

GRADO EN
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA
TÉRMICA Y ELÉCTRICA MEDIANTE
ENERGÍAS RENOVABLES A UN
CAMPUS UNIVERSITARIO EN
POLONIA

Alumna: ARANDA APARICIO, NEREA

Director: DE LA PEÑA ARANGUREN, VICTOR

Curso: 2018 - 2019

Fecha: 24/06/2019

INDICE

0. SÍNTESIS.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Problemática del cambio climático	7
1.2 Cumbres internacionales sobre el cambio climático	7
1.2.1 Cumbre de Kioto (1997).....	8
1.2.2 Cumbre de Paris (2015)	8
1.2.3 Salida de EEUU de la COP 21 tras la llegada de Trump	8
1.2.4 Otras cumbres	9
1.3 Políticas europeas en materia de energía	9
1.4 Políticas medioambientales en Polonia.....	10
2. ANTECEDENTES	11
2.1 Ubicación.....	11
2.2 Universidad Tecnológica de Częstochowa	11
2.3 Sistema actual de distribución de calor	13
2.4 Sistema eléctrico actual.....	17
3. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES	19
3.1 Energía solar fotovoltaica	19
3.2 Energía mini eólica o eólica de media potencia.....	20
3.3 Energía de biomasa	21
4. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	23
4.1 Descripción y dimensionamiento de la instalación de biomasa	23
4.1.1 Análisis del consumo energético y la demanda térmica en la situación actual.....	23
4.1.2 Análisis del consumo energético y la demanda térmica con biomasa	23
4.1.3 Especificación de la biomasa a emplear como combustible	24
4.1.4 Dimensionamiento y diseño del almacenamiento. Cantidad de biomasa	25
4.1.5 Dimensionamiento de los nuevos equipos	26
4.1.6 Viabilidad de la instalación planteada	30
4.2 Descripción y dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica	34
4.2.1 Dimensionamiento de los nuevos equipos	34
4.2.2 Determinación del Recurso.....	35
4.2.3 Equipo seleccionado	37
4.2.4 Generación eléctrica en punto de ubicación	40
4.2.5 Viabilidad de la instalación planteada	41
4.3 Descripción y dimensionamiento de la instalación mini eólica	43

4.3.1 Dimensionamiento de los nuevos equipos: Aerogenerador y características.....	43
4.3.2 Determinación del recurso	44
4.3.3 Equipo seleccionado	46
4.3.4 Generación eléctrica en el punto de ubicación.....	46
4.3.5 Viabilidad de la instalación planteada	47
5. ESTUDIO ECONÓMICO.....	49
5.1 Instalación de Biomasa	49
5.1.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS)	49
5.1.2 Periodo de retorno de la inversión	49
5.1.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto	49
5.1.4 Sensibilidad del proyecto.....	50
5.2 Instalación Solar Fotovoltaica	51
5.2.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS)	51
5.2.2 Periodo de retorno de la inversión	51
5.2.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto	51
5.2.4 Sensibilidad del proyecto.....	51
5.3 Instalación Conjunta, Fotovoltaica y Mini eólica	53
5.3.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS), instalación Fotovoltaica y Mini eólica	53
5.3.2 Periodo de retorno de la inversión	53
5.3.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto	53
5.3.4 Sensibilidad del proyecto.....	53
6. PLANIFICACIÓN.....	55
7. CONCLUSIÓN	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXO I - Cálculos Instalación FOTOVOLTAICA	58
ANEXO II - Viabilidad económica. Caso Base BIOMASA.....	67
ANEXO III - Viabilidad económica. Caso Base FOTOVOLTAICA	68
ANEXO IV - Viabilidad económica. Caso Base FOTOVOLTAICA + EÓLICA.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de energía final y costes – Carbón.....	15
Tabla 2. Consumo mensual – Carbón.....	16
Tabla3. Características del carbón utilizado.....	17
Tabla 4. Consumo mensual de energía eléctrica.....	17
Tabla 5. Consumo y demanda del Campus – Carbón.....	23
Tabla 6. Consumo y demanda de Campus – Biomasa.....	24
Tabla 7. Precio actual – CO2.....	32
Tabla 8. Precio medio – CO2.....	32
Tabla 9. Inversión – Biomasa.....	33
Tabla 10. Datos estructura FV 10 grados.....	41
Tabla 11. Datos estructura FV 37 grados.....	41
Tabla 12. Inversión – Fotovoltaica.....	42
Tabla 13. Características del viento en Częstochowa.....	45
Tabla 14. Velocidad media del viento.....	45
Tabla 15. Características aerogenerador.....	46
Tabla 16. Producción mensual – Aerogenerador.....	47
Tabla 17. Inversión – Mini eólica.....	48
Tabla 18. Análisis de sensibilidad – Biomasa.....	50
Tabla 19. Análisis de sensibilidad – Fotovoltaica.....	52
Tabla 20. Análisis de sensibilidad – Fotovoltaica y mini eólica.....	54

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Consumo – Carbón.....	16
Gráfica 2. Consumo energía eléctrica.....	17
Gráfica 3. Objetivos climáticos de la UE para 2030.....	31
Gráfica 4. Cuota UE de renovables para 2030.....	31
Gráfica 5. Curva de potencia – Aerogenerador.....	44
Gráfica 6. Distribución de la dirección del viento.....	45
Gráfica 7. Curva de potencia – Aerogenerador.....	46
Gráfica 8. Producción anual de energía.....	46

0. SÍNTESIS

Resumen: En este proyecto se pretende analizar la viabilidad técnico-económica de sustitución de la generación térmica convencional en base a carbón por energía renovable procedente de la biomasa. De la misma manera se pretende complementar el suministro eléctrico mediante generación solar fotovoltaica y mini eólica. Para ello, se analizaran diferentes variables y se dimensionaran los equipos tratando de alcanzar una rentabilidad razonable de dicha transformación.

Palabras clave: Viabilidad técnico-económica, biomasa, fotovoltaica, eólica, dimensionamiento de equipos.

Laburpena: Proiektu honen bitartez ikatzean oinarritutako ohiko generazio termikoa, biomasatik eratorritako energia berriztagarriekin ordezkatzearen bideragarritasun tekniko-ekonomikoa aztertu nahi da. Era berean, hornikuntza elektrikoa osatu nahi da generazio fotovoltaikoa eta mini eolikoaren bitartez. Horretarako, aldagai ezberdinak analizatuko dira eta ekipoen dimentsionamendua egingo da transformazioaren bideragarritasun zentzudun bat lortzeko asmoz.

Hitz gakoak: Bideragarritasun tekniko-ekonomikoa, biomasa, fotovoltaikoa, eolikoa, ekipoen dimentsionamendua.

Abstract: The aim of this project is to analyze the technical-economical viability of the replacement of the conventional thermal generation based on fine coal using renewable energy sources like biomass. At the same time, the electric supply will be complemented by using solar photovoltaic and mini aero generation systems. To do this, different variables will be analyzed and the equipment will be sized trying to reach a reasonable profitability.

Key words: Technical-economical viability, biomass, photovoltaic, aero generation, equipment sizing.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática del cambio climático

Hablar de las energías renovables, sus políticas, proyectos, etc., no tendría sentido sin encuadrar su desarrollo en una política general de lucha contra el cambio climático. Para ello, antes es necesario explicar éste y cuáles son sus efectos, y enmarcar a su vez, los compromisos internacionales de los países, en el marco de las diferentes cumbres internacionales celebradas.

Por cambio climático se entiende la acumulación de gases de efecto invernadero (GEIs en adelante) en la atmósfera, dióxido de carbono (CO₂) principalmente, lo que impide la salida a la atmósfera de las radiaciones infrarrojas que emite el planeta al calentarse, y, en consecuencia, provocando que la temperatura del planeta aumente.

Los gases GEIs siempre han estado en la atmósfera, pero el problema, según los científicos del grupo IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático) de la ONU, es que la actividad humana, y principalmente la producción de energía mediante la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.), está provocando el desequilibrio existente y el gran aumento de la concentración de estos gases en la atmósfera.

Según las investigaciones, si el ser humano no toma medidas para reducir la emisión de GEIs, el principal efecto será la subida de la temperatura media global del planeta entre 3,7° y 4,8°C en 2100 respecto al nivel preindustrial (años 70 del siglo XX). Además, los científicos coinciden en que tendrá otras consecuencias catastróficas como inundaciones, sequías, ciclones, etc., con efectos devastadores.

Los científicos también alertan de que la situación es irreversible al existir ya un cambio climático debido a los GEIs que el ser humano lleva tiempo emitiendo. Ahora, lo que se pretende es limitar ese incremento a 2°C en 2100 respecto a los niveles previos a la industrialización, para poder así evitar grandes y numerosos desastres naturales.

1.2 Cumbres internacionales sobre el cambio climático

Para buscar una solución a esta problemática, se han celebrado numerosas cumbres internacionales con resultados desiguales.

1.2.1 Cumbre de Kioto (1997)

Fue en la ciudad japonesa de Kioto en 1997, en la que se establecieron en el denominado "Protocolo de Kioto", metas concretas de reducción de GEIs de los países desarrollados, aunque al final solo se vincularon 37 estados, de los que 28 eran de la Unión Europea (UE), que representaban únicamente el 12% de las emisiones globales mundiales. Fuera se quedaron las grandes potencias emisoras como China (no era un país desarrollado en ese momento y por eso no participó en el Protocolo) y EEUU.

Kioto entró en vigor en 2005, y diez años después alcanzó una reducción del 22% de las emisiones en los 37 países firmantes, muy por encima del 5% fijado como meta. Aun así, al no estar las principales potencias mundiales, las emisiones globales continuaron creciendo.

1.2.2 Cumbre de Paris (2015)

En 2015 se celebró en Paris la 21ª Conferencia de las Partes (COP 21), a la que asistieron los 195 países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Esta cumbre, trataba de establecer medidas concretas y definir un protocolo post-Kioto para su aplicación a partir de 2020.

Para que no se repitiese lo sucedido en Kioto, no se impusieron metas individuales por países de reducción de CO₂, optando finalmente porque cada país (tanto desarrollados como no desarrollados) voluntariamente presentasen sus compromisos de reducción de emisiones.

En definitiva, el acuerdo de Paris reconoció la existencia del problema del cambio climático y responsabilizó al hombre del aumento de la temperatura.

1.2.3 Salida de EEUU de la COP 21 tras la llegada de Trump

Tras la llegada de Donald Trump a la presidencia de EEUU, anunció la salida de EEUU del Acuerdo de Paris para el Cambio Climático que su predecesor Barack Obama había firmado. De esta manera, quedaba fuera del acuerdo una de las mayores contaminantes del mundo.

Su salida, sin embargo, no es inmediata. EEUU tendrá que seguir formando parte del acuerdo, en teoría, hasta 2020.

Desde su llegada a la presidencia, ha venido aprobando diferentes normativas que han desmantelado la política ambiental aprobada por su predecesor, lo que evitará nuevas reducciones de emisiones. Entre otras cosas, ha eliminado las prohibiciones para realizar nuevas explotaciones de combustibles fósiles, y ha dado vía libre en las extracciones de petróleo y gas en zonas costeras de EEUU, así como también ha anunciado medidas para eliminar el Plan de Energía Limpia contra las emisiones.

Estados como el de California, la economía más grande de EEUU, se ha comprometido por Ley a que toda su electricidad sea renovable en 2045. En 2017, produjo el 29% de su electricidad a

partir de fuentes renovables, gracias a la apuesta de su industria por la eólica, solar y la geotermia.

A esto se están uniendo diferentes estados y ciudades e incluso las principales empresas tecnológicas americanas (Google, Amazon, Facebook, etc.), las cuales están liderando el desarrollo de renovables participando e impulsando proyectos de generación eléctrica (eólica, solar, etc.), en algunos casos junto con empresas españolas (Iberdrola USA, principalmente).

1.2.4 Otras cumbres

Tras la COP 21 (París) vino la COP 22 de Marrakech, en la que se proclamó la voluntad de cooperar para poner en práctica lo aprobado.

Recientemente (septiembre de 2018), en Bangkok han concluido las conversaciones sobre el cambio climático, con el objetivo de avanzar en la elaboración de las normas para la aplicación del Acuerdo de París, sin que se hayan producido grandes logros para frenarlo.

1.3 Políticas europeas en materia de energía

Como se ha visto en las diferentes Cumbres sobre el Cambio Climático celebradas, la UE está comprometida con el problema. Para ello, se ha marcado unos objetivos de reducción de emisiones de GEIs de aquí al 2050.

Estos objetivos se han fijado en dos documentos que fijan su posición al horizonte 2020 y 2030 entre los que se incluyen un porcentaje mayor de reducción de las emisiones de GEIs, un incremento de la participación de energías renovables en la demanda energética y una mejora de la eficiencia energética.

Por otro lado, la Comisión Europea, está analizando escenarios al 2050 y procedimientos para conseguir que la economía de la UE sea más respetuosa con el clima, y que consuma menos energía con criterios de rentabilidad, de manera que no afecte a nuestra economía.

El 27 de junio de 2018 se llegó a un acuerdo entre el Consejo y el Parlamento Europeo para la revisión de la Directiva sobre energías renovables.

Este nuevo marco facilita el camino para la transición de Europa hacia el uso de energías limpias. Esto también permitirá que Europa cumpla los objetivos establecidos en el Acuerdo de París (COP 21).

El acuerdo fija el objetivo principal de que en 2030 el 32% de la energía de la UE proceda de fuentes renovables. Para ello, fijan otros elementos como el diseño de los sistemas de apoyo a las renovables, eliminar las barreras administrativas y un marco claro y estable para el autoconsumo en el sector doméstico, que facilitara alcanzar esos objetivos.

Aprovechando las energías renovables, la UE reduce su dependencia de los combustibles fósiles. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que el desarrollo de estas energías promueve la innovación y desarrollo tecnológico, así como la creación de empleo en el conjunto de la UE.

1.4 Políticas medioambientales en Polonia.

Polonia es hoy en día, un país que depende principalmente de los combustibles fósiles, puesto que es una fuente de energía barata y extraíble a nivel local.

Se considera país miembro de la UE desde el 1 de mayo de 2004. Entonces, el consumo de energía de combustibles fósiles en Polonia era de más del 95%. Desde los acuerdos tomados en las diferentes cumbres, el país ha reducido moderadamente su dependencia. En 2017, su consumo energético se basaba en un 78% en los combustibles fósiles. De acuerdo con el plan de Gobierno, para el año 2030, esta cifra debe reducirse hasta un 60%.

El futuro nuevo marco para la transición de Europa hacia el uso de energías limpias, mencionado anteriormente, compromete a Polonia y a su gobierno a impulsar medidas y actuaciones en esa línea de fomento para la implementación de medidas basadas en energías limpias, básicamente renovables.

En marzo de 2018, el gobierno polaco aprueba una importante Ley para incentivar el uso de las energías renovables. Dicha ley pretende facilitar la viabilidad económica para el sector de las energías renovables y unificar las leyes polacas con las regulaciones europeas y sus ayudas públicas. Introduce la venta de energía eléctrica renovable por lotes de energía a un precio garantizado y, adicionalmente, medidas de fomento del uso de biomasa para fines energéticos y medidas de impulso generalizado al sector de las renovables.

Entre otras medidas, actualmente los proveedores de electricidad están obligados a adquirir un cierto número de denominados certificados de origen, de fuentes renovables. Además, los operadores de red deben dar prioridad de conexión a la red a la electricidad proveniente de estas energías.

Debido al desarrollo de las energías renovables y las leyes ambientales, este trabajo se basa en el abastecimiento de edificios singulares, en este caso el Campus Universitario de Częstochowa, en la región de Polonia Menor (Małopolska), mediante energías renovables. De esta manera, contribuimos al cumplimiento de los requisitos que Polonia ha fijado con estas leyes.

2. ANTECEDENTES

2.1 Ubicación

Częstochowa es una ciudad industrial situada al sur de Polonia en la parte alta del río Warta. Históricamente Częstochowa se encuentra en la región conocida como Polonia Menor (en polaco: Małopolska), dentro de una de las 16 provincias, concretamente en el llamado Voidovato de Silesia, que conforman la República de Polonia, según la división administrativa del año 1998, cuyo centro tradicional es la ciudad de Cracovia. La ciudad de Częstochowa se sitúa a 64 km al norte de Katowice, y cuenta con una población de 235.800 habitantes.



Imagen 1. Voidovato de Silesia



Imagen 2. Polonia

2.2 Universidad Tecnológica de Częstochowa



La Universidad Tecnológica de Częstochowa (CUT) es la universidad estatal más grande de la región, construida en los años 40 del siglo pasado. También es la única que tiene plenos derechos académicos, es decir, tiene el derecho de conferir el título de doctor y profesor universitario (doctor habilitado). Durante sus actividades científicas y educativas, se ha convertido en una parte inherente de la historia y tradición de Polonia, de la región de

Częstochowa y de la ciudad en sí. En los rankings nacionales de las instituciones estatales de educación superior, está entre las mejores universidades de Polonia de perfil similar.

CUT tiene la reputación de ser una escuela moderna y bien equipada que ofrece una amplia gama de cursos y un alto nivel de educación, con una excelente calidad de la enseñanza e investigación y el incomparable conocimiento y experiencia académicos de su personal académico. La Universidad dispone de una buena infraestructura para los estudiantes, una amplia gama de laboratorios de alto nivel y salas de conferencias para apoyar la investigación y la enseñanza, así como tres residencias universitarias, su propia editorial y una biblioteca principal moderna, así como diferentes bibliotecas universitarias.



Imagen 3. Universidad Politécnica de Częstochowa

El Campus se sitúa en los alrededores del centro de la ciudad y se extiende por una superficie aproximada de 325.000 m². Lo conforman una serie de edificios entre los que se encuentran siete facultades del ámbito de la ingeniería y la administración, tres residencias universitarias y aunque ciertas facultades disponen de una pequeña biblioteca, cuentan con una biblioteca más completa en un edificio independiente.

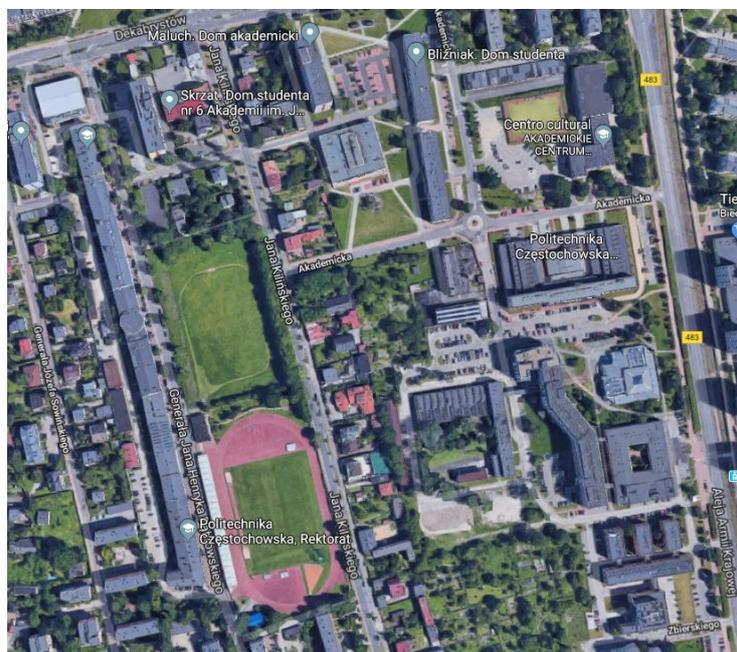


Imagen 4. Vista aérea del Campus

2.3 Sistema actual de distribución de calor

Polonia, energéticamente hablando, es un país dependiente principalmente de los combustibles fósiles y, en consecuencia, la Universidad de Częstochowa dispone de un sistema de generación de calor basado en dichos combustibles, en este caso carbón de silesia, de baja granulometría, y una red de distribución que abastece a los diferentes edificios del campus, básicamente los correspondientes a:

- Facultad de Ingeniería Civil.
- Facultad de Ingeniería Mecánica e Informática.
- Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Facultad de Ingeniería de Producción y Tecnología de Materiales.
- Facultad de Administración.
- Residencia universitaria "Maluch".
- Residencia universitaria "Bliźniak".
- Residencia universitaria "Herkules".

La puesta en marcha de dicho sistema data de principios de los ochenta, y a pesar de que a lo largo de estos últimos años ha tenido diferentes modificaciones en sistemas, equipos y componentes, hoy por hoy mantiene el combustible original, carbón, como principal fuente de suministro de energía térmica.

Esta instalación dispone de cuatro calderas de agua caliente, una cuyo combustible sería gas natural y el resto, tres calderas, cuyo combustible principal es carbón de silesia.

La caldera de gas natural, con una potencia térmica de 3,0 MW, se encuentra actualmente en desuso, debido al elevado coste del gas en el país.

Las calderas de carbón, sin embargo, están en pleno uso y tienen capacidad suficiente para abastecer térmicamente las necesidades de calefacción, para los edificios mencionados anteriormente, en su totalidad. Las potencias de éstas son de 1,1MW, 1,6MW y 2,0 MW (capacidad total de potencia de 4,7MW). Estas calderas, se alimentan de carbón por la parte superior para su combustión en parrilla. El carbón se almacena en un edificio conjunto a la planta de producción, dentro del mismo recinto y cada una de las calderas dispone de un sistema de control individualizado; por un panel que se encuentra junto a ellas. Los datos obtenidos en estos controles, son enviados a su vez, a un ordenador principal que los recoge y almacena la información de la central de generación.

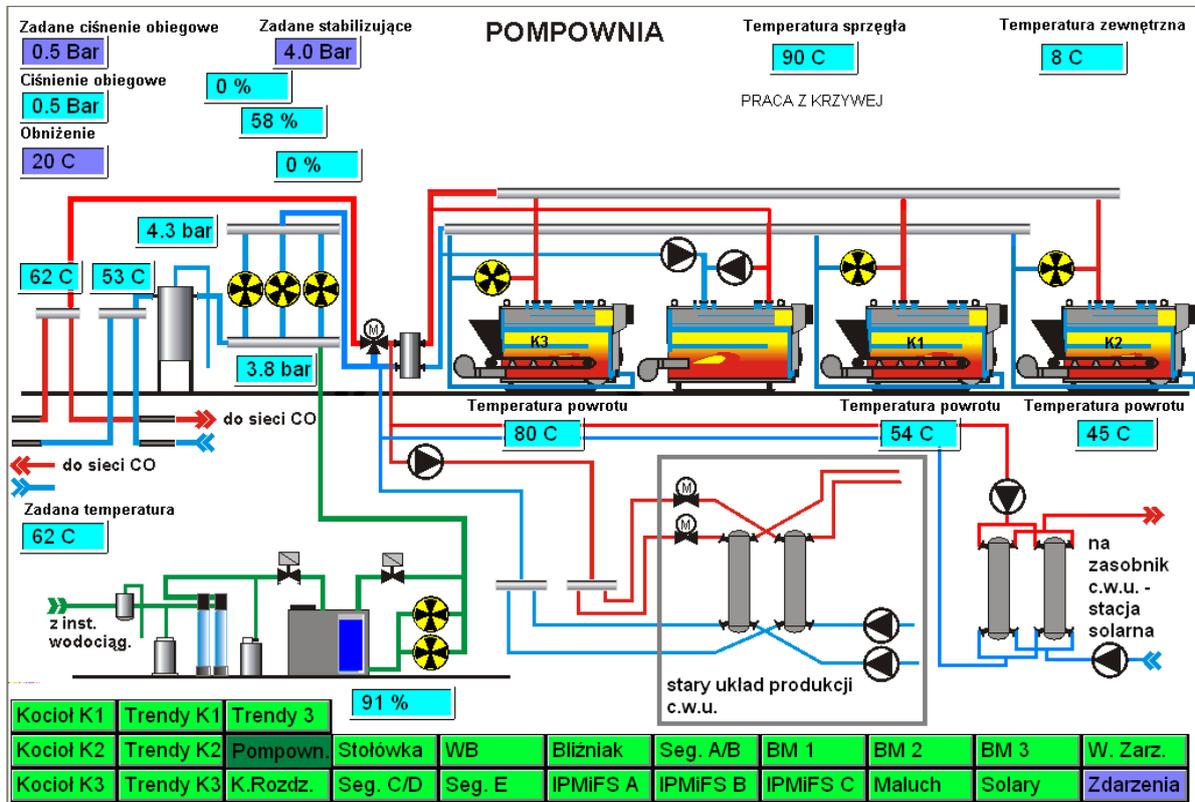


Imagen 5. Esquema térmico actual

La instalación se completa con un sistema de bombas de agua de distribución al circuito del Campus, con una capacidad de 120 m³/h, los sistemas de regulación de los circuitos, almacenamientos intermedios, sistemas de intercambio y colectores y redes de distinto diámetro, que distribuyen el agua caliente a las subestaciones que se encuentran ubicadas en los diferentes edificios, a través de un conjunto de galerías subterráneas.

El sistema de producción se organiza en dos circuitos que se independizan mediante un depósito de compensación: circuito primario, de las calderas al depósito de compensación, y circuito secundario, del depósito a los colectores de distribución y de éstos a las diversas subcentrales distribuidas por los diferentes edificios del Campus.

Las calderas aun siendo antiguas, se encuentran en bastante buen estado y los rendimientos que consiguen son aceptables: 82% con exceso de aire de un 7% y temperatura de humos aproximadamente de 160°C.

Cada caldera dispone de una bomba de circulación y una válvula de tres vías que garantiza una temperatura de retorno del agua mínima de 50°C para evitar condensaciones de los humos que pudieran dañar a la caldera. Estas bombas trabajan contra un depósito de compensación del que toman el agua caliente las bombas de distribución a los edificios, a través del colector de distribución.

Las redes generales y las redes áreas de distribución ubicadas en el exterior de los edificios se encuentran calorifugadas con recubrimiento de aluminio. La instalación en el interior de los edificios es vista, realizándose mediante tubo de acero sin aislamiento exterior.

Todo este conjunto de dispositivos, al igual que las calderas de combustión, se controla a través del sistema de regulación y control centralizado.

La instalación cuenta con un sistema de control que regula el funcionamiento del conjunto.

La temperatura del agua de distribución del sistema a los edificios se regula en función de la temperatura exterior, siguiendo curvas características que relacionan ambas temperaturas.

Por la misma razón antes mencionada, la central de producción térmica únicamente funciona de finales de septiembre a finales de junio y normalmente en el horario comprendido entre las 6h hasta las 19h. Según información facilitada por el personal de mantenimiento, el horario de funcionamiento es de 6h a 19 h los lunes, y de 7h a 19h de martes a viernes, pudiendo llegar a jornada de 24 h en condiciones extremas de climatología externa, invierno.



Imagen 6. Sala de calderas de la planta de producción térmica

La única fuente de energía empleada en las instalaciones, objeto del presente estudio, que se tomará en consideración, es el carbón, dada la escasa y/o nula utilización del gas natural. Los consumos de energía final y costes energéticos facilitados por la Universidad correspondientes a dos periodos operativos de la central de producción, son los siguientes:

Tabla 1. Consumo de energía final y costes – Carbón

Periodo	Consumo			Coste
	toneladas/año	kWh pci	kWh pcs	(€)
2016-2017	2.620	21.188.184	22.862.851	340.600
2017-2018	2.493	20.161.123	21.754.614	324.090

Tratando los datos de consumo de la instalación en un curso escolar, es decir comenzando en septiembre, podemos obtener una gráfica tipo como la siguiente:

Mes Tipo	Consumo Carbón toneladas
Septiembre	80
Octubre	211
Noviembre	290
Diciembre	430
Enero	450
Febrero	415
Marzo	230
Abril	192
Mayo	130
Junio	65
Julio	0
Agosto	0
Total Medio	2.493

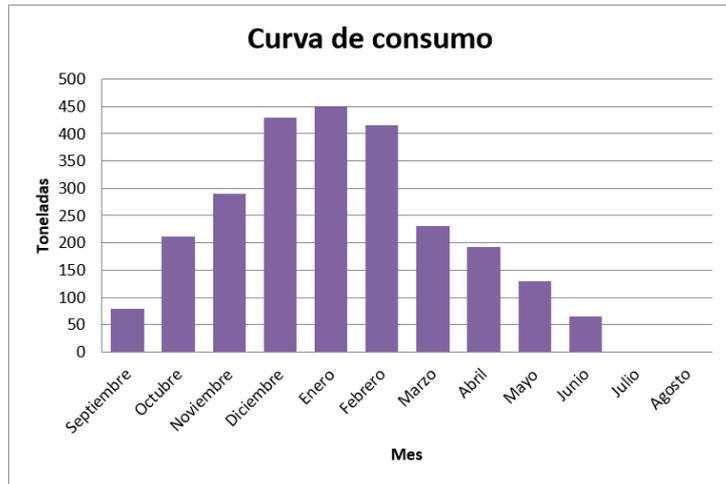


Tabla 2. Consumo mensual – Carbón

Gráfico 1. Consumo – Carbón

Debido a las bajas temperaturas que se alcanzan en la zona, en invierno, dónde se llega a valores por debajo de los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, el consumo se dispara en los meses más fríos y baja considerablemente en los meses de primavera, especialmente, en los que las temperaturas aumentan de manera notable. El promedio anual de consumo de carbón oscila en el entorno a los 2.500 t/año, pudiendo variar esta cantidad en función del año y la climatología más o menos adversa.

La planta trabaja solo en los meses de curso escolar, parando totalmente los meses de julio y agosto, con periodos de trabajo de la instalación máximos de 744h en temporada de invierno.

La moneda de Polonia es el zloty, que se reconoce con las siglas bancarias PLN. El equivalente entre zloty/euro es de unos 4,3 zloty por cada euro.

El precio actual del carbón de silesia en Polonia es de 559 zloty/t, lo que traducido a la moneda euro equivaldría a 130 euro/t.

Junto a la planta de generación, se dispone de 112 paneles solares térmicos en una cubierta, que se utilizan para precalentar el agua del edificio conjunto en el que se encuentran las bombas y la envían a la planta de producción, para ser distribuida desde ésta. La potencia total de dichos paneles es de 250kW.



Imagen 7. Vista aérea de los paneles solares térmicos instalados en la planta de producción



Imagen 8. Almacenamiento actual de carbón

Las características del carbón utilizado se corresponden a las siguientes:

Carbón			
PLN (zloty)/t	PCI (MJ/kg)	PCS (MJ/kg)	Relación PCI/PCS
559	29,1	31,4	
euro/tn	kcal/kg	kcal/kg	0,9268
130,00	6.955	7.505	

Tabla 3. Características del carbón utilizado

2.4 Sistema eléctrico actual

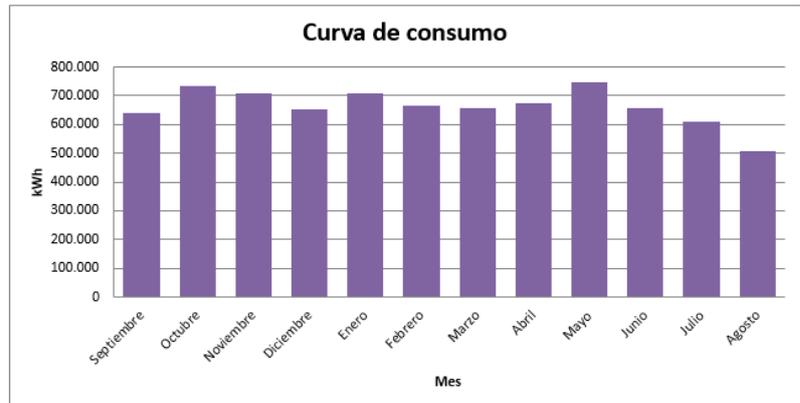
Eléctricamente hablando, el Campus se abastece a través de una línea de 30 kV, a un centro de distribución principal de 3,3 MW.

La distribución de consumos es bastante regular, con valores que se sitúan en el entorno anual de los 8 GWh.

Los valores agregados de consumo de las instalaciones se corresponden a los siguientes:

Mes Tipo	Consumo EE kWh
Septiembre	639.714
Octubre	733.269
Noviembre	709.613
Diciembre	653.485
Enero	706.554
Febrero	665.506
Marzo	655.362
Abril	673.976
Mayo	744.638
Junio	655.846
Julio	610.691
Agosto	506.786
Total Medio	7.955.440

Tabla 4. Consumo mensual de energía eléctrica



Gráfica 2. Consumo energía eléctrica

Por otro lado, el edificio de generación dispone de dos grupos electrógenos de apoyo para cubrir los posibles fallos eléctricos.

A los efectos de costes, para instalaciones eléctricas con una capacidad de contrato superior a 40 kW, se ofrecen las tarifas C21, C22a y C22b, dependiendo de las características de su operativa laboral, consumos básicamente diarios, dos periodos o tres periodos.

En nuestro caso, y a los efectos de cálculo, consideraremos la tarifa C21, con las siguientes características:

TARIFA (C21)

Término de energía:

- PLN 0,3615/kWh (todo el día)

Imputado por Distribución:

- Componente variable y Tasa de Calidad: PLN 0,11512/kWh

Cuota de Comercio: PLN 41/mes

Otros conceptos:

- Fijo Tarifa Red: PLN 8,02/kW/mes
- Cuota Interina: PLN 1,65 kW/mes
- Suscripción: PLN 10 /mes

A los efectos económicos, consideraremos un coste de energía eléctrica de PLN 0,4766/kWh.

APUNTE DEL MERCADO ELÉCTRICO EN POLONIA

La Ley base de la regulación del Sistema Eléctrico, en Polonia, se corresponde a la Ley de Energía de 10 de abril de 1997.

A partir del 1 de julio de 2007, el mercado de electricidad en Polonia introduce la norma de desagregación de actividades. Las compañías de energía existentes se dividieron en compañías de comercialización de electricidad y operadores de sistemas de distribución. Se separa la Comercialización (Mercado) de la Distribución (Redes).

Además, para garantizar la plena libertad de operación del mercado, se ha introducido el principio de Tercera Parte de Acceso, el llamado TPA, es decir, el acceso de terceros a la red de distribución. Gracias a este principio, las empresas comercializadoras pueden proporcionar servicios de venta de electricidad a clientes ubicados en cualquier parte del País, con el objetivo de fomentar la competitividad de las empresas y abrir el mercado a los consumidores.

3. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

El abastecimiento actual del Campus no favorece al cumplimiento de las leyes o los acuerdos tomados en las últimas cumbres medioambientales. Es por ello, que en este trabajo vamos a proponer sustituir todo/parte del sistema actual utilizado, por usos de energías renovables, que propicien y colaboren en el alcance de los objetivos fijados. Dentro de las posibilidades que las energías renovables ofrecen, utilizaremos tres sistemas de abastecimiento simultáneo: biomasa para el sistema térmico, y pequeñas instalaciones de solar fotovoltaica y mini eólica, o eólica de media potencia, para el sistema eléctrico.

Describimos someramente los sistemas de energías alternativas seleccionados:

3.1 Energía solar fotovoltaica

Se define la energía solar fotovoltaica como aquella que se obtiene a través de la luz solar para su conversión en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Este proceso se basa en la capacidad del material utilizado, para crear los paneles fotoeléctricos, de absorber fotones y liberar electrones, creando, de esta manera, una corriente eléctrica.

El elemento principal de los dispositivos solares fotovoltaicos es la célula solar, que cumple la función de generador. Estas placas semiconductoras de un espesor aproximado de 0.3mm están compuestas en su mayoría por Silicio mono cristalino, poli cristalino o amorfo.

Si analizamos la anatomía de una célula fotovoltaica y su funcionamiento encontraremos lo siguiente:

La parte inferior de la placa, también llamada capa P, es la capa que no debe recibir luz, lo que permite que la misma se metalice por completo. En esta capa el principal componente utilizado, Silicio (Si), se complementa con Boro (B), creándose huecos en la composición, debido a la falta de electrones, que convierten esta placa en una con carga positiva.

La placa intermedia, creada únicamente con Silicio y eléctricamente neutra, permite el movimiento de los electrones de la placa P a la placa superior N.

La tercera y última placa, la superior, también llamada N, es la placa que se encuentra en contacto directo con la luz solar. Esta capa está compuesta de Silicio y Fósforo (P), y en la misma se genera un exceso de electrones que hacen de esta placa, una de carga negativa.

Cuando la célula solar fotovoltaica se conecta a una carga y recibe luz solar, comienza la circulación de electrones, a causa de una diferencia de potencial. El flujo de electrones ocurre desde la capa N a la capa P a través del circuito conectado. Cuando los electrones libres llegan a la capa P, pueden cruzar la capa intermedia P/N hasta llegar a la capa N y comenzar de nuevo el proceso a través del circuito.

Sobre este conjunto de placas se colocan otras varias placas de distinto material, entre ellas una placa de vidrio, para proteger la célula de los impactos meteorológicos y ambientales.

Al unir varias de estas células, obtenemos un panel solar que se mantiene sobre una estructura o soporte. Estos paneles proporcionan en su salida de conexión una tensión continua. Dependiendo del parámetro que queramos aumentar a la salida del mismo, uniremos las células de una manera determinada: en serie para obtener una mayor tensión o en paralelo para obtener una mayor intensidad.

Entre los paneles solares fotovoltaicos y las baterías donde se convertirá la energía química en eléctrica se colocan un sistema de regulación. De esta manera, se evitan las sobrecargas en el sistema.

Para el consumo de la energía obtenida a partir de estos dispositivos se utiliza un inversor que convierte la energía continua adquirida en el proceso en corriente alterna.

Debido al bajo coste de esta fuente de energía y su potencial, es un mercado que crece de manera exponencial, anualmente. Ejemplo de esto potencial, fue la participación que tuvo la energía solar fotovoltaica en el suministro eléctrico tras la desconexión de ocho centrales nucleares, en Alemania, tras el desastre de Fukushima.



Imagen 9. Paneles solares fotovoltaicos

3.2 Energía mini eólica o eólica de media potencia

La energía eólica es la energía renovable más madura y desarrollada, principalmente en tierra. Genera electricidad a través de la fuerza del viento, mediante la utilización de la energía cinética producida por efecto de las corrientes de aire. La energía eólica mueve una hélice y, mediante un sistema mecánico, hace girar el rotor de un generador que produce energía eléctrica.

Se trata de una fuente de energía limpia e inagotable, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero y preserva el medioambiente.

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad, barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Desde principios del siglo XX se utiliza para la producción de energía eléctrica a través de los aerogeneradores. que suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos, con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de la energía, lo que reduce su impacto ambiental.

Es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y a día de hoy una de las energías más maduras y eficientes.



Imagen 10. Aerogeneradores

La energía eólica instalada en el mundo creció un 9,6% en 2018, hasta situarse en 591 GW de potencia instalada, según datos del Global Wind Energy Council (GWEC). China, Estados Unidos, Alemania, India y España son los primeros productores mundiales.

Existen dos aplicaciones generales de utilizar la energía eléctrica generada a partir de los aerogeneradores de baja potencia: instalaciones aisladas e instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Las instalaciones aisladas a la red eléctrica, con pequeñas turbinas eólicas, pueden ser fuente económica de electricidad para sitios aislados. La aplicación más común de sistemas aislados es la electrificación de viviendas rurales.

Las pequeñas turbinas eólicas brindan una solución muy atractiva para el apoyo a la electrificación in situ en muchos lugares, pero generalmente la fluctuación del viento hace que no se pueda obtener una producción de electricidad de manera constante. Por esta razón, frecuentemente, se usan en combinación con otra fuente de generación: por ejemplo, paneles fotovoltaicos, generador eléctrico a base de diesel, o simplemente conectadas a las redes de distribución final (BT o MT), a las que pertenecen el punto/puntos de consumo asociados, como apoyo a la red de distribución general. Estos tipos de sistemas se denominan “sistemas híbridos”, y una de las mayores ventajas que presentan, con respecto a un sistema individual, es que dan una mayor seguridad para el suministro de energía eléctrica.

3.3 Energía de biomasa

La biomasa es la materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. Esta materia orgánica es originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado y es utilizada como una fuente de energía.

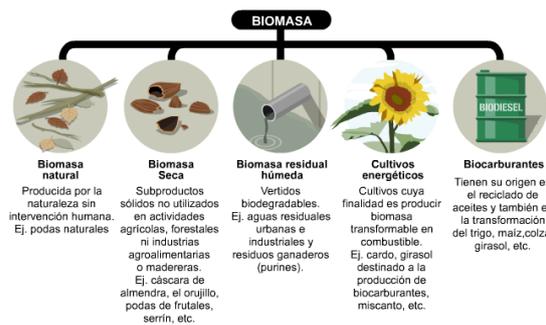


Imagen 11. Tipos de biomasa

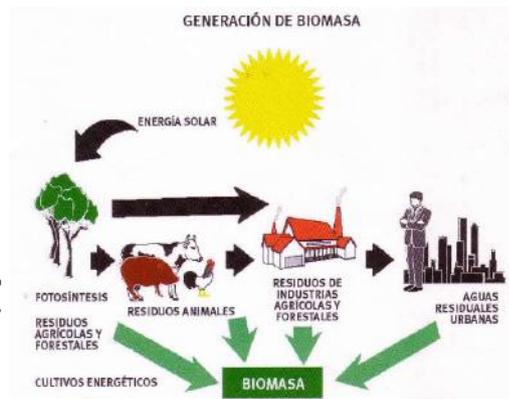


Imagen 12. Generación de biomasa

La biomasa es una fuente energética basada en el aprovechamiento de materias orgánicas de origen vegetal o animal, incluidos los productos y subproductos resultantes de su transformación natural o artificial. No se consideran biomasa los combustibles fósiles, ya que, aunque pudieran tener un origen similar, han sido profundamente transformados por la naturaleza a lo largo de muchos años.

En definitiva, bajo la denominación de biomasa se recogen materiales energéticos de muy diversas clases, como son: residuos forestales, residuos agrícolas leñosos y herbáceos, residuos de procesos industriales diversos, cultivos realizados con fines energéticos, materiales orgánicos contenidos en los residuos sólidos urbanos, biogás procedente de residuos ganaderos o de residuos biodegradables de instalaciones industriales, de la depuración de aguas residuales urbanas o de vertedero, etc.

Esa gran variedad de materiales que componen la biomasa permite aplicaciones diferentes, que varían según el tratamiento previo al que se la someta: refinado (para homogeneizar las características del material empleado), fermentación, pirolisis, gasificación, esterificación, etc. En función de dicho proceso previo, la energía procedente de la biomasa permite la Producción térmica, la más sencilla en su uso, mediante el empleo en caldeas, como combustible (en los últimos años han ido apareciendo equipos cada vez más eficientes que queman astillas, briquetas de madera o los llamados pellets, madera triturada y compactada).

Respecto a las ventajas que se obtienen por la generación de energía mediante el aprovechamiento de biomasa, se puede destacar en primer lugar que produce una considerable disminución de las emisiones de CO₂. La biomasa se considera una fuente energética neutra en CO₂, ya que la cantidad de este gas que se emite en su combustión equivale a la absorbida durante el crecimiento de la planta. A esto habría que añadir, para ser rigurosos con el análisis de ciclo de vida del proceso, una cierta cantidad de CO₂ que se emite por otras actividades necesarias para la explotación energética, como el transporte de equipos o la construcción de instalaciones. También se evita la emisión de contaminantes sulfurados o nitrogenados, y se reduce en gran medida la emisión de partículas sólidas.

4. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

En el contexto actual favorable, se ha propuesto analizar las posibilidades de transformar el sistema actual mediante la incorporación de energías renovables. Para ello, se proponen las alternativas mencionadas previamente.

4.1 Descripción y dimensionamiento de la instalación de biomasa

Se analiza el diseño de la instalación de generación térmica actual, complementándola con los equipos necesarios para la utilización de biomasa como combustible, para abastecer la demanda térmica anteriormente descrita para el Campus.

4.1.1 Análisis del consumo energético y la demanda térmica en la situación actual

Para la determinación de la demanda térmica útil, durante el periodo de estudio, se ha considerado un rendimiento medio o estacional del 82% en colector térmico, en esta situación la demanda total ha sido de 16.532.1221kWh útil/año.

A continuación, se resumen los consumos y las demandas mensuales para el periodo considerado:

Mes Tipo	CARBÓN		
	Consumo (t)	Consumo (kWh pci)	Demanda (kWh útil)
Septiembre	80	646.967	530.513
Octubre	211	1.706.377	1.399.229
Noviembre	290	2.345.257	1.923.111
Diciembre	430	3.477.450	2.851.509
Enero	450	3.639.192	2.984.137
Febrero	415	3.356.144	2.752.038
Marzo	230	1.860.031	1.525.226
Abril	192	1.552.722	1.273.232
Mayo	130	1.051.322	862.084
Junio	65	525.661	431.042
Julio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Total Medio	2.493	20.161.123	16.532.121

Tabla 5. Consumo y demanda del Campus – Carbón

4.1.2 Análisis del consumo energético y la demanda térmica con biomasa

Para la determinación del consumo que se produciría en la situación prevista, con la incorporación de las calderas de biomasa, se parte de la demanda considerada en el apartado anterior y su cobertura con el nuevo combustible, en función de las características propias del

mismo, densidad y poder calorífico, así como un nuevo rendimiento medio o estacional del 87% en colector térmico, ya que se puede considerar que las nuevas calderas a instalar tienen un rendimiento superior al de las existentes. En esta situación el consumo total sería de 19.002.438kWh/año.

En los cálculos relativos a la cantidad de biomasa a emplear se supondrá que el combustible único a emplear es la astilla de madera.

Con estas consideraciones, la sustitución supondría unas nuevas necesidades anuales de biomasa de 5.429 toneladas.

Mes Tipo	CARBÓN			BIOMASA	
	Consumo (t)	Consumo (kWh pci)	Demanda (kWh útil)	Consumo (kWh pci)	Consumo (t)
Septiembre	80	646.967	530.513	609.785	174
Octubre	211	1.706.377	1.399.229	1.608.309	460
Noviembre	290	2.345.257	1.923.111	2.210.472	632
Diciembre	430	3.477.450	2.851.509	3.277.597	936
Enero	450	3.639.192	2.984.137	3.430.043	980
Febrero	415	3.356.144	2.752.038	3.163.262	904
Marzo	230	1.860.031	1.525.226	1.753.133	501
Abril	192	1.552.722	1.273.232	1.463.485	418
Mayo	130	1.051.322	862.084	990.901	283
Junio	65	525.661	431.042	495.451	142
Julio	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0
Total Medio	2.493	20.161.123	16.532.121	19.002.438	5.429

Tabla 6. Consumo y demanda de Campus – Biomasa

4.1.3 Especificación de la biomasa a emplear como combustible

El combustible seleccionado es biomasa forestal, concretamente astilla de madera. No obstante, se han seleccionado equipos (caldera con su sistema de alimentación) que puede trabajar tanto con astilla de madera como con pellets de madera. Esto no significa que es posible un cambio habitual en el combustible a utilizar, ya que dicho cambio requiere unos ajustes a realizar en los equipos de alimentación y en la propia caldera.

La biomasa a utilizar como combustible deberá estar en forma de astilla y tendrá las siguientes características:

- Tamaño de la astilla: Especificación EN 17225 (EN 14961). Se trata de una especificación que aúna tamaño de astilla con distribución granulométrica.

Las características son:

- Tipo de combustible: Astilla de madera natural
- Granulometría: P45/63

Como mínimo el 60% de las astillas deberán tener un tamaño de partículas entre 5,6 y 31,5 mm. Además, la longitud máxima de la astilla queda fijada en 12 cm, y la sección transversal máxima en 5 cm².

- Humedad: la astilla deberá estar por debajo de 35% de humedad, aunque lo deseable es que la humedad de entrada sea de alrededor del 30% en base húmeda.
- Poder Calorífico Inferior (PCI): 3,5kWh/kg, en el rango de humedad señalado.
- Densidad estimada: 0,35 t/m³.

4.1.4 Dimensionamiento y diseño del almacenamiento. Cantidad de biomasa

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) en su instrucción técnica IT 1.3.4.1.4 "Almacenamiento de biocombustibles sólidos", dispone que en los edificios la capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir el consumo de 2 semanas. Este es el criterio de dimensionamiento para el silo que se empleará en el presente Estudio.

En el emplazamiento previsto, que es la central de producción existente, y pensando en la sustitución de la totalidad del carbón por biomasa, se dispone de espacio para la implantación del silo de biomasa y los sistemas de alimentación a silo y a las calderas correspondientes, con lo cual el volumen disponible estimado para el silo y que este cubra, al menos, 2 semanas de consumo, va a condicionar el dimensionamiento del mismo, cobertura con biomasa de la demanda, al menos, en el mes más desfavorable.

Considerando el mes más desfavorable, enero, dos semanas de consumo, requerirían dimensionar el silo para una disponibilidad de biomasa, en el entorno a las 490 toneladas.

La cantidad de biomasa almacenada equivaldría a un consumo útil de 1.715.021kWh. Para estas condiciones de silo, y un funcionamiento de 15 días o 2 semanas, con un periodo de encendido del sistema máximo de 168 horas por semana, si suponemos que el equipo consume al 100% durante dicho periodo, la potencia resultante requerida sería de 5.104 kW.

Así, se prevé habilitar el silo en el espacio que ocupaba el área de parque de carbón, próxima a la central de producción, ocupando aproximadamente 325 m² útiles en esa zona, con una forma rectangular.

Este silo podrá cargarse con biomasa de dos formas:

- Mediante sistema neumático (manga de descarga) desde el camión por la zona superior del mismo (urbanización exterior al edificio).
- Mediante una tolva (que se alimentaría mediante camión volquete) con alimentador vertical móvil, que se ubicaría en el exterior al edificio.

Esta tolva no dificultará el acceso al mantenimiento de los equipos de la central de producción.



Imagen 13. Camión de suministro tipo volquete con sistema neumático(*IDAE*)



Imagen 14. Camión de suministro con suelo móvil (*IDAE*)

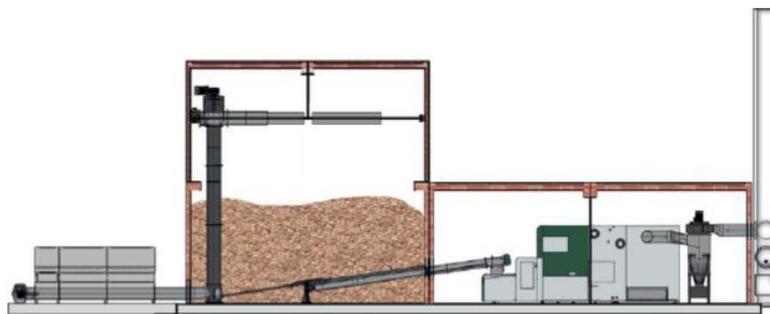


Imagen 15.Ejemplo de sistema de alimentación con tolva y alimentador vertical. (*HERZ*)

En la implantación prevista para el silo de biomasa (en general, por el emplazamiento de la sala de calderas), se debe considerar la limitación para el acceso de los camiones de descarga de biomasa.

4.1.5 Dimensionamiento de los nuevos equipos

Se ha optado por una configuración de cuatro (4) calderas cuya función principal será abastecerla demanda de calefacción, aportando caudal de agua caliente al colector principal de distribución (a través de una subestación de intercambio), manteniendo la actual caldera de gas natural, como apoyo junto con el resto de calderas.

En el dimensionamiento de una instalación de generación de calor mediante biomasa, es importante considerar las diferencias que existen en las características de las calderas y el funcionamiento de las mismas, en comparación con las calderas convencionales que emplean combustibles fósiles.

Los sistemas de generación de calor con biomasa se diseñan teniendo en cuenta la inercia de la combustión de la biomasa, es decir, el hecho de que se sigue generando calor una vez que se apaga la caldera debido al calor que acumula la madera hasta que se apaga totalmente.

Para aprovechar este calor residual, es habitual el empleo de depósitos de inercia que actúan como acumuladores.

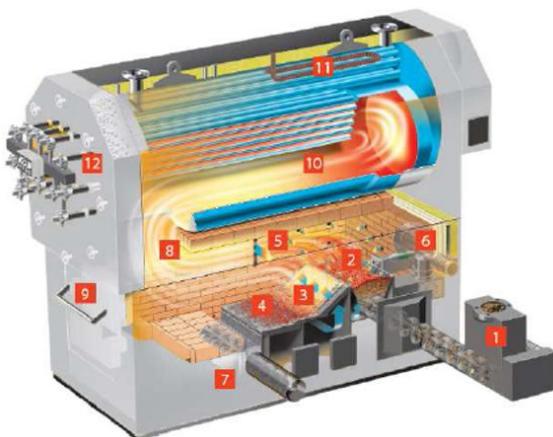
Por otro lado, también es conveniente, por durabilidad y eficiencia del sistema, minimizar los arranques y paradas de las calderas de biomasa. Por tanto, y en comparación con un sistema convencional, las instalaciones de biomasa tienen menor potencia instalada y un mayor volumen de acumulación de agua caliente, de forma que se puede operar de continuo durante más horas (evitando arranques y paradas), se aprovecha la inercia de la combustión de la biomasa y se dispone de depósitos térmicos que complementan la producción térmica de la caldera en horas de demanda máxima.

NUEVA SALA DE CALDERAS

Como se ha comentado previamente, se prevé la instalación de cuatro calderas de 1.400 kW de potencia térmica útil, con tres pasos de humos, para una presión máxima de trabajo de 6 bar. Para combustibles de biomasa con un contenido de humedad máximo del 55%. Las calderas serán de la casa comercial VIESSMANN modelo Vitoflex 300-FSB.

A los efectos de cálculo, se ha estimado un rendimiento medio del 87%.

- Potencia nominal: 1.628 kW
- Potencia útil: 1.400 kW
- Potencia mínima: 350 kW
- Medidas: 4,2 x 1,9 x 4,5
- Peso: 21.422 kg
- Volumen de agua de la caldera: 3.720 litros
- Presión de servicio permitida: 6 bar
- Temperatura operativa máxima: 100 °C
- Conexión salida de humos: 630 mm



- 1.- Sistema de tornillo sin fin
- 2.- Tolva de combustión con parrilla interior y aires primario 1
- 3.- Parrilla exterior con aire primario 2
- 4.- Parrilla móvil de agotamiento de la combustión
- 5.- Aire secundario
- 6.- Sistema de encendido
- 7.- Retirada de ceniza
- 8.- Zona de alta temperatura para agotamiento de la combustión
- 9.- Puerta de acceso al Hogar
- 10.- Caldera de tres pasos de gases
- 11.- Intercambiador de calor de seguridad
- 12.- Limpieza neumática de haz tubular

Imagen 16. Caldera Viessmann

La cámara de combustión está revestida de ladrillo refractario con alto contenido de arcilla, comprimido y secado para una mayor resistencia.

Todos los elementos de la parrilla están hechos de acero fundido de cromo de alta calidad y grosor, resistentes también a las temperaturas más elevadas. La caldera dispone de un intercambiador de calor triple, para conseguir una transmisión de calor y eficiencia máximas.

FUNCIONAMIENTO

Cada caldera dispone de un tornillo sin fin (1), el cual introduce el combustible en la tolva de combustión (2) y, desde esta, pasa a la parrilla interior. En esta tolva de combustión y parrilla interior se realiza un pre secado y desgasificado del combustible, empleando para ello aire primario que se impulsa contra el combustible. El caudal de aire que se impulsa para realizar este secado y desgasificado es controlado de forma precisa en función de las necesidades, mediante el sistema de control propio de la caldera. El combustible pasa a continuación a la parrilla exterior (3) y de ahí a la parrilla móvil de agotamiento (4), donde se procede al desgasificado completo del combustible mediante la entrada de aire primario. El gas generado se quema por completo mediante la entrada de aire secundario (5). El caudal introducido lo controla de forma precisa el controlador de la caldera. Esta combustión se realiza en la zona de alta temperatura para agotamiento de la combustión (8). La caldera posee tres pasos de humos (10). Dispone de un sistema de seguridad mediante intercambiador auxiliar (11).

La ceniza se retira del lecho mediante una evacuación automática (7), que la transporta a un contenedor estándar. Tiene la posibilidad de realizar una limpieza neumática del haz tubular (12).

La caldera dispone de un sistema de regulación, de forma que la potencia térmica de la caldera se ajusta de forma modulante al consumo de calor.

El sistema controla también la temperatura de entrada y salida de la caldera, el estado del lecho de combustión, la admisión, la temperatura de los gases de escape, el contenido de oxígeno de los gases de escape (sonda lambda) y la temperatura del acumulador de inercia.

DATOS BÁSICOS

DATOS CALDERA BIOMASA

• Potencia nominal:	1.628 kW
• Nº Equipos:	4
• Consumo Punta:	849,4 kg/h
• Consumo Máximo:	658,6 kg/h

DATOS DE COMBUSTIBLE

• Tipo:	Astilla forestal
• Tamaño recomendado:	G50
• Tamaño máximo:	G100
• Almacenada máximo:	1.474 m3h
• Nº días acumulación:	14
• Mes máximo consumo:	Enero
• Consumo mes máximo:	3.430.043 kWh
• Consumo anual:	19.002.437 kWh

FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL DE PRODUCCIÓN

En cuanto al sistema de funcionamiento de la central de producción, se seguirá la estrategia de aumentar la potencia del conjunto caldera/bomba hasta llegar al 100% y después poner en funcionamiento otro conjunto. Esta es la mejor forma de aumentar el rendimiento global de la central térmica. En las calderas de biomasa, el rendimiento instantáneo aumenta según se acercan al funcionamiento de la caldera a plena carga.

Como las calderas de biomasa van a suministrar la totalidad de la energía térmica, será interesante que los equipos trabajen cerca de su carga máxima. Por ello, la estrategia de funcionamiento será la de forzar a los generadores a llegar al 100% de su potencia antes de que el siguiente conjunto caldera/bomba se ponga en marcha.

Esta estrategia de operación es una medida para optimizar los impactos que las calderas de biomasa tendrán a nivel energético, económico y medioambiental.

Al hacer trabajar la primera caldera de forma constante a una determinada carga, por encima del 40-50%, conseguimos mejorar su rendimiento y minimizar las emisiones de gases de combustión:

- El rendimiento de la caldera se acercará al óptimo repercutiendo en un menor consumo de combustible.
- El refractario estará caliente y no existirán “puntos fríos” que formen combustiones incompletas (altos contenidos de CO, inquemados y humos negros).
- La parrilla se mantendrá con un nivel de carga elevado, y de esta manera se asegurará que no existan en esta, zonas sin cubrir de combustible. Se evita de esta forma que el aire primario pase por la parrilla sin atravesar combustible generando “puntos fríos” con las consecuencias anteriormente mencionadas.

El sistema de funcionamiento propuesto conseguirá que las calderas en operación funcionen el mayor tiempo posible por encima del 50% de carga y de la forma más continuada posible sin cambios bruscos de carga que originan aumento de CO, NOx, e inquemados, incremento de la velocidad de ensuciamiento de la caldera y humos negros.

Como es habitual en este tipo de instalaciones, se incorporarán depósitos de inercia, con la finalidad principal de acumular la energía, o calor residual procedente de las calderas de biomasa, para redistribuirla por el circuito cuando sea necesario, consiguiendo que la instalación funcione mejor y de manera más eficiente.

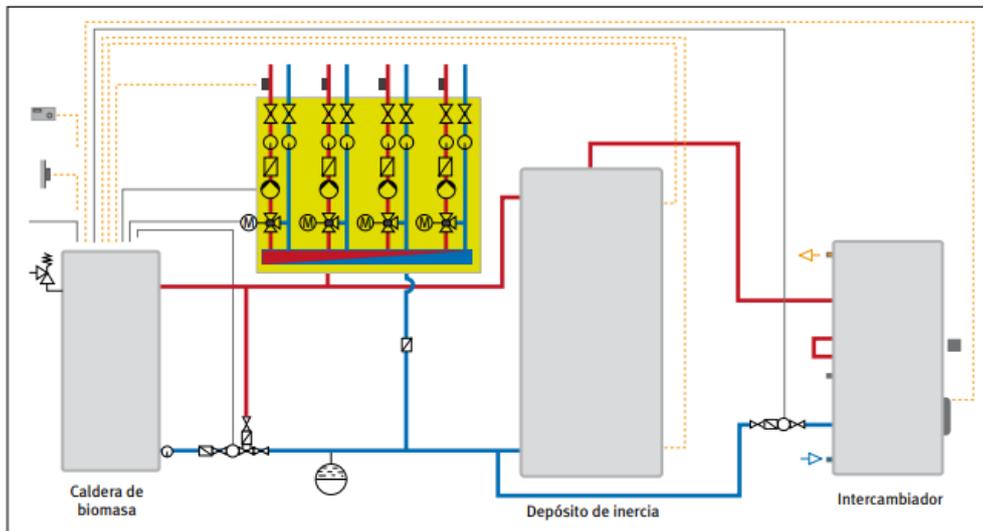


Imagen 17. Caldera de biomasa ayudada por depósito de inercia. (IDAE)

4.1.6 Viabilidad de la instalación planteada

A continuación, se determinarán las principales variables a determinar, para valorar la viabilidad de la instalación de generación térmica utilizando como combustible biomasa, descrita anteriormente.

Tendremos en cuenta que, la moneda de Polonia es el zloty, que se reconoce con las siglas bancarias PLN. El equivalente entre zloty/euro es de unos 4,3 zloty/euro.

4.1.6.1 Consumo y coste previsto de energía

El coste actual del carbón se sitúa en los 559 zloty/t (130 €/t), con lo cual su coste actual anuales de 324.090 €.

Considerando todas las variables descritas anteriormente, el consumo previsto de astilla es de 5.429 toneladas/año.

El coste de la astilla puesta en el silo (con camión volquete) considerado como base (coste de mercado) es de 55 €/t, con lo cual el coste anual previsto sería de 298.610 €.

Con estos condicionantes, el consumo de biomasa (astilla) supone un ahorro anual en combustible de 25.480 €

4.1.6.2 Costes de operación y mantenimiento

El coste actual del mantenimiento de la instalación de calderas de carbón, se valora en 65.500 €/año. Este coste incluye mantenimiento preventivo y correctivo de todo el sistema de generación y distribución de calor.

En lo que respecta a la nueva instalación de biomasa, al tratarse de una instalación renovada de calderas, equipos y componentes, con mayores garantías y un mayor equipamiento en regulación y control, sus costes de mantenimiento, se van a considerar optimizados, lo que va a representar un ahorro estimado de 32.000 €/año.

En cuanto a la operación se considera que personal propio se encargará del control del llenado del silo, y trabajos equivalentes, similar a la situación actual.

La combustión de astilla de madera genera cenizas, las cuales se van almacenando en un contenedor, que periódicamente se debe vaciar. El coste de gestión puede situarse en el entorno de los 0,36 €/kg generado. Lo mismo ocurre con la combustión de carbón, y aunque algunos suministradores estiman que su volumen puede reducirse significativamente, a efectos de valoración económica, no se ha tenido en cuenta.

Por consiguiente, el ahorro anual considerado, por estos conceptos, sería de: 32.000 €.

4.1.6.3 Costes por Derechos de Emisión de CO₂

El modelo de transición energética previsto en Europa, supone una evolución hacia el incremento del consumo de renovables y la penalización en las emisiones, básicamente de CO₂. En este sentido, las instalaciones abastecidas con biomasa en sus diferentes formas (astillas, pellets, etc.) son respetuosas con el medio ambiente al presentar una emisión reducida de contaminantes a la atmósfera y no contribuir al efecto invernadero, en lo que respecta a la emisión de CO₂, por tener un balance neutro. Esta última característica ayuda a cumplir los acuerdos sobre el cambio climático.



Gráfica 3. Objetivos climáticos de la UE para 2030 (Agencia Europea del Medio Ambiente)



Gráfica 4. Cuota UE de renovables para 2030 (Agencia Europea del Medio Ambiente)

El factor de emisión considerado para el combustible actual empleado, carbón, es de 1,826 kg CO₂/kg, lo que representa una emisión de 4.552 t/año.

Esta consideración es importante a la hora de valorar el efecto económico de la sustitución de calderas y el empleo de biomasa.

El valor a tener en cuenta del coste evitado de emisión de CO₂, en valores medios europeos, se corresponde al valor medio de las últimas 30 sesiones de subastas, siendo éste de 25,42 €/t CO₂.

Precios CO ₂ (SPOT)	EUA
Último cierre (10-05-2019)	25,54 €
Media de las últimas 5 sesiones	26,04 €
Media de las últimas 30 sesiones	25,42 €

Tabla 7. Precio actual –CO₂

Derechos de Emisión 2019 (EUAs)

Precios CO ₂	EUA
Media anual	23,20 €
Enero	23,24 €
Febrero	20,99 €
Marzo	21,95 €
Abril	25,67 €
Mayo	25,70 €

Tabla 8. Precio medio – CO₂

Con estas consideraciones, el efecto de ahorro en costes por derechos de emisión de CO₂, supondría 115.717 €/año.

4.1.6.4 Ahorro anual

Con todos estos datos, se calcula el ahorro anual, como la diferencia entre el coste del combustible empleando únicamente biomasa, con las nuevas calderas, y la suma de los conceptos por operación y mantenimiento. Dicho ahorro anual se correspondería al primer año de operación.

En este caso, el ahorro anual total en el primer año de operación es de 173.198€/año.

4.1.6.5 Inversión estimada

La inversión estimada para la instalación se desglosa a continuación:

DESCRIPCIÓN ELEMENTOS PRINCIPALES	€
Desmontaje y Demolición	30.000
Calderas agua caliente Biomasa de 1400 kW	612.000
Chimenea modular de acero inoxidable	76.000
Silo y Sistema extracción y llenado de biomasa	150.000
Elementos en Redes de Agua	160.000
Depósitos inercia	80.000
Gestión centralizada, material de campo e instrumentación	105.000
Electricidad	175.000
Pruebas y Puesta en marcha	25.000
Varios e imprevistos	40.000
TOTAL	1.453.000

Tabla 9. Inversión– Biomasa

La inversión total por sustitución de calderas, sistema de almacenamiento y suministro de biomasa y modificaciones en el sistema general de generación térmica es de 1.453.000 €

4.2 Descripción y dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica

Dentro de las energías renovables, la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico, constituye una solución de características especialmente interesantes, muy versátil, muy sencilla de operar y rápida de instalar. La electricidad se obtiene sin necesidad de grandes infraestructuras y es susceptible de ser integrada sobre fachadas, tejados y elementos arquitectónicos ya existentes.

La energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos es inyectada a la propia red, garantizándose su mejor aprovechamiento y asegurando ahorros económicos producidos por el menor consumo de electricidad de la red de distribución pública.

Las instalaciones fotovoltaicas no producen ruidos, molestias, ni impacto negativo medioambiental, al contrario, con su instalación se evita el vertido a la atmósfera de los gases procedentes de la generación de energía eléctrica a través de otras fuentes contaminantes, con lo que se está contribuyendo de manera activa a la mejora del medio ambiente y al cumplimiento de compromisos internacionales.

Además, este tipo de instalaciones contribuyen a crear un desarrollo sostenible en la medida en que genera energía de manera limpia y 100% renovable, además de que por su carácter distribuido reduce las pérdidas que implica el transporte a largas distancias de la energía generada en las centrales convencionales.

4.2.1 Dimensionamiento de los nuevos equipos

El principio de funcionamiento, muy resumido, es el siguiente:

- El generador fotovoltaico, compuesto por los módulos o paneles fotovoltaicos, capta la energía solar generando energía eléctrica de corriente continua (CC).
- Esta energía eléctrica en corriente continua (CC) se convierte en corriente alterna (CA) por medio de los inversores.
- La energía generada se vierte a la instalación eléctrica propia.

PANEL FOTOVOLTAICO

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, básicamente de radiación y temperatura:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente)

Las placas fotovoltaicas pueden ser:

- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfás: Cuando el silicio no se ha cristalizado.

SISTEMA INVERSOR FOTOVOLTAICO

Permite transformar la corriente continua generada en los paneles fotovoltaicos a corriente alterna y facilitar su conexión sincronizada con la red eléctrica existente.

Disponen de un datalogger interno que permite almacenar datos. El control se puede realizar desde un PC remoto o bien desde el display del inversor.

Los inversores tienen protección contra, cortocircuitos y sobrecargas en la salida, anti-isla con desconexión automática y fallo de aislamiento.

El inversor solar, en general, consta de los siguientes elementos:

- Módulo Inversor, que transforma la tensión CC en CA.
- Filtros de salida, para adecuar la tensión de salida del inversor y reducir los valores de distorsión en corriente en la conexión con la red.
- Protección Galvánica, que proporciona aislamiento entre los paneles /convertidor y la red.
- Unidad de Control: monitoriza y gestiona el correcto funcionamiento del equipo.

4.2.2 Determinación del Recurso

La parcela se encuentra ubicada dentro del Campus Universitario de Częstochowa, concretamente en el edificio correspondiente a la Politécnica de Częstochowa.

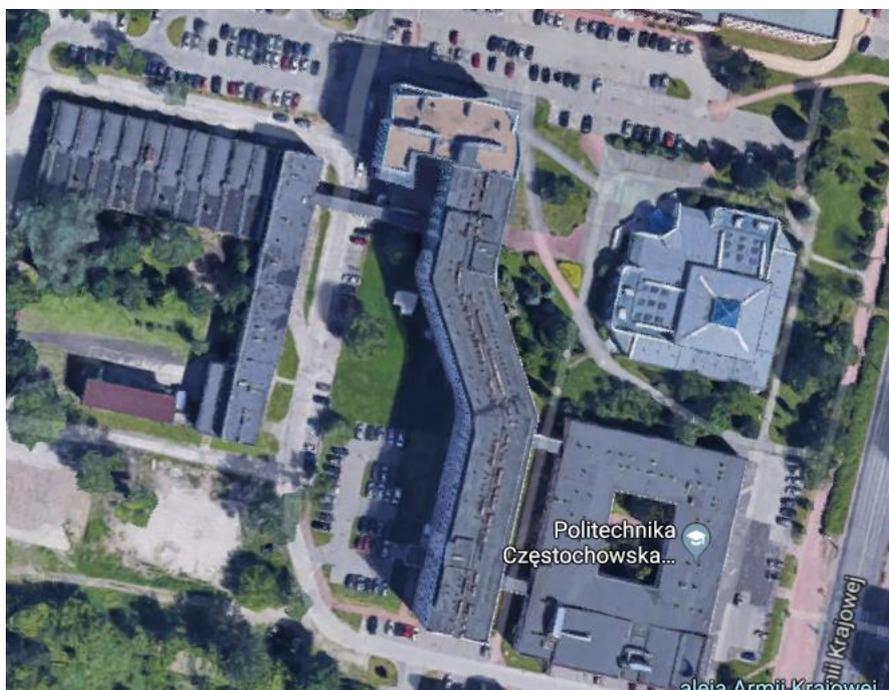


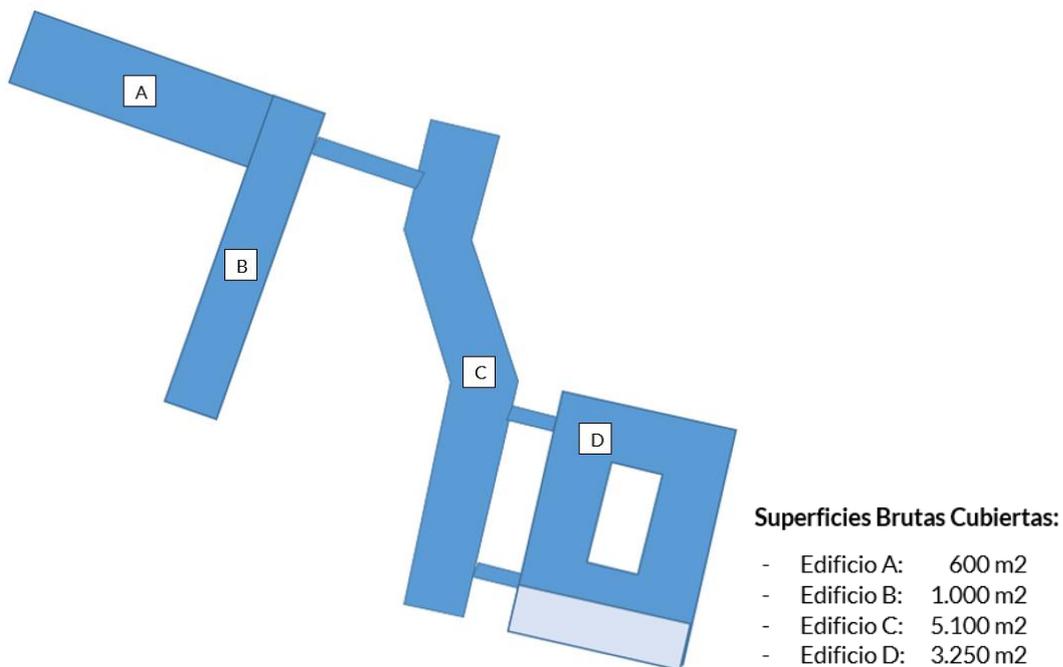
Imagen 18. Vista aérea del espacio previsto para la colocación de los paneles solares fotovoltaicos

La instalación fotovoltaica se ubicará en la cubierta del edificio correspondiente a la Politécnica de Częstochowa.

Los datos geográficos son:

- Latitud: 50.821518
- Longitud: 19.117060
- Altitud: 259 m

Las superficies brutas disponibles en cubiertas ascienden a 9.950 m²



A los efectos de dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica, se ha considerado la utilización de la cubierta del edificio D, por características constructivas y una disponibilidad de superficie útil mayor.

Con este emplazamiento, para realizar el cálculo de las características climáticas de la ubicación, usaremos los datos obtenidos a través de diferentes fuentes web, con información general solar, que nos facilitan información detallada de radiaciones, inclinaciones óptimas, equipamientos y generación eléctrica en los diferentes meses del año.

El resultado estadístico facilita la información media, cuya síntesis se resume en los siguientes cuadros:

Goiru kalea, 7

Definición de un sitio geográfico

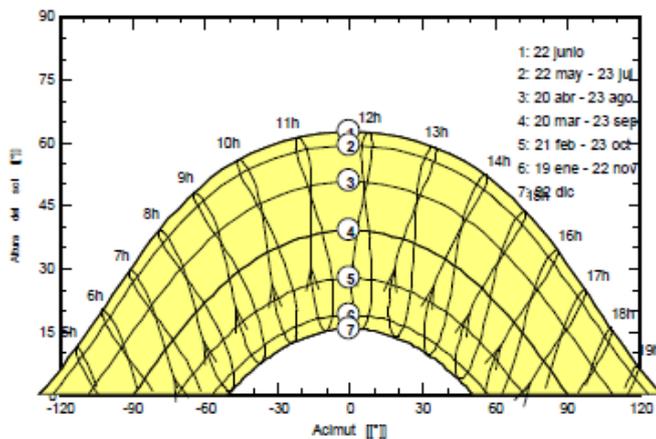
Sitio geográfico	Tysiaclecie	País Polonia
Archivo Tysiaclecie_polonia_PVGIS_API_TMY.SIT del 09/05/19 16h24		

Ubicación	Latitud 50.82° N	Longitud 19.12° E
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT+1	Altitud 259 m

Valores meteorológicos mensuales Origen PVGIS: CMSAF, SARAH or NSRDB

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
Hor. global	19.3	35.8	85.2	116.8	95.6	172.6	178.8	147.4	81.5	42.1	27.3	19.0	1021.4	kWh/m ² .mes
Hor. diffuse	11.9	21.7	40.5	63.1	69.2	84.7	85.6	69.8	43.5	27.1	17.8	10.9	545.8	kWh/m ² .mes
Extraterrestrial	75.5	113.2	191.8	261.3	330.1	346.4	346.2	296.7	216.3	148.9	86.2	62.4	2475.0	kWh/m ² .mes
Clearness Index	0.256	0.316	0.444	0.447	0.290	0.498	0.516	0.497	0.377	0.283	0.317	0.304	0.413	
Amb. temper.	-0.9	-3.1	5.2	10.0	12.0	18.0	19.5	19.2	12.8	7.1	6.1	2.8	9.1	°C
Wind velocity	5.6	4.3	4.3	3.6	4.3	3.1	3.1	3.0	3.5	3.9	4.7	4.7	4.0	m/s

Trayectoria solar en Tysiaclecie, (Lat. 50.8242° N, long. 19.1155° E, alt. 259 m) - Hora Legal



El punto de enganche será, preferiblemente, en una barra de 400 V de reparto interno en baja tensión, dónde se dispondrá de protecciones pertinentes para garantizar las condiciones de conexión y condiciones de seguridad, calidad y continuidad.

4.2.3 Equipo seleccionado

PANEL FOTOVOLTAICO

El tipo de panel seleccionado para esta instalación es de silicio POLICRISTALINO, con unas dimensiones máximas de 2000 x 992 x 40 mm, cristal es de 3,2 mm con tratamiento en la superficie de antirreflejo, mientras que la parte posterior es de doble capa de poliéster de alta resistencia. La estructura es de aluminio anodizado.

Las características del módulo de corresponden con:

- Dimensión (AxL) = 2.000 x 992 x 40 mm
- Área: 1,98 m²
- Modelo: Canadian Solar CS3U-355P-P4
- Potencia por módulo: 355 Wp

Se ha seleccionado un módulo de 355 Wp por considerar que representa un compromiso óptimo entre la minimización del número de módulos de la instalación (con los consiguientes ahorros en costes de montaje y cableado).

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del ± 10 % de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador. La estructura del generador se conectará a tierra.

La intensidad que circula para un grupo de módulos conectados en serie viene definida para la intensidad del módulo más desfavorable. De esta manera, a fin de maximizar la producción de la planta se conectarán en serie módulos que tengan condiciones de radiación lo más similares posibles.

Los paneles estarán situados en la cubierta, apoyados sobre una estructura suplementaria que les da la inclinación de diseño.

INVERSOR FOTOVOLTAICO

Para conseguir un elevado valor de eficiencia de una instalación solar fotovoltaica, es importante configurar correctamente el binomio módulo-inversor, y evitar pérdidas en el sistema.

La instalación contará con dos (2) inversores fotovoltaicos de 125kWcu CA, de conexión a la red eléctrica, que transforman la corriente continua generada en los paneles fotovoltaicos a corriente alterna sincronizada con la existente

El inversor solar, consta de los elementos generales de protección contra sobrecargas, cortocircuitos, fallos de aislamiento y demás elementos de protección eléctrica.

Disponen de un datalogger interno que permite almacenar datos, así como el control necesario para la gestión de los diferentes parámetros, que puede realizar desde un PC remoto o bien desde el propio display del inversor.

El control principal del inversor debe realizar un seguimiento muy sensible a cualquier cambio de las condiciones de calidad de la red eléctrica. Trabaja a partir de la situación del sincronismo, los datos que recibe de la red eléctrica y el MPPT (dispositivo electrónico

seguidor del punto de máxima potencia), que tiene la misión de extraer, en todo momento, la máxima potencia disponible del generador.

La potencia de los módulos solares va a cambiar dependiendo de la cantidad de luz solar que reciben y de la temperatura de trabajo. Con el MPPT nos aseguramos el control absoluto de la tensión de salida del generador y nos permite localizar la potencia máxima de trabajo (el producto $V \times I$ de salida) para tenerla disponible a la hora de inyectarla en los circuitos de consumo. El algoritmo de control del MPPT multiplica constantemente la corriente y la tensión de salida del campo fotovoltaico para saber el valor de la potencia extraída.

El control asegura que nunca se dé un funcionamiento en isla, vigilando permanentemente algunos parámetros de la Red, tensión y frecuencia, procediendo al apagado automático de los inversores cuando las variaciones que presentan tales parámetros hacen sospechar la existencia de un funcionamiento en isla.

Las características del inversor se corresponden con:

- Modelo: Kaco New Energy 125 TL3
- Potencia nominal DC: 126 kW
- Potencia Máxima DC: 188 kW

ESTRUCTURA

Se colocarán los módulos en la cubierta del edificio, con una estructura libre de mantenimiento. Toda la tornillería empleada es de acero inoxidable e incorpora toma de tierra entre los bastidores (o marcos) de los módulos y tierra.

El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. La estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.

Los paneles solares están situados en la cubierta Sur del edificio.

Es necesario tener en cuenta las características arquitectónicas de la cubierta donde se ubica el campo de paneles para que no se formen en ellos sombras perjudiciales.

Los paneles se instalarán de forma coplanar en la cubierta del edificio.

CAJA DE PROTECCIÓN STRING BOX

El String Box es el equipo que permite conectar en paralelo las cadenas de un campo fotovoltaico y, al mismo tiempo, protegerlas a través de un fusible destinado a tal fin. El String Box incorpora un sistema de control que permite conocer el estado de cada una de las conexiones.

4.2.4 Generación eléctrica en punto de ubicación

La instalación planteada (ve Anexo II):

- Nº de Módulos 840 unidades
- Potencia global conjunto: 298 kWp
- Potencia nominal: 271 kW
- Superficie módulos: 1.667 m²

Se valoran dos simulaciones con diferente inclinación de paneles:

- Plano de Captación: Inclinación 10°
- Plano de Captación: Inclinación 37°

Con el recurso disponible, en través del análisis fuente PVSYST, y considerando las posibles pérdidas existentes en el sistema generador fotovoltaico, por sombreados suciedad, irradiación, etc., aportan los siguientes resultados:

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	Globino kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MW/h	E_Grid MW/h	PR
Enero	19,3	11,90	-0,90	24,6	21,5	6,29	6,04	0,823
Febrero	35,8	21,74	-3,11	41,6	38,5	11,38	11,04	0,89
Marzo	85,2	40,52	5,22	96,7	90,4	25,55	24,91	0,854
Abril	116,8	63,10	9,99	125,5	117,5	32,46	31,71	0,847
Mayo	95,6	69,17	12,03	97,1	90,3	24,98	24,34	0,841
Junio	172,6	84,69	17,98	177,1	166,1	44,29	43,32	0,82
Julio	178,8	89,58	19,54	184,7	173,4	45,9	44,89	0,815
Agosto	147,4	69,76	19,22	155,7	146,0	38,59	37,77	0,813
Septiembre	81,5	43,54	12,76	89,0	83,1	22,59	22,04	0,83
Octubre	42,1	27,08	7,07	47,7	44,1	12,51	12,13	0,853
Noviembre	27,3	17,78	6,10	34,0	30,4	8,73	8,45	0,833
Diciembre	19,0	10,94	2,75	25,8	21,8	6,34	6,09	0,791
Año	1.021,4	545,79	9,13	1.099,6	1.023,2	279,58	272,73	0,832

Tabla 10. Datos estructura FV 10 grados

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	Globino kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MW/h	E_Grid MW/h	PR
Enero	19,3	11,90	-0,90	35,9	30,9	8,97	8,64	0,807
Febrero	35,8	21,74	-3,11	52,4	48,4	14,08	13,65	0,874
Marzo	85,2	40,52	5,22	116,0	107,8	29,88	29,13	0,842
Abril	116,8	63,10	9,99	135,0	124,6	34,04	33,21	0,825
Mayo	95,6	69,17	12,03	92,4	83,9	23,15	22,51	0,817
Junio	172,6	84,69	17,98	170,2	156,5	41,60	40,65	0,801
Julio	178,8	89,58	19,54	180,4	166,0	43,75	42,74	0,795
Agosto	147,4	69,76	19,22	160,3	147,8	38,76	37,89	0,793
Septiembre	81,5	43,54	12,76	99,2	91,4	24,54	23,91	0,809
Octubre	42,1	27,08	7,07	57,6	53,0	14,86	14,41	0,839
Noviembre	27,3	17,78	6,10	47,9	42,6	12,11	11,77	0,823
Diciembre	19,0	10,94	2,75	40,8	33,9	9,79	9,49	0,780
Año	1.021,4	545,79	9,13	1.187,9	1.087,0	295,53	287,99	0,813

Tabla 11. Datos estructura FV 37 grados

Siendo:

GlobHor: Irradiación global horizontal
DiffHor: Irradiación difusa horizontal

GlobEff:
EArray:

Global efectivo, corregido sombreados
Energía efectiva en la salida del conjunto

T_Amb:	Temperatura Ambiente	E_Grid:	Energía inyectada en la red
Globinc:	Global incidente plano receptor	PR:	Índice de rendimiento

Comparativo de resultados:

- Con la estructura orientada al sur y 10 grados de inclinación. Resultado 915 heq (horas equivalentes).
- Con la estructura orientada al sur y 37 grados de inclinación (inclinación óptima para ese emplazamiento). Resultado 966 heq (horas equivalentes).
- La generación varía entre 272.730 kWh/año y 287.990 kWh/año

Dada que la diferencia existente entre ambas simulaciones es mínima, se estima que no compensaría pagar el sobre coste de la estructura y el cableado, considerando la inclinación de 10° como suficiente para el proyecto base.

4.2.5 Viabilidad de la instalación planteada

A continuación, se procede a determinar las principales variables a determinar, para valorar la viabilidad económica de la instalación de generación solar fotovoltaica, descrita en los anteriores capítulos.

Tendremos en cuenta que, la moneda de Polonia es el zloty, que se reconoce con las siglas bancarias PLN. El equivalente entre zloty/euro es de unos 4,3 zloty/euro.

4.2.5.1 Ahorro anual

En base a la información facilitada, el coste medio de energía eléctrica en el Campus es de 110,84€/MWh (0,4766 zloty/kWh).

La instalación solar fotovoltaica se ha previsto en la modalidad de autoconsumo, con lo que su valoración económica equivaldría al coste del kWh evitado en consumo de red.

Para una generación fotovoltaica de 272.730 kWh/año, el coste evitado en autoconsumo sería de 30.229 €/año.

4.2.5.2 Costes de mantenimiento

El coste del mantenimiento de la instalación, se cuantifica en un valor estándar de 18,3 €/MWh generado, lo que le situaría en el entorno de los 5.000 €/año. Este coste incluye mantenimiento preventivo y correctivo de todo el sistema de generación eléctrica.

La operación se considera que puede ser realizada con personal propio.

4.2.5.3 Inversión estimada

La inversión estimada para la instalación se desglosa a continuación:

DESCRIPCIÓN ELEMENTOS PRINCIPALES - FV	€
Módulos	115.000
Inversores	30.000
Estructura	20.000
Inst. Eléctrica - Conexión	25.000
Monitorización	2.000
Ingeniería Proyecto, Dirección y Varios	20.000
TOTAL	212.000

Tabla 12. Inversión– Fotovoltaica

La inversión total por incorporación de equipos y sus elementos auxiliares, así como montaje y puesta en marcha, ascendería a 212.000 €

4.3 Descripción y dimensionamiento de la instalación mini eólica

A continuación, se analiza el diseño de la instalación de generación eléctrica, en base a tecnología eólica, para abastecer parte de la demanda eléctrica del Campus.

4.3.1 Dimensionamiento de los nuevos equipos: Aerogenerador y características

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento. Está formado normalmente por dos o tres palas aerodinámicamente diseñadas para la captura de la máxima cantidad de viento posible, que al rotar convierten la energía cinética del viento en potencia mecánica que mueve un generador que produce energía eléctrica de forma limpia y no contaminante. Una carcasa de protección es la que une el rotor, el generador y la cola, la cual es la encargada de alinear al rotor en la dirección en la que sopla al viento. En la siguiente figura podemos ver la estructura de un aerogenerador y las partes que lo componen:

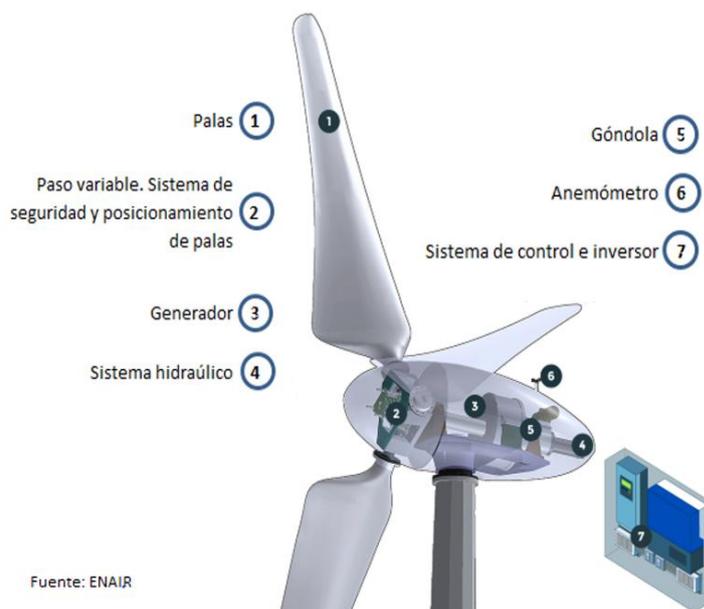


Imagen 19. Estructura de un aerogenerador (ENAIR)

Los aerogeneradores mini eólicos, están diseñados para cubrir las demandas energéticas eléctricas de pequeñas industrias o centros de consumo, tanto en sistemas aislados (algunas aplicaciones) como conectados a red. Presentan un coeficiente de potencia en el entorno de 0,45 y cuentan con la suficiente eficiencia en la generación para permitir abastecer instalaciones con un alto rendimiento.

Los aerogeneradores tienen una serie de características, entre las cuales se destaca:

VELOCIDAD:

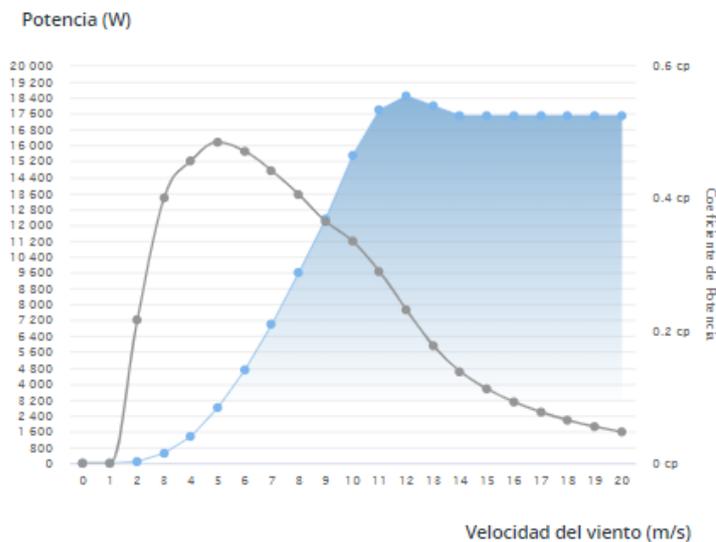
- Velocidad de arranque: Es la velocidad que tiene que alcanzar el viento para que las palas del aerogenerador comiencen a girar y este comience a producir energía.
- Velocidad nominal: Es la velocidad del viento a la cual un aerogenerador genera su potencia nominal.
- Velocidad máxima: Es la máxima velocidad de viento que soporta el aerogenerador sin sufrir daños.

A velocidades comprendidas entre la velocidad de arranque y la velocidad nominal, el aerogenerador proporcionará una energía que será, en general, proporcional al cuadrado de la velocidad del viento.

CURVA DE POTENCIA:

En la siguiente figura podemos ver una gráfica potencia- velocidad de un aerogenerador. A velocidades de viento muy altas el aerogenerador se paraliza para evitar averías y deja de suministrar energía.

CURVA DE POTENCIA



Gráfica 5. Curva de potencia – Aerogenerador

COEFICIENTE DE POTENCIA (CP):

El coeficiente de potencia indica con qué eficiencia el aerogenerador convierte la energía del viento en electricidad.

4.3.2 Determinación del recurso

La identificación del recurso eólico es la primera variable a definir y determinar, para poder valorar el interés de la aplicación de una instalación eólica en un punto determinado.

La implantación del equipo se llevaría a cabo en el área del Campus Universitario de Częstochowa, definiendo como área de ubicación, la correspondiente al Campus Universitario de Częstochowa, cuyas coordenadas geográficas se corresponden a:

- Latitud: 50.821518
- Longitud: 19.117060

Con estas variables, para obtener el recurso, usaremos los datos obtenidos a través de diferentes fuentes web, con información general eólica, que nos facilitan datos estadísticos de la velocidad del viento en los diferentes meses del año.

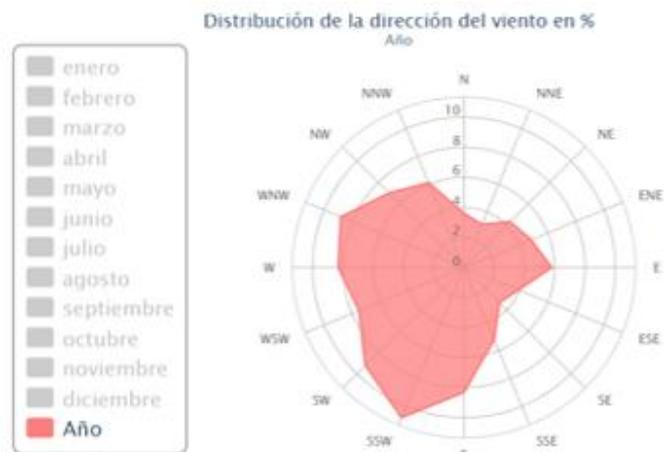
El resultado estadístico facilita la información media, cuya síntesis se resume en los siguientes cuadros:

Częstochowa													Observación de la estación meteorológica del lugar a las 16:00 hora local.
Mes del año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Dirección del viento dominante	↖	↖	↗	↖	↖	↗	↗	↗	↗	↖	↖	↖	↖
Probabilidad de viento >= 4 Beaufort (%)	5	5	7	7	3	1	2	1	2	2	3	6	3
Velocidad media del viento (kts)	6	6	7	7	6	6	6	5	5	5	6	6	5

Tabla 13. Características del viento en Częstochowa

Meses	Velocidad Media Viento		
	(kts)	km/h	m/sg
Enero	6	11,1	3,09
Febrero	6	11,1	3,09
Marzo	7	13,0	3,60
Abril	7	13,0	3,60
Mayo	6	11,1	3,09
Junio	6	11,1	3,09
Julio	6	11,1	3,09
Agosto	5	9,3	2,57
Septiembre	5	9,3	2,57
Octubre	5	9,3	2,57
Noviembre	6	11,1	3,09
Diciembre	6	11,1	3,09
AÑO	5	9,3	2,57

Tabla 14. Velocidad media del viento



Gráfica 6. Distribución de la dirección del viento

A la vista de la información, se puede observar que no existe una gran disponibilidad de viento, sin embargo, y a pesar de todo, vamos a analizar la viabilidad de la implantación de un pequeño aerogenerador.

4.3.3 Equipo seleccionado

Características	
Potencia	20 kWmáx
Configuración	3 fases - 500 V - transmisión directa
	3 palas, eje horizontal
Potencia nominal	18 kW
Aplicación	Conexión a red
Velocidad de rotación	120 rpm - nominal
Inicio de rotación	1,85 m/s
Corte de producción	30 m/s
Peso	1000 kg
Orientación	Aerodinámica
Díametro	9,8 m
Área de barrido	75,4 m ²
Longitud de pala	4,5 m

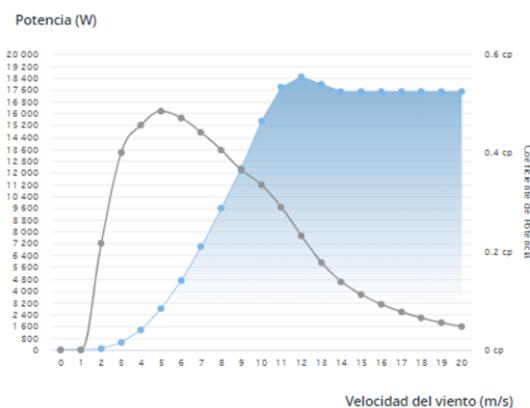
Tabla 15. Características aerogenerador

El equipo seleccionado se corresponde al modelo EnairE200, de las siguientes características:

GRÁFICAS DE PRODUCCIÓN

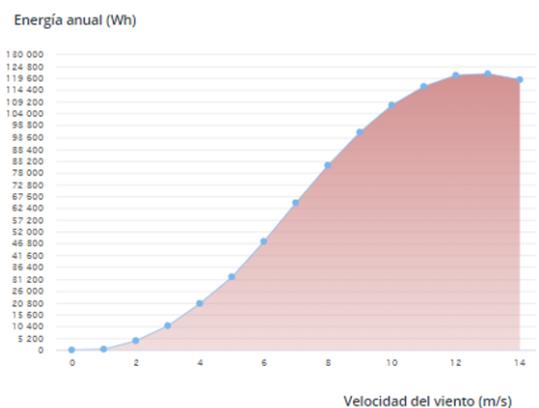
$C_p = 0.48$

CURVA DE POTENCIA



Gráfica 7. Curva de potencia – Aerogenerador

PRODUCCIÓN ANUAL



Gráfica 8. Producción anual de energía

4.3.4 Generación eléctrica en el punto de ubicación

Otro aspecto importante a considerar a la hora de determinar la generación eléctrica en punto de ubicación, es su altura sobre suelo, considerando, en este caso, los 23 m sobre suelo.

En el punto de aplicación determinado por las coordenadas geográficas de referencia, Latitud, Longitud y Altitud del emplazamiento, la altura sobre suelo, así como las prestaciones del equipo seleccionado, nos permite determinar los valores de generación.

La aplicación de estos valores en altura, nos proporciona un recurso medio de 70,3 kWh/día, para una velocidad de viento media de 4,3 m/s.

Su distribución mensual, potencia media y generación se corresponde a los siguientes valores:

Producción Eólica (kWh)			
Month	Wind speed (m/s)	kWh/day	kWh/month
Jan	5,7	152	4.715
Feb	5,1	111	3.133
Mar	4,0	54	1.662
Apr	3,6	40	1.197
May	3,2	28	858
Jun	4,0	53	1.592
Jul	4,0	52	1.603
Aug	3,7	43	1.337
Sep	4,3	67	1.997
Oct	3,6	40	1.251
Nov	4,3	67	1.997
Dec	5,5	139	4.285
Average	4,3		25.682

Latitud: 50.821500	Potencia media: 2.93kW
Longitud: 19.117100	Energía: 25682kWh/year
Altitud: 254.6 m.	Energía: 2140kWh/month
Densidad aire: 103.81%	

Tabla 16. Producción mensual – Aerogenerador

La generación media anual prevista, es de 25.682 kWh/año.

Los aerogeneradores eléctricos incorporan un inversor de conexión a la red eléctrica que transforman la corriente continua generada a corriente alterna sincronizada con la existente.

4.3.5 Viabilidad de la instalación planteada

A continuación, se procede a determinar las principales variables a considerar, para valorar la viabilidad económica de la instalación de generación eléctrica mini eólica, descrita anteriormente.

Tendremos en cuenta que, la moneda de Polonia es el zloty, que se reconoce con las siglas bancarias PLN. El equivalente entre zloty/euro es de unos 4,3 zloty/euro.

4.3.5.1 Ahorro anual

En base a la información facilitada, el coste medio de energía eléctrica en el Campus es de 110,8 €/MWh (0,4766 zloty/kWh).

La instalación mini eólica se ha previsto en la modalidad de autoconsumo, con lo que su valoración económica equivaldría al coste del kWh evitado en consumo de red.

Para una generación mini eólica de 25.682kWh/año, el coste evitado sería de 2.847 €/año.

4.3.5.2 Inversión estimada

La inversión estimada para la instalación se desglosa a continuación:

DESCRIPCIÓN ELEMENTOS PRINCIPALES - EO	€
Aerogenerador, incluyendo:	60.000
Aerogenerador Enair E200	
Torre	
Interruptor de Frenado	
Inversor y sistema de control	
Cableado, protecciones y elementos eléct.	6.000
Obra civil y medios auxiliares	4.000
Montaje, Pruebas y Puesta en marcha	3.000
Varios e imprevistos	2.000
TOTAL	75.000

Tabla 17. Inversión – Mini eólica

La inversión total por incorporación del equipo aerogenerador y sus elementos auxiliares, así como montaje y puesta en marcha, ascendería a 75.000 €

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Instalación de Biomasa

5.1.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS)

El Tiempo de Retorno Simple es la relación entre la inversión de la instalación y el ahorro generado.

En este caso, el Tiempo de Retorno Simple de la inversión es de 8,4 años.

5.1.2 Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión se corresponderá con el número de años en los que el flujo de caja operativo acumulado se iguala con la inversión realizada.

Para realizar su cálculo, se deben actualizar los costes e ingresos (ahorros anuales) año a año, con la siguiente estimación de incremento de costes:

- Incremento anual del coste de la astilla
- Incremento anual del coste de operación y mantenimiento
- Incremento anual del coste de Derechos de Emisión de CO₂

En el modelo empleado, con un horizonte de 20 años, se produce retorno de la inversión (ver Anexo II: Viabilidad económica. Caso Base BIOMASA), en un periodo de 9,2 años

5.1.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

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

Dónde:

- V_t representa los flujos de caja en cada periodo p
- I₀ inversión inicial
- n número de periodos considerados
- t tasa de descuento

La Tasa Interna de Retorno de la Inversión relativa al proyecto (TIR) es la tasa de descuento con la que el Valor Actual Neto (VAN) es igual a cero.

$$VAN = \sum_{p=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^p} - I_0 = 0$$

Se trata de un parámetro que sirve para evaluar la bondad de una inversión; si la TIR es superior a la tasa de descuento considerada, el proyecto se considera viable.

La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto a 20 años es positiva, 8,8 % (ver Anexo II).

5.1.4 Sensibilidad del proyecto

Por último, se ha analizado la sensibilidad del proyecto a dos variables que influyen en el resultado de la operación:

- Evolución de la Biomasa.
- Evolución a los costes de emisión de CO2.

En el siguiente cuadro se aprecia la evolución de la tasa interna de retorno (TIR), para diferentes evoluciones de las variables.

Análisis de Sensibilidad						
TIR BIO		Incremento anual BIOMASA				
		0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
Incremento anual CO2	0,0%	8,76%	8,83%	8,89%	8,96%	9,04%
	0,5%	9,05%	9,12%	9,18%	9,25%	9,32%
	1,0%	9,35%	9,41%	9,48%	9,54%	9,61%
	1,5%	9,65%	9,71%	9,77%	9,84%	9,91%
	2,0%	9,96%	10,02%	10,08%	10,14%	10,21%

Tabla 18. Análisis de sensibilidad – Biomasa

5.2 Instalación Solar Fotovoltaica

5.2.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS)

El Tiempo de Retorno Simple sería la relación entre la inversión de la instalación y el ahorro generado.

En este caso, el tiempo de retorno simple de la inversión es de 8,4 años.

5.2.2 Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión se corresponderá con el número de años en los que el flujo de caja operativo acumulado se iguala con la inversión realizada.

Para realizar su cálculo, se deben actualizar los costes e ingresos (ahorros anuales) año a año, con la siguiente estimación de incremento de costes:

- Incremento anual del coste eléctrico evitado.
- Incremento anual del coste de operación y mantenimiento.
- Incremento anual de las pérdidas en la instalación.

En el modelo empleado, con un horizonte de 20 años, se produce retorno de la inversión (ver Anexo III: Cuadros de viabilidad económica. Caso Base), en un periodo de 9,2 años.

5.2.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La Tasa Interna de Retorno de la Inversión relativa al proyecto (TIR) es la tasa de descuento con la que el Valor Actual Neto (VAN) es igual a cero.

Se trata de un parámetro que sirve para evaluar la bondad de una inversión; si la TIR es superior a la tasa de descuento considerada, el proyecto se considera viable.

La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto a 20 años es positiva (8,74 %) (ver Anexo III).

5.2.4 Sensibilidad del proyecto

Por último, se ha analizado la sensibilidad del proyecto a dos variables que influyen en el resultado de la operación:

- Incremento anual del coste eléctrico evitado
- Incremento anual de las pérdidas en la instalación

En el siguiente cuadro se aprecia la evolución de la tasa interna de retorno (TIR), para diferentes evoluciones de las variables

Análisis de Sensibilidad						
TIR FV		Incremento Coste Electrico				
		0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
Incremento Pérdidas Panel	0,0%	8,74%	8,81%	8,88%	8,95%	9,01%
	0,5%	8,22%	8,29%	8,36%	8,43%	8,49%
	1,0%	7,70%	7,77%	7,84%	7,90%	7,97%
	1,5%	7,17%	7,24%	7,31%	7,38%	7,44%
	2,0%	6,64%	6,71%	6,78%	6,85%	6,91%

Tabla 19. Análisis de sensibilidad – Fotovoltaica

5.3 Instalación Conjunta, Fotovoltaica y Mini eólica

5.3.1 Tiempo de Retorno Simple (TRS), instalación Fotovoltaica y Mini eólica

El Tiempo de Retorno Simple sería la relación entre la inversión de la instalación y el ahorro generado.

En el caso de la instalación mini eólica, el tiempo de retorno simple de la inversión es muy elevado, >25 años, por lo que se analizan, conjuntamente, los valores de rentabilidad de inversiones, instalación fotovoltaica (FV) e instalación mini eólica (EO), en cuyo caso, el TRS se situaría en los 10,2 años.

5.3.2 Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión se corresponderá con el número de años en los que el flujo de caja operativo acumulado se iguala con la inversión realizada.

Para realizar su cálculo, se deben actualizar los costes e ingresos (ahorros anuales) año a año, con la siguiente estimación de incremento de costes:

- Incremento anual del coste eléctrico evitado
- Incremento anual del coste de operación y mantenimiento
- Incremento anual de las pérdidas en la instalación

En el modelo empleado, con un horizonte de 20 años, se produce retorno de la inversión (ver Anexo IV: Cuadros de viabilidad económica. Caso Base), en un periodo de 10,9 años.

5.3.3 Tasa Interna de Retorno del proyecto

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La Tasa Interna de Retorno de la Inversión relativa al proyecto (TIR) es la tasa de descuento con la que el Valor Actual Neto (VAN) es igual a cero.

La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto a 20 años es positiva (6,4 %) (ver Anexo IV).

5.3.4 Sensibilidad del proyecto

Por último, se ha analizado la sensibilidad del proyecto a dos variables que influyen en el resultado de la operación:

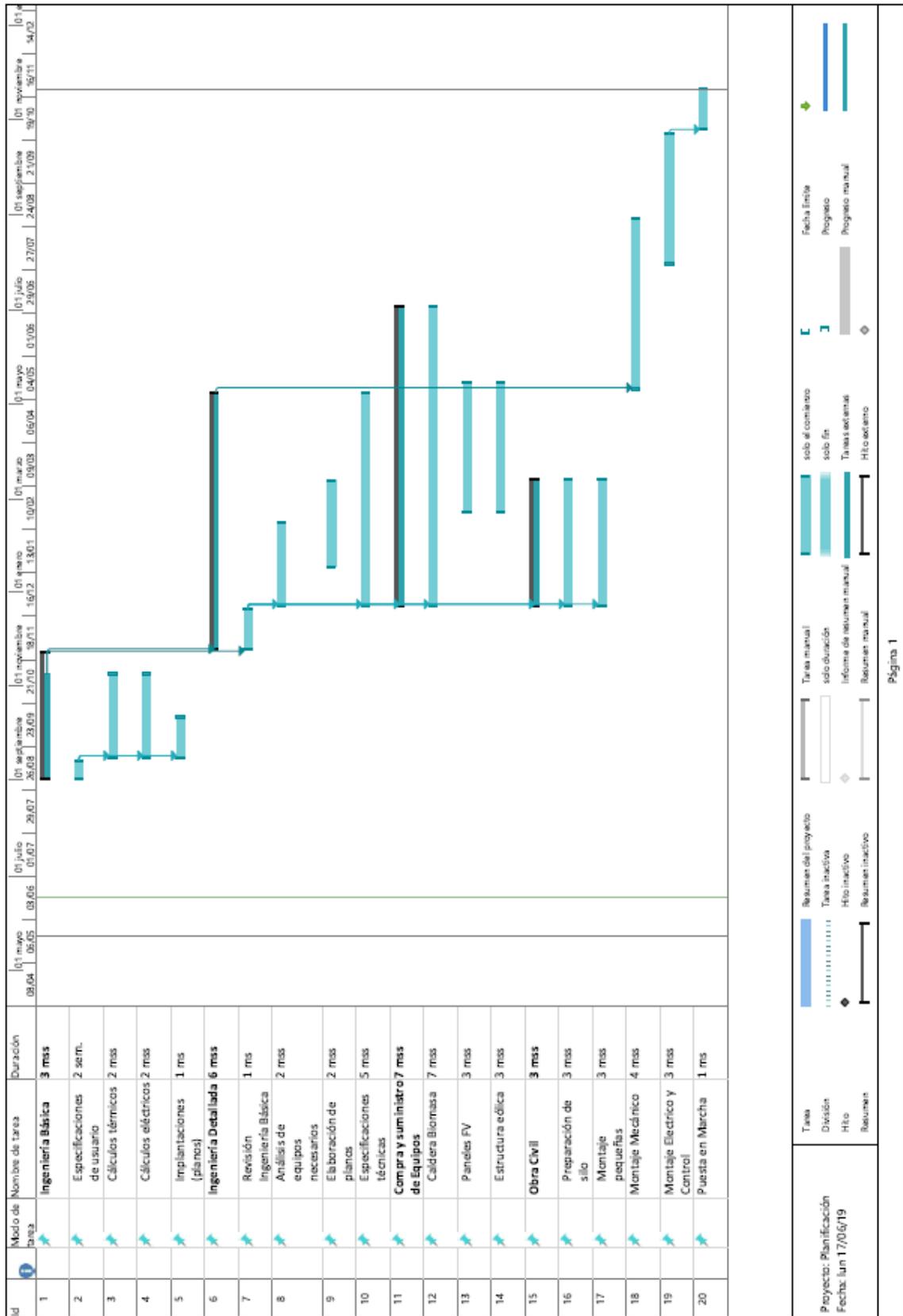
- Incremento anual del coste eléctrico evitado.
- Incremento anual de las pérdidas en la instalación.

En el siguiente cuadro se aprecia la evolución de la tasa interna de retorno (TIR), para diferentes evoluciones de las variables

Análisis de Sensibilidad						
TIR FV+EO		Incremento Coste Electrico				
		0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
Incremento Pérdidas Panel	0,0%	6,30%	6,36%	6,42%	6,48%	6,54%
	0,5%	5,84%	5,90%	5,96%	6,02%	6,08%
	1,0%	5,38%	5,44%	5,50%	5,56%	5,62%
	1,5%	4,92%	4,98%	5,04%	5,10%	5,16%
	2,0%	4,46%	4,52%	4,58%	4,64%	4,70%

Tabla 20. Análisis de sensibilidad – Fotovoltaica y mini eólica

6. PLANIFICACIÓN



7. CONCLUSIÓN

En este proyecto se planteaba analizar la viabilidad de la sustitución total o parcial del actual sistema de generación térmico y eléctrico por alternativas de energía renovable tales como la biomasa, la energía solar fotovoltaica y la energía mini eólica.

Para ello, se han dimensionado los diferentes equipos o plantas necesarias para la obtención de dicha energía y se han tratado las variables que pudieran tener un efecto tanto técnico como económico en dicha sustitución.

Polonia depende, hoy en día, en gran parte, de fuentes de energía no renovables, lo que hace que no puedan adaptarse a los objetivos planteados por la UE para todos sus miembros. Fuera o no viable, este País deberá adoptar las medidas oportunas para llegar a dichos objetivos en el plazo estimado.

Tras finalizar el estudio planteado y tras haber analizado la información e hipótesis empleados y los resultados obtenidos, se ha considerado lo siguiente:

- La instalación de biomasa que sustituirá a la actual instalación de generación a base de carbón se considera viable desde el punto de vista técnico.

En cuanto a la viabilidad económica tras analizar los diferentes valores que determinan dicha viabilidad, se puede considerar que es positiva. Los valores TIR obtenidos son positivos en todo momento.

Los parámetros que pudieran afectar la viabilidad de esta instalación serían, como se ha analizado, el precio de la biomasa y la evolución de los costes de los Derechos de Emisión de CO₂.

- La instalación solar fotovoltaica que servirá para complementar el actual suministro eléctrico se considera viable tanto por el punto de vista técnico como económico.

Una pequeña instalación genera una energía considerable y en caso de que una potencia mayor fuera necesaria, el Campus dispone de varias superficies disponibles para colocar más paneles.

Los parámetros que pudieran afectar la viabilidad de esta sustitución serían, como se ha analizado, el incremento del coste eléctrico y las pérdidas que los paneles pudieran generar.

- La instalación mini eólica que servirá para complementar, junto con la fotovoltaica, el actual suministro eléctrico, se considera viable desde el punto de vista técnico.

En cuanto a la viabilidad económica sólo puede considerarse viable si se combina con la instalación fotovoltaica, puesto que la disponibilidad de viento en la zona es escasa y no genera energía suficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Retrieved from http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Protocolo de Kioto | Cambio Climático .org. (2019). Retrieved from <http://www.cambioclimatico.org/tema/protocolo-de-kyoto>
- UNFCCC. (2019). Retrieved from <https://unfccc.int/es>
- Funcionamiento del régimen de comercio de derechos de emisión. (2019). Retrieved from <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/funcionamiento-del-regimen-de-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/>
- Biomasa - EVE. (2019). Retrieved from <https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/Que-sabes-de/La-Biomasa.aspx>
- Idae. (2019). Retrieved from https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10920_Instalaciones_Biomasa_Term_edificios_2009_b6fe691f.pdf
- Industrial, c. (2019). VITOFLEX 300-FSB - Caldera de leña / industrial by VIESSMANN | ArchiExpo. Retrieved from <http://www.archiexpo.es/prod/viessmann/product-789-1779028.html>
- Energia 2012. (2019). Retrieved from http://www.energia2012.es/sites/default/files/Combustion_de_carbon.pdf
- Precios CO2 - Sendeco2. (2019). Retrieved from <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- PV potential estimation utility. (2019). Retrieved from <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- Home. (2019). Retrieved from <https://www.pvsyst.com/>
- Windfinder.com - Wind and weather statistic Częstochowa. (2019). Retrieved from <https://es.windfinder.com/windstatistics/czestochowa>
- Calcula la producción eólica y solar con un solo click. (2019). Retrieved from <https://www.enair.es/es/app>
- Firmy, D. (2019). Tauron. Retrieved from <https://www.tauron.pl/dla-firm/prad/taryfa-sprzedawcy>
- Firmy, D. (2019). Tauron. Retrieved from <https://www.tauron.pl/dla-firm/prad/prad-z-uslug>
- Biznes, T. (2019). Tauron. Retrieved from https://biznes.tauron.pl/institucje-publiczne#_ga=2.131598474.464621767.1558514125-1190278514.1557732258

ANEXO I - Cálculos Instalación FOTOVOLTAICA

PVSYST V6.78	KREAN LKS	09/05/19	Página 1/1											
Goiru kalea, 7														
Definición de un sitio geográfico														
Sitio geográfico	Tysiaclecie	País Polonia												
Archivo Tysiaclecie_polonia_PVGIS_API_TMY.SIT del 09/05/19 16h24														
Ubicación	Latitud 50.82° N	Longitud 19.12° E												
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT+1	Altitud 259 m												
Valores meteorológicos mensuales	Origen PVGIS: CMSAF, SARAH or NSRDB													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
Hor. global	19.3	35.8	85.2	116.8	95.6	172.6	178.8	147.4	81.5	42.1	27.3	19.0	1021.4	kWh/m ² .mes
Hor. diffuse	11.9	21.7	40.5	63.1	69.2	84.7	85.6	69.8	43.5	27.1	17.8	10.9	545.8	kWh/m ² .mes
Extraterrestrial	75.5	113.2	191.8	261.3	330.1	346.4	346.2	296.7	216.3	148.9	86.2	62.4	2475.0	kWh/m ² .mes
Clearness Index	0.256	0.316	0.444	0.447	0.290	0.498	0.516	0.497	0.377	0.283	0.317	0.304	0.413	
Amb. temper.	-0.9	-3.1	5.2	10.0	12.0	18.0	19.5	19.2	12.8	7.1	6.1	2.8	9.1	°C
Wind velocity	5.6	4.3	4.3	3.6	4.3	3.1	3.1	3.0	3.5	3.9	4.7	4.7	4.0	m/s
Trayectoria solar en Tysiaclecie, (Lat. 50.8242° N, long. 19.1155° E, alt. 259 m) - Hora Legal														
<p>The diagram is a solar trajectory plot with 'Altura del sol [°]' on the vertical axis (0 to 90) and 'Acimut [°]' on the horizontal axis (-120 to 120). It shows several curves representing the sun's path for different months and times of day. A legend on the right lists: 1: 22 Junio, 2: 22 may - 23 JUL, 3: 20 abr - 23 ago, 4: 20 mar - 23 sep, 5: 21 feb - 23 oct, 6: 19 ene - 22 nov, 7: 22 dic. The curves are labeled with times: 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h, 16h, 17h, 18h, 19h.</p>														

Goiru kalea, 7

Características de un módulo FV

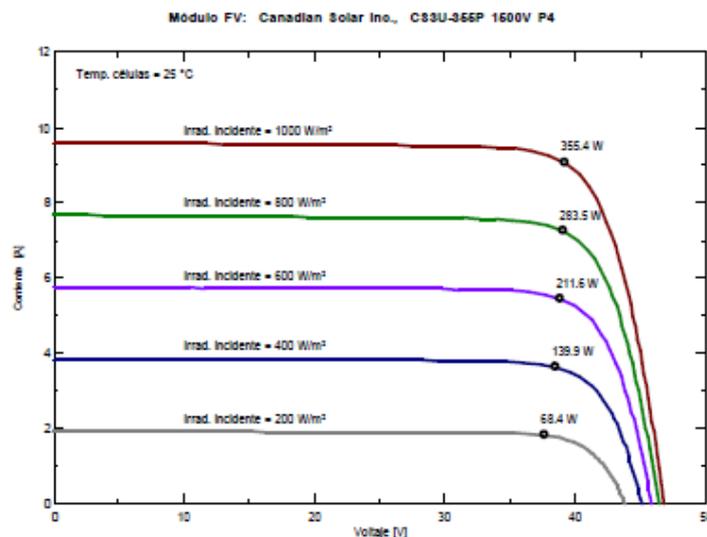
Fabricante, modelo : **Canadian Solar Inc., CS3U-355P 1500V P4**

Disponibilidad : Prod. desde 2017

Origen de datos : Manufacturer 2018 TUV-SUD data

Potencia STC (fabricante)	Pnom	355 Wp	Tecnología	Si-poly
Dimensiones módulo (LxA)	0.992 x 2.000	m ²	Superficie bruta módulo	Smódulo 1.98 m ²
Cantidad de células	2 x 72		Sup. sensible	Scélulas 1.77 m ²
Especificaciones para el modelo (fabricante o datos de medida)				
Temperatura de referencia	TRef	25 °C	Irradiancia de referencia	GRef 1000 W/m ²
Voltaje de circuito abierto	Voc	46.8 V	Corriente de cortocircuito	Isc 9.59 A
Voltaje punto potencia máx	Vmpp	39.4 V	Corriente punto potencia máx	Impp 9.02 A
=> potencia máxima	Pmpp	355.4 W	Coef. de temp. Isc	milsc 4.8 mA/°C
Parámetros de modelo con un diodo				
Resistencia paral.	Rparal	350 ohm	Corriente saturación diodo	IoRef 0.103 nA
Resistencia serie	Rserie	0.20 ohm	Coef. de temp. Voc	MuVoc -147 mV/°C
			Factor de calidad diodo	Gamma 1.00
Coef. temp. Pmpp específica	miPmáxR	-0.37 %/°C	Coef. temp. en Gamma	miGamma 0.000 1/°C
Parámetros de Polarización Inversa, para comportamientos en sombreado parcial o desajuste				
Características inversas (oscuro)	BRev	3.20 mA/V ²	(Factor cuadrático por célula)	
Cant. diodos bypass por módulo		3	Voltaje directo diodos by-pass	-0.7 V

Resultados modelo para las condiciones estándar (STC: T=25°C, G=1000 W/m², AM=1.5)				
Voltaje punto potencia máx	Vmpp	39.3 V	Corriente punto potencia máx	Impp 9.05 A
Potencia máxima	Pmpp	355.4 Wc	Coef. de temp. potencia	miPmpp -0.36 %/°C
Eficiencia(/ Sup. módulo)	Efic_mód	17.9 %	Factor de forma	FF 0.792
Eficiencia(/ Sup. células)	Efic_cél	20.1 %		



PVSYST V6.78	KREAN LKS		09/05/19	Página 1/1
Goiru kalea, 7				
Características de un inversor de red				
Fabricante, modelo :	Kaco new energy, blueplanet 125 TL3-INT			
Disponibilidad :	Prod. desde 2018			
Origen de datos :	Manufacturer 2018			
875				
Modo funcionamiento	MPPT			
Voltaje MPP mínimo	Vmin	N/A V	Potencia nominal FV	Pnom DC 126 kW
Voltaje MPP máximo	Vmax	1300 V	Potencia máxima FV	Pmax DC 188 kW
Voltaje FV máx. absoluto	Vmax array	1500 V	Corriente máxima FV	Imax DC N/A A
Voltaje mín. para Pnom	Vmin PNom	N/A V	Umbral de la potencia	Pthresh. 625 W
Comportamiento en Vmín/Vmáx	Limitación		Comportamiento en Pnom	Limitación
Características de salida (lado red CA)				
Voltaje de Red	Unom	600 V	Potencia nominal CA	Pnom AC 125 kWac
Frecuencia de la red	Freq	50/60 Hz	Potencia máxima CA	Pmax AC 138 kWac
		Trifásico	Corriente CA nominal	Inom AC 121 A
			Corriente CA máxima	Imax AC 133 A
Eficiencia definida para 3 voltajes	875 V	900 V	1300 V	
Eficiencia máxima	99.2 %	99.2 %	98.8 %	
Eficiencia media europea	98.8 %	98.8 %	98.3 %	
Notas y Características técnicas			Dimensiones: Ancho 699 mm	
Vigilancia del aislamiento del conjunto, Desconexión ajustada según el voltaje de salida,			Altura 719 mm	
Protección ENS,			Fondo 450 mm	
Tecnología: Without transfo			Peso 78.20 kg	
Protección: IP 66/NEMA 4X				
Control: LED				

Plano de Captación: Inclinación 10°:

PVSYST V6.78	KREAN LKS		09/05/19	Página 1/5
Goiru kalea, 7				
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación				
Proyecto :	polonia			
Sitio geográfico	Tysiaclecie		País	Polonia
Ubicación	Latitud	50.82° N	Longitud	19.12° E
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT+1	Altitud	259 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	Tysiaclecie	PVGIS: CMSAF, SARAH or NSRDB - TMY		
Variante de simulación : Estructura 10 grados				
	Fecha de simulación	09/05/19 16h50		
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple		
Orientación plano captador	Inclinación	10°	Acimut	0°
Configuración de los cobertizos	Núm. de cobertizos	80	Conjunto en cobertizos simple	
	Separación entre cobertizos	3.00 m	Ancho receptor	2.02 m
Banda inactiva	Arriba	0.02 m	Abajo	0.02 m
Ángulo límite de sombreado	Ángulo de perfil límite	67.5 %	Factor de ocupación del suelo (GCR)	
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Importado
Horizonte	Sin horizonte			
Sombreados cercanos	Sombreado lineal			
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)			
Características del conjunto FV				
Módulo FV	Si-poly	Modelo	CS3U-355P 1500V P4	
Base de datos Pvsyst original		Fabricante	Canadian Solar Inc.	
Número de módulos FV		En serie	30 módulos	En paralelo 28 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	840	Pnom unitaria 355 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	298 kWp	En cond. de funciona. 271 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	1063 V	I mpp 255 A
Superficie total		Superficie módulos	1667 m²	Superficie célula 1485 m²
Inversor		Modelo	blueplanet 125 TL3-INT	
Base de datos Pvsyst original		Fabricante	Kaco new energy	
Características		Voltaje de funcionam.	875-1300 V	Pnom unitaria 125 kWac
Paquete de inversores		Núm. de inversores	2 unidades	Potencia total 250 kWac Relación Pnom 1.19
Factores de pérdida del conjunto FV				
Suciedad del conjunto			Fracción de pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado		Res. global conjunto	70 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"				Fracción de pérdidas 2.0 %
Pérdida Calidad Módulo				Fracción de pérdidas -0.3 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos				Fracción de pérdidas 0.5 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas				Fracción de pérdidas 0.10 %

Plano de Captación: Inclinación 10°:

PVSYST V6.78	KREAN LKS	09/05/19	Página 3/5
Goiru kalea, 7			
Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano			
Proyecto : polonia			
Variante de simulación : Estructura 10 grados			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple	
Sombreados cercanos	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	CS3U-355P 1500V P4	Pnom 355 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	840	Pnom total 298 kWp
Inversor	Modelo	blueplanet 125 TL3-INT	Pnom 125 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0	Pnom total 250 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

Diagrama de Iso-sombreados

polonia

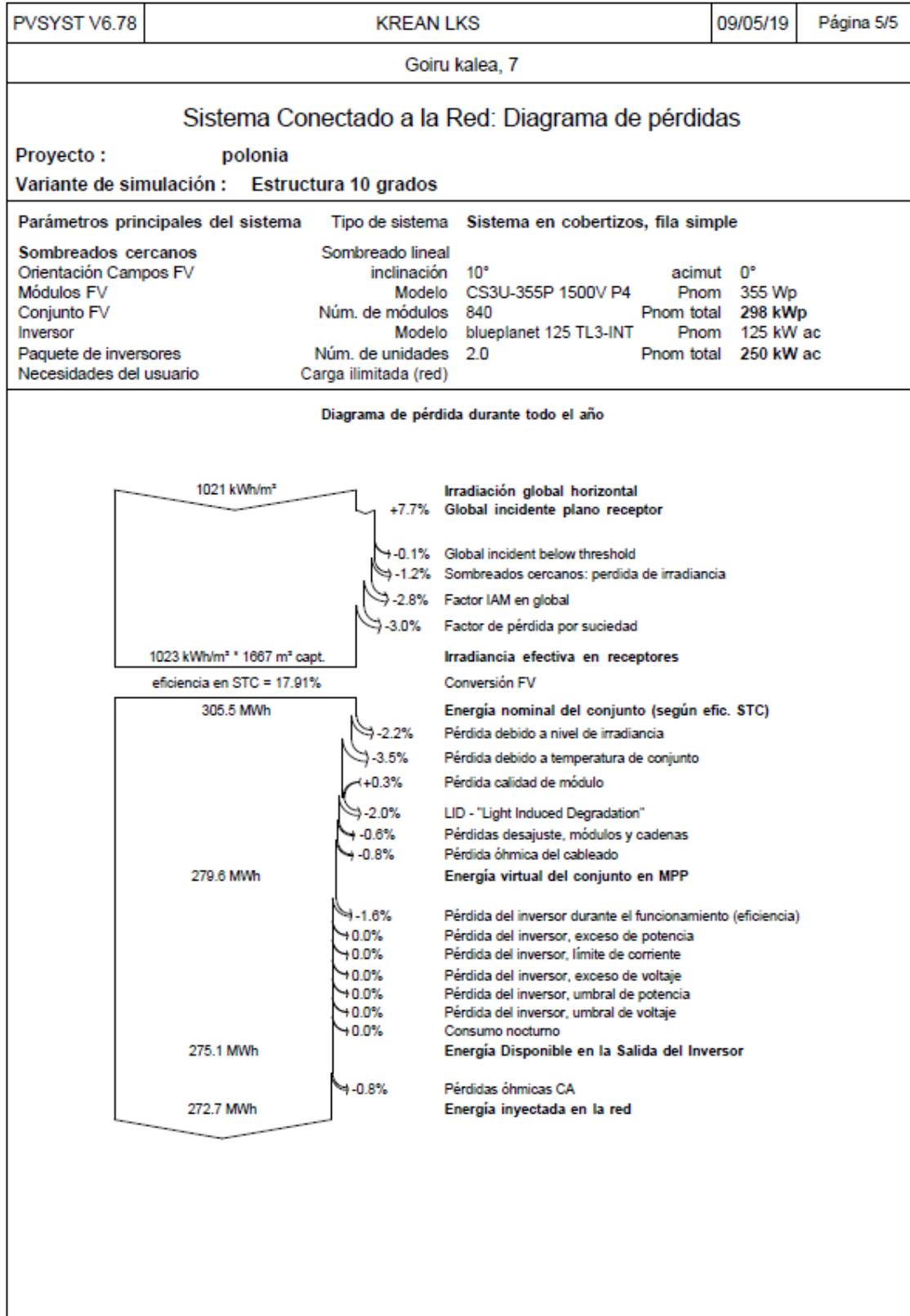
Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados

PVsyst Licensed to LKS Ingeniería S.Coop (Spain) Traducción sin garantía, Solo el texto Inglés está garantizado.

Plano de Captación: Inclinación 10°:

PVSYST V6.78	KREAN LKS		09/05/19	Página 4/5				
Goiru kalea, 7								
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales								
Proyecto : polonia								
Variante de simulación : Estructura 10 grados								
Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema Sistema en cobertizos, fila simple						
Sombreados cercanos	Sombreado lineal							
Orientación Campos FV	inclinación 10°		acimut	0°				
Módulos FV	Modelo CS3U-355P 1500V P4		Pnom	355 Wp				
Conjunto FV	Núm. de módulos 840		Pnom total	298 kWp				
Inversor	Modelo blueplanet 125 TL3-INT		Pnom	125 kW ac				
Paquete de inversores	Núm. de unidades 2.0		Pnom total	250 kW ac				
Necesidades del usuario		Carga ilimitada (red)						
Resultados principales de la simulación								
Producción del sistema		Energía producida	272.7 MWh/año	Produc. específica 915 kWh/kWp/año				
		Índice de rendimiento (PR)	83.17 %					
Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 298 kWp								
<p> Lc: Pérdida colectada (conjunto FV) 0.44 kWh/kWp/día La: Pérdida sistema (inversor, ...) 0.06 kWh/kWp/día Yf: Energía útil producida (salida inversor) 2.51 kWh/kWp/día </p>			<p>PR - Índice de rendimiento (Yf/Yi): 0.832</p>					
Estructura 10 grados								
Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	19.3	11.90	-0.90	24.6	21.5	6.29	6.04	0.823
Febrero	35.8	21.74	-3.11	41.6	38.5	11.38	11.04	0.890
Marzo	85.2	40.52	5.22	96.7	90.4	25.52	24.91	0.864
Abril	116.8	63.10	9.99	125.5	117.5	32.46	31.71	0.847
Mayo	95.6	69.17	12.03	97.1	90.3	24.98	24.34	0.841
Junio	172.6	84.69	17.98	177.1	166.1	44.29	43.32	0.820
Julio	178.8	85.58	19.54	184.7	173.4	45.90	44.89	0.815
Agosto	147.4	69.76	19.22	155.7	146.0	38.59	37.77	0.813
Septiembre	81.5	43.54	12.76	89.0	83.1	22.59	22.04	0.830
Octubre	42.1	27.08	7.07	47.7	44.1	12.51	12.13	0.853
Noviembre	27.3	17.78	6.10	34.0	30.4	8.73	8.45	0.833
Diciembre	19.0	10.94	2.75	25.8	21.8	6.34	6.09	0.791
Año	1021.4	545.79	9.13	1099.6	1023.2	279.58	272.73	0.832
Legendas: GlobHor Irradiación global horizontal DiffHor Irradiación difusa horizontal T_Amb Temperatura Ambiente GlobInc Global incidente plano receptor		GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EArray Energía efectiva en la salida del conjunto E_Grid Energía inyectada en la red PR Índice de rendimiento						

Plano de Captación: Inclinación 10°:



Plano de Captación: Inclinación 37°:

PVSYST V6.78	KREAN LKS		09/05/19	Página 4/5				
Goiru kalea, 7								
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales								
Proyecto : polonia								
Variante de simulación : Estructura 37 grados								
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple						
Sombreados cercanos	Sombreado lineal							
Orientación Campos FV	inclinación	37°	acimut	0°				
Módulos FV	Modelo	CS3U-355P 1500V P4	Pnom	355 Wp				
Conjunto FV	Núm. de módulos	840	Pnom total	298 kWp				
Inversor	Modelo	blueplanet 125 TL3-INT	Pnom	125 kW ac				
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0	Pnom total	250 kW ac				
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)							
Resultados principales de la simulación								
Producción del sistema	Energía producida	288.0 MWh/año	Produc. específica	966 kWh/kWp/año				
	Índice de rendimiento (PR)	81.30 %						
Producciones normalizadas (por kWp Instalado): Potencia nominal 298 kWp								
Estructura 37 grados								
Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	19.3	11.90	-0.90	35.9	30.9	8.97	8.64	0.807
Febrero	35.8	21.74	-3.11	52.4	48.4	14.08	13.65	0.874
Marzo	85.2	40.52	5.22	116.0	107.8	29.88	29.13	0.842
Abril	116.8	63.10	9.99	135.0	124.6	34.04	33.21	0.825
Mayo	95.6	69.17	12.03	92.4	83.9	23.15	22.51	0.817
Junio	172.6	84.69	17.98	170.2	156.5	41.60	40.65	0.801
Julio	178.8	85.58	19.54	180.4	166.0	43.75	42.74	0.795
Agosto	147.4	69.76	19.22	160.3	147.8	38.76	37.89	0.793
Septiembre	81.5	43.54	12.76	99.2	91.5	24.54	23.91	0.809
Octubre	42.1	27.08	7.07	57.6	53.0	14.86	14.41	0.839
Noviembre	27.3	17.78	6.10	47.9	42.6	12.11	11.77	0.823
Diciembre	19.0	10.94	2.75	40.8	33.9	9.79	9.49	0.780
Año	1021.4	545.79	9.13	1187.9	1087.0	295.53	287.99	0.813
Leyendas: GlobHor DiffHor T_Amb GlobInc		Irradiación global horizontal Irradiación difusa horizontal Temperatura Ambiente Global incidente plano receptor		GlobEff EArray E_Grid PR		Global efectivo, corr. para IAM y sombreados Energía efectiva en la salida del conjunto Energía inyectada en la red Índice de rendimiento		

ANEXO II - Viabilidad económica. Caso Base BIOMASA

Campus Universitario de Częstochowa (POLONIA)

INSTALACIÓN DE BIOMASA

Nº de CALDERAS **4** **1.400 kW** Potencia Útil **5.600 kW**

DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO

1. INVERSIÓN BIO

Total inversión (miles Euros) **1.453,0** kEuros
 Recursos propios **1.453,0** **100,0%**
 Recursos ajenos **0,0** **0,0%**

2. AMORTIZACIÓN

Sistema lineal (años) **15**

3. EXPLOTACIÓN

Periodo de explotación (años) **20**

4. IMPTO. DE SOCIEDADES POLONIA

Tipo (%) **19,0%**
 Tipo Impositivo IVA **23,0%**

5. TASA DE RETORNO SIMPLE (TRS)

TRS (años) **8,4**

RESULTADOS BIO

	TIR20	PB	YAN
Proyecto	9,5%	8,9	1.227,8

POLONIA: FISCALIDAD

En esta página: Impuestos sobre las sociedades | Reglamentos contables | Impuestos al consumo | Impuesto sobre la renta de las personas | Convenios para evitar la doble imposición | Fuentes de información fiscal

Impuestos sobre las sociedades

Distinción entre sociedad residente y sociedad extranjera Los no residentes pagan impuestos solamente por sus ingresos en Polonia. Los residentes pagan impuestos por sus ingresos a nivel mundial, con la posibilidad de acceder a créditos fiscales extranjeros.

Tasa estándar

Impuesto sobre sociedades	19%
Impuesto sobre sociedades reducido (para las empresas en su primer año de actividad o con un volumen de negocios inferior a 1.2 millones EUR el año anterior)	15%

B) Tributación indirecta

Impuesto sobre el Valor Añadido

El régimen del IVA cumple en principio la normativa comunitaria y la Directiva 2006/112/CE

Tipo impositivo: el tipo básico es del 23 %, aunque se aplican también los tipos reducidos, de 8 %, 5 % y 0 %

<https://es.portal.santandertrade.com/establecerse-extranjero/polonia/fiscalidad>

https://www.garriques.com/es_ES/quias/quia-para-hacer-neqocios-en-polonia

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INSTALACIÓN BIOMASA																					
(kEuros)																					
Coste Evitado Energía (kl/año)	0	25,5																			
Variación BIO	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Coste Evitado Final EE (kl/año)	0	25,5	25,7	26,0	26,3	26,5	26,8	27,0	27,3	27,6	27,9	28,1	28,4	28,7	29,0	29,3	29,6	29,9	30,2	30,5	30,8
Coste Evitado CO2 (kl/año)	0,0	115,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Variación	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Coste Evitado Final CO2 (kl/año)	0	115,7	116,3	118,0	119,2	120,4	121,6	122,8	124,1	125,3	126,6	127,8	129,1	130,4	131,7	133,0	134,3	135,7	137,0	138,4	139,8
Variación O&M	0%	0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
O&M	0,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Coste Evitado Final BIO (kl/año) Balance	0,0	173,2	174,6	176,0	177,5	178,9	180,4	181,9	183,4	184,9	186,4	188,0	189,5	191,1	192,7	194,3	195,9	197,6	199,2	200,9	202,6

RENTABILIDAD DEL PROYECTO SIN TENER EN CUENTA LA FINANCIACIÓN - CUENTA DE EXPLOTACIÓN

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
(kEuros)																						
BALANCE EXPLOTACIÓN	Balance	0,0	173,2	174,6	176,0	177,5	178,9	180,4	181,9	183,4	184,9	186,4	188,0	189,5	191,1	192,7	194,3	195,9	197,6	199,2	200,9	202,6
AMORTIZACIONES		0,0	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	
AMORTIZ. ACUMULADA		0,0	36,3	193,7	290,6	387,5	484,3	581,2	678,1	774,9	871,8	968,7	1065,5	1162,4	1259,3	1356,1	1453,0	1453,0	1453,0	1453,0	1453,0	
RESULTADO ANTES DE IMPTOS		0,0	76,3	77,7	79,1	80,6	82,0	83,5	85,0	86,5	88,0	89,5	91,1	92,6	94,2	95,8	97,4	99,0	100,6	102,2	103,8	
IMPTO. DE SOCIEDADES	19,00%	0,0	14,5	14,8	15,0	15,3	15,6	15,9	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	
RTDO. DESPUES DE IMPTOS.		0,0	61,8	62,9	64,1	65,3	66,4	67,6	68,8	70,1	71,3	72,5	73,8	75,0	76,3	77,6	78,9	80,2	81,5	82,8	84,1	
CASH-FLOW		0,0	158,7	159,8	161,0	162,1	163,3	164,5	165,7	166,9	168,1	169,4	170,6	171,9	173,2	174,5	175,8	158,7	160,0	161,3	162,7	164,1
INVERSIONES		1.453,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
FLUJO NETO TESORERIA		-1.453,0	158,7	159,8	161,0	162,1	163,3	164,5	165,7	166,9	168,1	169,4	170,6	171,9	173,2	174,5	175,8	158,7	160,0	161,3	162,7	164,1
Tasa de actualización	2,00%	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,70	0,69	0,67
FLUJO NETO Actualizado		-1.453,0	155,6	153,6	151,7	149,8	147,9	146,1	144,3	142,5	140,7	139,0	137,2	135,5	133,9	132,2	130,6	115,6	114,3	113,0	111,7	110,4
FLUJO NETO Actualizado acumulado		-1.453,0	-1.297,4	-1.143,8	-992,2	-842,4	-694,4	-548,4	-404,1	-261,7	-121,0	18,0	155,2	290,8	424,6	556,9	687,5	803,0	917,3	1.030,3	1.142,0	1.252,4
TIR 20		9,5%		PAYBACK		8,9		YAN		2,0%		1.227,8		TIR 15		7,6%						

ANEXO III - Viabilidad económica. Caso Base FOTOVOLTAICA

Campus Universitario de Częstochowa (POLONIA)

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Potencia útil **298,0 kWp**

Producción An **##### kWh**

DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO

1. INVERSIÓN FY

Total inversión (miles Euros) **212,0** kEuros
 Recursos propios 212,0 **100,0%**
 Recursos ajenos 0,0 0,0%

2. AMORTIZACIÓN

Sistema lineal (años) **15**

3. EXPLOTACIÓN

Periodo de explotación (años) **20**

4. IMPTO. DE SOCIEDADES POLONIA

Tipo (%) **19,0%**
 Tipo Impositivo IVA **23,0%**

5. TASA DE RETORNO SIMPLE (TRS)

TRS (años) **8,40**

RESULTADOS FY

	TIR20	PB	VAN
Proyecto	7,97%	9,41	127,5

POLONIA: FISCALIDAD

En esta página: [Impuestos sobre las sociedades](#) | [Reglamentos contables](#) | [Impuestos al consumo](#) | [Impuesto sobre la renta de las personas](#) | [Convenios para evitar la doble imposición](#) | [Fuentes de información fiscal](#)

Impuestos sobre las sociedades

Distinción entre sociedad residente y sociedad extranjera Los no residentes pagan impuestos solamente por sus ingresos en Polonia. Los residentes pagan impuestos por sus ingresos a nivel mundial, con la posibilidad de acceder a créditos fiscales extranjeros.

Tasa estándar

Impuesto sobre sociedades	19%
Impuesto sobre sociedades reducido (para las empresas en su primer año de actividad o con un volumen de negocios inferior a 1,2 millones EUR el año anterior)	15%

B) Tributación indirecta

Impuesto sobre el Valor Añadido

El régimen del IVA cumple en principio la normativa comunitaria y la Directiva 2006/112/CE.

Tipo impositivo: el tipo básico es del 23 %, aunque se aplican también los tipos reducidos, de 8 %, 5 % y 0 %.

<https://es.portal.santandertrade.com/establecerse-extranjero/polonia/fiscalidad>
https://www.garrigues.com/es_ES/quias/guia-para-hacer-negocios-en-polonia

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA -																						
Producción Base_EE (kWh/año)	272.730																					
Variación Pérdidas Panel	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	
Producción Res_LEE (kWh/año)	0	272.730	270.003	267.303	264.630	261.983	259.364	256.770	254.202	251.660	249.144	246.652	244.186	241.744	239.326	236.933	234.564	232.218	229.896	227.597	225.321	
Coste Evitado EE (€/año)	110,8	0	30.229	29.326	29.627	29.331	29.038	28.747	28.460	28.175	27.893	27.614	27.338	27.065	26.794	26.526	26.261	25.998	25.738	25.481	25.226	24.974
Variación Coste	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	
Coste Evitado Final EE (€/año) Ingresos	0,0	30.229	30.525	30.220	29.317	29.618	29.322	29.029	28.739	28.451	28.167	27.885	27.606	27.330	27.057	26.786	26.518	26.253	25.991	25.731	25.473	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - FY																						
Variación O&M	0%	0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
O&M Gastos	0,0	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	

RENTABILIDAD DEL PROYECTO SIN TENER EN CUENTA LA FINANCIACIÓN - CUENTA DE EXPLOTACIÓN

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
(kEuros)																						
INGRESOS EXPLOTACIÓN	Balance	0,0	30,2	30,5	30,2	29,9	29,6	29,3	29,0	28,7	28,5	28,2	27,9	27,6	27,3	27,1	26,8	26,5	26,3	26,0	25,7	25,5
GASTOS EXPLOTACIÓN		0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
AMORTIZACIONES		0,0	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	
AMORTIZ. ACUMULADA		0,0	14,1	28,3	42,4	56,5	70,7	84,8	98,9	113,1	127,2	141,3	155,5	169,6	183,7	197,9	212,0	212,0	212,0	212,0	212,0	
RESULTADO ANTES DE IMPTOS		0,0	11,1	11,4	11,1	10,8	10,5	10,2	9,9	9,6	9,3	9,0	8,8	8,5	8,2	7,9	7,7	7,4	7,1	6,8	6,5	
IMPTO. DE SOCIEDADES 19,00%		0,0	2,1	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
RTDO. DESPUES DE IMPTOS		0,0	9,0	9,2	9,0	8,7	8,5	8,3	8,0	7,8	7,5	7,3	7,1	6,9	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	
CASH-FLOW		0,0	23,1	23,4	23,1	22,9	22,6	22,4	22,1	21,9	21,7	21,5	21,2	21,0	20,8	20,6	20,3	17,4	17,2	17,0	16,8	
INVERSIONES		-212,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
FLUJO NETO TESORERIA		-212,0	23,1	23,4	23,1	22,9	22,6	22,4	22,1	21,9	21,7	21,5	21,2	21,0	20,8	20,6	20,3	17,4	17,2	17,0	16,8	
Tasa de actualización 2,00%		1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,70	0,69	
FLUJO NETO Actualizado		-212,0	22,7	22,5	21,8	21,1	20,5	19,9	19,3	18,7	18,1	17,6	17,1	16,6	16,1	15,6	15,1	12,7	12,3	11,9	11,5	
FLUJO NETO Actualizado acumulado		-212,0	-183,3	-166,9	-145,1	-124,0	-103,5	-83,6	-64,3	-45,6	-27,5	-9,9	7,2	23,7	39,8	55,4	70,5	83,2	95,5	107,4	118,9	
TIR 20		8,0%																				
PAYBACK					9,41																	
VAN 2,0%											127,5											
TIR 15																					6,2%	

ANEXO IV - Viabilidad económica. Caso Base FOTOVOLTAICA + EÓLICA

Campus Universitario de Częstochowa (POLONIA)																						
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA											INSTALACIÓN MINEÓLICA											
Potencia útil	298,0 kWp	Producción An	##### kWh																			
				ENAIR 200	20 kWe	110,84 l/MWh	Comprobar															
				Producción Anua	25.682 kWh	2.847 l																
DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO																						
1. INVERSION FY+EO																						
Total inversión (FY+EO)	287,0	kEuros																				
Recursos propios	287,0	100,0%																				
Recursos ajenos	0,0	0,0%																				
2. AMORTIZACIÓN																						
Sistema lineal (años)	15																					
3. EXPLOTACIÓN																						
Periodo de explotación (años)	20																					
				4. IMPTO. DE SOCIEDADES POLO																		
				Tipo (%)	19,0%																	
				Tipo Impositivo IVA	23,0%																	
				5. TASA DE RETORNO SIMPLE (TRS)																		
				TRS (años)	10,2																	
				1. INVERSION - EOLICA																		
				Total inversión (miles Euros)	102,1																	
				<small>Tendremos en cuenta que, la mano de Polonia es el zlaty, que se reconoce con la zizlar bancaria PLN. El equivalente entre zlaty y euro es de unar 4,3 zlaty por euro.</small>																		
RESULTADOS CONJUNTO FY+EO																						
		TIR20	PB	YAN																		
Proyecto		4,7%	11,9	70,0																		
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA - FY																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Producción Base_EE (kWh/año)	272.730																					
Variación Pérdidas	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	
Producción Res_LEE (kWh/año)	0	272.730	267.275	261.930	256.631	251.557	246.526	241.536	236.764	232.029	227.388	222.840	218.383	214.016	209.735	205.541	201.430	197.401	193.453	189.584	185.793	
Coste Evitado EE (l/año)	110,8	0	30.229	29.624	29.032	28.451	27.882	27.324	26.778	26.242	25.717	25.203	24.699	24.205	23.721	23.246	22.782	22.326	21.879	21.442	21.013	20.593
Variación Coste	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	
Coste Evitado Final EE (l/año)	Ingresos	0,0	30.229	30.217	29.612	29.020	28.440	27.871	27.313	26.767	26.232	25.707	25.193	24.689	24.195	23.711	23.237	22.772	22.317	21.871	21.433	21.005
INSTALACIÓN EÓLICA - EO																						
Producción Base_EE (kWh/año)	25.682																					
Variación Pérdidas	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	
Producción Res_LEE (kWh/año)	0	25.682	25.618	25.554	25.490	25.426	25.363	25.299	25.236	25.173	25.110	25.047	24.985	24.922	24.860	24.798	24.736	24.674	24.612	24.551	24.489	
Coste Evitado EE (l/año)	110,8	0	2.847	2.833	2.822	2.812	2.801	2.804	2.797	2.790	2.783	2.776	2.769	2.762	2.755	2.748	2.742	2.735	2.728	2.721	2.714	
Variación Coste	0,0%	0,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	
Coste Evitado Final EE (l/año)	Ingresos	0,0	2.847	2.836	2.829	2.822	2.815	2.811	2.804	2.797	2.790	2.783	2.776	2.769	2.762	2.755	2.748	2.742	2.735	2.728	2.721	2.714
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - (FY+EO)																						
Variación O&M	0%	0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	
O&M	Gastos	0,0	5.000	5.025	5.050	5.075	5.101	5.126	5.152	5.178	5.204	5.230	5.256	5.282	5.308	5.335	5.362	5.388	5.415	5.442	5.470	5.497
RENTABILIDAD DEL PROYECTO SIN TENER EN CUENTA LA FINANCIACIÓN - CUENTA DE EXPLOTACIÓN																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
(kEuros)																						
INGRESOS EXPLOTACIÓN	Balanco	0,0	33,1	33,1	32,5	31,9	31,3	30,7	30,2	29,6	29,1	28,5	28,0	27,5	27,0	26,5	26,0	25,6	25,1	24,7	24,2	23,8
GASTOS EXPLOTACIÓN		0,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	
AMORTIZACIONES		0,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	
AMORTIZ. ACUMULADA		0,0	19,1	38,3	57,4	76,5	95,7	114,8	133,9	153,1	172,2	191,3	210,5	229,6	248,7	267,9	287,0	287,0	287,0	287,0	287,0	
RESULTADO ANTES DE IMPTOS		0,0	8,9	9,0	8,3	7,7	7,1	6,5	5,9	5,3	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,1	1,5	20,2	19,7	19,2	18,7	18,3
IMPTO. DE SOCIEDADES	19,0%	0,0	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	3,8	3,7	3,7	3,6	3,5
RTDO. DESPUES DE IMPTOS:		0,0	7,2	7,3	6,7	6,2	5,7	5,2	4,8	4,3	3,8	3,4	2,9	2,5	2,1	1,7	1,3	16,3	15,9	15,6	15,2	14,8
CASH-FLOW		0,0	26,4	26,4	25,9	25,4	24,9	24,4	23,9	23,4	23,0	22,5	22,1	21,6	21,2	20,8	20,4	16,3	15,9	15,6	15,2	14,8
INVERSIONES		287,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
FLUJO NETO TESORERIA		-287,0	26,4	26,4	25,9	25,4	24,9	24,4	23,9	23,4	23,0	22,5	22,1	21,6	21,2	20,8	20,4	16,3	15,9	15,6	15,2	14,8
Tasa de actualización	2,00%	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,70	0,69	0,67
FLUJO NETO Actualizado		-287,0	25,9	25,4	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	20,0	19,2	18,5	17,8	17,1	16,4	15,8	15,1	11,9	11,4	10,9	10,4	10,0
FLUJO NETO Actualizado acumulado		-287,0	-261,1	-235,8	-211,4	-186,0	-165,4	-143,8	-123,0	-103,0	-83,8	-65,3	-47,5	-30,5	-14,1	1,7	16,8	28,8	40,1	51,0	61,5	71,4
		TIR 20	4,7%		PAYBACK		11,87		YAN		2,0%		70,0		TIR 15		2,8%					