

Grado en ciencias ambientales
Escola Politècnica Superior de
Gandia – UPV



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS DE GANDIA



Estimación del potencial energético renovable en la EPS de Gandía



TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor:

Vicent Villalba Ferrà

Tutor:

Constantino Torregrosa Cabanilles

Josep Vicent Llinares Palacios

GANDIA, 2015

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi compañero y amigo Vicent Jordan la colaboración aportando material fotográfico.

Para realizar este trabajo ha sido necesario recopilar información de distintas fuentes. Se agradece la colaboración de Alicia Estruch, Carmen Gómez...

A Josep Vicent Llinares por la aportación de toda la información meteorológica y sobre la estación.

Y finalmente a Constantino Torregrosa por su colaboración y dedicación en este proyecto.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	El problema de la energía.....	4
1.2	Consumo energético de los edificios	5
1.2.1	Legislación	7
1.3	Edificios de balance energético nulo.....	9
1.4	Objetivos	11
2	CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIVERSIDAD	12
2.1	Características y necesidades energéticas	12
2.1.1.	Unidades de medida de energía	14
2.1.2.	Necesidades energéticas.....	15
2.1.3.	Condiciones climáticas	15
2.2	Plan ambiental de la UPV	16
2.3	Consumo energético del campus.....	18
2.4	Climatización	23
3	LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	26
4	POTENCIAL DE AUTOPRODUCCIÓN	29
4.1	Memoria técnica instalación fotovoltaica.....	30
4.1.1.	Antecedentes	30
4.1.2.	Memoria.....	31
4.2	Memoria técnica instalación de un aerogenerador	37
4.2.1.	Antecedentes	37
4.2.2.	Memoria.....	37
5	CONCLUSIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA	44

ABSTRACT

Today's modern societies are absolutely dependent on energy supply for all kind of activities, from our personal day to day to basic systems as food production or water management. The limited resources and the exponential population growth makes the energy consumption is a factor to take into account at all levels. In this work it is studied the energy consumption, and developed a first proposal on the sustainable energy production, at a campus on the Mediterranean coast: specifically the Escola Politècnica Superior de Gandía.

Keywords: Energy consumption, energy efficiency, renewable energy, Escola Politècnica Superior de Gandía

RESUMEN

La sociedad actual es totalmente dependiente del suministro energético para todo tipo de actividades, desde nuestro consumo personal del día a día a los sistemas más básicos como la producción de alimentos o la gestión del agua. La finitud de los recursos naturales y el crecimiento exponencial de la población hacen que el consumo energético sea un factor a tener en cuenta a todos los niveles. En el presente trabajo se estudia el consumo energético, y se plantea una primera propuesta de autoproducción energética sostenible, en un campus universitario de la costa mediterránea: concretamente la Escola Politècnica Superior de Gandía.

Palabras clave: Consumo energético, eficiencia energética, energías renovables, Escola Politècnica Superior de Gandía

1 INTRODUCCIÓN

1.1 *El problema de la energía*

La problemática de la energía se puede sintetizar en tres principales hechos, la creciente superpoblación mundial, la degradación de medio ambiente y el agotamiento de los recursos.

El nivel de vida de una buena parte de la sociedad actual exige un gran consumo energético. Existe una relación directa entre desarrollo económico y consumo energético. Conforme gran parte de la creciente población mundial accede a niveles de desarrollo económico más altos, el consumo energético crece también de forma exponencial. La mayoría de la población no es consciente del impacto ambiental que esto genera ni de los límites de producción energética que la naturaleza impone.

En 2008 se estima que se tuvo un consumo medio correspondiente a una potencia de 17.867 TW. De la gran demanda de energía actual, la inmensa mayoría procede de energías no renovables, es decir, carbón, petróleo y gas. Solo el 16% de la energía producida a nivel mundial procede de fuentes renovables [1].

Consumo total de petróleo en España

ktep	2010	2011	2012	2013	Δ%
Consumo final	55.387	49.993	45.543	43.419	-4,7
Generación eléctrica	3.894	3.072	3.202	2.701	-15,6
Fábricas de gas	54	138	57	57	0,0
Consumos propios y pérdidas	4.348	5.037	5.177	6.758	30,5
TOTAL	63.683	58.240	53.978	52.934	-1,9

Tabla 1. Consumo total de petróleo en España (Fuente: Foronuclear [2])

Evidentemente, el consumo energético no se reparte por igual en las diferentes regiones del planeta, existiendo grandes diferencias relacionadas con el nivel de desarrollo económico de cada región. Por ejemplo, como podemos observar en la tabla 1, en 2013 se consumieron en España 53 MTep, es decir, más de 1 Tep (tonelada equivalente de petróleo) al año por español.

La población no es consciente, en general, del gran consumo energético que se genera mundialmente, en parte porque no es algo que se pueda ver con facilidad. No se informa de dónde procede la energía que se consumen, cómo se ha obtenido, ni qué tipo de transformaciones ha sufrido.

Se estima que se pierde un 35% de la energía total en las operaciones de transformación y transporte, por tanto es algo a tener en cuenta.

Como ya se ha expuesto, la población mundial crece exponencialmente y, lógicamente, este aumento es directamente proporcional al consumo energético. Por otro lado, la tierra es un espacio finito y sus recursos también. El incremento de consumo de estos recursos está produciendo su agotamiento.

Como ejemplo, la extracción mundial de petróleo en 2012 fue de 4100 Mtep, con un incremento de un 2,2% respecto al año anterior [2]. Según la propia industria petrolera [3], las reservas mundiales son de 236 000 Mtep. Suponiendo sólo un crecimiento anual del 1%, las reservas serían suficientes para 45 años, si fuera posible extraerlo todo, a ritmos crecientes, económicamente y sin dificultades. Con el gas natural la situación es muy similar.

El consumo de combustibles fósiles genera un gran impacto ambiental, entre otros de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, como el CO₂ que contribuye al incremento de la temperatura global.

A consecuencia de la importancia mediática que se le está otorgando a las emisiones de GEI, se considera como una opción retroceder hacia la obtención de energía mediante las reacciones nucleares, ya que éstas no emiten gases que contribuyen al efecto invernadero. Pero no se debe olvidar que este tipo de fuentes de energía tiene grandes riesgos, además de generar impactos ambientales como el aumento de temperatura o la generación de residuos radioactivos. Estos residuos tienen un periodo de desintegración de miles de años, por ejemplo el plutonio 239 con un periodo radioactivo de 241110 años. También existe el problema de los recursos globales muy limitados de uranio, y el problema asociado de la proliferación de armas nucleares.

Existen tecnologías de producción energética más sostenibles, basadas en las llamadas energías renovables. Se trata de fuentes de energía de duración indefinida (a nivel práctico) como las relacionadas con la energía de la radiación solar y sus derivadas. Pero la utilización de energías renovables se ve entorpecida por el escenario socio-político actual. En la mayoría de países no se favorece el uso de este tipo de energías. No existen ventajas legales ni económicas, como algún tipo de subvención o compensación que las promueva. Además la gente está ampliamente acostumbrada a utilizar combustibles fósiles.

1.2 Consumo energético de los edificios

El sector residencial tiene una gran importancia en el contexto energético actual, tanto a nivel nacional como mundial. Se trata de un consumo del 17% de la energía total consumida en España y un 25% de la demanda de energía eléctrica. Este consumo ha sido creciente, de forma más o menos paralela al aumento de la población, hasta el advenimiento de la crisis en 2008 (ver Fig. 1).

Tendencias del consumo energético en el sector residencial

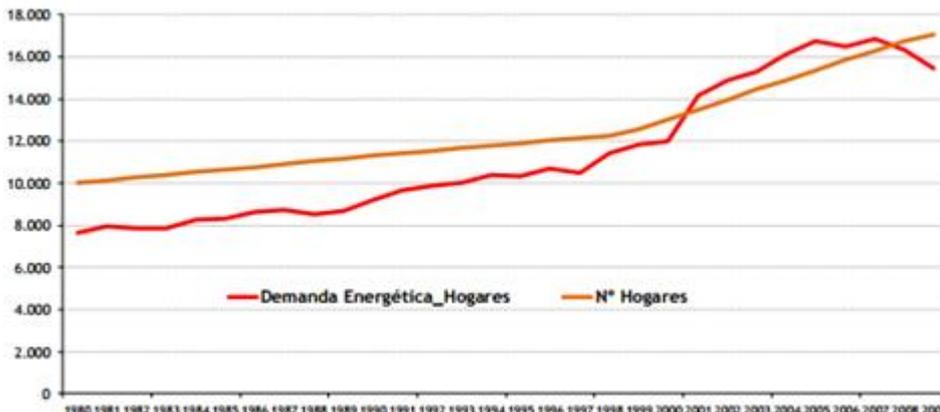


Figura 1. Consumo energético del sector residencial en España. (Fuente: IDAE [4])

Existen distintos planes a nivel nacional referentes al ahorro de energía y mejora de la eficiencia energética en los edificios, que además son coherentes con las directivas europeas.

El Plan de Acción 2008-2020, se corresponde con el primer Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (NEEAP) requerido por la Directiva 2006/32/EC sobre Eficiencia en el Uso Final de la Energía y los Servicios Energéticos, fijado unos objetivos de ahorro anual de un 2%, superior al 1% establecido por la citada Directiva.

Este plan sienta las bases de la política futura en el ámbito de la eficiencia energética nacional, se ve reforzado por el Plan de Energías Renovables, 2011-2020.

Con la finalidad de favorecer uso de energías renovables, y mejorar la eficiencia energética, cumpliendo así con el artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, pone en marcha el programa PAREER (Plan de Ayuda para la Rehabilitación Energética de Edificios existentes del sector Residencial) .

Resumiendo este plan consiste en ayudas para mejorar el aislamiento, la iluminación y la utilización de energías renovables para conseguir una mayor eficiencia energética en el sector residencial. Esta ayuda la pueden recibir personas físicas y jurídicas.

Respecto a los edificios públicos, el IDAE ha elaborado un modelo de contrato de servicios energéticos y mantenimiento integral [5]. A pesar de la dificultad por la escasez de fondos sería interesante realizar este tipo de planes.

Pero en cuanto a las medidas de fomento de energías renovables y autoproducción, en España se vive en los últimos años en un caos legislativo que ha entorpecido en gran medida su desarrollo. Por ejemplo, el pasado 5 de junio de 2015, el Gobierno presentó el borrador de Real Decreto de Autoconsumo con el objetivo de regular el autoconsumo energético en España. El texto propuesto por el Ministerio de Industria obliga a pagar un cargo adicional a todos aquellos consumidores que opten por el

autoconsumo -generar la energía que consumen- pero sigan conectados a la red eléctrica.

Este “impuesto al sol” ha suscitado el rechazo tanto de los principales partidos políticos en la oposición, como de numerosas asociaciones de consumidores, grupos ecologistas y sindicatos.

En esta línea se ha manifestado la Comisión Europea, que destacó, en un comunicado publicado el pasado 15 de julio, que “los consumidores deben ser libres de generar y consumir su propia energía en condiciones justas para ahorrar dinero, ayudar al medio ambiente y asegurar la seguridad del suministro”. En el documento, la institución recoge las mejores prácticas en materia de autoconsumo, como la eliminación de barreras burocráticas y administrativas, la revisión de las tarifas eléctricas para que reflejen los costes reales o la garantía de un marco estable para el autoconsumo compartido en comunidades de vecinos o polígonos industriales [6].

1.2.1 Legislación

En España, las principales normativas sobre eficiencia energética en edificios y energías renovables son las siguientes [7]:

-NBE CT79 establece las condiciones térmicas exigibles a los edificios, así como los datos que condicionan su determinación. Estas fueron fundamentales para desarrollar el marco normativo en materia de eficiencia de las edificaciones e instalaciones en España.

-RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios), se comienza a incluir parámetros de eficiencia en instalaciones ACS y climatización, estas no estaban legisladas en España.

- Real decreto 1751/1998, establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de climatización, calefacción y agua caliente sanitaria para que tengan un consumo razonable por consideraciones económicas y de protección del medio ambiente.
- Real decreto 1027/2007 deroga el real decreto 1751/1998, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.
- Finalmente RITE se incluye en el Código Técnico de la Edificación (CTE) como Sección HE-2 (rendimiento de las instalaciones térmicas).

-La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) establece unos criterios mínimos de seguridad, funcionalidad, seguridad y habitabilidad. Fue el intento de la unificación de las distintas normativas sobre la construcción de un edificio.

-Real Decreto 314/2006 deroga las NBE y ha introduce numerosos aspectos para el ahorro y la eficiencia en la edificación. Consta de distintos documentos básicos, siendo los más representativos para la eficiencia energética:

- Documento Básico de Ahorro de Energía. consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Documento Básico de Salubridad. Consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

-Ley 54/1997, de 27 de noviembre establece la regulación del sector eléctrico, con el triple y tradicional objetivo de garantizar el suministro eléctrico, garantizar la calidad de dicho suministro y garantizar que se realice al menor coste posible, todo ello sin olvidar la protección del medioambiente, aspecto que adquiere especial relevancia dadas las características de este sector económico.

La normativa de la comunidad valenciana respecto a la eficiencia energética está relacionada con la certificación energética de los edificios de nueva construcción en el ámbito de aplicación del real decreto 47/2007.

La Generalitat Valenciana posee un registro de certificaciones de eficiencia energética de edificios, diferenciando la certificación al proyecto, del edificio terminado.

-Decreto 112/2009 regula las actuaciones de la comunidad valenciana así como las de agentes de edificación implicados en el proceso de certificación de eficiencia energética de edificios. El agente competente para llevar a cabo estas actividades es la agencia valenciana de energía*.

- Resolución 25 de octubre de 2010, contiene los criterios técnicos para el control externo de la certificación de eficiencia energética de edificio de nueva construcción.

- Orden 1/2011, regula el registro de eficiencia energética en edificios.

*La Agencia Valenciana de la Energía (AVEN) se encarga de la eficiencia energética en la Comunidad Valenciana promoviendo ayudas, programas y asesorando en esta comunidad autónoma.

1.3 Edificios de balance energético nulo

Un edificio de balance energético nulo o cero es una infraestructura en la que, aparte de tener un alto grado de eficiencia energética, la energía consumida procede de fuentes renovables, de manera que el balance energético anual es cero o casi cero.

Se entiende que estos edificios están generalmente conectados a la red de suministro eléctrico, y que importan energía cuando la necesitan y la exportan en los escenarios de excedente energético, llegando al punto que éstos se compensen y el consumo sea prácticamente nulo [8].

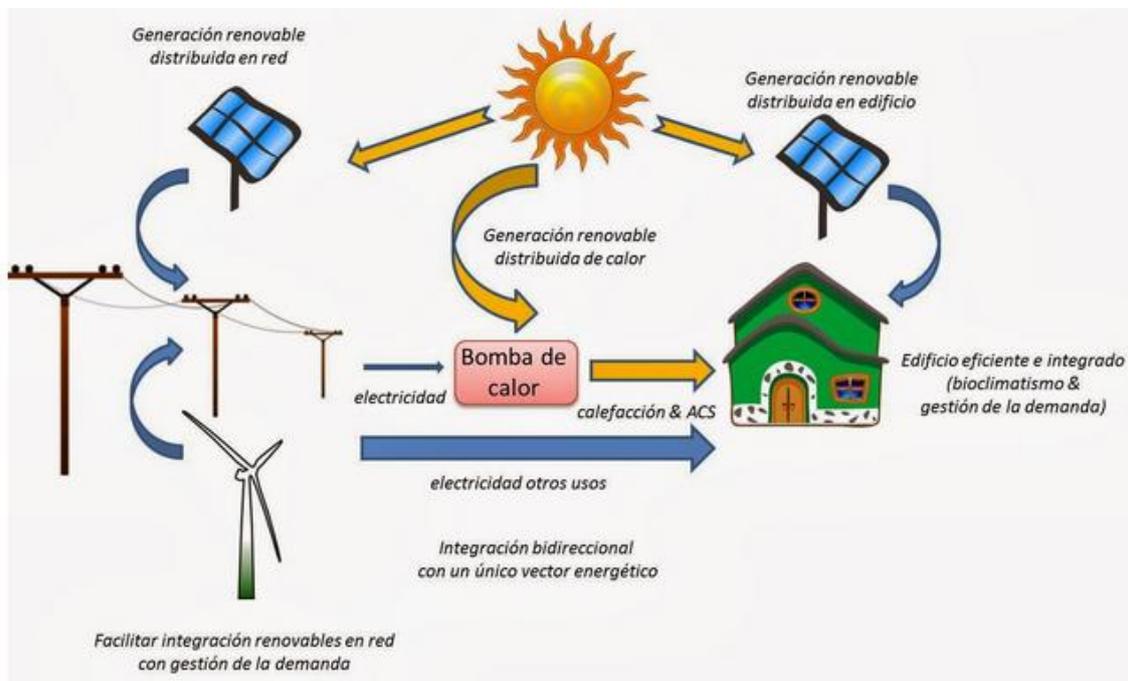


Figura 2. Esquema de la interacción de los edificios y las redes energéticas mostrando la terminología relevante. (Fuente: Blog de Xavier García Casal [9])

Los proyectos para la consecución de edificios de energía cero, en primer lugar se centran en el ahorro y mejora de la eficiencia energética, antes de centrarse en las posibilidades de autoproducción. La instalación de fuentes de suministro energético renovable supone una alta inversión económica, por tanto para conseguir que el balance de consumo energético sea aproximado a cero es necesario reducir previamente la demanda energética, a través de la mejora de la eficiencia, y si son necesario algunos cambios en el estilo de vida que permitan reducir el consumo.

La necesaria e inevitable transición hacia los edificios de balance energético nulo ya ha comenzado en algunos estados y en la Unión Europea. En el artículo 9 de la Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, se dice que los estados miembros se aseguraran de que a más tardar el 31 de diciembre de 2020 todos los edificios de nueva construcción sean de balance energético nulo y, después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.

Con la finalidad de determinar el nivel de eficiencia energética, en un edificio de balance energético casi nulo se seguirán las indicaciones del anexo I de la Directiva 2010/31/UE:

- La eficiencia energética de un edificio se determinara a partir de la energía consumida anualmente.
- La eficiencia energética de un edificio se expresará de forma clara e incluirá un indicador de eficiencia energética y un indicador numérico del consumo de energía primaria. En la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios se debe tener en cuenta las normas europeas y se ajustará a la legislación correspondiente.
- Se tendrán en cuenta las características térmicas reales del edificio, instalación de calefacción/refrigeración, agua caliente, instalación de iluminación, instalaciones solares pasivas y protección solar, ventilación natural y mecánica, orientación y diseño del edificio.
- Se tendrán en cuenta las incidencias positivas, como electricidad producida por cogeneración, sistemas urbanos o centrales de calefacción/refrigeración e iluminación natural [10].

Existen numerosos ejemplos de edificios construidos con los mencionados criterios desde hace ya décadas. Un ejemplo de casa autónoma fue diseñado por los arquitectos Robert y Brenda Vale en los años noventa en Southwell, Nottinghamshire.

Su ubicación en un área protegida hizo que la casa tuviera un aspecto convencional. Esta fue la primera casa autónoma en el Reino Unido, diseñada de forma respetuosa con el medio, autosuficiente en energía y agua, que trata sus propios residuos in situ y ofrece un ambiente interior sano a sus habitantes.

La planificación interna de dicha casa autónoma es poco convencional, ya que es una casa con las habitaciones y los baños en la planta baja, mientras que la cocina, comedor y salón están en el primer piso. No dispone de sistema de calefacción, aparte de una pequeña estufa de leña. También dispone de autoabastecimiento y reciclado de agua.

Sus características principales son:

Energía Solar: utiliza un sistema de agua por convección natural (gravedad) en el cual la radiación solar incide en los colectores situados en la pared y techo del sur para llenar los depósitos de almacenamiento.

Suministro de electricidad: una turbina eólica de eje vertical conectada a un alternador cuya salida se utiliza para cargar las baterías. Las baterías suministran energía a la vivienda mediante un transformador (inversor).

Calefacción y ventilación: mediante un flujo de aire caliente que se utiliza para calentar el agua que circula en un bucle para proporcionar calefacción en la casa. El sistema está integrado tanto por energía solar como por los circuitos de suministro eléctrico.

Abastecimiento de agua: El agua se recicla en una unidad de ósmosis inversa. Las aguas residuales se tratan en un digestor experimental pero con una conexión a la red de drenaje en caso de necesidad [11].

Para la resolución del problema que constituye la gran demanda energética de un edificio se plantean una serie de medidas:

La adaptación de las redes eléctricas o gaseoductos, así como las herramientas y normativas para su gestión, para facilitar la puesta en práctica de un sistema basado en las energías renovables.

Utilizar la gestión de la demanda para lograr un sistema con el mínimo coste energético posible.

Se debe acabar con el derroche de energía, imponiendo niveles obligatorios de eficiencia para el consumo energético de todos los electrodomésticos y aparatos que dependan del consumo eléctrico.

Finalmente se debe investigar la posible producción de energía mediante fuentes renovables como la solar, eólica, etc. [12]

1.4 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la evaluación del sistema energético de las instalaciones del campus universitario de la Escola Politècnica Superior de Gandia y de las posibilidades de utilización de energías renovables. Para ello en primer lugar se obtienen y analizan los datos de consumo energético de sus instalaciones, se evalúan después las posibilidades de ahorro y de mejora de la eficiencia y, por último, se estima el potencial de autoproducción energética en la EPSG.

2 CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIVERSIDAD

La utilización de la energía para fines muy diversos hace que el análisis del consumo energético de unas instalaciones sea diferente en cada caso. En este trabajo se trata de evaluar el consumo energético en los edificios que integran el campus universitario de la Escola Politècnica Superior de Gandía (EPSG), que forma parte de la Universitat Politècnica de València (UPV). La UPV se compone de éste y otros dos campus más. El campus de Vera en Valencia es el mayor, y el campus de Alcoi, con dimensiones similares al de Gandía.

2.1 Características y necesidades energéticas

El campus universitario de la Escola Politècnica Superior de Gandía ocupa una parcela de 25 461 m² sobre la que se sitúan varios edificios con un total de 32.047 m² construidos y diariamente desarrollan sus actividades alumnos, investigadores, personal docente y de administración, personal de mantenimiento y vigilancia de las instalaciones.

El Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València dispone de un volumen de 1.500 estudiantes.

La EPSG dispone de recursos para garantizar que los estudiantes estén familiarizados con el uso de tecnologías propias de su actividad profesional. Entre sus instalaciones se cuenta el Centro de Recursos para al Aprendizaje y la Investigación (CRAI), laboratorios, salas de informática y estudios de radio y televisión, a los que los estudiantes pueden acceder con facilidad. Por otra parte, el campus pone a disposición de los estudiantes sus espacios de relación y encuentro, como áreas deportivas, zonas verdes o salas destinadas a actividades socioculturales [13].

Las necesidades energéticas en la EPSG son las comunes a los edificios destinados a la educación superior y las particulares debidas al entorno climático, en este caso el de la costa mediterránea.



Figura 3. Localización EPS de Gandía



Figura 4. Escuela politécnica superior de Gandía



Figura 5. Edificio CRAI



Figura 6. Pistas deportivas

En las figuras 3 a 6 se muestra la localización del campus universitario, los edificios principales de la escuela, el edificio CRAI y las pistas deportivas.

Para conocer con detalle las condiciones climatológicas locales de la EPSG se utilizarán los datos de temperatura, radiación solar y viento registrados por la estación meteorológica situada durante los últimos años en su cubierta.

2.1.1 Unidades de medida de energía

Antes de evaluar los consumos y las propuestas energéticas son necesarios algunos conocimientos sobre la energía y sus unidades.

El sistema legal de unidades vigente en España es, tal y como establece la ley 3/198, el Sistema Internacional (SI) adoptado por la conferencia general de pesos y medidas. Según el real decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida:

- En el caso de la energía, la unidad en el sistema internacional es el julio (J), sin embargo se utilizan también otras unidades de energía como el kWh que es la energía correspondiente a una potencia de 1 kW durante 1 hora. Es la unidad de medida de energía eléctrica comúnmente más utilizada. $1 \text{ kWh} = 3'6 \text{ MJ}$.
- Una tonelada equivalente de petróleo (tep) equivale a 11 630 kWh de energía eléctrica.

La potencia es otra magnitud física que es importante conocer, ya que mide el ritmo de consumo o transformación de la energía con el tiempo. Su unidad es el vatio (W), de forma que $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

2.1.2 Necesidades energéticas

Las necesidades energéticas en este campus universitario en la costa mediterránea son básicamente provenientes de la iluminación, equipos informáticos y equipos de laboratorios, calefacción/refrigeración y cafetería. Estos consumos se realizan casi exclusivamente en forma de energía eléctrica, excepto un consumo menor de gas para la cafetería.

Aunque se trata, como se expondrá a continuación, de un entorno de temperaturas suaves, las condiciones climáticas, del verano e invierno principalmente, implican la necesidad de disponer de equipos de climatización para conseguir unas condiciones mínimas de confort que permitan un desarrollo normal de las actividades diarias.

Cada uno de los edificios dispone de una o dos bombas de calor para climatización (calefacción y refrigeración) con potencias entre 40 y 80kW aproximadamente. Otros equipos de consumo elevado son los ordenadores de las salas informáticas, los ordenadores personales en los despachos, laboratorios, aulas y de los estudiantes, cuyos consumos se encuentran generalmente entre los 70 y 300 W cada uno. La iluminación de aulas, laboratorios, despachos y zonas comunes de toda la superficie construida de la EPSG y su exterior, y una gran variedad de equipos de laboratorios de prácticas e investigación constituyen el resto del consumo eléctrico.

La herramienta principal de que se dispone para evaluar el estado energético de las instalaciones es el consumo energético a través de las facturas eléctricas, en las cuales profundizaremos más adelante.

2.1.3 Condiciones climáticas

El entorno de la escuela forma parte de la zona climática denominada “plana litoral plujosa valenciana”, que se extiende por toda la costa del golfo de valencia. La temperatura media es 18°C, es decir, bastante alta, con inviernos suaves. En esta zona no son frecuentes las heladas.

Con una media de 700 mm anuales de lluvia, tiene una de las pluviosidades más altas de la comunidad valenciana. El 42% de las lluvias caen en otoño y primavera. Encontramos dos mecanismos de desencadenamiento de lluvias:

- Lluvias orográficas son aquellas en que el factor desencadenante es el relieve, concretamente provocadas por el Monduver, que tiene una altitud de 800 m y una orientación NE, en la cual los vientos vienen cargados de humedad.
- Awecciones de levante, este tipo de lluvias son las más importantes, además suelen dar lugar a lluvias torrenciales. Están provocadas por la presencia de una fuerte troposfera, penetraciones que pueden quedar aisladas alrededor de aire cálido formándose así la conocida “gota fredda”.

La distribución de los vientos sigue un patrón estacional, en primavera y verano NE-NNE, y en invierno y otoño S-SW.

Las condiciones climáticas en la EPSG han sido registradas durante años mediante una estación meteorológica situada sobre su cubierta. Sus datos acumulados se presentan y utilizan más adelante en este trabajo para relacionar el consumo energético con las temperaturas medias, para estimar el potencial eólico y la radiación solar disponible.



Figura 7. Estación meteorológica.

Una estación meteorológica es un lugar escogido adecuadamente para colocar los diferentes instrumentos que permiten medir las distintas variables que afectan al estado de la atmósfera, en el caso de la EPSG se dispone del modelo Campbell datalogger CR1000.

La mayor parte de la estación está automatizada por lo que no requiere un gran mantenimiento. [14]

2.2 Plan ambiental de la UPV

Desde la Unidad de Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València se impulsa la eficiencia y ahorro energético en toda la universidad mediante objetivos planteados en los planes ambientales de la UPV.

En 2014 el plan ambiental de la UPV fija como objetivo la reducción del 1% del consumo energético, partiendo del valor de 77,24 kWh/m² de 2013. Para cumplir este objetivo la UPV dispone de un presupuesto económico de 85.517,41€, y un técnico [15].

Dentro del Sistema de Gestión Ambiental de la Universitat Politècnica de València, existe un procedimiento para el control del consumo de energía eléctrica. Este tiene como objeto “Describir la metodología para llevar el control del consumo de energía eléctrica, con el fin de detectar posibles anomalías en los consumos de energía de la

Universidad y promover un consumo racional de la energía entre la comunidad universitaria. [16]

La metodología para el control de consumo sigue el diagrama de la figura 8. En primer lugar se debe conocer el consumo eléctrico para poder incidir en los mayores consumos e intentar reducirlos. La reducción del consumo se plantea por ejemplo con la verificación de las temperaturas en las instalaciones, para no exceder en consumo tanto en calefacción como en refrigeración y programando la puesta en marcha y apagado de los ordenadores.

Finalmente, desde la UPV se lleva un seguimiento y mediciones del consumo de energía eléctrica, con la elaboración de sus informes respectivos.

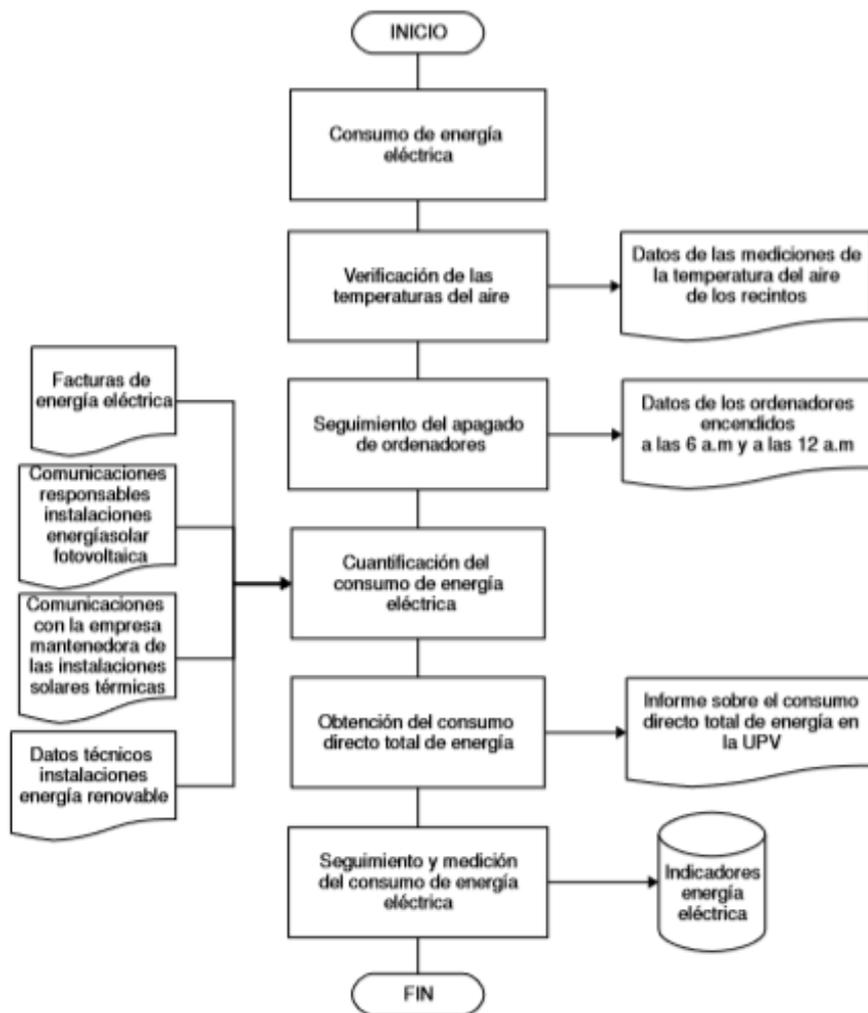


Figura 8. Metodología para el control del consumo eléctrico en la UPV.(Fuente: Plan Ambiental UPV [15])

2.3 Consumo energético del campus

A partir de los datos proporcionados por la UPV en su página web, los consumos eléctricos por m² se muestran en la figura 9.



Figura 9. Consumo eléctrico anual del campus de Gandía.

Observamos que el consumo eléctrico se reduce generalmente año tras año. Desde el 2006, hasta el último año (2014) se ha reducido el consumo un 56%. Aquí se refleja el compromiso de reducción de consumo de la UPV que se encuentra dentro de sus planes ambientales.

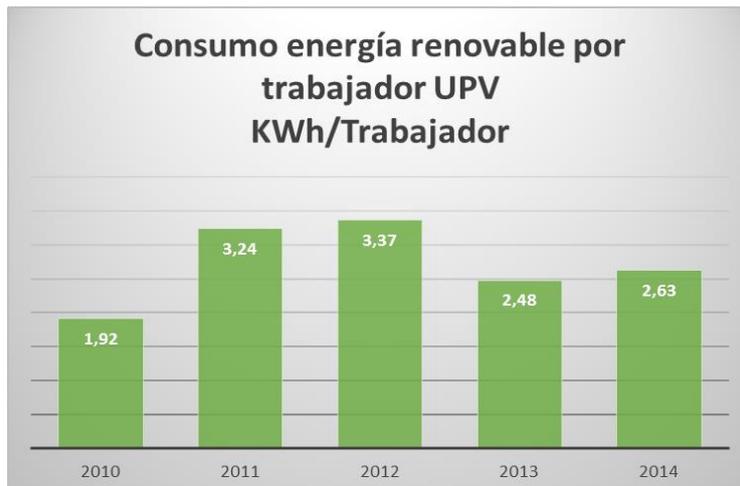


Figura 10. Consumo de energía renovable anual de la UPV, por trabajador.

La figura 10 muestra el consumo de energía renovable por trabajador de la UPV en general, esta información no está referida al campus de Gandía, donde no existen instalaciones de energía renovable. De todas formas, el valor de consumo de energía renovable por trabajador es testimonial y se encuentra prácticamente estancado.

Habitualmente, para estudiar con más detalle el consumo eléctrico se utilizan monitores o contadores eléctricos. Estos monitores miden y almacenan la cantidad de energía consumida durante días, semanas o meses. En este trabajo se va a hacer uso de las medidas de consumo registradas por los contadores utilizados por la compañía eléctrica para realizar su facturación. Se trata del consumo eléctrico en distintas zonas del campus de Gandía y proporcionan los datos de consumo mensual total.

El vatihorímetro, contador eléctrico o medidor de consumo eléctrico es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo esta la aplicación usual. Existen medidores analógicos y electrónicos. Los medidores analógicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco metálico, que bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. Los medidores electrónicos utilizan convertidores digitales para hacer la conversión.

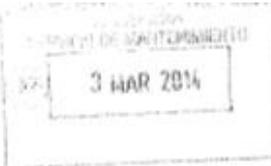
A su vez, de acuerdo a las facilidades implementadas, estos medidores se clasifican como:

- Medidores de demanda: miden y almacenan la energía total y una única demanda en las 24h (un solo periodo, una sola tarifa).
- Medidores multitarifa: miden y almacenan la energía y demanda en diferentes tramos de tiempo durante las 24h, a las que le corresponden diferentes tarifas. Pueden registrar también la energía reactiva, factor de potencia, y parámetros especiales adicionales.

En el caso de estudio los datos del consumo para realizar este trabajo se han obtenido de las facturas eléctricas, donde aparecen los registros de los medidores de consumo eléctrico multitarifa. Los consumos de la factura se calculan restando a la lectura actual la lectura anterior registrada en el contador. En la factura se diferencia si la lectura es real, es decir, el valor leído por su contador en la fecha indicada, o si la lectura es estimada, calculada tomando como base los consumos históricos y según una fórmula reglamentada por el Ministerio de Industria.

En la figura 11 se muestra como ejemplo una de las facturas mensuales de consumo eléctrico del campus de Gandía. Actualmente se dispone del consumo por separado de tres áreas del campus: el edificio CRAI por un lado, las instalaciones deportivas por otro, y por último el resto de la escuela, con los edificios de aulario, laboratorios, despachos, administración, etc.

Factura electricidad



DATOS SOCIALES
 UNIVERSIDAD POLITECNICA VALENCIA
 CNO VERA SIN
 46002 - VALENCIA
 VALENCIA
 Q4618002B

DOMICILIO DE ENVÍO
 UNIVERSIDAD POLITECNICA VALENCIA
 CNO VERA SIN
 46002 - VALENCIA
 (VALENCIA)
 UNIVERSIDAD POLITECNICA VALENCIA

FACTURA Nº P114142000073396
CUENTA CONTRATO 900180459
FORMA DE PAGO Cheque

FECHA EMISIÓN 24.02.2014
CONTRATO 01421302000010

FECHA VENCIMIENTO 25.04.2014
CUPS ES0021000015549542YK1P
DATOS CONTRACTUALES
 Tarifa ATIC: 6.1
 Modalidad Comercial:

PERIODO
 01.01.14 - 31.01.14
 Esta factura rectifica la factura P114142000052098 con fecha 31.01.2014

Potencias contratadas:
 P1: 350 kW
 P2: 350 kW
 P3: 350 kW
 P4: 350 kW
 P5: 350 kW
 P6: 451 kW

CONCEPTO	CANTIDAD	MESES	PRECIO UNITARIO	EFORTE	
TÉRMINO DE POTENCIA P1	350,0 kW	1,0	3,170178	1.111,31	Eur
TÉRMINO DE POTENCIA P2	350,0 kW	1,0	1,588963	556,14	Eur
TÉRMINO DE POTENCIA P3	350,0 kW	1,0	1,162857	407,00	Eur
TÉRMINO DE POTENCIA P4	350,0 kW	1,0	1,162857	407,00	Eur
TÉRMINO DE POTENCIA P5	350,0 kW	1,0	1,162857	407,00	Eur
TÉRMINO DE POTENCIA P6	451,0 kW	1,0	0,530571	239,29	Eur
ENERGÍA ACTIVA P1	20.365 kWh		0,156446	3.186,02	Eur
ENERGÍA ACTIVA P2	23.943 kWh		0,119296	2.858,29	Eur
ENERGÍA ACTIVA P6	15.009 kWh		0,043377	651,04	Eur
APLICACION NUEVOS PEAJES T.ENERGIA IET 1491/2013 01.08.2013				-1.961,74	Eur
IMPUESTO ELÉCTRICO (7.858,36 * 1,05113)	8.261,21 Eur		0,048640	401,83	Eur

Continúa en la página siguiente



Figura 11. Factura eléctrica mensual.

La factura de la luz se desglosa principalmente en dos términos, uno fijo y otro variable.

Se paga una cantidad fija cada mes en función de la potencia contratada (También le llaman facturada), en el caso de la universidad existen diversas potencias contratadas de 350kW y 451kW.

La fórmula es:

$$\text{Potencia} = \text{Potencia contratada en Kw} \times \text{N}^{\circ} \text{ de meses (1)} \times \text{canon fijo}$$

Por ejemplo la primera línea de la factura la potencia contratada durante un mes es de 350kW y el precio unitario es 3,175178, por tanto el importe =350kW*1*3,175178= 1.111,31€.

También se paga una cantidad variable en función de la energía consumida:

$$\text{Consumo} = \text{Energía consumida en un mes (kWh)} \times \text{precio del kWh.}$$

Este consumo en la factura aparece como energía activa.

A esto se le añaden otros importes:

- Se paga un impuesto sobre electricidad (directamente)
- Se paga un alquiler por el equipo de medida (por mes)
- Se suman estas cantidades y se le suma el 21% de IVA .

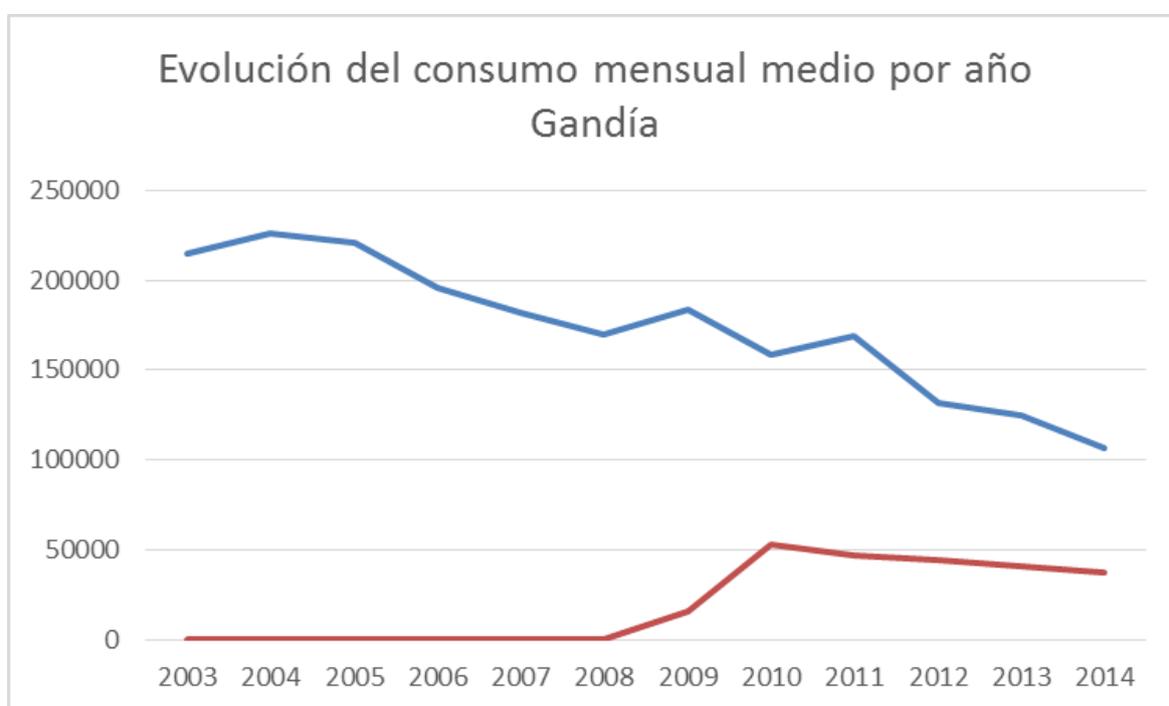


Figura 12. Consumo mensual promedio (kWh) de los edificios de la escuela (línea azul) y del CRAI (línea roja). El consumo en el CRAI se inicia en el 2009/10.

En la figura 12 se observa la evolución del consumo mensual medio de los edificios principales de la escuela y del edificio CRAI, por separado. Se puede observar que, en el periodo de 11 años de los que se dispone de datos, el consumo se reduce casi a la mitad en los edificios de la escuela. Por tanto se refleja el esfuerzo de la universidad y su Unidad de Medio Ambiente por incrementar su eficiencia energética.

Por otra parte se muestra el consumo energético mensual del edificio CRAI. Este edificio se construyó posteriormente con medidas para ser más eficiente, que se explican más adelante. Por tanto no se observan una disminución tan grande del consumo, aunque alcanza alrededor del 20%. No existen datos de este edificio hasta 2009/10 porque es la fecha en que se construyó.

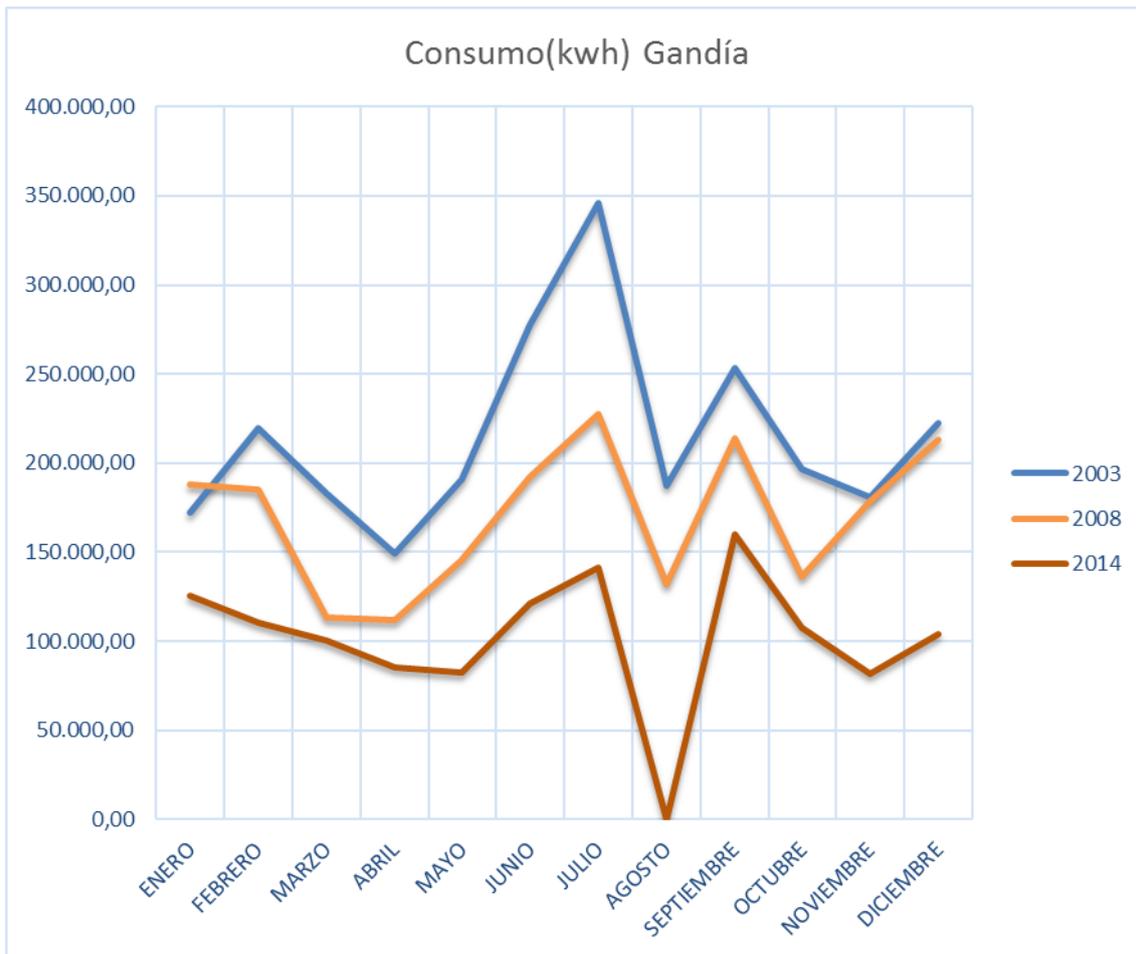


Figura 13. Consumo eléctrico mensual durante los años 2003 (línea azul), 2008 (línea naranja) y 2014 (línea marrón).

La figura 13 refleja el consumo mensual de 3 años (2003, 2008 y 2014) solamente para poder comparar el consumo con mayor facilidad. Se observa la progresiva disminución del consumo en todas las épocas del año. En este gráfico se distinguen claramente dos picos de consumo, en invierno y verano, debidos con toda probabilidad, como se tratará más adelante, al aumento de consumo por climatización. También se observa una caída del consumo en agosto que se produce porque el campus está cerrado durante el mes de agosto.

Los consumos energéticos en el campus universitario, según sus instalaciones son, además de la climatización, expuesta en el siguiente apartado, la iluminación, ordenadores y otros equipos, cafetería y agua caliente sanitaria (ACS).

La iluminación, ordenadores y otros equipos eléctricos constituyen el mayor consumo del campus. Esto se puede deducir como se expone a continuación. Si consideramos que en mayo/abril son los meses cuya temperatura media es aproximadamente 18°C (en 2015, según la estación meteorológica del campus de Gandía, las temperaturas medias de abril y mayo son 17 y 22°C respectivamente), en este escenario climático suponemos que no existe prácticamente consumo por climatización y, como

consecuencia, el consumo de estos meses es solo debido a la iluminación, ordenadores y otros equipos.

Al tratarse de un campus pequeño, el consumo energético de la cocina en la cafetería no es muy elevado, pero este consumo no se encuentra incluido en el consumo eléctrico pues se trata de una pequeña instalación de gas.

En cuanto al ACS, el consumo tampoco se estima muy importante, es de esperar que los principales usos se den en vestuarios y cafetería. Los consumos eléctricos registrados en las facturas de las instalaciones deportivas son muy pequeños en comparación con el resto.

2.4 Climatización

Debido a la importancia de los incrementos de consumo eléctrico en los meses más cálidos y en los más fríos del año, a continuación se tratará el tema del consumo energético por climatización de forma separada al resto de consumos.

Según el estudio de los consumos energéticos (ver Fig. 13) se puede observar que el consumo de climatización se debe principalmente a la refrigeración, aunque también se observa otro pico de consumo en invierno. Hay que tener en cuenta que la situación geográfica del campus le confiere un clima “templado” que fuera de los picos de verano e invierno reduce el consumo de climatización.

El sistema de climatización consta de equipos de bomba de calor , que sirve tanto para calefacción como para refrigeración, utilizando únicamente energía eléctrica.

Estudiando la media mensual del consumo de todos los años disponibles en los edificios del campus de Gandía (excepto CRAI), si se toma como valor de consumo base la media de los meses de abril/mayo (ver Fig. 14), se concluye que en invierno se produce un incremento de consumo sobre el base de un 29%, mientras que en los meses de verano el incremento sobre el consumo base es de un 38%.

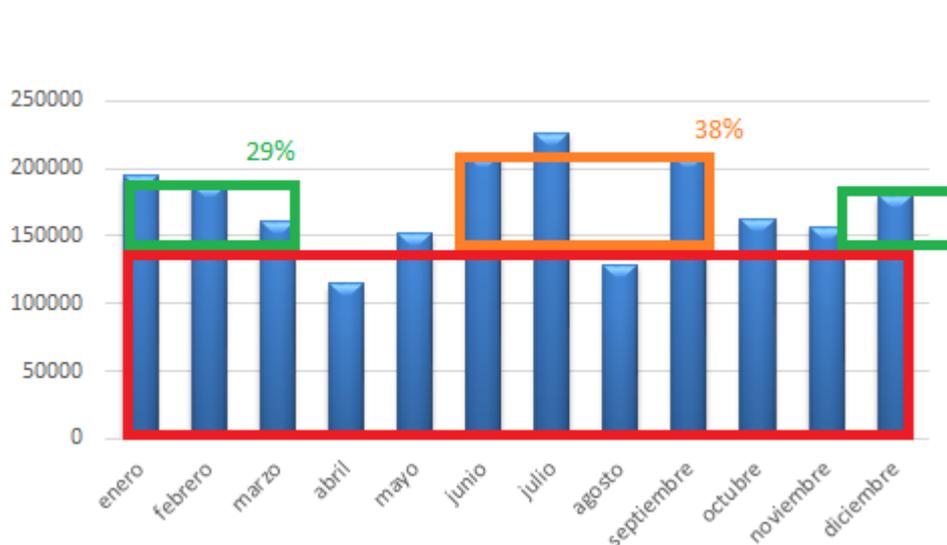


Figura 14. Consumo mensual promedio (kWh) en los edificios de la EPSG, excepto CRAI. La línea roja indica el consumo base promedio.

Por otra parte, el edificio CRAI tiene un tamaño menor y debido a que se trata de una construcción posterior, posiblemente es un edificio más eficiente. Sin embargo, el incremento de consumo por calefacción es superior al de los otros edificios, en invierno se incrementa el consumo un 46% y en verano un 29% (ver Fig. 15).

El mayor volumen de este edificio está ocupado por la biblioteca, que utiliza en gran parte la iluminación natural mediante grandes ventanales orientados al norte. Además, la gran altura de esta sala facilita la climatización en verano, aunque dificulta la calefacción en invierno por el gran volumen de aire caliente que asciende por convección natural. Por tanto, lógicamente el incremento de consumo por climatización es más notorio en el caso de la calefacción que en la refrigeración, en comparación con los demás edificios.

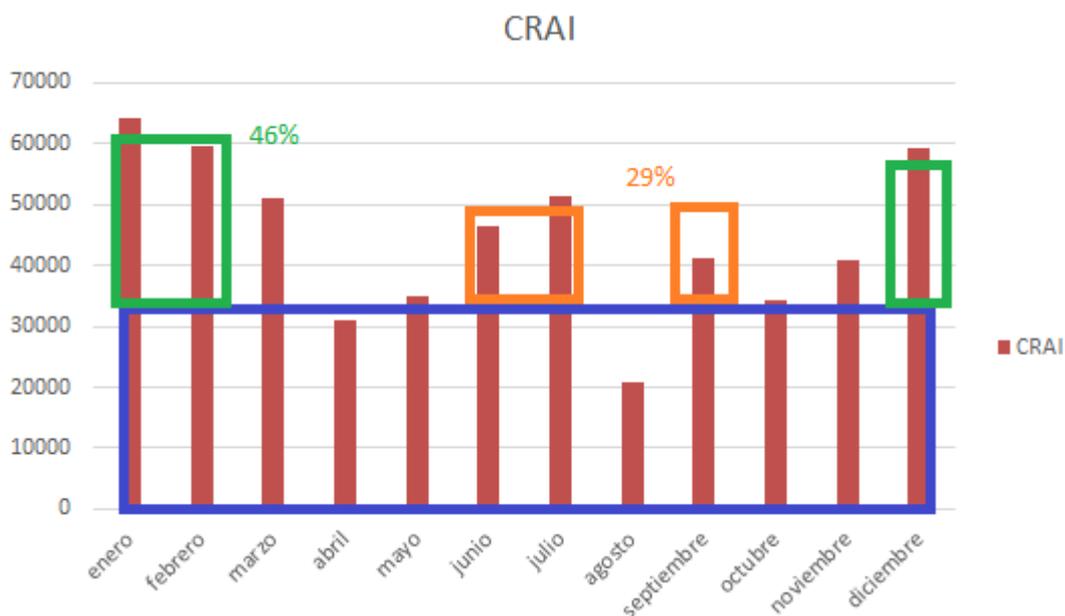


Figura 15. Consumo mensual promedio en el CRAI de la EPSG. La línea azul indica el consumo base promedio.

Evidentemente, la relación entre las variables climatológicas y las necesidades de climatización son directas. Para determinar las necesidades energéticas de climatización, tanto de calefacción como de refrigeración, se utiliza el indicador grados-día.

Los grados-día (GD) relacionan la temperatura media diaria con una temperatura que se considera de confort para la climatización. El cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$GD_{a/b} = \sum_{n_i=1} (a - T_{md,i}) \cdot X_c$$

Donde:

a es la base de temperatura o temperatura de confort, que para nuestra zona climática es de 18°C, tanto para calefacción como refrigeración.

$T_{md,i}$ es la temperatura media diaria para el día i .

X_c es un coeficiente lógico que será 1 cuando la temperatura media diaria sea menor que a y -1 en caso contrario.

A partir de las temperaturas medias registradas en el exterior de la EPSG por la estación meteorológica durante el último año, se han calculado los valores de GD, acumulando sus valores para cada mes. Los resultados se muestran en la figura 16.

En la misma figura se ha representado el consumo eléctrico de la EPSG. Se puede observar que los grados-día coinciden casi a la perfección con el incremento de consumo por climatización, con los dos picos de consumo en invierno y verano. Existe por tanto la relación directa esperada entre variables climáticas (temperatura exterior) y consumo energético de la climatización.

Esta relación puede explotarse un poco más para obtener una relación entre la temperatura media exterior prevista y el consumo energético aproximado para un determinado día.

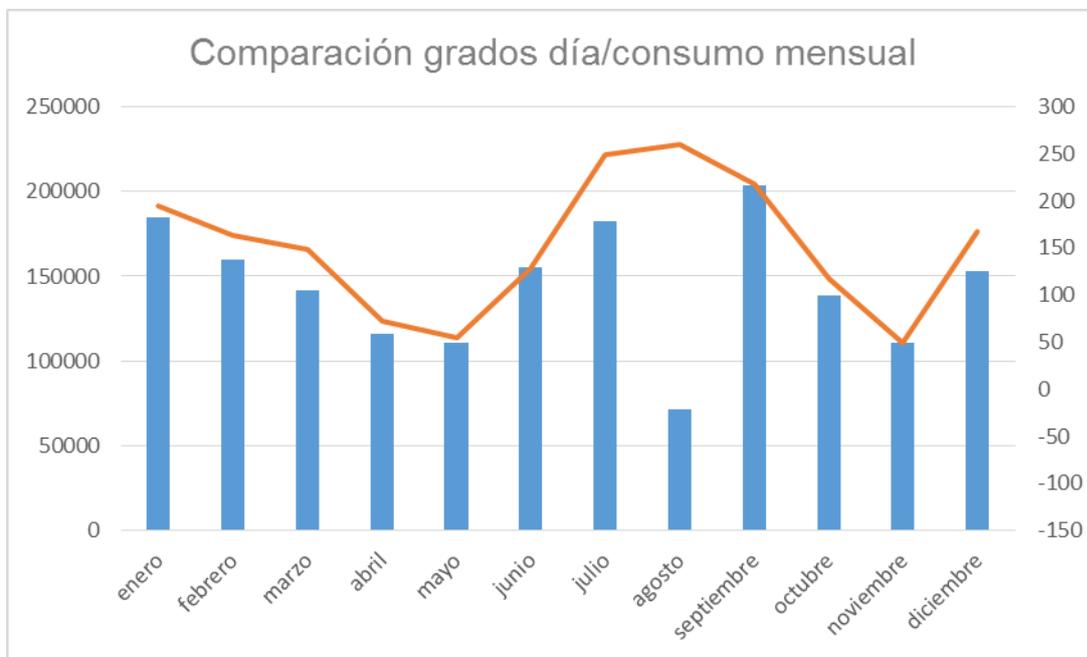


Figura 16. Promedio de grados-día para cada mes durante el último año representado con una línea (escala derecha) y consumo eléctrico medio mensual de la EPSG en el mismo periodo (barras y escala izquierda en kWh).

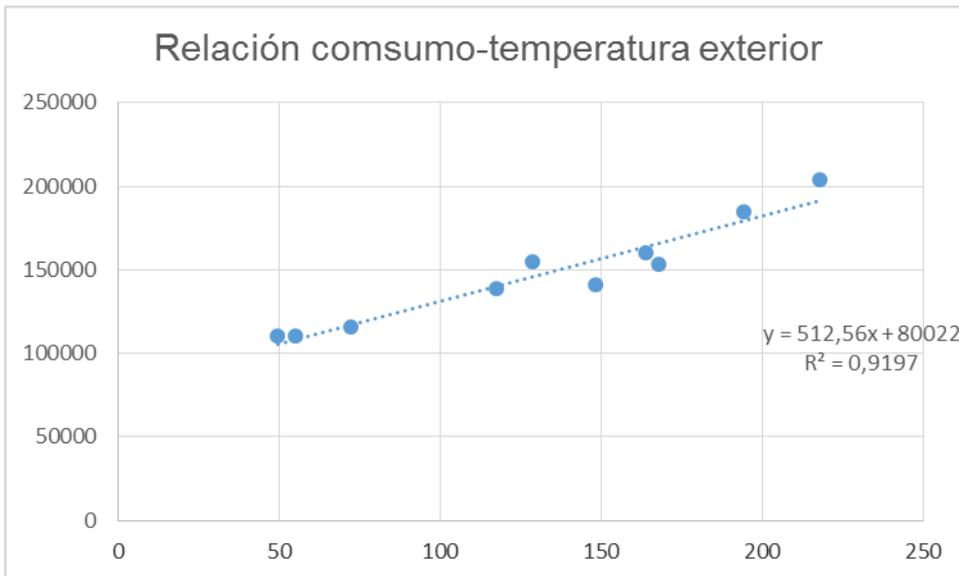


Figura 17. Relación lineal entre consumo energético (kWh) y temperatura exterior en grados-día acumulados mensualmente. La línea muestra el resultado de un ajuste por mínimos cuadrados a una recta.

En la figura 17 se puede comprobar la relación lineal entre los valores de grados-día acumulados en cada mes y el consumo energético eléctrico.

La ecuación de la recta que relaciona el consumo eléctrico diario E en kWh con la temperatura exterior media T es:

$$E = 513 \cdot |T - 18| + 2667$$

Esta ecuación permite una estimación del consumo energético diario a partir de la predicción meteorológica de la temperatura media diaria.

3 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El uso racional de la energía se ha convertido en el primer paso a dar para aumentar la eficiencia y es una manera fácil de reducir el consumo. Aparte del uso racional también se aplican otras medidas de gestión y estructurales para conseguir optimizar al máximo la energía consumida.

Respecto a la eficiencia energética, la UPV tiene una Unidad de Medio Ambiente, departamento encargado de desarrollar y proponer mejoras de eficiencia energética para reducir el consumo. Como se ha observado en los consumos energéticos desde 2003 hasta 2014, en los edificios de aulas del campus de Gandía se ha reducido casi a la mitad el consumo. Esto implica un gran ahorro económico y ecológico, así como una gran ventaja a la hora de estudiar medidas de autoproducción, porque ya se están centrando los esfuerzos en el primer paso que es reducir el consumo.

Los edificios de la EPSG, compuestos principalmente por aulas, despachos y laboratorios, disponen ya de muchos sistemas de mejora de la eficiencia energética. Por ejemplo, las aulas informáticas están controladas con un sistema de gestión temporal, en el que se desconectan todos los dispositivos en las horas en las que el campus permanece cerrado, evitando así el consumo innecesario de los dispositivos informáticos. También pueden ponerse en marcha o apagarse los ordenadores de forma remota, para evitar su funcionamiento continuo en lo posible. Existen temporizadores para la iluminación de pasillos y otros espacios. La climatización también está controlada por sistemas centralizados que gestionan la puesta en marcha en función de los horarios de uso de los espacios.

A nivel estructural se dispone de ventanas de doble capa, las cuales permiten reducir el consumo por climatización, así como dobles fachadas en forma de rejilla y de muro que actúan como toldos, reduciendo la superficie de irradiación solar. Esta medida es muy conveniente puesto que, como se puede comprobar en los consumos, en estos edificios los consumos por refrigeración son mayores que los de calefacción.

Por otra parte en el edificio CRAI, al ser más moderno, no se ha podido reducir el consumo en la misma medida que el otro edificio. Esta construcción dispone de grandes ventanas que proporcionan un alto nivel de iluminación natural, reduciendo así el consumo por iluminación. Esto genera un efecto secundario que es la disminución de aislamiento, y posiblemente causa que el consumo en calefacción sea mayor en este caso al de la refrigeración.

El campus universitario de Gandía también dispone de unas instalaciones deportivas anexas, pero solo tienen consumo de iluminación y por las noches suelen estar cerradas, por tanto su consumo es prácticamente despreciable.

El uso racional de la energía en el campus requiere también el conocimiento, por parte de las personas que utilizan sus instalaciones, de una serie de buenas prácticas. Recientemente, la Unidad de Medio Ambiente de la UPV ha publicado un documento [17] en este sentido, para el ahorro de energía eléctrica.

Algunas de las medidas de ahorro y uso racional, referidas al campus de Gandía, se resumen a continuación.

Refrigeración

- Programar la temperatura a 25°C, es una temperatura confortable para desarrollar la actividad diaria en verano. Cada grado por debajo supone un consumo entre un 6% y un 8% más de energía.
- La instalación de burletes adhesivos en puertas y ventanas mejora el aislamiento, reduciendo entre un 5% y un 10% la energía consumida. Las dobles ventanas o acristalamientos instalados permiten ahorrar hasta un 20% de energía en climatización. Esto sirve tanto para refrigeración como para calefacción.
- Instalar toldos que reduzcan la superficie de irradiación solar. Aunque algunas fachadas de edificios de despachos y del edificio de aulas ya disponen de muros y estructuras en forma de rejilla que cumplen esta función.
- Procurar que la instalación de la bomba de calor esté a la sombra, puesto que de este modo se puede reducir hasta un 10% de la electricidad consumida.

Calefacción

- Hay que tener en cuenta que un 40% de las fugas de calor se producen por las ventanas, así que hay que asegurar que se mantienen bien cerradas.
- En invierno abrir las ventanas el tiempo necesario para ventilar las aulas, en condiciones normales con 10 minutos es suficiente.
- En invierno lo ideal es mantener la temperatura entre 19°C y 20°C durante la actividad diaria. Se programará para que se mantenga apagado cuando el campus esté cerrado.
- Ajustar diariamente los termostatos.

Iluminación

- Aprovechar al máximo la iluminación solar.
- Colocar sensores de movimiento, que aseguren que solo permanezcan encendidas las luces cuando haya alguien en sótanos y zonas poco utilizadas.
- Emplear lámparas de bajo consumo y fluorescentes, esto puede reducir el consumo de iluminación en un 50%. En el caso de las lámparas fluorescentes, son más eficientes si se dejan encendidas continuamente en las horas de uso que si se encienden y se apagan. Si se precisara una iluminación de mayor calidad se podrían utilizar bombillas de LED's.
- Instalar células fotosensibles en los focos exteriores para que se apaguen mientras haya luz natural.
- La limpieza y buen estado de las lámparas puede ahorrar un 20% en el consumo de éstas. Una bombilla sucia puede perder hasta un 50% de luminosidad.
- Los colores claros de las paredes favorecen la iluminación de las aulas.

Agua caliente sanitaria

- En el caso del campus de Gandía las instalaciones que utilizan agua caliente sanitaria son mínimas, solo existe un pequeño vestuario que requiere el uso de ésta, y el uso en la cafetería. Pero de todos modos hay que asegurarse que la temperatura máxima sea de entre 50°C y 58° C, esta temperatura es más que suficiente para una situación de confort en el vestuario.
- El pequeño consumo de ACS de ambas instalaciones podría ser suministrado en buena parte por un pequeño sistema de agua caliente con placas solares térmicas más el sistema actual de apoyo.

Es importante que toda la comunidad universitaria conozca y aplique las recomendaciones y buenas prácticas para el ahorro energético. Para ello es esencial desarrollar o ampliar la labor de educación ambiental en este sentido.

Aunque siempre es posible la mejora de la eficiencia energética de unas instalaciones, hay que reconocer que en la EPSG se ha hecho un gran trabajo y, conforme mejora la eficiencia y se reducen los consumos, es cada vez más difícil reducirlos todavía más.

Pero hay que recordar que, antes de plantear la posibilidad de autoproducción energética, la reducción de consumo no sólo produce ahorros y beneficios en sí misma sino que también conlleva ahorros considerables de los posibles sistemas de autoproducción.

4 POTENCIAL DE AUTOPRODUCCIÓN

Una vez conocidos los consumos energéticos y planteadas las medidas de incremento de la eficiencia energética, es el momento de estudiar las posibilidades de autoproducción energética para el autoconsumo. Es importante resaltar que la posibilidad de autoproducción energética no puede ser excusa para abandonar los esfuerzos en el ahorro y mejora de la eficiencia.

A continuación se estudiarán distintos escenarios de autoproducción de energía eléctrica mediante energías renovables para evaluar la posibilidad de autoabastecerse total o parcialmente. Se ha elegido la autoproducción eléctrica porque la energía eléctrica constituye la práctica totalidad del consumo de energía de la escuela y, por tanto, el suministro eléctrico renovable supone cambios mínimos en las instalaciones.

Entre las distintas fuentes de energía eléctrica renovables, la energía solar y la energía eólica son tecnologías muy contrastadas y fácilmente disponibles en el mercado. A continuación se presentan algunas de sus características y las opciones seleccionadas para la autoproducción en la EPSG.

4.1 Memoria técnica instalación fotovoltaica

4.1.1. Antecedentes

La radiación solar recibida en la superficie de la atmósfera es de 1353 W/m^2 , este valor se conoce como la constante solar y difiere del valor que recibe la superficie terrestre. El paso de la radiación solar por la atmósfera reduce su energía principalmente por tres factores: absorción por gases (O_3 , O_2 , $\text{N}\dots$), polvo y vapor de agua. La combinación de estos factores hace que se reciban unos 1000 W/m^2 en la superficie terrestre a nivel del mar, pero cada época del año y en cada lugar de la tierra se recibe una radiación solar diferente.

El aprovechamiento de esta radiación como fuente de energía se puede realizar de muchas formas. Una de las más importantes es mediante la utilización de dispositivos fotoeléctricos, que transforman la energía de la luz en energía eléctrica.

El descubrimiento de los fenómenos fotoeléctricos data de 1808 por Hallwachs, pero fue el científico Hertz quien enunció los principios que regían. En 1902, Einstein interpretó teóricamente todos estos hechos, generalizando la hipótesis de Plank.

Las células fotoeléctricas son dispositivos basados en la acción de las radiaciones luminosas en ciertas superficies metálicas. El efecto de esas radiaciones puede ser de tres tipos:

1. Fotoemisiva: provoca en el metal un arranque de electrones con liberación de los mismos.
2. Fotoconductiva: modifica la conductividad eléctrica del metal.
3. Fotovoltaica: Crea una fuerza electromotriz en el metal.

En el último efecto es donde se encuentran las células fotovoltaicas, que generan una corriente a partir de un flujo luminoso, la ventaja de este tipo de células sobre los demás es que no necesitan tensión auxiliar ni vacío, por este motivo son las más utilizadas.

La crisis energética que han sufrido los países industrializados ha suscitado intereses en la investigación de esta tecnología.

Las células fotovoltaicas están formadas por materiales semiconductores, porque la energía entre los electrones de valencia y el núcleo es similar a la energía de los fotones de la luz solar. Cuando la luz solar incide sobre los semiconductores (silicio, galio...) suministra suficiente energía para romper el enlace de los electrones de valencia, generando electrones de conducción y huecos.

Habitualmente en las células solares se consigue crear un campo eléctrico mediante la unión de dos semiconductores, normalmente cristales de silicio que se tratan químicamente de modo diverso. Por ejemplo, en una de las regiones, denominada n , el silicio se impurifica con fósforo, el fósforo tiene 5 electrones de valencia uno más que el silicio. La otra región semiconductor, denominada p , se impurifica con boro. El boro tiene 3 electrones de valencia, uno menos que el silicio, por ello tiene más afinidad que el silicio puro. La unión de los semiconductores n - p produce una diferencia de potencial y por tanto un campo eléctrico dirigido de la zona n hacia la p . [18]

Rendimiento

El rendimiento se conoce como el coeficiente entre la potencia eléctrica máxima que puede suministrar la célula fotovoltaica y la potencia luminiscente incidente.

El rendimiento de las células fotovoltaicas obtenido en el laboratorio es de un 22-24%, pero este se reduce a un 15% en su uso fuera del laboratorio, este bajo rendimiento se debe a varios factores:

Muchos de los fotones incidentes no tienen la energía necesaria, pérdidas por recombinación de electrones y huecos, pérdidas por reflexión, por los contactos eléctricos y por el efecto de Joule.

Existen distintos tipos de células:

Células de silicio monocristalino: son las células más usadas en la actualidad. El silicio es material más abundante en la tierra después del oxígeno. [19]

Células de arseniuro de galio: son las más eficientes 27-28% pero el material es poco abundante.

Células bifaciales: consisten en una doble unión $n^+ - p - p^+$, para que estén activas en la cara frontal y la cara posterior (efecto albedo).

Células de silicio amorfo: la ventaja de estas células sobre las de silicio monocristalino es que el material puede llegar a ser unas 50 veces más fino, además el coste de fabricación es mucho más barato.

Células de silicio policristalino: una gran ventaja de estas células es la posibilidad de producirlas directamente de forma cuadrada, esto facilita en gran medida la fabricación, además de poder obtener células de distintos tamaños.

Además de los paneles solares fotovoltaicos existen otros dos tipos de paneles solares:

Paneles solares térmicos: contienen un líquido conductor térmico que absorbe el calor, estos paneles actúan transformando la energía solar en energía térmica.

Paneles solares termodinámicos: se ha incrementado el uso de este tipo de paneles en los últimos años. Estos paneles se basan en los principios fundamentales de la termodinámica de forma similar a las bombas de calor, es decir, absorben cualquier tipo de energía del ambiente aunque llueva o este nublado.

4.1.2. Memoria

Objeto

El objeto de esta memoria es definir las principales características técnicas para la realización de un sistema de generación de energía eléctrica mediante una planta de energía solar fotovoltaica conectada a la red de baja tensión para el campus universitario de Gandía.

Memoria descriptiva

Suponemos la situación en la que se quisiera autoabastecerse mediante paneles solares fotovoltaicos sin acumulación, es decir, solamente con la instalación de paneles solares e inversores.

Descripción general del sistema

Como se ha explicado en los antecedentes, una planta fotovoltaica está formada por células solares, por tanto la instalación contará con paneles fotovoltaicos a los cuales se les añadirá una estructura de aluminio para sujetar la instalación.

La energía generada por las células fotovoltaicas es una corriente continua por lo que el sistema precisa de la instalación de unos inversores que transformen la corriente continua en alterna y poder verterla a la red eléctrica.

Toda la instalación además contara de su debido cableado y protecciones.

Finalmente también se instalaran una serie de contadores para contabilizar la energía producida.

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para la instalación son paneles solares Ecosolar 260W alto rendimiento, fabricados con silicio policristalino, del cual se han expuesto sus ventajas en los antecedentes. [20]



Figura 18. Panel solar fotovoltaico policristalino.

Inversores

El inversor seleccionado es el SolarMax 500RX (ver figura 19), Este inversor transforma la corriente continua en corriente alterna como la de la red (230V) con una potencia nominal de 500 kW. [21]



Figura 19. Inversor solarMax.

Sistema de montaje

El sistema de montaje es uno de los elementos más importantes para asegurar el máximo aprovechamiento de la radiación solar, dándole a la instalación la inclinación más adecuada, en este caso 35° respecto al plano horizontal (ver Tabla 2), según PVGIS [22].

Cálculos

Para calcular el número de paneles fotovoltaicos necesarios elegimos el mes de diciembre, de 2014 puesto que es el de menos irradiación solar. Y se utilizan los datos de consumo del campus en el mes de diciembre de 2014:

$$\text{Irradiancia media} = 102,5 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Irradiación} = 102,5 \times 24 = 2460 \text{ Wh/ m}^2 \text{ por día}$$

$$\text{Consumo} = 5.1 \text{ MWh/día}$$

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 38°58'4" North, 0°11'4" West, Elevation: 29 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	H _h	H _{opt}	H(90)	I _{opt}	T _{24h}	N _{DD}
Jan	2390	4140	4170	63	9.9	166
Feb	3290	4960	4410	55	10.6	135
Mar	4760	5980	4340	42	12.9	68
Apr	5700	6150	3380	26	15.4	17
May	6730	6460	2710	14	18.8	0
Jun	7500	6820	2400	6	23.5	0
Jul	7560	7060	2600	9	25.7	0
Aug	6490	6690	3250	21	26.0	0
Sep	5000	5960	3910	37	22.5	1
Oct	3750	5240	4330	51	18.8	11
Nov	2580	4240	4120	61	13.8	118
Dec	2080	3730	3890	65	10.6	162
Year	4830	5620	3620	35	17.4	678

Tabla 2. Inclínación óptima y corrección por inclinación.

Según el PVGIS, en Gandía la inclinación óptima para los paneles solares es de 35 grados. Con la inclinación óptima, calculamos la corrección de la irradiación solar:

Factor corrección= 1,26 → irradiación= 1,26 x 2461 = 3100 Wh/ m² por día.

Suponemos una eficiencia de un 15% para el sistema solar fotovoltaico:

Producción = irradiación solar x eficiencia = 3100 x 0,15 = 465 Wh/ m² por día.

Seguidamente calculamos la superficie de paneles solares que serían necesarios para abastecer el consumo del mes de diciembre de 2014:

$$5100 \text{ kWh/día} / (0,465 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}) = 10970 \text{ m}^2$$

Suponemos que una placa solar tiene una dimensión de 1,5 m², entonces para producir mediante técnicas fotovoltaicas toda la energía consumida se requieren unas 7300 placas. Con un precio aproximado de 250 € por panel, sólo el presupuesto de las placas ya ascendería a 1,8 millones de euros aproximadamente.

Vemos que es económicamente una gran inversión el abastecer totalmente con energía fotovoltaica el campus en los meses más desfavorables. Además, como se expondrá a continuación, el campus de Gandía posee una superficie de techo

disponible menor que la superficie de paneles fotovoltaicos necesaria en este supuesto.

A continuación estudiaremos la producción eléctrica que se obtendría en el supuesto de una instalación fotovoltaica más realista, con la ocupación total de la superficie de techo disponible.

La superficie de techo disponible en los edificios del campus de Gandía no es homogénea y además parte de éste ya está ocupado por las bombas de calor y otras instalaciones. También hay que tener en cuenta que entre las filas de paneles solares debe de haber una separación para evitar la sombra.

En el caso de estudio se calcula el área de techo disponible mediante el Google Earth y el FreeMapsTool, que son herramientas gratuitas disponibles online. [23]

En primer lugar mediante el Google Earth dibujamos los polígonos que forman el techo de cada edificio del campus.

A continuación se cargan los polígonos dibujados en el Google Earth en la herramienta FreeMapsTool (ver Fig. 20).

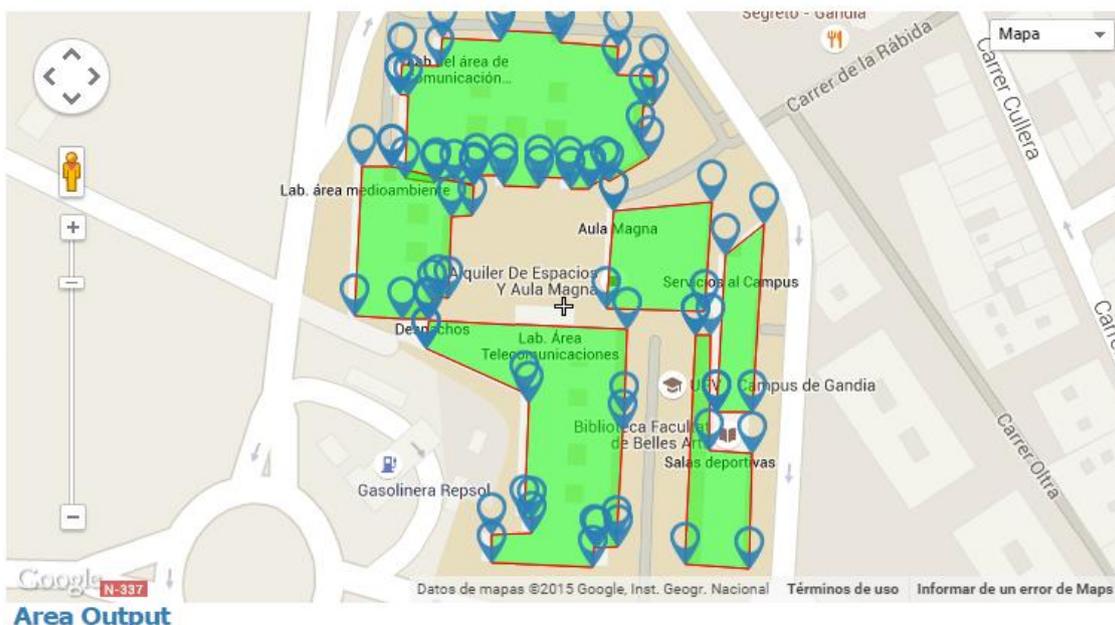


Figura 20. Cálculo del área bruta de techo de algunos edificios de la escuela.

Esta aplicación calcula el área de los polígonos dibujados, en el caso del campus obtenemos una superficie disponible de unos 11000 m². A la superficie calculada anteriormente le restamos la superficie de los 6 huecos situados en el edificio norte del campus, obteniendo un área de techo disponible de unos 10800 m².

En el caso de que los paneles se colocaran en el plano horizontal y en el caso extremo de cubrir totalmente la superficie, podríamos colocar unos 7000 paneles aproximadamente. Pero, como se ha comentado anteriormente, los paneles se instalarán con una inclinación de 35 grados, por tanto calculamos la distancia entre filas de paneles para evitar la sombra (ver Fig. 21).

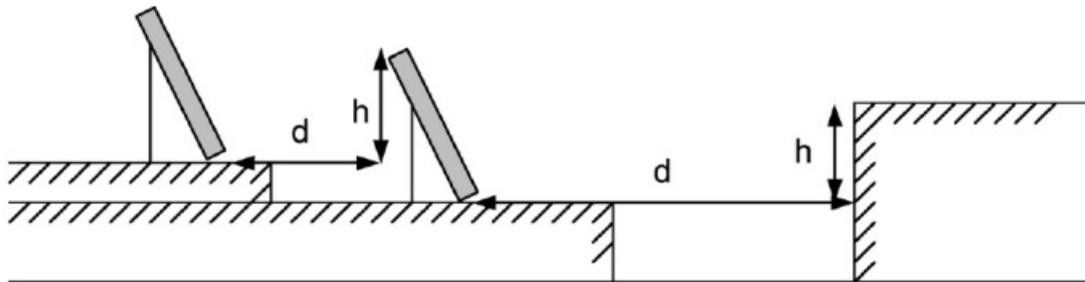


Figura 21. Cálculo de la distancia entre paneles.

La distancia D entre paneles se calcula como [24]:

$$D = H / \tan(61 - \beta).$$

Dónde: H es la altura del panel y β es la latitud.

Podemos calcular la altura H si conocemos sus dimensiones y el grado de inclinación:

$$H = \sin 35^\circ \cdot \text{longitud panel} = \sin 35^\circ \cdot 1,641 \rightarrow H = 0,94 \text{ m}$$

Con la altura ya podemos calcular la distancia entre paneles:

$$D = 0,94 / \tan(61 - 38,98) = 2,32 \text{ m}$$

Esto al final nos permitiría instalar, en el caso de cubrir completamente y con la separación señalada toda la superficie de techo, unos 2000 paneles solares fotovoltaicos, que correspondería a unos 3000m² de superficie de paneles fotovoltaicos y una instalación con una potencia pico de 500 kW.

Con la producción media en diciembre de 465 Wh/ m² de panel fotovoltaico por día ya calculada, la producción total en un mes de diciembre sería:

$$3000 \text{ m}^2 \cdot 465 \text{ Wh/ m}^2 \text{ día} \cdot 30 \text{ días} = 41.8 \text{ MWh.}$$

Este aporte de electricidad no serviría para autoabastecerse pero sí podría reducir el consumo eléctrico del campus universitario en dicho mes en un 27%.

Más adecuado sería estimar la producción anual del anterior sistema fotovoltaico y compararla con el consumo. La producción media anual, estimada como la de diciembre, con los datos de PVGIS es de 700 Wh/ m² de panel fotovoltaico por día. La producción total anual sería:

$$3000 \text{ m}^2 \cdot 700 \text{ Wh/ m}^2 \text{ día} \cdot 365 \text{ días} = 0.77 \text{ GWh.}$$

Tampoco este aporte de electricidad abastecería totalmente el campus, pues el consumo anual en 2014 fue de 1.73 GWh. Pero sí podría haber suministrado el 44%

del consumo eléctrico en dicho año, y tendría sentido por ejemplo en un escenario legal español donde fuera posible el balance neto.

Por otro lado, como ya se planteó en el capítulo anterior, es sencillo realizar una pequeña instalación de energía renovable para el agua caliente sanitaria utilizada en la cafetería y los vestuarios, mediante un panel solar térmico o incluso uno termodinámico conectado a un termo acumulador, que reduciría el consumo eléctrico de dichas instalaciones.

4.2 Memoria técnica instalación de un aerogenerador

4.2.1 Antecedentes

La energía cinética de las corrientes de aire ha sido utilizada desde la antigüedad en los barcos a vela o para mover maquinarias como los molinos.

La energía eólica es una de las energías renovables más madura, antes de que existieran los tendidos eléctricos se utilizaban aerogeneradores para cargar las baterías en granjas y hogares.

Con la llegada de los combustibles fósiles y los tendidos eléctricos, la industria de los cargadores se colapsó y no fue hasta los años 70, con la crisis del petróleo, que se renovó el interés por la energía eléctrica. En las últimas décadas esta energía está teniendo uno un gran desarrollo, con turbinas que pueden llegar a generar desde 500 kW hasta 1,5 MW.

La potencia del viento viene dada en función de la densidad del aire, el área que intercepta el viento, y la velocidad instantánea del viento. Cualquier incremento en estos factores supone un aumento en la potencia, que se calcula como [25]:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

A nivel del mar, como es nuestro caso, la densidad se sustituye quedando:

$$P = 0,6125 \cdot A \cdot V^3$$

4.2.2 Memoria

Objeto

El objeto de esta memoria es definir las principales características técnicas para la realización de un sistema de generación de energía eléctrica mediante un aerogenerador en el entorno de la EPSG.

Memoria descriptiva

Suponemos como ejemplo la situación en la que quiera abastecer una parte del consumo eléctrico de la EPSG mediante un aerogenerador de pequeña potencia.

Descripción general del sistema

Como podemos observar en la ecuación anterior, se utiliza la velocidad instantánea del viento. Por tanto, normalmente antes de la instalación de un aerogenerador se instala un anemómetro conectado a un “data logger” electrónico. En nuestro caso disponemos de los datos de la estación meteorológica de la escuela de Gandía que cumplirán con esa función.

Se utiliza el programa WRPLOT View para recopilar y tratar los datos de velocidad y dirección del viento de la estación meteorológica de la escuela de Gandía (ver Tabla 3).

El aerogenerador se situará en este supuesto en el aparcamiento de la escuela, puesto que es la zona donde el flujo de viento está más libre de obstáculos.

Cálculos

El periodo de estudio de los datos se limita entre el 20/07/2014 y el 18/05/2015, ya que al inicio de este periodo la estación meteorológica fue recolocada a una situación óptima. No se utilizan los datos anteriores puesto que la localización anterior de la estación meteorológica no realizaba las mediciones de velocidad del viento con precisión.

	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348,75 - 11,25	0,03333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,03289
2	11,25 - 33,75	0,01333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01316
3	33,75 - 56,25	0,01000	0,01333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02303
4	56,25 - 78,75	0,04333	0,05333	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,09868
5	78,75 - 101,25	0,03000	0,03667	0,03000	0,00000	0,00000	0,00000	0,09539
6	101,25 - 123,75	0,04000	0,01333	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,05592
7	123,75 - 146,25	0,03667	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,03947
8	146,25 - 168,75	0,04333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,04276
9	168,75 - 191,25	0,07333	0,00667	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,07895
10	191,25 - 213,75	0,06333	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,06579
11	213,75 - 236,25	0,07000	0,01000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,07895
12	236,25 - 258,75	0,06333	0,02000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,08224
13	258,75 - 281,25	0,08000	0,00667	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,08553
14	281,25 - 303,75	0,05333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,05263
15	303,75 - 326,25	0,11000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,10855
16	326,25 - 348,75	0,03000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02961
	Sub-Total	0,78289	0,16447	0,03618	0,00000	0,00000	0,00000	0,98355
	Calms							0,00329
	Missing/Incomplete							0,01316
	Total							1,00

Tabla 3. Ejemplo de distribución de la frecuencia de los vientos en WRPLOT.

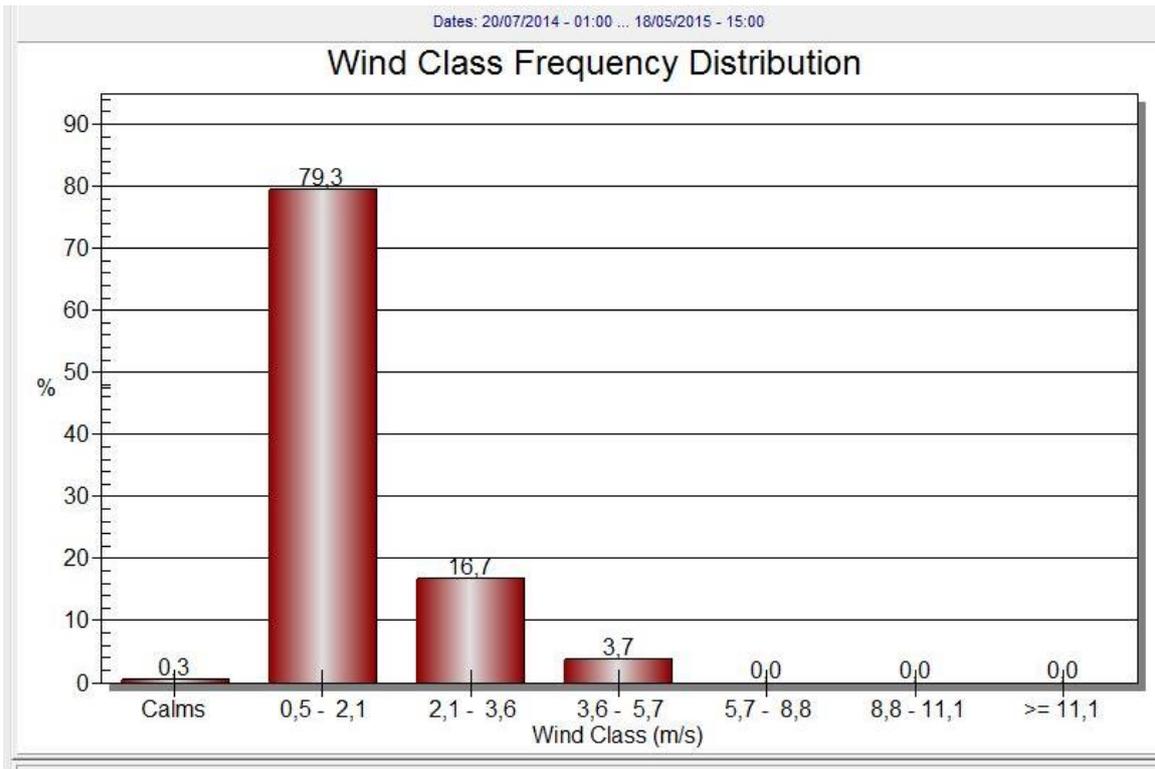


Figura 22. Distribución de la media diaria de vientos.

En la figura 22 se observa que en la distribución de los vientos de Gandía casi un 80% de los vientos son de velocidades bajas, esto es resultado de que los datos disponibles para el estudio son de velocidades medias diarias. En la potencia calculada a partir de la velocidad media no se reflejan correctamente las rachas de vientos más fuertes. Más adelante se explicará una forma de corregir este problema la para poder calcular la producción con más exactitud.

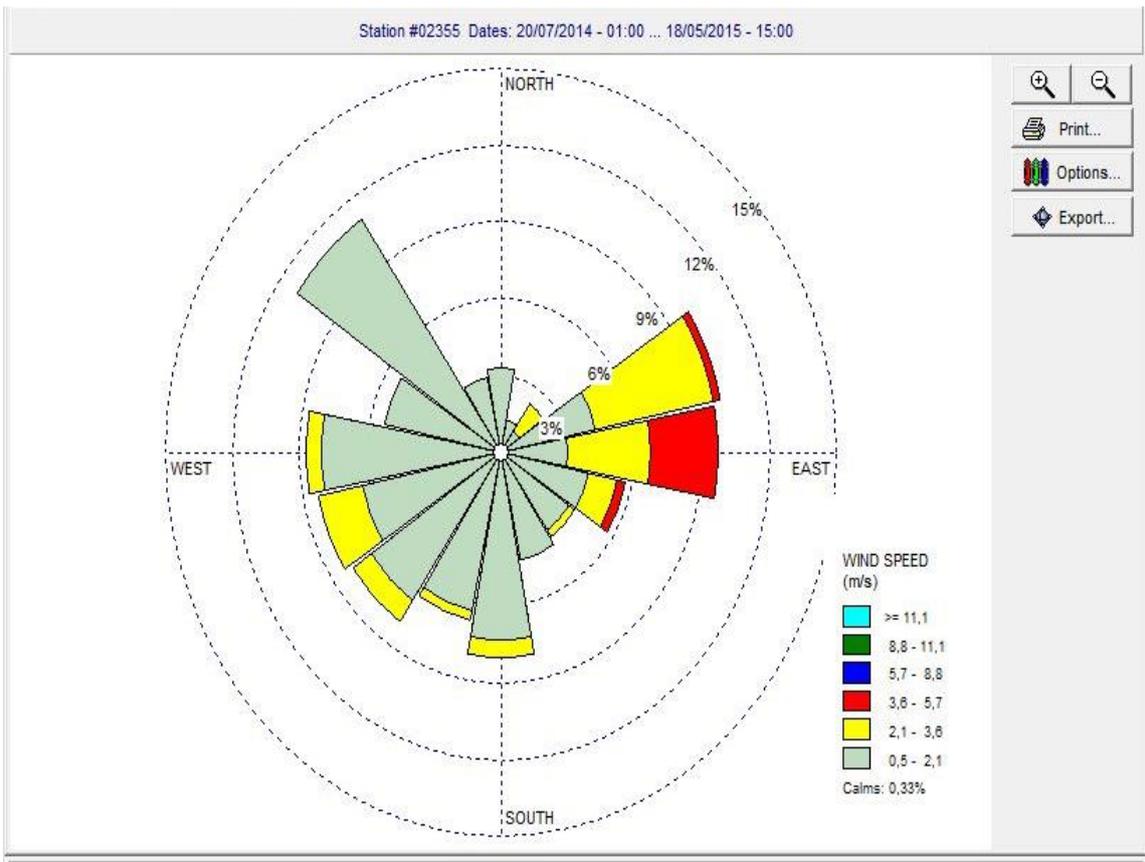


Figura 23. Rosa de los vientos.

La rosa de los vientos mostrada en la figura 23, obtenida a partir de los datos de la estación meteorológica de la escuela y procesados con el programa WRPLOT, sirve para saber la localización óptima para el aerogenerador respecto a obstáculos. Los vientos del Este-Noreste, aunque no son los de mayor frecuencia, sí tienen una alta frecuencia con mayores velocidades.

Por otro lado se comprueba que, según el Atlas Eólico del IDAE [26] con un mallado espacial de 100m, en la zona del campus se tiene una velocidad media del viento menor que 4m/s y una densidad de potencia eólica entre 70 y 100 W/m² a 30 m de altura.

La ubicación de la turbina es una de los mayores retos a la hora de utilizar la energía eólica. Si se instala demasiado cerca del edificio de la escuela, éste puede producir turbulencias. Y si se instala demasiado lejos se convierte en una instalación inviable por los costes de cableado y soterrado, además de la pérdida de energía por resistencia eléctrica. Lo ideal es instalar la torre en la zona de flujo de aire no perturbado por obstáculos y separada del edificio por una distancia que sea igual a 2 veces la altura de la torre.

En el caso de estudio un posible emplazamiento sería el aparcamiento de la escuela, puesto que a un lado se encuentra la marjal y no tiene ningún obstáculo que genere turbulencias en el flujo del viento en las direcciones más importantes.

Otro factor a tener en cuenta para la instalación es la altura de la torre. Ésta necesita ser lo suficientemente alta para evitar la zona de perturbación del flujo del viento por los edificios y otros obstáculos como árboles.

Según Jason Edworthy [25], la altura mínima de una torre tiene que ser 9 metros, pero los fabricantes de aerogeneradores de pequeña potencia ofrecen torres desde 12 a 18 m. En nuestro caso de estudio y para el tipo de aerogenerador presentado a continuación elegimos una altura de 12m.

Se puede llegar a pensar en utilizar la altura de un edificio para incrementar la de la turbina, pero las turbinas generan vibraciones que pueden afectar a la estructura del edificio y el bienestar de los estudiantes.

Día	Vo	V3(m/s) ³	potencia(W)	KWh
01/12/2014	2,14	9,80	1627,9	39,1
02/12/2014	1,59	4,02	667,7	16,0
03/12/2014	1,15	1,50	249,4	6,0
04/12/2014	0,91	0,75	123,9	3,0
05/12/2014	0,81	0,53	87,3	2,1
06/12/2014	2,12	9,51	1580,5	37,9
07/12/2014	3,09	29,53	4905,6	117,7
08/12/2014	1,95	7,39	1227,9	29,5
09/12/2014	1,25	1,94	322,1	7,7
10/12/2014	4,78	109,22	18141,8	435,4
11/12/2014	0,99	0,97	161,7	3,9
12/12/2014	0,91	0,76	126,0	3,0
13/12/2014	0,72	0,38	62,5	1,5
14/12/2014	0,73	0,39	64,9	1,6
15/12/2014	0,77	0,45	75,0	1,8
16/12/2014	1,62	4,24	703,6	16,9
17/12/2014	1,69	4,80	797,5	19,1
18/12/2014	1,52	3,50	582,2	14,0
19/12/2014	0,90	0,72	119,9	2,9
20/12/2014	0,58	0,20	32,6	0,8
21/12/2014	0,63	0,25	41,9	1,0
22/12/2014	0,60	0,22	36,1	0,9
23/12/2014	0,79	0,49	81,3	2,0
24/12/2014	0,41	0,07	11,8	0,3
25/12/2014	0,53	0,15	24,6	0,6
26/12/2014	0,54	0,16	26,3	0,6
27/12/2014	0,80	0,52	86,0	2,1
28/12/2014	2,07	8,83	1467,0	35,2
29/12/2014	3,95	61,72	10252,9	246,1
30/12/2014	2,01	8,07	1340,9	32,2
31/12/2014	0,65	0,27	45,6	1,1

Tabla 4. Extracto de la tabla Excel para el cálculo de la potencia y energía eólica disponible diaria con los datos de vientos medidos y un área de barrido correspondiente a 113 m², 12m de altura y un factor cubico de 2,4.

En la tabla 4 se muestra un extracto del cálculo de la potencia del aerogenerador del tipo del Enercon E12 de 30 KW, con un diámetro del rotor de 12 m y arranque a 3 m/s, con una torre de 12 metros altura, a partir de la velocidad del viento media diaria.

Debido a que la potencia es una función del cubo de la velocidad, los periodos de vientos fuertes contribuyen mucho más a la producción de energía que el que indica la velocidad media. En el caso de estudio, los datos de velocidad del viento son la media diaria en lugar del viento medio meteorológico (promedio de la velocidad durante 10 min), por este motivo se utiliza la corrección del factor cúbico o el factor de patrón de energía, ya que el promedio del cubo de diferentes velocidades es mayor que el cubo de la velocidad media.

En el caso de estudio se utiliza el factor cúbico de california 2,4 por similitud climática [27]. En la tabla 4 se observa la potencia eléctrica producida por el aerogenerador con la corrección del factor cubico ya aplicada.

Por otra parte tanto el relieve como los obstáculos naturales y artificiales cerca del suelo interrumpen el flujo del viento. Con el incremento del altura, el flujo de viento es mayor aumentando la velocidad del viento.

En el caso de estudio se aplica la “ley exponencial” para corregir la velocidad del viento por el efecto de la altura.

$$V = (H/H_0)^{\alpha} \cdot V_0$$

Donde V_0 es la velocidad del viento en la altura original, V es la velocidad del viento con la nueva altura, H_0 es la altura original o de referencia y H es la altura nueva. α es el coeficiente de rugosidad superficial, que en el caso de la escuela es de 0,25, puesto que entra dentro de la clasificación de suburbios o bosques.

Con la corrección de la velocidad del viento por la altura, suponiendo la altura de referencia $H = 10\text{m}$ y la altura del aerogenerador a 12m , se comprueba que la energía producida sería un 15% mayor. En el caso de seleccionar una torre más alta, de 18m por ejemplo, la producción aumentaría por el efecto de altura respecto de la calculada un 55%.

Por ejemplo, si analizamos el mes de diciembre del pasado 2014, según las condiciones del ejemplo el aerogenerador produciría unos 1244 kWh, mientras que la escuela tuvo un consumo de 104121 kWh, sin tener en cuenta el CRAI ni las pistas deportivas. La producción del aerogenerador durante ese periodo supone sólo un 1,2% del consumo de la escuela.

Es una difícil decisión incrementar el área de las aspas del aerogenerador puesto que el campus está cerca de una zona en la cual existe una fluctuación de aves migratorias. Unas aspas de gran envergadura podrían suponer un peligro para éstas, además de las vibraciones y el ruido.

Otra solución para aumentar la producción eólica sería incrementar la altura de la torre. Como ya se ha mostrado, por el efecto de altura, con una torre de 18m la producción en el mismo periodo mensual anterior aumentaría a 1677 kWh, suponiendo un 1,6% del consumo mencionado.

5 CONCLUSIONES

En conclusión, hay que tener en cuenta la importancia del ahorro y el incremento de la eficiencia energética en el campus puesto que centrar los esfuerzos en este punto nos permitirá reducir costes, evitando así producir o consumir energía que no es necesaria.

Vemos que gran proporción del consumo de la escuela se produce en los meses de verano e invierno por climatización, de modo que sería conveniente una labor de formación y concienciación del personal y estudiantes para reducir los picos de consumo por climatización.

Las posibilidades de autoproducción más sencillas son la fotovoltaica y la eólica, por este motivo se han explorado en este trabajo.

En cuanto a la autoproducción fotovoltaica, una gran instalación sería capaz de suministrar alrededor del 40% del consumo anual actual pero conlleva una gran inversión. Este proyecto se ha puesto en marcha en algunas universidades como por ejemplo la de California donde el escenario legal permite suministrar a la red la energía excedente, disminuyendo los costes de consumo eléctrico y haciendo viable el proyecto a largo plazo.

Respecto a la energía eólica, existe la posibilidad de instalar un aerogenerador de pequeña potencia en el entorno de la EPSG. Pero la producción energética es bastante limitada por la baja densidad de potencia eólica y las limitaciones del entorno.

Por otra parte tenemos la posibilidad de producir pequeños ahorros energéticos mediante instalación solar térmica para ACS de cafetería y vestuarios, siendo inversiones factible por su bajo coste.

Como conclusión final, es muy importante continuar con los programas de ahorro energético de la UPV y, dependiendo de las posibilidades económicas de la universidad, iniciar un programa de inversión en instalaciones de autoproducción. Incluso con presupuestos muy limitados se podría empezar con el aprovechamiento solar térmico para el ACS y pequeñas instalaciones solares fotovoltaicas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carles Riba: “Recursos Energetics i Crisis”, Ed. OCTAEDRO, 2013
- [2] “Energía 2014”, ALGOR, S.L, Madrid, 2014, <www.foronuclear.org>
- [3] “B.P statistical review of world energy”, BP, <<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>> (Consulta: marzo 2015).
- [4] “Informe SPAHOUSEC_ACC, Análisis del consumo energético del sector residencial en España”, IDAE, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2011.
- [5] “Modelo de contrato de servicio energético”, IDAE, Ministerio de Industria, Energía y Turismo <<http://www.idae.es/index.php/id.745/re/menu.409/mod.pags/mem.detalle>> (Consulta: marzo 2015).
- [6] A. Marea: “El decreto sobre autoconsumo energético contraviene las directrices europeas”, La Marea, <<http://www.lamarea.com/2015/07/28/el-decreto-sobre-autoconsumo-energetico-contraviene-las-directrices-europeas/>> (Consulta: julio 2015).
- [7] “Resumen de la principal legislación española en el ámbito energético”, efENERGIA, <http://www.efenergia.com/efenergia/legislacion_eficiencia/legislacion_eficiencia_energetica_espana/legislacioneficienciaenergeticaespana.php> (Consulta: junio 2015).
- [8] J. Salom, E. Cubí y I. Sartori: “Edificio de energía cero: definiciones e interacción con las redes energéticas”, I Congreso EECN Edificios Energía Casi Nula, Madrid, 7-8 de mayo 2012.
- [9] X.Garcia: “Algo de luz para la travesía por las tinieblas del sector edificación”, blogspot, 2013, <<http://xavigarciacasals.blogspot.com.es/2013/12/algo-de-luz-para-la-travesia-por-las.html>> (Consulta: junio 2015).
- [10] Directiva 2010/31/UE, <<https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>> (Consulta: junio 2015).
- [11] S.Boronat: “Propuesta de ahorro, mejora de la eficiencia y producción energética para una vivienda”, Trabajo final de grado, Gandía, 2014.
- [12] J.L.García y A.Cantero: “Renovables 100% Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica”, Greenpace, <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/resumen-conclusiones-100-reno.pdf> (Consulta: Abril 2015)
- [13] Web EPSG, <<http://www.upv.es/contenidos/CGANDIA/indexc.html>> (Consulta: Julio 2015)
- [14] D.Navalón: “Gestión y procesamiento de datos de la Estación Meteorológica de la EPSG”, Gandía, 2009
- [15] “Plan ambiental de la UPV”, Butlletí Oficial de la Universitat Politècnica de València 78 02/2014.

- [16] “Sistema de Gestión Ambiental de la UPV”, UPV.MA-P.18-UPV-05, Universitat Politècnica de València, 2014.
- [17] “Buenas prácticas para el ahorro de energía eléctrica”, Unitat de Medi Ambient, Universitat Politècnica de València, 2014.
- [18] E. Alcor:”Instalaciones solares fotovoltaicas “, PROGNSA, 2002.
- [19] Información sobre las distintas células solares, <<http://www.lennotech.es/tabla-peiodica/abundancia.htm>>. (Consulta: julio 2015).
- [20] Información sobre paneles solares, <<http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-505039614-panel-solar-145w-policristalino-12v- JM>> (Consulta: julio 2015).
- [21] Información sobre inversores, <<http://www.solarmax.com/es/productos/inversores-centrales/solarmax-rx-serie/?tab=specifications>> (Consulta: julio 2015).
- [22] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), Institute for Energy and Transport, European Commission, <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>> (Consulta: julio 2015).
- [23] Herramienta de cálculo de superficies, <<http://www.freemaptools.com/area-calculator.htm>> (Consulta: julio 2015).
- [24] Información para calcular la distancia entre paneles solares, <<https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/>> (Consulta: julio 2015).
- [25] P. Gipe, *Energía Eólica Práctica*, Progensa, Sevilla, 2000.
- [26] Atlas Eólico de España, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Energía y Turismo (<http://atlaseolico.idae.es/meteosim>)
- [27] D.L. Elliott & M.N. Schwartz “Wind Energy Potential in the United States”, Battelle Pacific Northwest Laboratory, Richland, 1993.