Jaén	1211							
España	15	La Coruña	8.848							
España	35	Las Palmas	884							
España	24	León	5.994							
España	25	Lérida	2.194							
España	26	Logroño	6.978							
España	27	Lugo	1981							
España	28	Madrid	77.007							
España	29	Málaga	2.575							
España	52	Melilla	60							
España	30	Murcia	3.397							
España	31	Navarra	13.472							
España	32	Orense	1520							
España	33	P. Asturias	22.260							
España	34	Palencia	5.188							
España	36	Pontevedra	6.587							
España	37	Salamanca	4018							
España	40	Segovia	2653							
España	41	Sevilla	3.076							
España	42	Soria	1114							
España	38	Sta. Cruz Tenerife	1120							
España	43	Tarragona	2.886							
España	44	Teruel	826							
España	45	Toledo	4.985							
España	46	Valencia	10.113							
España	47	Valladolid	13.468							
España	48	Vizcaya	33.979							
España	49	Zamora	1795							
España	50	Zaragoza	13.651							
TOTAL ESPAÑA			467795							

TOTALES POR CCAA		%
ANDALUCIA	13.058	2,79%
ARAGON	16.576	3,54%
ASTURIAS	22.260	4,76%
CANTABRIA	128.294	27,43%
CASTILLA - LA MANCHA	12.061	2,58%
CASTILLA Y LEON	46.146	9,86%
CATALUÑA	27.010	5,77%
EXTREMADURA	4657	1,00%
GALICIA	18.936	4,05%
ISLAS BALEARES	1796	0,38%
ISLAS CANARIAS	2.004	0,43%
LA RIOJA	6.978	1,49%
MADRID	77.007	16,46%
MURCIA	3.397	0,73%
NAVARRA	13.472	2,88%
PAIS VASCO	56.434	12,06%
VALENCIA	17.518	3,74%
CEUTA Y MELILLA	191	0,04%
TOTAL ESPAÑA	467.795	

TOTAL VISITANTES 2020		%
ESPAÑA	467795	95,90%
RESTO DEL MUNDO	2798	0,57%
NO SABE / NO CONT.	17190	3,52%
TOTAL	487783	

ANEXO II – CÁLCULOS

Visitantes medios por día, en función del día de la semana y el mes del año.

Estos valores se han calculado a partir de los datos reflejados en los gráficos 2.5 y 2.6, obtenidos a través del Trabajo de Fin de Grado de Sonia Crespo Barquín. Estimando los valores de las gráficas, se ha calculado la media para los catorce años de transcurso de tiempo y las cuatro semanas por mes. Los meses en los que no se tenían datos de referencia en gráficos se han aproximado a los meses con estadísticas de visitantes más parecidos.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL
enero	268	161	161	179	179	625	625	8786
febrero	268	161	161	179	179	625	625	8786
marzo	800	1000	1000	1000	1000	2000	1800	34400
abril	982	1339	1339	1429	1429	2768	1875	44643
mayo	900	1300	1300	1400	1400	2700	1700	42800
junio	982	1339	1339	1429	1429	2768	1875	44643
julio	2857	2946	2946	2946	2232	3214	2679	79286
agosto	5000	5804	6250	5536	4464	4107	3750	139643
septiembre	1607	1607	1696	1607	1875	3214	2589	56786
octubre	1000	1000	1500	1500	1700	3000	2400	48400
noviembre	268	161	161	179	179	625	625	8786
diciembre	268	161	161	179	179	625	625	8786

Excedentes para el vertido en red

Calculado en función del consumo estimado para los buggies y las bicicletas y calculando los excedentes, a continuación multiplicado por el precio medio de venta de luz de 0,06 €/kWh

	Producción eléctrica (kWh/año)	Energía vertida a la red (kWh/año)	Precio luz (€/kWh)	Beneficios por vertido a red (€/año)
Instalación B	353311,86	353311,86	0,06	21198,7116
Instalación A+B	676090,59	428178,2906	0,06	25690,69743

Media de visitantes que utilizarán buggy/bicicleta

CASO INSTALACIÓN B																
Media de visitantes por día que alquilarán un buggy (Máx = 65x3=195)								Media de visitantes que alquilarán una bicicleta (Máx 60)								
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL MES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL MES	
121	72	72	80	80	195	195	3264	5	3	3	4	4	13	13	176	
121	72	72	80	80	195	195	3264	5	3	3	4	4	13	13	176	
195	195	195	195	195	195	195	5460	16	20	20	20	20	40	36	688	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
195	195	195	195	195	195	195	5460	60	60	60	60	60	60	60	1680	
121	72	72	80	80	195	195	3264	5	3	3	4	4	13	13	176	
121	72	72	80	80	195	195	3264	5	3	3	4	4	13	13	176	
Plazas totales ocupadas							56734								Nº anual de bicicletas	12439
Nº anual de buggies							18911									

CASO INSTALACIÓN A+B																
Media de visitantes por día que alquilarán un buggy (Máx = 125x3=375)								Media de visitantes por día que alquilarán una bicicleta (Máx = 60)								
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL MES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL MES	
121	72	72	80	80	281	281	3954	5	3	3	4	4	13	13	176	
121	72	72	80	80	281	281	3954	5	3	3	4	4	13	13	176	
360	375	375	375	375	375	810	12180	16	20	20	20	20	40	36	688	
375	375	375	375	375	375	844	12375	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	765	12060	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	844	12375	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	1205	13821	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	1688	15750	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	1165	13661	60	60	60	60	60	60	60	1680	
375	375	375	375	375	375	1080	13320	20	20	30	30	34	60	48	968	
121	72	72	80	80	281	281	3954	5	3	3	4	4	13	13	176	
121	72	72	80	80	281	281	3954	5	3	3	4	4	13	13	176	
Plazas totales ocupadas							121356								Nº anual de bicicletas	12439
Nº anual de buggies							40452									

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

VAN y TIR – datos

Caso B		Margen (10%)
Inversión inicial	3.497.544,74 €	3.847.299,21 €
Beneficios por venta de excedentes		
14.078,63 €		
Coste por la carga de autobuses		
52.390,80 €		
Limpieza y mantenimiento		
20.000,00 €		
Costes fijos	Beneficio fijo	
72.390,80 €	14.078,63 €	

Caso A+B		Margen (10%)
Inversión inicial	5.001.532,26 €	5.501.685,49 €
Beneficios por venta de excedentes		
25.690,70 €		
Coste por la carga de autobuses		
52.390,80 €		
Limpieza y mantenimiento		
40.000,00 €		
Costes fijos	Beneficio fijo	
92.390,80 €	25.690,70 €	

En las próximas páginas se muestran los cálculos referidos al VAN y la TIR en función de la instalación realizada y distintas tarifas de alquiler de los vehículos eléctricos. Las casillas señaladas en verde indican que es rentable, las rojas no rentable.

Cálculo del VAN y la TIR a 10 años

Caso B		Año	Flujo de carga										VAN	TIR
Precio/Buggy	Precio/Bicicleta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
20	10	-3847299,214	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	-416.626,36 €	3%
20	15	-3847299,214	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	63.588,34 €	5%
20	20	-3847299,214	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	543.803,03 €	8%
20	25	-3847299,214	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	1.024.017,73 €	10%
25	10	-3847299,214	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	313.502,29 €	7%
25	15	-3847299,214	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	793.716,98 €	9%
25	20	-3847299,214	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	1.273.931,68 €	11%
25	25	-3847299,214	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	1.754.146,37 €	14%
30	10	-3847299,214	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	1.043.630,93 €	10%
30	15	-3847299,214	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	1.523.845,63 €	13%
30	20	-3847299,214	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	2.004.060,32 €	15%
30	25	-3847299,214	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	2.484.275,02 €	17%
35	10	-3847299,214	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	1.773.759,58 €	14%
35	15	-3847299,214	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	2.253.974,28 €	16%
35	20	-3847299,214	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	2.734.188,97 €	18%
35	25	-3847299,214	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	3.214.403,67 €	20%

Caso A+B		Año	Flujo de carga										VAN	TIR
Precio/Buggy	Precio/bicicleta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
20	10	-5501685,486	866719,8974	866719,8974	866719,9	866719,9	866719,8974	866719,8974	866719,8974	866719,9	866719,9	866719,9	1.190.895,82 €	9%
20	15	-5501685,486	928909,8974	928909,8974	928909,9	928909,9	928909,8974	928909,8974	928909,8974	928909,9	928909,9	928909,9	1.671.110,52 €	11%
20	20	-5501685,486	991099,8974	991099,8974	991099,9	991099,9	991099,8974	991099,8974	991099,8974	991099,9	991099,9	991099,9	2.151.325,21 €	12%
20	25	-5501685,486	1053289,897	1053289,897	1053289,9	1053289,9	1053289,897	1053289,897	1053289,897	1053289,9	1053289,9	1053289,9	2.631.539,91 €	14%
25	10	-5501685,486	1068979,897	1068979,897	1068979,9	1068979,9	1068979,897	1068979,897	1068979,897	1068979,9	1068979,9	1068979,9	2.752.693,93 €	14%
25	15	-5501685,486	1131169,897	1131169,897	1131169,9	1131169,9	1131169,897	1131169,897	1131169,897	1131169,9	1131169,9	1131169,9	3.232.908,62 €	16%
25	20	-5501685,486	1193359,897	1193359,897	1193359,9	1193359,9	1193359,897	1193359,897	1193359,897	1193359,9	1193359,9	1193359,9	3.713.123,32 €	17%
25	25	-5501685,486	1255549,897	1255549,897	1255549,9	1255549,9	1255549,897	1255549,897	1255549,897	1255549,9	1255549,9	1255549,9	4.193.338,01 €	19%
30	10	-5501685,486	1271239,897	1271239,897	1271239,9	1271239,9	1271239,897	1271239,897	1271239,897	1271239,9	1271239,9	1271239,9	4.314.492,03 €	19%
30	15	-5501685,486	1333429,897	1333429,897	1333429,9	1333429,9	1333429,897	1333429,897	1333429,897	1333429,9	1333429,9	1333429,9	4.794.706,73 €	20%
30	20	-5501685,486	1395619,897	1395619,897	1395619,9	1395619,9	1395619,897	1395619,897	1395619,897	1395619,9	1395619,9	1395619,9	5.274.921,42 €	22%
30	25	-5501685,486	1457809,897	1457809,897	1457809,9	1457809,9	1457809,897	1457809,897	1457809,897	1457809,9	1457809,9	1457809,9	5.755.136,12 €	23%
35	10	-5501685,486	1473499,897	1473499,897	1473499,9	1473499,9	1473499,897	1473499,897	1473499,897	1473499,9	1473499,9	1473499,9	5.876.290,14 €	24%
35	15	-5501685,486	1535689,897	1535689,897	1535689,9	1535689,9	1535689,897	1535689,897	1535689,897	1535689,9	1535689,9	1535689,9	6.356.504,84 €	25%
35	20	-5501685,486	1597879,897	1597879,897	1597879,9	1597879,9	1597879,897	1597879,897	1597879,897	1597879,9	1597879,9	1597879,9	6.836.719,53 €	26%
35	25	-5501685,486	1660069,897	1660069,897	1660069,9	1660069,9	1660069,897	1660069,897	1660069,897	1660069,9	1660069,9	1660069,9	7.316.934,23 €	28%

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Cálculo del VAN y la TIR a 5 años

Caso B		Año	Flujos de carga					VAN	TIR
Precio/Buggy	Precio/Bicicleta	0	1	2	3	4	5		
20	10	-3847299,214	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	444287,83	-1.923.765,42 €	-16%
20	15	-3847299,214	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	506477,83	-1.654.515,26 €	-12%
20	20	-3847299,214	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	568667,83	-1.385.265,11 €	-9%
20	25	-3847299,214	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	630857,83	-1.116.014,96 €	-6%
25	10	-3847299,214	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	538842,83	-1.514.391,75 €	-11%
25	15	-3847299,214	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	601032,83	-1.245.141,60 €	-8%
25	20	-3847299,214	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	663222,83	-975.891,44 €	-5%
25	25	-3847299,214	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	725412,83	-706.641,29 €	-2%
30	10	-3847299,214	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	633397,83	-1.105.018,09 €	-6%
30	15	-3847299,214	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	695587,83	-835.767,93 €	-3%
30	20	-3847299,214	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	757777,83	-566.517,78 €	-1%
30	25	-3847299,214	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	819967,83	-297.267,62 €	2%
35	10	-3847299,214	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	727952,83	-695.644,42 €	-2%
35	15	-3847299,214	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	790142,83	-426.394,27 €	1%
35	20	-3847299,214	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	852332,83	-157.144,11 €	4%
35	25	-3847299,214	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	914522,83	112.106,04 €	6%
Caso A+B		Año	Flujos de carga					VAN	TIR
Precio/Buggy	Precio/Bicicleta	0	1	2	3	4	5		
20	10	-5501685,486	866719,8974	866719,8974	866719,8974	866719,8974	866719,8974	-1.749.241,91 €	-7%
20	15	-5501685,486	928909,8974	928909,8974	928909,8974	928909,8974	928909,8974	-1.479.991,76 €	-5%
20	20	-5501685,486	991099,8974	991099,8974	991099,8974	991099,8974	991099,8974	-1.210.741,60 €	-3%
20	25	-5501685,486	1053289,897	1053289,897	1053289,897	1053289,897	1053289,897	-941.491,45 €	-1%
25	10	-5501685,486	1068979,897	1068979,897	1068979,897	1068979,897	1068979,897	-873.561,96 €	-1%
25	15	-5501685,486	1131169,897	1131169,897	1131169,897	1131169,897	1131169,897	-604.311,80 €	1%
25	20	-5501685,486	1193359,897	1193359,897	1193359,897	1193359,897	1193359,897	-335.061,65 €	3%
25	25	-5501685,486	1255549,897	1255549,897	1255549,897	1255549,897	1255549,897	-65.811,50 €	5%
30	10	-5501685,486	1271239,897	1271239,897	1271239,897	1271239,897	1271239,897	2.117,99 €	5%
30	15	-5501685,486	1333429,897	1333429,897	1333429,897	1333429,897	1333429,897	271.368,15 €	7%
30	20	-5501685,486	1395619,897	1395619,897	1395619,897	1395619,897	1395619,897	540.618,30 €	8%
30	25	-5501685,486	1457809,897	1457809,897	1457809,897	1457809,897	1457809,897	809.868,46 €	10%
35	10	-5501685,486	1473499,897	1473499,897	1473499,897	1473499,897	1473499,897	877.797,94 €	11%
35	15	-5501685,486	1535689,897	1535689,897	1535689,897	1535689,897	1535689,897	1.147.048,10 €	12%
35	20	-5501685,486	1597879,897	1597879,897	1597879,897	1597879,897	1597879,897	1.416.298,25 €	14%
35	25	-5501685,486	1660069,897	1660069,897	1660069,897	1660069,897	1660069,897	1.685.548,41 €	15%

ANEXO III – FICHAS TÉCNICAS

→ www.atera.com



Optimum
nueva gama



Módulo solar fotovoltaico (60 células 6")
A-xxxM GS 60 BC (310/315/320/325/330 W)

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:
→ www.atera.com

Módulos fotovoltaicos para el futuro

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Módulos fotovoltaicos para el futuro 

A-XXXM GS 60 BC (SS) (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-310M GS 60	A-315M GS 60	A-320M GS 60	A-325M GS 60	A-330M GS 60
Potencia Máxima (P _{max})	310 W	315 W	320 W	325 W	330 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mp})	33.60 V	33.90 V	34.10 V	34.30 V	34.40 V
Corriente Máxima Potencia (I _{mp})	9.23 A	9.30 A	9.39 A	9.48 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (V _{oc})	40.90 V	41.20 V	41.30 V	41.50 V	41.60 V
Corriente en Cortocircuito (I _{sc})	9.85 A	9.92 A	10.02 A	10.14 A	10.27 A
Eficiencia del Módulo (%)	18.48	18.88	19.18	19.48	19.78
Clasificación de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.000 V / DC 1.500V (**)				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (P_{mp}); ±2% (V_{oc}, V_{mp}); ±4% (I_{sc}, I_{mp}).
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%.
(**) Máxima tensión del sistema de 1.500 V se fabrica bajo pedido.

Especificaciones mecánicas

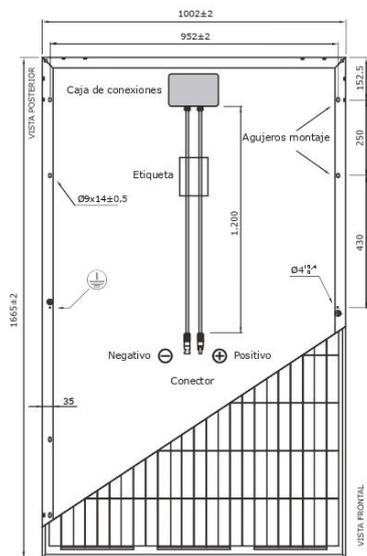
Dimensiones (± 2.0 mm.)	1665x1002x35 mm.
Peso (± 0.5 kg)	17.50 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Mono PERC/158.75x158.75 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP67
Cable (longitud/sección) / Conector	1.200 mm./4 mm ² /Compatible MC4/IP67

(*) Con capa anti-reflectante

Vista genérica construcción módulo



El dibujo no está a escala

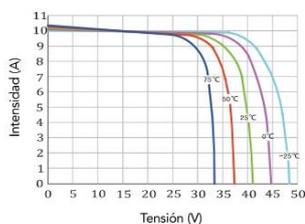
Características de temperatura

Coef. Temp. de I _{sc} (TK I _{sc})	0.048 %/°C
Coef. Temp. de V _{oc} (TK V _{oc})	-0.28 %/°C
Coef. Temp. de P _{max} (TK P _{max})	-0.37 %/°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

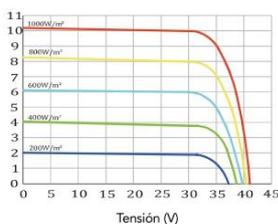
Embalaje

Módulos/palé	31 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	28 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	868 pzas
Palés/contenedor 20'	12 palés
Módulos/contenedor 20'	372 pzas

Temperatura Varía (A-325M GS 60)



Irradiación Varía (A-325M GS 60)



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

www.atera.com • atera@elecnor.com
Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisado: 29/09/20
Ref.: MU-6M 6x10 GS (SS) BC-C
© Atersa SL, 2014



IEC 61215
IEC 61730

On-Grid Inverter with Energy Storage

InfiniSolar: On-Grid Inverter with Energy Storage

Innovative and Cost-effective Power Solution

On-Grid Inverter with Energy Storage



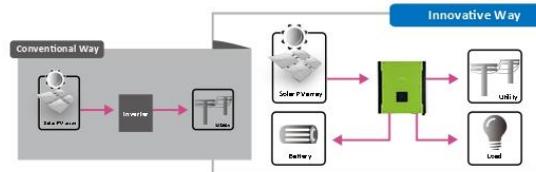
- On-Grid Inverter with Energy Storage
- Self-consumption and Feed-in to the grid
- Programmable supply priority for PV, Battery or Grid
- User-adjustable battery charging current suits different types of batteries
- Programmable multiple operations modes: Grid tie, Off grid, and grid-tie with backup
- Built-in timer for various mode of on/off operation
- Multiple communication for USB, RS-232, Modbus and SNMP
- Monitoring software for real time status display and control

InfiniSolar is a flexible and intelligent hybrid inverter which utilizes solar power, AC utility, and battery power source to supply continuous power. It's a simple and smart solar power storage system for home users to either store energy into battery and wait for night time usage or use for self-consumption first depending on demands. Priority for power source can be programmed and set up through smart software. During night time or power failure, it will automatically extract power from battery. In this way, it will reduce the dependence on the utility.



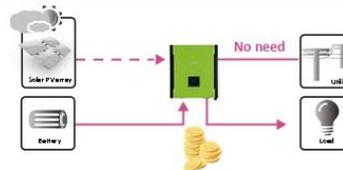
Feed-in is not only choice

In comparison with conventional grid-tie inverter, InfiniSolar is able to not only feed-in power to grid but also store solar power to battery for future usage and directly power to the loads.



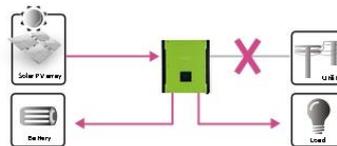
Save money by discharging battery for self-consumption first

InfiniSolar can save money by using battery energy first when PV energy is low. Until battery energy is low, InfiniSolar will extract AC power from the grid.



Power backup when AC failed

InfiniSolar can operate as an off-grid inverter to provide continuous power even without the grid. It's perfect power solution for remote regions or temporary AC power source such as camping or flea market.



Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

On-Grid Inverter with Energy Storage

InfiniSolar 10KW Three Phase On-grid Inverter with Energy Storage Selection Guide

MODEL	InfiniSolar Three Phase 10KW
PHASE	3-phase in / 3-phase out
RATED OUTPUT POWER	10000 W
MAXIMUM CHARGING POWER	9600 W
GRID-TIE OPERATION	
PV INPUT (DC)	
Maximum PV Input Power	14850W
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	720 VDC / 900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 18.6A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Nominal Output Current	14.5 A per phase
Power Factor	> 0.99
EFFICIENCY	
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	> 96%
European Efficiency @ Vnominal	> 95%
OFF-GRID OPERATION	
AC INPUT	
AC Start-up Voltage/Auto Restart Voltage	120 - 140 VAC per phase / 180 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 280 VAC per phase
Maximum AC Input Current	40A
PV INPUT (DC)	
Maximum DC Voltage	900 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 18.6A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Waveform	Pure Sinewave
Efficiency (DC to AC)	91%
HYBRID OPERATION	
PV INPUT (DC)	
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	720 VDC / 900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	2 / 2 x 18.6A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Nominal Output Current	14.5 A per phase
AC INPUT	
AC Start-up Voltage / Auto Restart Voltage	120 - 140 VAC per phase / 180 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 280 VAC per phase
Maximum AC Input Current	40A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Efficiency (DC to AC)	91%
BATTERY & CHARGER	
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Charging Current	Default 60A, 10A - 200A (Adjustable)
GENERAL	
PHYSICAL	
Dimension, D X W X H (mm)	622 x 500 x 167.5
Net Weight (kgs)	45
INTERFACE	
Communication Port	RS-232/USB and CAN Interface
Intelligent Slot	Optional SNMP, Modbus, and AS-400 cards available
ENVIRONMENT	
Humidity	0 ~ 90% RH (No condensing)
Operating Temperature	-10 to 55°C
Altitude	0 ~ 1000 m*

*Power derating 1% every 100 m when altitude is over 1000m
Product specifications are subject to change without further notice.



ON-GRID INVERTER WITH ENERGY STORAGE

SUNNY TRIPOWER
15000TL / 20000TL / 25000TL



Rentable

- Rendimiento máximo del 98,4 %

Seguro

- Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)

Flexible

- Tensión de entrada de CC hasta 1000 V
- Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring
- Pantalla opcional

Innovador

- Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control
- Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)

**SUNNY TRIPOWER
15000TL / 20000TL / 25000TL**

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máxima de CC (con $\cos \varphi = 1$)/potencia asignada de CC	15330 W/15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra/de red	●/●
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
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 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	–25 °C a +60 °C (–13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio 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%
Equipamiento / función / accesorios	
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○/●
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus	●/●
Relé multifunción/Power Control Module	○/○
OptiTrack Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	●/●/●
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	●/●
Garantía: 5/10/15/20 años	●/○/○/○
Certificados y autorizaciones previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11/2012, CE, CEI 0:16, CEI 0:21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-4, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2.1, RFC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.º 2013, S14777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438	
Modelo comercial	STP 15000TL-30

Cables 0,6/1 kV
RZ1 (AS) 0,6/1 kV CPR



Descripción

Los cables RZ1 cumplen con los criterios de clasificación de productos de la construcción según Reglamento CPR 305/2011 y la norma EN 50575, siendo los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión. Recomendado para conexiones industriales, acometidas, distribución interna y conexiones en el exterior. Puede ser utilizado en redes subterráneas e instalaciones fijas.

Normas de Referencia: IEC 60502

Aplicaciones

- Para las siguientes instalaciones:
- Redes subterráneas para distribución en baja tensión
 - Redes de alimentación subterránea para instalaciones de alumbrado exterior
 - Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas subterráneas
 - Instalaciones interiores o receptoras
 - Instalaciones en locales de características especiales

Apropiados para instalaciones en las que se quiera aumentar la protección contra incendios.

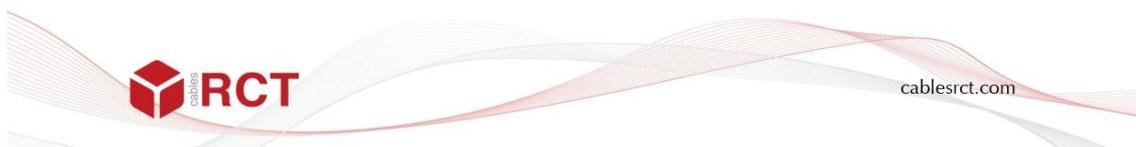
Características Técnicas

1. Conductor	Cobre electrolítico rígido Clase I hasta sección de 10 mm ² y Clase II para superiores según EN 60228 e IEC 60228
2. Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX-3 según HD 603-1
3. Cubierta	Polioléfina termoplástica libre de halógenos según HD 603-1
Tensión nominal	0,6/1 kV
Tensión de ensayo	3.500 V C.A.
Temperatura máxima	90 °C

Otras características

Colores según HD 308 S2
 No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1-2, EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2
 No propagación del incendio según EN 50399, UNE-EN 60332-3-24, EN 60332-3-24 e IEC 60332-3-24
 Baja emisión de halógenos y gases corrosivos según IEC 60754-1 e IEC 60754-2
 Baja emisión de humos opacos según IEC 61034-1
 El uso de polietileno reticulado (XLPE) admite una mayor densidad de corriente, a igualdad de sección, respecto al aislamiento con PVC
 Clasificación CPR según EN 50575

Los datos contenidos en esta página, son meramente informativos, no constituyendo compromiso contractual de ningún tipo por parte de Cables RCT. 30 septiembre 2021
 Así mismo Cables RCT, dentro de su proceso de mejora continua, se reserva el derecho de modificar sus especificaciones técnicas sin previo aviso.



Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Cables 0,6/1 kV

RZ1 (AS) 0,6/1 kV CPR



Dimensiones

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
1x1,5	12,1	6,45	55	Cca-s1b. d1. a1
1x2,5	7,41	6,75	66	Cca-s1b. d1. a1
1x4	4,61	7,35	86	Cca-s1b. d1. a1
1x6	3,08	7,95	108	Cca-s1b. d1. a1
1x10	1,83	8,80	150	Cca-s1b. d1. a1
1x16	1,15	10,00	211	Cca-s1b. d1. a1
1x25	0,727	11,45	314	Cca-s1b. d1. a1
1x35	0,524	12,80	412	Cca-s1b. d1. a1
1x50	0,387	14,70	560	Cca-s1b. d1. a1
2x1,5	12,1	9,50	131	Cca-s1b. d1. a1
2x2,5	7,41	10,10	159	Cca-s1b. d1. a1
2x4	4,61	11,50	217	Cca-s1b. d1. a1
2x6	3,08	12,60	276	Cca-s1b. d1. a1
2x10	1,83	14,10	382	Cca-s1b. d1. a1
2x16	1,15	16,10	534	Cca-s1b. d1. a1
2x25	0,727	19,30	802	Cca-s1b. d1. a1
2x35	0,524	22,00	1.065	Cca-s1b. d1. a1
3G1,5	12,1	10,15	143	Cca-s1b. d1. a1
3G2,5	7,41	10,75	183	Cca-s1b. d1. a1
3G4	4,61	12,05	256	Cca-s1b. d1. a1
3G6	3,08	14,75	312	Cca-s1b. d1. a1

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
3G6	3,08	13,20	331	Cca-s1b. d1. a1
3x10	1,83	14,75	467	Cca-s1b. d1. a1
3x16	1,15	17,10	674	Cca-s1b. d1. a1
3x25	0,727	20,45	1.015	Cca-s1b. d1. a1
4x1,5	12,1	10,80	176	Cca-s1b. d1. a1
4x2,5	7,41	11,50	221	Cca-s1b. d1. a1
4x4	4,61	12,95	305	Cca-s1b. d1. a1
4x6	3,08	14,30	400	Cca-s1b. d1. a1
4G6	3,08	14,30	400	Cca-s1b. d1. a1
4x10	1,83	16,10	577	Cca-s1b. d1. a1
4x16	1,15	18,50	827	Cca-s1b. d1. a1
4x25	0,727	22,35	1.265	Cca-s1b. d1. a1
5G1,5	12,1	11,80	201	Cca-s1b. d1. a1
5G2,5	7,41	12,55	252	Cca-s1b. d1. a1
5G4	4,61	13,95	358	Cca-s1b. d1. a1
5x6	3,08	15,00	421	Cca-s1b. d1. a1
5G6	3,08	15,45	471	Cca-s1b. d1. a1
5x10	1,83	17,10	687	Cca-s1b. d1. a1
5G16	1,15	20,20	992	Cca-s1b. d1. a1
5x25	0,727	24,50	1.523	Cca-s1b. d1. a1

Los datos contenidos en esta página, son meramente informativos, no constituyendo compromiso contractual de ningún tipo por parte de Cables RCT. Así mismo Cables RCT, dentro de su proceso de mejora continua, se reserva el derecho de modificar sus especificaciones técnicas sin previo aviso. 30 septiembre 2021

cablesrct.com

Sede ZARAGOZA
T. 976 500 120
info@rct.es

Delegación BARCELONA
T. 93 307 95 62
barna@rct.es

Delegación MADRID
T. 91 691 85 48
madrid@rct.es

Delegación SEVILLA
T. 954 354 946
sevilla@rct.es

Delegación VALENCIA
T. 96 375 90 70
valencia@rct.es

Product datasheet
Characteristics

A9F04450

iC60N - miniature circuit breaker - 4P - 50A - C curve



Main

Device application	Distribution
Range	Acti 9
Product name	Acti 9 iC60
Product or component type	Miniature circuit-breaker
Device short name	IC60N
Poles description	4P
Number of protected poles	4
[In] rated current	50 A
Network type	AC DC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Curve code	C
Breaking capacity	6000 A Icn at 400 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1 36 kA Icu at 12...60 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at 380...415 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 20 kA Icu at 220...240 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 6 kA Icu at 440 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 36 kA Icu at 100...133 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at <= 250 V DC conforming to EN/IEC 60947-2
Utilisation category	Category A conforming to EN 60898-1 Category A conforming to IEC 60898-1
Suitability for isolation	Yes conforming to EN 60898-1 Yes conforming to EN 60947-2 Yes conforming to IEC 60898-1 Yes conforming to IEC 60947-2
Standards	IEC 60947-2 IEC 60898-1 EN 60947-2 EN 60898-1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Complementary

Network frequency	50/60 Hz
Magnetic tripping limit	8 x I _n +/- 20 %
[Ics] rated service breaking capacity	15 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 10 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 180...250 V DC 10 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 180...250 V DC
Limitation class	3 conforming to EN 60898-1 3 conforming to IEC 60898-1
[U _i] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[U _{imp}] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to EN 60947-2 6 kV conforming to IEC 60947-2
Contact position indicator	Yes
Control type	Toggle
Local signalling	Trip indicator
Mounting support	DIN rail
9 mm pitches	8
Height	91 mm
Width	72 mm
Depth	78.5 mm
Net weight	0.5 kg
Colour	White
Mechanical durability	20000 cycles
Electrical durability	10000 cycles
Connections - terminals	Double terminal (top or bottom) 1...35 mm ² rigid Double terminal (top or bottom) 1...25 mm ² flexible
Wire stripping length	14 mm for top or bottom connection
Tightening torque	3.5 N.m top or bottom
Earth-leakage protection	Separate block

Environment

IP degree of protection	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
Pollution degree	3
Overvoltage category	IV
Tropicalisation	2
Relative humidity	95 % at 55 °C
Ambient air temperature for operation	-35...70 °C
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C

Packing Units

Package 1 Weight	0.533 kg
Package 1 Height	0.750 dm
Package 1 width	0.700 dm
Package 1 Length	0.900 dm

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
REACH free of SVHC	Yes
EU RoHS Directive	Compliant EU RoHS Declaration
Toxic heavy metal free	Yes
Mercury free	Yes
RoHS exemption information	Yes
China RoHS Regulation	China RoHS declaration Pro-active China RoHS declaration (out of China RoHS legal scope)
Environmental Disclosure	Product Environmental Profile
WEEE	The product must be disposed on European Union markets following specific waste collection and never end up in rubbish bins

Contractual warranty

Warranty	18 months
----------	-----------

Hoja de características del producto

Especificaciones



ID K 4P 63A 30 mA AC

A9Z05463

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IEM2000
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	ID K
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	63 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC
Etiquetas de calidad	VDE

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	I _{dm} 500 A I _m 500 A
Corriente condicional de cortocircuito	GL63, estado 1 Inc 4,5 kA K60, estado 1 Inc 6 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	NA

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	81 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	68 mm
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	5000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 2000 ciclos
Conexiones - terminales	Biconectar arriba o abajo 1...35 mm ² rígido Biconectar arriba o abajo 1...25 mm ² flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a Activar / desactivar Ig IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a Activar / desactivar Ig
Grado de contaminación	2
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 200 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...40 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-30...70 °C

Packing Units

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	388,5 g
Paquete 1 Altura	7,6 cm
Paquete 1 ancho	8,5 cm
Paquete 1 Longitud	9 cm
Tipo de unidad del paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	27
Peso del paquete 2	10,91 kg
Paquete 2 Altura	30 cm
Ancho del paquete 2	30 cm
Longitud del paquete 2	40 cm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme

Estudio de viabilidad de un proyecto de movilidad eléctrica en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno.

Declaración RoHS UE	
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	
	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	
	Perfil ambiental del producto
RAEE	
	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Logistical informations	
Pais de Origen	ES
Contractual warranty	
Periodo de garantía	18 months