

# MEMORIA



## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

El tamaño de la economía y la renta per cápita en Mozambique se han duplicado desde 2006. Además, su PIB crece a razón de entre un 7 y un 8 % anual. En Maputo, la capital, proliferan los hoteles cinco estrellas, los restaurantes de alto standing y las urbanizaciones de lujo. Más de 2000 km de carreteras se han asfaltado recientemente, y se han invertido 3200 millones de dólares en mejorar las redes de distribución de gas y electricidad, y otros 7000 millones en una nueva central hidroeléctrica. Esto ha sido posible gracias a la inversión directa exterior, que en 2013 fue de 4800 millones de dólares, entre organismos internacionales, como el Banco Mundial, y empresas privadas. Como consecuencia de lo anterior, la inflación en este 2015 puede ascender hasta un 5,5 %, según el FMI. Evidentemente, el súbito desarrollo económico y el creciente interés por parte de agentes externos tiene un porqué: los recientes descubrimientos de gas y petróleo en el subsuelo del país.

En la cuenca del río Rovuma, que hace de frontera con Tanzania al norte, se ha encontrado el mayor yacimiento de gas de la historia reciente. El procedimiento a seguir es convertir este gas, una vez extraído, en líquido, empleando plantas de refrigeración construidas en suelo mozambiqueño, de modo que pueda ser fácilmente transportado en barco para ser puesto al servicio de los mercados asiático y europeo. Según el grupo estadounidense Anadarko Petroleum Corp, Mozambique puede convertirse en uno de los tres mayores exportadores de gas líquido en la próxima década.

Este desarrollo sin precedentes que ha vivido Mozambique en los últimos tiempos hace que se coloque en la lista de los países emergentes, y se prevé que para el año 2025 pueda estar entre los países con ingresos medios. En los próximos años invertirá cerca de 40000 millones de dólares más en infraestructuras tales como carreteras, puertos y aeropuertos. [Barciela, 2015] [Browker, 2015] Sin embargo, pese al presente, aparentemente, boyante de la capital y las optimistas previsiones de futuro, Mozambique sigue siendo un país pobre.

El auge y progreso del que goza Maputo es contrarrestado por el inmovilismo y la miseria que continúa imperando en las zonas rurales, donde vive la gran mayoría de la población autóctona. En estos lugares, la ayuda que prestan ONGs y organismos internacionales continúa siendo literalmente vital. Y es que el dinero que fluye hacia la capital, centro económico y administrativo de las empresas encargadas de explotar los yacimientos, apenas llega con cuentagotas al resto del territorio mozambiqueño. Es por ello que el promedio de edad en el país no alcanza siquiera los 18 años, pues los mozambiqueños son diezmados por el hambre, las pandemias y las minas antipersona. A lo dicho anteriormente, hay que añadir unos servicios sanitarios paupérrimos. Pese a lo que pueda parecer, el modelo de desarrollo que está siguiendo el país, centrado en la explotación de hidrocarburos, tiene un impacto mínimo sobre el grueso de la población, dado el escaso empleo que genera entre los locales. El Gobierno pretende revertir esta situación modernizando la agricultura, sector que da empleo al 70 % de los habitantes del país. Para ello es esencial mejorar el sistema educativo y crear unas condiciones óptimas para que los jóvenes, tanto de la capital como de las zonas rurales, puedan impulsar al país desde dentro. A día de hoy, esto sigue siendo una auténtica quimera, pues tanto la cantidad como la calidad de la educación son más que deficientes. No en vano la mayoría de la población es analfabeta. Con el fin de comenzar a revertir esta situación en la medida de lo posible, se construyó el

complejo en el que se encuentra la residencia de estudiantes sobre la que se va a realizar el proyecto. Se encuentra en una aldea llamada Incomati, antes conocida como Ressano García, al lado de la frontera con Sudáfrica, a 90 km al noroeste de Maputo.

## 1.2. Motivación y objetivos

Pese a los descubrimientos de combustibles fósiles en Mozambique, tanto los extraídos de la cuenca del Rovuma como del resto de yacimientos del país, estos salen rápidamente fuera de sus fronteras, impulsados por las compañías encargadas de las explotaciones. De este modo, los habitantes del territorio, especialmente los que viven más alejados de las principales ciudades, apenas pueden acceder a todas estas materias. Las redes de suministro son muy inestables y hay continuos cortes. Ello motiva a realizar el siguiente trabajo, en que para la residencia de estudiantes de la aldea de Incomati, en plena zona rural, se van a sustituir los sistemas energéticos clásicos de energía térmica y eléctrica por energías renovables.

Así, este trabajo persigue aunar principalmente dos propósitos. Por un lado, el fomento de las energías renovables, especialmente en este caso las energías solar y eólica. Por otro, colaborar con un proyecto de cooperación al desarrollo, poniendo así conocimientos y técnicas ingenieriles al servicio de las personas más necesitadas. Para ello se pretenden llevar a cabo los siguientes objetivos:

1. Proporcionar una perspectiva global de la situación en la que se encuentra Mozambique en todos sus ámbitos, centrandose especialmente la atención en las zonas rurales del país
2. Mostrar el estado actual de las energías renovables, así como las ventajas e inconvenientes de la energía solar térmica, solar fotovoltaica y eólica.
3. Plantear el diseño del sistema hidráulico que extraiga el agua de un pozo y, pasando previamente por su almacenaje en un depósito en alto, la lleve hasta la entrada del edificio. Además, parte de este agua será calentada y potabilizada.
4. Diseñar el alumbrado tanto interno como externo de la residencia de estudiantes de Incomati.
5. Acomoder el abastecimiento del edificio con energías renovables, en la medida de lo posible.
6. Realizar un análisis de viabilidad económica, para conocer la inversión a realizar en el proyecto y el tiempo que tardará en ser amortizado.
7. Mostrar una perspectiva de la ingeniería que va más allá de los valores que se le presuponen, como son los económicos, de funcionalidad o de seguridad, englobando otros como la salud, el medio ambiente y el desarrollo personal y calidad social, además de valores éticos y morales.

### 1.3. Alcance

Este trabajo, como ya se ha dicho, se va a llevar a cabo en una residencia para estudiantes situada en la aldea de Incomati, en la provincia de Maputo (Mozambique). Dicho edificio se encuentra dentro de un recinto construido hace unos meses por una ONG. En este complejo hay, además, una pequeña escuela, un comedor, una cocina, una lavandería y un edificio donde se alojan los profesores y el personal que trabaja allí. En el edificio donde se va a realizar la instalación viven 48 estudiantes. Consta de 16 habitaciones, en cada una de las cuales se alojan tres personas. Además, tiene una sala de estar, un estudio y un pequeño cuarto de calderas. Todas las estancias están comunicadas por dos pasillos techados y abiertos a un patio interior. A escasos metros del edificio hay un pozo subterráneo, sobre el que se ha construido una estructura que soporta el depósito en que se almacena el agua que se extrae de él.

La instalación eléctrica del edificio es muy reciente, por lo que tanto los cuadros eléctricos como las líneas se encuentran en perfecto estado, y serán empleados por los equipos que se van a instalar. Hasta ahora se encontraba conectado a red, sin embargo, esta conexión es muy inestable y se producen continuos cortes de suministro. Esto supone un nuevo motivo para tratar de diseñar un sistema que funcione aislado y de forma autónoma.

En lo referente al sistema hidráulico, únicamente está instalada la parte que discurre por el interior del inmueble, que se llevó a cabo con la obra del mismo en previsión de la que se realizaría a posteriori. Y es que la estructura levantada sobre el pozo es reciente, con lo que será necesario, tan solo, el diseño de los tramos que unan el pozo subterráneo con la sala de calderas, pasando por el depósito de almacenamiento. Hasta ahora los estudiantes tenían que acudir hasta un pozo situado en otra parte del recinto y trasladar ellos mismos el agua.

Se pretende cubrir la mayor parte posible de las necesidades con energías renovables, en concreto con solar fotovoltaica, solar térmica y eólica. Todo ello conlleva una importante inversión económica que, sin embargo, revertirá en el bienestar y la seguridad de abastecimiento de los estudiantes. Es por ello que se pretende maximizar el rendimiento de los sistemas a instalar tratando de hacer que el presupuesto final sea el mínimo posible. Para ello será necesario estudiar en profundidad las diferentes opciones que se presentan y escoger la más rentable. A posteriori, se realizará un estudio de la viabilidad económica del proyecto, para comprobar la rentabilidad de la inversión.

Cabe recordar que Mozambique es un país extremadamente pobre, y toda materia susceptible de ser vendida a buen precio ha de ser salvaguardada con celo. Por ello, el hecho de que el complejo se encuentre en una zona recogida y con cierta vigilancia favorece la preservación de las instalaciones. De modo que se va a emplear material de buena calidad, siempre teniendo en cuenta su equilibrio en cuanto al coste. Se pretende construir una instalación que perdure largo tiempo, tratando de hacer que pueda ser amortizada en la medida de lo posible.

## **2. Marco general**

### **2.1. Marco geográfico**

La República de Mozambique está localizada en la costa sureste de África. Sus fronteras limitan con Swaziland y Sudáfrica al sur, con Zimbabue al oeste. Con Zambia y Malawi al noroeste y con Tanzania al norte, estando toda la costa este bañada por el Océano Índico.

El país se localiza en la mayor planicie costera del continente africano, delimitada al oeste por la sierra Inyanga. Precisamente es aquí donde se encuentra el Monte Binga, de 2436 m de altitud y que constituye el punto más alto del país. En las regiones fronterizas con Malawi y Zambia se encuentran las regiones más altas de todo el territorio.

El río Zambeze supone el principal flujo de agua del país, cruzándolo totalmente en su mitad norte a través del Gran Valle del Rift. También cabe destacar el río Rovuma, que hace de frontera con Tanzania, y en cuya cuenca, como ya se ha mencionado anteriormente, se han encontrado grandes yacimientos de gas. El río Komati, que nace en Sudáfrica y desemboca en la bahía de Maputo, es otro de los cursos importantes del país. A sus orillas, al lado de la frontera sudafricana, se ha construido la población de Incomati, en la que desarrollaremos nuestro trabajo.

### **2.2. Marco histórico y político**

Los yacimientos encontrados en la zona nos dan a entender que los primeros habitantes de Mozambique fueron cazadores y recolectores. En torno al siglo III los bantúes se establecieron en la zona, introduciendo la metalurgia y propiciando grandes avances en el campo de la agricultura, lo que conllevó una importante expansión demográfica.

Los primeros escritos referentes a Mozambique datan del siglo X, cuando el explorador Al-Masudi describió una importante actividad comercial en la zona, que probablemente provenía del siglo anterior, cuando se comenzaron a exportar hierro, oro y pieles a China e India. Dichas relaciones fueron continuadas por los suajilis, herederos de los antiguos bantúes, que hacia el siglo XIII ocupaban en torno a cuarenta ciudades-estado en la zona, que competían entre ellas por sus intereses comerciales.

Fue en torno al 1500 cuando comenzó la colonización portuguesa. La ruta abierta por Vasco de Gama dos años antes, para llegar hasta la India, hizo que se establecieran puestos permanentes en diversas localizaciones de África Oriental. En 1530 el control portugués sobre esta zona era ya total. Grupos de comerciantes comenzaron a organizarse en busca de oro en las aguas del río Zambeze. Durante los siglos XVI y XVII turcos, franceses, ingleses y neerlandeses trataron de hacerse con parte del territorio, sin embargo Portugal logró mantenerlo bajo su dominio.

Sin embargo, en los dos siglos siguientes el control luso sobre la zona se fue diluyendo, en detrimento de los árabes omaníes que controlaban buena parte del comercio marítimo, y de los franceses, provenientes de Madagascar. No fue hasta principios del siglo XX cuando, tras la Conferencia de Berlín de 1885, Portugal llevó a cabo una auténtica ocupación militar, lo que propició que Mozambique se convirtiera en una auténtica colonia.

En la década de 1950 Portugal puso en marcha diversos planes de desarrollo y modernización de las infraestructuras y comunicaciones de sus colonias. Sin embargo, la llegada masiva de colonos portugueses hizo que empeoraran las relaciones entre ambas comunidades. El anticolonialismo se fue haciendo cada vez más patente, alegando los nativos una falta de atención por parte de los lusos a las comunidades indígenas. Así fue como en 1964 el Frente de liberación mozambiqueño (Frelimo) comenzó una guerra de guerrillas que culminaría en 1975, con la obtención de la independencia del país.

El grupo armado se reconvirtió en este año en un partido político de ideología marxista-leninista, y se estableció en el gobierno, ocupando su líder, Samora Machel, la presidencia del país. No obstante, al mismo tiempo, había comenzado una guerra civil, reflejo de la guerra fría, entre el Frelimo, apoyado por los países comunistas, y la Resistencia Nacional Mozambiqueña (Renamo), armada por los gobiernos sudafricano y estadounidense.

El conflicto se prorrogó hasta 1992, año en que Joaquim Chissano, dirigente del Frelimo y presidente del gobierno, y Alfonso Dhlakama, líder del Renamo, firmaron la paz bajo la supervisión de las Naciones Unidas. Para entonces, más de un millón de personas habían perdido la vida como consecuencia de la guerra, y otras tantas habían huido a refugiarse en países vecinos. Gran parte de la población dependía de la ayuda humanitaria, y los avances en materia de salud y educación que se habían logrado tras la independencia habían sido devorados por la guerra. Mozambique era uno de los países más pobres del mundo.

En 2005, tras dieciocho años de presidencia, el gobierno pasó de Joaquim Chissano, a Armando Emilio Guebuza, quien continuó con las políticas económicas llevadas a cabo por su predecesor. En la actualidad, tras las elecciones celebradas en enero de 2015, el presidente del país es Felipe Jacinto Nyusi, del Frelimo, cuyas políticas han evolucionado hacia la socialdemocracia.

### **2.3. Marco económico**

Durante la época colonial los monopolios privados marcaron las pautas económicas de Mozambique, acumulándose toda la riqueza en los asentamientos portugueses. A partir de 1975, tras obtener la independencia, el Frelimo nacionalizó sectores claves y creó cooperativas agrarias. Sin embargo, el estallido de la guerra civil hizo que las nuevas políticas se fueran al traste, hundiendo la economía interna, el comercio y la producción agrícola. Actualmente, los sectores que históricamente han impulsado al país, como son la agricultura y el turismo, además del comercio portuario, han comenzado a recuperarse. Aunque la guerra civil, las inundaciones sufridas en el año 2000 y los dos millones de minas antipersona sin desactivar suponen aún un lastre para el desarrollo del país.

La agricultura supone la actividad que emplea mayor número de personas, pese a que únicamente representa una quinta parte del PIB. Ello se debe a que buena parte de los cultivos se dedican al consumo propio. Es por ello que, mayoritariamente, se cosecha arroz, maíz o verduras, aunque se continúan algunos cultivos propios de la época colonial como el algodón, la caña de azúcar o el té.

Por lo que respecta al turismo, el cálido clima, así como las bellas playas han hecho de Mozambique un destino atractivo desde la época colonial. Como es evidente, durante los tres lustros de guerra

civil este sector sufrió un importante decremento, lo que supuso un duro azote para la economía. Sin embargo, a lo largo de la época de 1990 este sector fue repuntando. A día de hoy continúa en crecimiento, y es la actividad que emplea un mayor número de personas después de la agricultura.

Pese a todo, con un PIB per cápita de 456€, Mozambique es el país número 171 del mundo en cuanto a este parámetro, lo que da una muestra del paupérrimo nivel de vida de sus habitantes.

## **2.4. Marco demográfico**

Mozambique es el 36º país del mundo en cuanto a extensión, y el 48º país más poblado, con una población de más de 25 millones de habitantes, que se distribuye de forma prácticamente equitativa entre hombres y mujeres. De todos ellos tan sólo el 30 % reside en los grandes núcleos urbanos, lo que da buena muestra de la importancia de las zonas rurales en el país. La capital, Maputo, situada en la costa meridional, aglutina poco más de un millón de habitantes.

En lo que respecta a su tasa de natalidad, es decir, el número de nacimientos por cada mil habitantes al año, se haya en torno al 40 %, pese a haber descendido en los últimos años. El índice de fecundidad se ha mantenido constante en las últimas décadas en valores algo por encima de los 5 hijos por mujer, cifra realmente alta, que coloca a Mozambique como el país número 14 del mundo en ambos parámetros.

Por su lado, la tasa de mortalidad se sitúa en un 1,4 %, lo que, pese a haber descendido de forma paulatina en los últimos años, continúa manteniendo a Mozambique en 11ª posición en cuanto a este índice. La esperanza de vida ha aumentado de forma considerable en las últimas décadas. En el año 1960 se situaba en 36,4 años y a día de hoy se encuentra en 51,5 años, que sin embargo continúa siendo la séptima más baja del mundo.

Todos estos datos dan buena muestra del bajo nivel de vida de los habitantes del país.

## **2.5. Marco social**

### **2.5.1. Educación**

Aunque el número de matrículas escolares ha ido en aumento desde la independencia del país en 1975, la formación de los profesores, y en consecuencia la calidad de la educación, continúan lejos de estar a un nivel aceptable. Gran parte de los niños mozambiqueños, especialmente aquellos que residen en las zonas rurales, no pueden asistir a la escuela por falta de recursos o por no contar con las infraestructuras necesarias para ello. Pese a que el número de niñas matriculadas va igualándose progresivamente al de los varones, y que en los últimos años ha aumentado la partida económica dedicada a educación, el nivel de esta sigue siendo de los peores del mundo. En lo que respecta a la enseñanza superior, existen 23 universidades en el país, de las cuales 11 son de carácter público. La principal de ellas es la Universidad Eduardo Mondlane, situada en Maputo y que cuenta con 2400 estudiantes. A día de hoy, tan solo un 37 % de la población está alfabetizada.



### **2.5.2. Idioma**

El portugués es el idioma oficial, aunque tan sólo la mitad de la población lo tiene como primera lengua. Buena parte de la población continúa comunicándose mediante idiomas nativos, todas ellos provenientes de variedades del bantú.

### **2.5.3. Sanidad**

La calidad de la sanidad en Mozambique es realmente deficiente. Se dan brotes esporádicos de enfermedades como el cólera o la meningitis. Otras enfermedades, como la malaria o la tuberculosis están ampliamente extendidas por las zonas rurales. Ello se agrava por el escaso número de hospitales, especialmente en zonas rurales, y con la existencia de tan sólo tres médicos por cada 100000 habitantes. Hay también clínicas privadas, principalmente en Maputo, pero en muchas ocasiones también carecen de los medios necesarios. Por todo ello, la mortalidad infantil se sitúa en un 10 % y un 12 % de la población está infectada de VIH-SIDA.

### **2.5.4. Religión**

En Mozambique conviven gran cantidad de religiones. Tras casi cinco siglos de colonización, en 1975 la religión cristiana católica ya era mayoritaria entre la población mozambiqueña, y lo sigue siendo en la actualidad con un 28 % de la población. Un 27 % de los habitantes del país profesan diversas ramas del cristianismo, muchas de las cuales incluyen componentes étnicos. Hay un 18 % de musulmanes, y un porcentaje igual de ateos. Por su parte, un 8 % tienen creencias de índole étnica.

## **2.6. Índice de desarrollo humano**

El índice de desarrollo humano (IDH) fue calculado por primera vez en 1990 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el objetivo de tener un parámetro de comparación entre países que aunara los empleados hasta la fecha en los campos de la economía, la educación y la salud. Así, se creó un índice capaz de establecer una clasificación verdaderamente representativa a todos los niveles entre todos los países del mundo.

Los últimos datos obtenidos en referencia al IDH son las extrapolaciones para el año 2014, obtenidas a partir de los datos de 2013. Noruega encabeza la clasificación por séptimo año consecutivo. Mozambique se encuentra en el puesto 178, o lo que es lo mismo, es el 10º país por la cola.

Esta es quizás la mejor muestra de la extremadamente deficiente situación en la que se halla Mozambique. Situación que se agrava, especialmente, en zonas rurales como la que acogerá la instalación que se va a diseñar. Estos datos son una clara muestra de que la aparente situación de mejora que los yacimientos recientemente descubiertos han traído al país, apenas ha alcanzado al grueso de la población. Es por ello que creemos imprescindible promover proyectos de este tipo, que impulsen el desarrollo del país de forma altruista, mejorando la calidad de vida de la población autóctona de forma real, sin atender a intereses económicos o políticos. [Colaboradores de Wikipedia, 2015]

### 3. Conceptos previos

En este trabajo se busca abastecer el edificio, objeto del estudio, mediante energías renovables. Denominamos energía renovable a aquella que es inagotable a corto plazo, pues su período de regeneración es muy corto en relación con la vida humana. La mayoría de estas energías son producidas directa o indirectamente por la acción del sol.

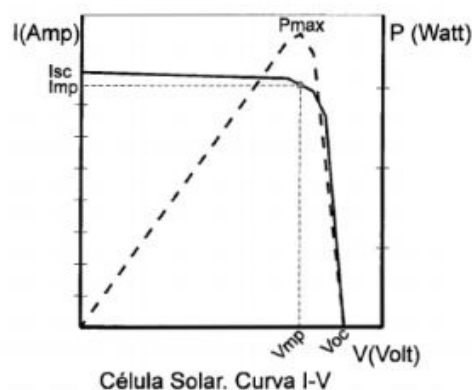
Este tipo de energías presentan grandes ventajas, puesto que no contaminan y son inagotables. Además, no requieren de un único foco o fuente de extracción, es decir, se encuentran distribuidas, con lo que cualquiera puede tener acceso a ellas. Sin embargo, la tecnología que precisan no se encuentra tan desarrollada como la empleada para las energías fósiles, pese a que en los últimos tiempos se han conseguido grandes avances. Ello hace que la densidad energética de los sistemas captadores sea baja y el coste de las instalaciones alto. A nivel mundial, el porcentaje de la cantidad total de energía que aportan las renovables apenas llega al 10% [Ángel Pérez-Navarro, 2014]. Este trabajo se va a centrar en las siguientes:

#### 3.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que genera electricidad a partir de la radiación directa del sol, dando lugar al conocido como efecto fotoeléctrico. Esto se consigue empleando materiales semiconductores, especialmente silicio.

Dado que el silicio tiene una valencia atómica de 4, sus electrones tienen gran capacidad para moverse al recibir calor del exterior, dando así lugar a huecos. Para facilitar este proceso, generalmente se añaden impurezas, como átomos de boro o fósforo, que aumentan el número de huecos y de electrones respectivamente. Este desplazamiento de electrones hacia un mismo lado hace que se creen dos capas, denominadas p y n, entre las que existirá una diferencia de potencial. Los electrones viajarán de la capa n a la p, actuando así como un fotodiodo, que funcionará al recibir radiación, y generará una corriente eléctrica. De este modo se crean las células fotovoltaicas. Estas células actúan de acuerdo con la siguiente curva:

Figura 1: Curva de funcionamiento de la célula fotovoltaica [Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV, 2015]



Tal y como se muestra, existe un punto en la gráfica cuya combinación de los valores de corriente y voltaje da la máxima potencia que la célula puede ofrecer. Generalmente éste será el punto se busque en las instalaciones.

Hay que saber también que varias células conectadas en serie darán una tensión total igual a la suma de cada una de ellas, mientras que si se asocian en paralelo la intensidad será el total de las intensidades que dé cada célula. Dichas agrupaciones se suelen hacer en grupos de 36 o 72, dando lugar al conocido como módulo fotovoltaico. Existen varios tipos de módulos, en función de la tecnología empleada, la potencia generada o las características constructivas. A su vez, estos módulos suelen funcionar conectados entre ellos, dando lugar a campos fotovoltaicos.

Los campos fotovoltaicos pueden ser conectados a red o aislados, como es el caso de la instalación que se va a llevar a cabo. Es por ello que se precisará de acumuladores, como son las baterías, para almacenar la energía y poder emplearla en las horas sin radiación solar. El inversor y el regulador son dos elementos clave para la conexión entre los módulos y los acumuladores, optimizando el paso de energía y protegiendo el sistema. [Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV, 2015]

### **3.2. Energía solar térmica**

La solar térmica aprovecha la energía proveniente del sol para calentar un fluido. Esto se consigue gracias a los captadores solares, en cuyo interior se produce el efecto invernadero. La gran mayoría de radiación solar incidente sobre la cubierta transparente la atraviesa y alcanza los tubos por los que circula el fluido caloportador. Sin embargo, la fracción de radiación que éstos reflejan tiene longitudes de onda infrarrojas, para las que los cristales son opacos, con lo que esta radiación no puede salir del captador, lo que hace que aumente la temperatura en el interior del mismo. Todo ello provoca que, a su vez, se incremente la temperatura del fluido caloportador, que continuará circulando por la tubería hasta alcanzar el intercambiador. Es aquí donde se cede la energía térmica a un segundo fluido, que podrá ser acumulado o empleado como agua caliente sanitaria (ACS).

En ocasiones, los procesos de intercambio energético y de acumulación se llevan a cabo al mismo tiempo. Los interacumuladores son recipientes por el interior de los cuales se encuentra un serpentín por el que circula el fluido caloportador. De este modo, el fluido acumulado se calienta, produciéndose una estratificación de temperaturas, dado que las fracciones más calientes ascenderán mientras que las frías permanecerán en la parte baja. Ello facilita el intercambio de temperaturas, dado que el serpentín se encontrará en la parte inferior, y la extracción del agua que se encuentre a mayor temperatura, empleando una tubería que parta de la zona superior.

Generalmente el circuito de ACS lleva asociada una caldera de apoyo. Esto es debido a que la radiación solar no es uniforme a lo largo de todo el año y en algunas épocas, especialmente en invierno, podría no ser suficiente para aportar la energía que la instalación precisa. De modo que el agua permanecede almacenada en el interacumulador o el tanque de inercia, y, ante una demanda por parte de los consumos, se la hace pasar por la caldera de apoyo, que aportará energía, si es necesario, para alcanzar la temperatura deseada.

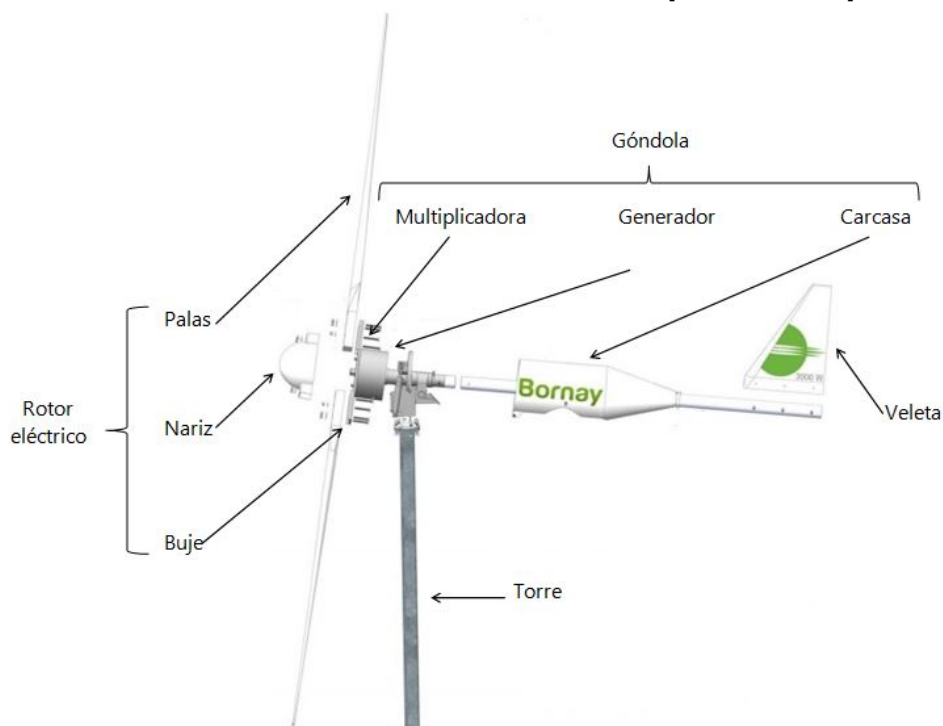
Del mismo modo que sucede con los paneles de energía solar fotovoltaica, los captadores térmicos también se disponen en conjuntos, con el fin de captar la mayor energía posible. En este caso la

conexión entre todos los paneles se va a realizar en paralelo. De este modo el salto térmico y el caudal trasegado es idéntico en todos los módulos. Por contra en las conexiones en serie el rendimiento es menor, puesto que la temperatura de entrada a cada captador es mayor que al anterior. [Departamento Termodinámica Aplicada UPV, 2015]

### 3.3. Energía eólica

Los aerogeneradores son los encargados de convertir la energía del viento en energía eléctrica. En el siguiente esquema se muestran sus principales partes:

Figura 2: Esquema básico de un aerogenerador [Bornay, 2015a]



Las palas, los elementos más expuestos por los grandes esfuerzos de torsión que han de soportar, recogen la energía del viento y la transmiten al buje. Este elemento conforma el eje de baja velocidad, y transmite el movimiento a la multiplicadora, situada en el interior de la góndola. Ésta consiste en un tren de engranajes en el que se consigue que la velocidad de giro pase de ser de unas pocas decenas de revoluciones por minuto a valores de entre 500 y 1000 rpm. A continuación, el generador es el encargado de realizar la transformación de energía mecánica a eléctrica. Éste puede ser síncrono, también denominado alternador, o asíncrono, según la velocidad de giro que crea el campo magnético de su rotor. La energía generada pasará por un regulador para convertirse de alterna a continua y poder ser almacenada en baterías.

Cabe mencionar también una serie de elementos que no participan directamente en la transformación energética pero son fundamentales para el correcto funcionamiento de los aerogeneradores. Los mecanismos de cambio de paso hacen rotar las palas sobre sí mismas para producir pérdidas de

la carga aerodinámica, dando lugar a los aerofrenos, que provocarán que se detenga el giro en caso de que se alcancen velocidades que puedan poner al sistema en peligro. También existen frenos que actúan directamente sobre el rotor eólico. Por su parte, los sistemas de orientación hacen que el plano que forman las palas se oriente de forma perpendicular a la dirección del viento para así aprovechar al máximo la energía cinética del mismo. Una torre sustentada sobre una correcta cimentación es también fundamental para evitar vibraciones y deficiencias en el funcionamiento.

## 4. Cálculos y selección

### 4.1. Instalaciones hidráulicas

#### 4.1.1. Dimensionamiento del tramo del pozo al depósito

El abastecimiento de agua del edificio está a cargo de un pozo próximo al mismo, y del cual es el único usuario. De modo que, para dimensionar la instalación hidráulica, únicamente se ha de tener en cuenta el agua que los 48 estudiantes, que se alojan en la residencia, emplean diariamente para su higiene personal, dado que actividades como cocinar o limpiar ropa o cubertería se llevan a cabo en otros edificios.

Con tal fin, se establecen los siguientes volúmenes de consumo diario por estudiante:

- Ducha: Se toma un flujo de 0,15 l/s, algo inferior a los entre 0,2 – 0,3 l/s habituales en España. Como tiempo medio de consumo de agua durante cada ducha se estiman 3 minutos. Así, para una ducha diaria, se obtienen 27 l, que se redondearán finalmente a 30 l/día·persona, para estar del lado de la seguridad. De ellos, 15 l serán de agua fría y 15 l de agua caliente.
- Retrete: Dado que los alumnos pasan la mayor parte del día fuera de los dormitorios se estiman únicamente dos usos diarios por cada uno de ellos por lo que, sabiendo que cada uso requiere 10 l, hace 20l/día·persona.
- Lavabo: Cabe suponer que cada uno de los estudiantes emplea los lavabos de las habitaciones para lavarse dos veces los dientes y dos veces las manos a lo largo del día. Para un caudal de 0,1 l/s, y un tiempo de diez y veinte segundos por acción respectivamente, se tiene un consumo total de 6 l/día·persona.

De este modo, el consumo total por habitante, según los valores establecidos, es de 56 l/día, que será redondeado a 60 l/día, tratando así de estar siempre del lado de la seguridad. Así pues, es posible ya calcular el caudal total empleado diariamente en el edificio:  $Q = 60\text{l/día}\cdot\text{persona} \cdot 48 \text{ personas} = 2880 \text{ l/día}$ .

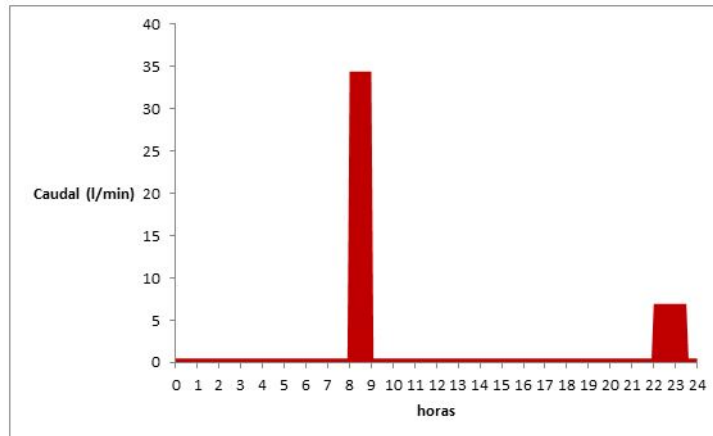
Este será pues el flujo de agua que trasegará la bomba de extracción que se dimensionará a continuación. El caudal sacado del pozo se almacenará en un depósito, de 1500 l de capacidad, situado en lo alto de una estructura, a la espera de ser demandado por los consumos.

Para seleccionar la bomba se ha de conocer de antemano el caudal que ha de suministrar (Q) y la altura hasta la que ha de elevar el agua (H).

**a) Q:** El caudal total que la bomba trasegará es de 2880 l/día, sin embargo no se va a trabajar en régimen continuo. Dado que el depósito que acumula el agua extraída del pozo a la espera de la demanda por parte de los consumos tiene 1500 l, aproximadamente la mitad del caudal diario. Se ha de establecer un sistema de control que ponga en marcha o pare la bomba cuando sea necesario, para evitar desbordamientos. Ello se conseguirá empleando un sistema con una boya, que indique cuándo el tanque está prácticamente lleno y cuándo está casi vacío.

En el complejo en que está situado el edificio hay también una escuela, un comedor y una biblioteca. Es por ello que los estudiantes pasan la mayor parte del tiempo fuera de las habitaciones.

Figura 3: Caudal de demanda en el edificio a lo largo del día



Así, para la residencia, existen a lo largo del día dos períodos pico de consumo. El primero de ellos será por la mañana, entre las 8 y las 9. En esta hora, cada uno de los estudiantes se ducha una vez, se lava los dientes y las manos y va una vez al servicio. Ello hace que, tomando los valores anteriormente indicados, se gasten 43 l/persona, es decir, un total de 2064 l. Por tanto, el caudal medio para este período será de 34,4 l/min.

El segundo período importante de consumo se dará entre las 10 y las 11:30 de la noche, cuando cada estudiante se lava dientes y manos y va una vez al servicio antes de acostarse. Ello hace un total de 624 l, que lleva a tener un caudal de 6,93 l/min.

Dado que se ha supuesto un volumen total de 2880 l, quedan 192 l, que pueden ser empleados a lo largo del día por estudiantes que accedan a las habitaciones en algún momento en concreto.

Primeramente, cabe establecer los niveles a los que la boya hará que la bomba arranque y se detenga. La señal de depósito lleno se emitirá cuando éste esté al 95 % de su capacidad total, o lo que es lo mismo, cuando albergue 1425 l en su interior. Para que el sistema de bombeo se ponga en marcha se marca un nivel del 60 %, es decir, 900 l.

Para establecer el caudal de diseño se va a tomar la hipótesis más desfavorable, como es que el depósito se encuentra al 61 % de su capacidad antes del primer período pico del día, de este modo, a las 8 de la mañana hay 915 l. Evidentemente, en el momento que comience a demandarse agua, la boya llegará al nivel bajo y comenzará el proceso de llenado. Así, se va a hacer que, para este caso extremo, la bomba proporcione al depósito durante esta hora el volumen que habría que añadir a los 915 l iniciales para cubrir la demanda existente, de 2064 l, entre las 8 y las 9 de la mañana.

$$Q = \frac{V_n - V_i}{t} \quad (1)$$

$$Q = 2064 - 915/60 = 19,15 \text{ l/min}$$

Se establece por tanto un caudal de 20 l/min para la bomba.

Sin embargo, pese a que se ha contemplado la situación más desfavorable para dimensionar el caudal, el hecho es que para un caso estándar se asume que a las 8 de la mañana el depósito se

encuentra al 90 %, es decir, con 1350 l de agua en su interior. A partir de ese momento comenzará a vaciarse a razón de 34,4 l/min, hasta llegar al 60 % de su capacidad, lo cual sucederá en la siguiente cantidad de tiempo:

$$t = \frac{V_i - V_{60\%}}{Q} \quad (2)$$

$$t = 1350 - 900 / 34,4 = 13,1 \text{ l/min}$$

Es decir, a las 8:13 la bomba arrancará y comenzará a impulsar agua hasta el depósito, con un caudal de 20 l/min. De este modo, de forma neta el depósito perderá 14,4 l/min. Con lo que a las 9:00 el volumen remanente en el mismo será:

$$V_f = V_i - Q \cdot (t - t_0) \quad (3)$$

$$V_f = 900 - 14,4 \cdot (60 - 13,1) = 224,64 \text{ l}$$

A partir de este momento, la demanda por parte de los consumos cesará, pero se continuará bombeando agua, con lo que el volumen de agua en el interior del tanque comenzará a aumentar hasta llegar al 95 %, o lo que es lo mismo 1425 l, cuando el sistema de boyas hará que la bomba se pare. Se puede calcular el momento en que esto sucederá:

$$t = 1425 - 224,64 / 20 = 60,20 \text{ min}$$

Es decir, a las 10:00 el depósito estará al nivel máximo al que el sistema le permite llegar. Para el grueso del día se ha dividido los 192 l que no son consumidos en los períodos de pico entre las 21,5 horas restantes, obteniendo un caudal medio de aproximadamente 0,15 l, que se ha considerado despreciable para el cálculo del tiempo de llenado. Aquí se está teniendo en cuenta que algún estudiante pueda acudir puntualmente a hacer uso del retrete o a lavarse las manos o la cara a lo largo del día. Durante todo este tiempo la bomba permanecerá detenida, pues el volumen, como se comprobará de inmediato, no bajará hasta los 900 l que la harían ponerse en marcha. Ello hace que a las 22:00, momento en que los estudiantes han terminado de cenar y regresan a los dormitorios para asearse antes de acostarse, en el depósito haya la siguiente cantidad de agua:

$$V_f = 1425 - 0,15 \cdot (12 \Delta 60) = 1317 \text{ l}$$

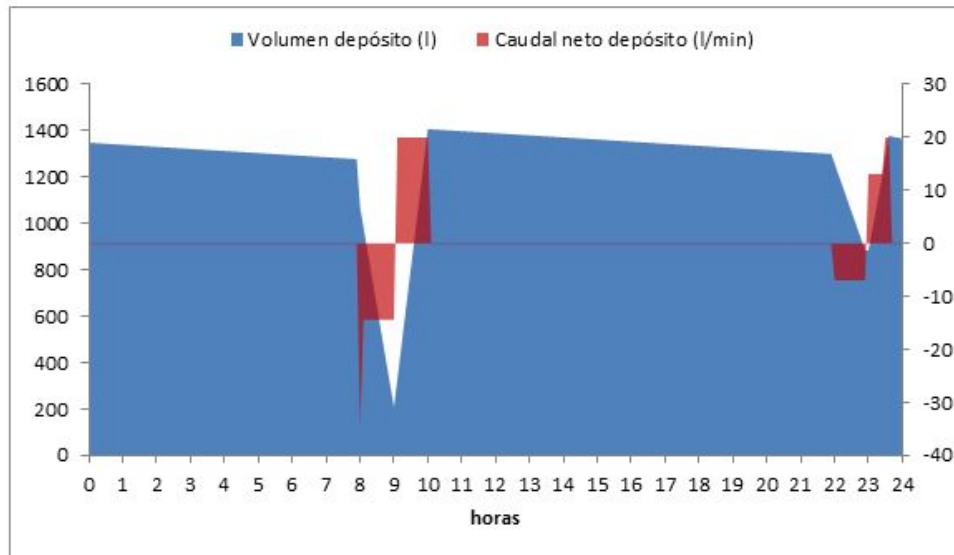
A partir de esta hora, y hasta las 23:30, momento en que los inquilinos se acuestan en sus camas, el caudal medio es de 6,93 l/min. Ello provocará que la bomba se ponga de nuevo a funcionar en el siguiente tiempo:

$$t = 1317 - 900 / 6,93 = 60,17 \text{ min}$$

Es decir, en torno a las 23:00 se retomará la extracción de agua del pozo. En este caso el caudal entrante será mayor al saliente, dando lugar a un caudal neto positivo de 13,07 l/min. Así, al final de esta hora y media de consumo, el volumen de agua en el depósito será:



Figura 4: Volumen y caudal neto en el depósito a lo largo del día



$$V_f = 900 + 13,07 \cdot (90 - 60,17) = 1289,88l$$

A partir de este momento la demanda de agua cesa, pero la bomba continuará funcionando hasta alcanzar los 1425 l, lo que sucederá para este tiempo:

$$t = 1425 - 1289,88 / 20 = 6,76 \text{ min}$$

Con lo que algo antes de las 23:37 se detiene la bomba. Durante la noche, del mismo modo que se ha previsto para el transcurso del día, se toma un caudal medio de 0,15 l/min en previsión de las visitas al servicio que pueda hacer alguno de los estudiantes. De este modo, el ciclo diario se cierra comprobando el volumen al que se encontrará el depósito a las 8:00 de la mañana siguiente:

$$V_f = 1425 - 0,15 \cdot (8,38 \Delta 60) = 1289,88l$$

Así se comprueba cómo el volumen es el mismo con el que se comenzaron los cálculos, certificando el correcto funcionamiento del sistema.

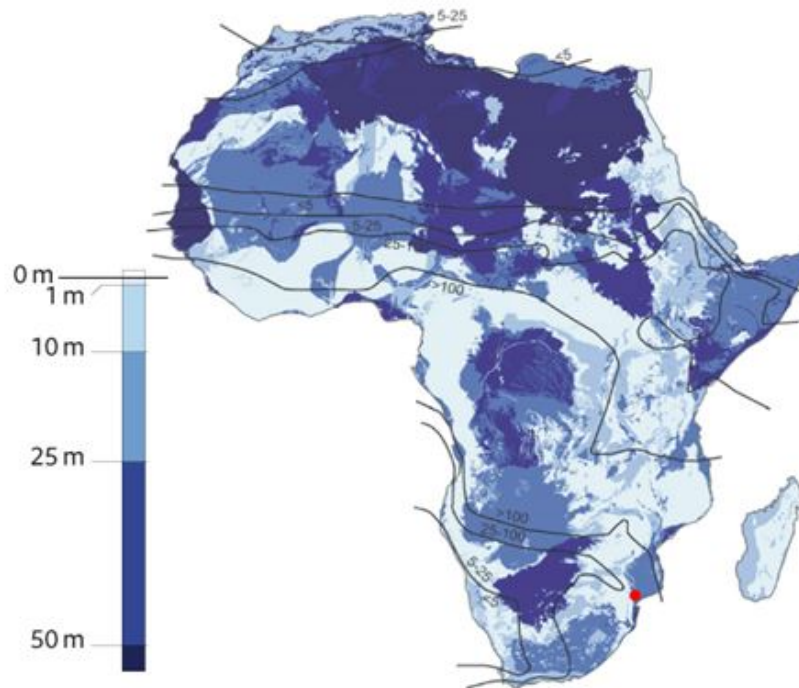
**b) H:** La altura equivalente total que habrá de proporcionar la bomba se obtendrá a partir de la siguiente fórmula:

$$H_{eq} = H_{estruct} + H_{pozo} + H_{perdidas} \quad (4)$$

Como se puede observar, la altura total que ha de aportar la bomba al fluido para llevarlo hasta el depósito se divide en tres sumandos. Se van a ir desgranando uno a uno.

El primero de ellos será la altura a la que ha de llegar el agua sobre el nivel del suelo. Como se ha indicado anteriormente, el caudal extraído del pozo se almacenará en un depósito situado en lo alto

Figura 5: Profundidad a la que se encuentra el agua en el subsuelo de África (en m) [Maquinarialave-ra.es, 2012]



de una estructura, a la espera de ser demandado por los consumos. Dicha estructura tiene forma de prisma cuadrangular, con cinco tramos de 2,5 m de altura por 1 m de lado del cuadrado base, lo que hace un total de 12,5 m de altura. El depósito que se encuentra en su cima, de 1500 l de capacidad, tiene forma cilíndrica de 0,5 m de radio y 2 m de altura. Este montaje se sitúa sobre la vertical del propio pozo, y a una distancia de 13 m del edificio. Dado que el agua se introduce por la parte alta del depósito, el total de altura que se ha de vencer desde el suelo es de 14,5 m.

Por otro lado, se ha de tener en cuenta la profundidad a la que se encuentra el pozo subterráneo.

En la imagen se muestra la profundidad de las capas freáticas existentes en el continente africano. Se ha señalado con un punto rojo la posición de la aldea de Incomati, en la que se encuentra el edificio. Se observa claramente cómo la localización se haya en una zona en la que el agua se encuentra a una profundidad de entre 10 y 25 metros. Dado que se desconoce con exactitud el valor exacto, se tomará 25 m bajo el suelo como el nivel al que se encuentra el agua, dado que es la hipótesis más desfavorable.

Por último, únicamente resta calcular la altura debida a pérdidas. Este término se obtendrá con la suma de dos expresiones, como son la de las pérdidas por fricción y las pérdidas menores o localizadas.

$$H_{\text{pérdidas}} = h_f + h_m \quad (5)$$

Se estudiará por separado cada uno de ellos.

Primeramente las pérdidas por fricción, que permiten calcular las pérdidas de carga del fluido

dentro de una tubería, conforme va avanzando por el interior de esta. Dicho parámetro se obtendrá a partir de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad (6)$$

Donde f se refiere al factor de fricción, L a la longitud total de la tubería, Q es el caudal que trasiega la misma, g la aceleración de la gravedad y D el diámetro de la tubería.

Se obtiene, primeramente, el factor de fricción a partir del ábaco de Moody.

Para ello, en primer lugar, se ha de establecer el diámetro interior de la tubería. Dado que el caudal que circulará es relativamente pequeño, se toma un valor de 25 mm. Por otro lado, se elige como material el PVC, pues es el material más barato de los aptos para el suministro de agua, dado que todos los metálicos, además de ser más caros de por sí, han de pasar por procesos de cromado o galvanización para evitar su corrosión. Además, el PVC es capaz de soportar las presiones relativamente bajas a las que se verá sometido.

Tabla 1: Rugosidades absolutas de distintos materiales [deSlideshare, 2012]

Material	Coef. rugosidad absoluta (mm)
Asbesto cemento	0,0015
Latón	0,0015
Hierro fundido	0,26
Cobre	0,0015
Acero corrugado	45
Acero galvanizado	0,15
Acero (esmaltado)	0,0048
Acero(remachado)	0,9
Plomo	0,0015
Plástico (PVC)	0,0015
Madera	0,18
Vidrio	0,0015

De la gráfica se toma como rugosidad absoluta la del PVC  $\varepsilon = 0,0015\text{mm}$ . Se obtiene así la siguiente rugosidad relativa:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (7)$$

$$\varepsilon_r = 0,0015/25 = 6 \cdot 10^{-5}$$

El número de Reynolds se calculará a partir de la expresión:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (8)$$

Siendo  $v$  la velocidad del fluido, o lo que es lo mismo, el cociente entre el caudal circulante y la sección de la tubería. En este caso:

$$v = \frac{Q}{D^2 \cdot \frac{\pi}{4}} \quad (9)$$

$$v = (20 \cdot 10^{-3}/60)/0,025^2 \cdot (\pi/4) = 0,68\text{m/s}$$

Por su parte,  $\nu$  es la viscosidad cinemática del fluido, que se obtendrá dividiendo la viscosidad dinámica ( $\mu$ ) medida en kg/m·s, entre la densidad del agua ( $\rho$ ) en kg/m<sup>3</sup>. Los datos son tomados para una temperatura de 20°C.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (10)$$

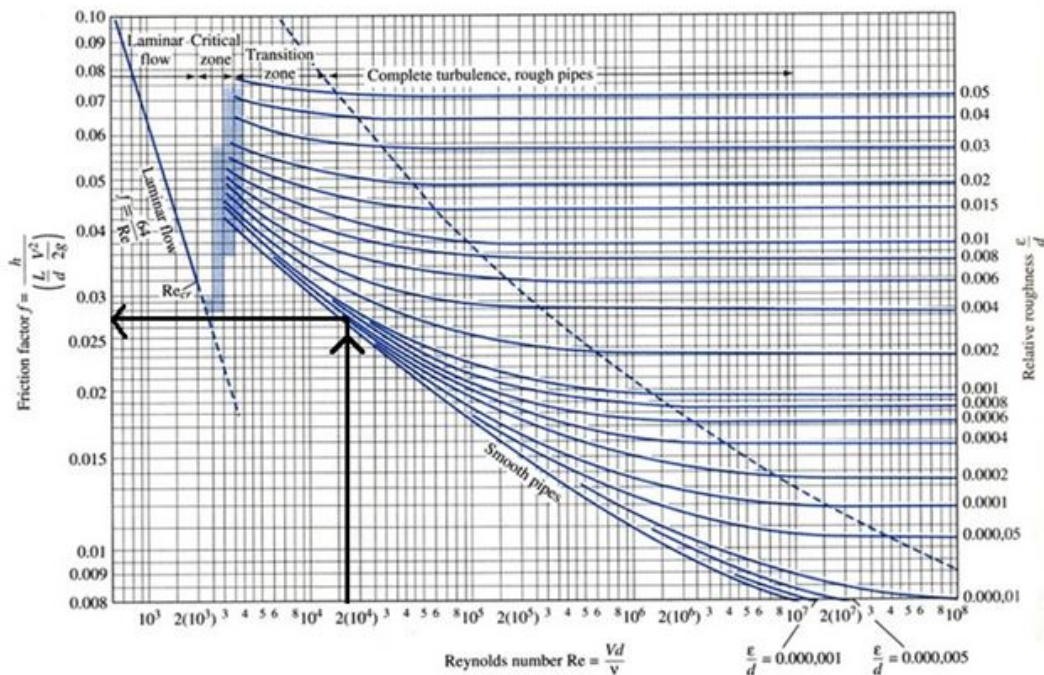
$$\nu = 0,001003/1000 = 1,003 \cdot 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$$

Se puede, ahora sí, obtener el número de Reynolds:

$$\text{Re} = (0,68 \cdot 0,025)/(1,003 \cdot 10^{-6}) = 16949,15$$

Se busca ahora el factor de fricción en el ábaco de Moody:

Figura 6: Factor de fricción de la tubería pozo-depósito en el ábaco de Moody [The MathWorks, 2005]



Como se puede observar, el factor de fricción tiene el valor  $f=0,027$ . Se introduce ahora en la ecuación de Darcy-Weisbach para calcular las pérdidas por fricción:

$$h_f = (8 \cdot 0,027 \cdot 39,5 \cdot (3,33 \cdot 10^{-4})^2) / (\pi^2 \cdot 9,81 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^5) = 1m$$

Así pues, únicamente resta conocer las pérdidas de la tubería, debidas a las singularidades de la misma, para establecer el total de la altura que la bomba habrá de proporcionar. Estas pérdidas menores o localizadas se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$h_m = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (11)$$

El coeficiente de pérdidas  $k$  se extrae de la siguiente tabla:

Figura 7: Coeficiente de pérdidas menores en accesorios [Ingemecanica.com, 2012]

Diámetro del tubo	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Curva 90°	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,2	1,8	2	3	5	5	6	7	8	14	16
Codo 90°	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,7	2,5	2,7	4	5,5	7	8,5	9,5	11	19	22
Cono difusor	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Válvula de pie	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	45	55	60	75	90	100
Válvula de retención	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	50	60	75	85
V. Compuerta Abierta	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	2	2	2	2,5	3	3,5	4	5
V. Compuerta 3/4 Abierta	2	2	2	2	2	2	4	4	6	8	8	8	10	12	14	16	20
V. Compuerta 1/2 Abierta	15	15	15	15	15	15	30	30	45	60	60	60	75	90	105	120	150

En el tramo de tubería que se está diseñando existe una válvula de retención vertical y un codo de 90° justo antes de la entrada al depósito, con lo que se tienen las siguientes pérdidas:

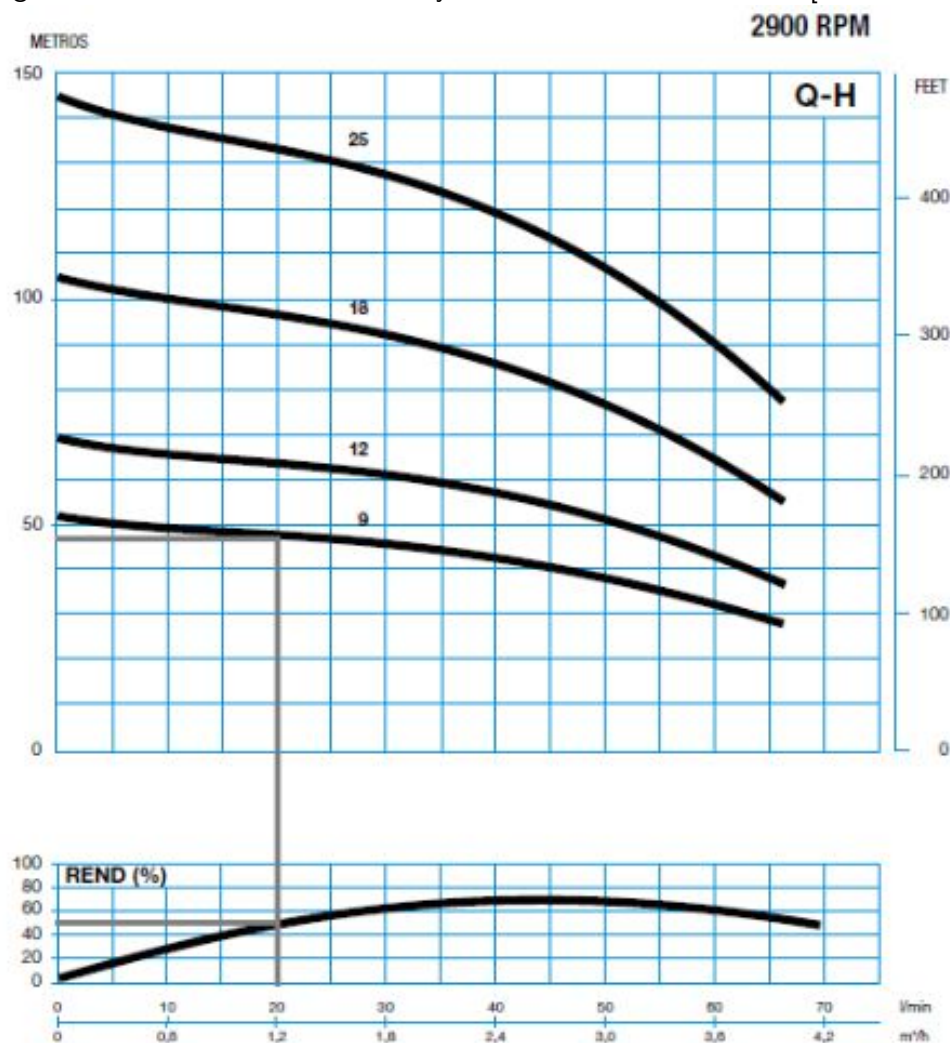
$$h_m = (6 + 0,3) \cdot (0,68^2 / 2 \cdot 9,81) = 0,15m$$

Se puede, finalmente, calcular la altura que nos habrá de proporcionar la bomba del pozo:

$$H_{eq} = 14,5 + 25 + (1 + 0,15) = 40,65m$$

Se recurre al catálogo de Ideal para la selección de la bomba sumergible, pues son especialistas en bombas de este tipo. De entre las que se encuentran en la serie S se escoge la TXI 18/09 [Ideal, 2014], pues se adapta a la perfección al caudal y altura que ha de dar. Además, de entre todas las bombas que se podrían encajar en la instalación, esta es la que presenta un mejor rendimiento para el caudal que va a trasegar.

Figura 8: Puntos de funcionamiento y de rendimiento de la bomba [Ideal, 2014]



Como se puede apreciar en la curva motriz de la bomba, para un caudal de 20 l/min, que es el que la bomba ha de suministrar al depósito, la altura que proporcionará será de en torno a 47

m, ligeramente superior a la que se ha calculado anteriormente, lo que proporciona un margen de seguridad. Asimismo, el rendimiento para este caudal es de aproximadamente el 50 %, lo cual parece bastante razonable, máxime teniendo en cuenta que el caudal trasegado es relativamente bajo.

Conocidos estos datos se puede calcular ya la potencia que precisará la bomba para funcionar:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta} \quad (12)$$

$$P = (1000 \cdot 9,81 \cdot 47 \cdot 3,33 \cdot 10^{-4})/0,5 = 307W$$

#### 4.1.2. Dimensionamiento del tramo del depósito al edificio

Se plantea ahora el diseño del tramo de tubería que unirá el depósito, donde se acumula el agua extraída del pozo subterráneo, con la entrada a la sala de calderas de la residencia. A partir de este punto, el conducto se dividirá haciendo que pasen por la potabilizadora y el interacumulador los caudales correspondientes. Se busca que en los consumos la presión del agua se aproxime a 1 bar, es decir, 10,2 mca.

El dimensionamiento del sistema se realizará para la hipótesis más desfavorable, es decir, para el momento de máximo trasiego de caudal. Esto es entre las 8 y las 9 de la mañana, cuando circula una media de 34,4 l/min por el interior de la tubería.

La estructura donde se almacena el agua extraída del pozo se sitúa frente a la cara este del edificio, a 11 metros de distancia de la sala de calderas. Es en la entrada a esta estancia donde se produce la primera bifurcación de la tubería, separándose así la fracción destinada a lavabos y duchas que pasará por la depuradora del resto, que circulará directamente hasta los retretes. Posteriormente, la cañería saliente de la potabilizadora se dividirá de nuevo entre la parte que ha de calentarse en el interacumulador para ir a las duchas y el resto, destinado tanto para los lavabos como para el agua fría de las duchas. En este caso, se va a calcular la presión en el punto de entrada al edificio, inmediatamente anterior a la primera bifurcación.

$$(P/\gamma)_{eq} = H_{geométrica} - H_{pérdidas} \quad (13)$$

Dado que la tubería de salida del depósito parte del punto más bajo del mismo, se tomará como altura geométrica la que tiene la estructura, pues la tubería de entrada a la sala de calderas circulará prácticamente a la altura del suelo. De modo que  $H_{geométrica} = 12,5$  m.

En lo que a pérdidas se refiere, se calculará, de nuevo, por un lado las pérdidas por fricción y por otro las localizadas.

Para calcular las pérdidas por fricción se ha de tener en cuenta que en este caso se continúan empleando tuberías de PVC, con lo que la rugosidad absoluta será 0,0015. En cuanto a la longitud se ha de sumar el tramo de bajada desde el depósito, el horizontal y el de entrada a la sala de calderas, lo que hará un total de unos 24 m. Por otro lado, dado que en un instante concreto la

demanda podría aumentar considerablemente, se elige una tubería de sección mayor a la empleada en la extracción del pozo, tomando un diámetro de 40 mm.

Así, se obtiene:

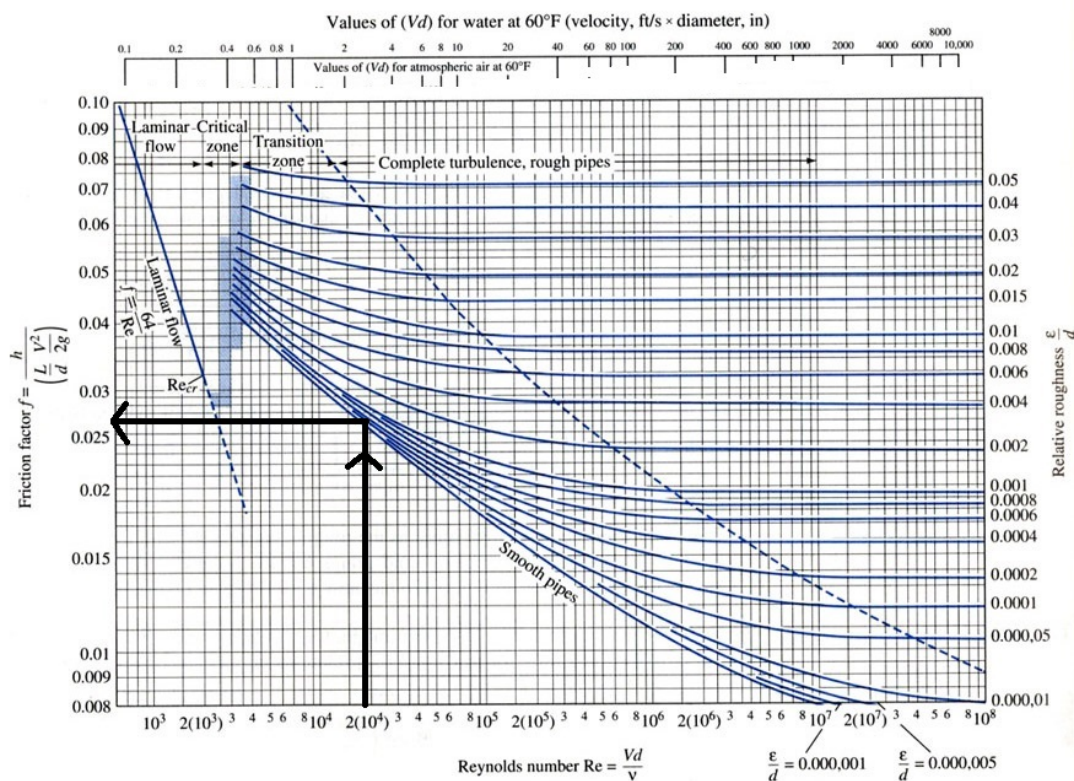
$$\varepsilon_r = 0,0015/40 = 3,75 \cdot 10^{-5}$$

$$v = 5,73 \cdot 10^{-4} / (0,04^2 \cdot (\pi/4)) = 0,456\text{m/s}$$

$$Re = 0,456 \cdot 0,04/1,003 \cdot 10^{-6} = 18185,44$$

Del ábaco de Moody se toma el factor de fricción:

Figura 9: Factor de fricción de la tubería depósito-edificio en el ábaco de Moody [The MathWorks, 2005]



Como se puede observar,  $f=0,026$ . Ahora ya es posible calcular las pérdidas por fricción:

$$h_f = 8 \cdot 0,026 \cdot 24 \cdot (5,73 \cdot 10^{-4})^2 / (\pi^2 \cdot 9,81 \cdot 0,04^5) = 0,165\text{m}$$

Se conocen las singularidades que presenta este tramo del conjunto hidráulico, y que son tres codos de 90°, lo que para un diámetro de 40 mm supone  $K=0,6$ . Así pues, se obtienen las siguientes pérdidas menores:

$$h_m = 3 \cdot (0,6 \cdot ((0,456)^2 / 2 \cdot 9,81)) = 0,019\text{m}$$



Con lo que la presión aquí será:

$$(P/\gamma)_{eq} = 12,5 - (0,165 + 0,019) = 12,316 \text{ mca}$$

A partir de este punto, hasta llegar a los consumos, se ha de tener en cuenta la altura de los mismos, las pérdidas por fricción y las menores para conocer la presión final. Sin embargo, el cálculo de esta parte de la instalación se corresponde con un proyecto de arquitectura y no es labor de este trabajo realizar su diseño, que por otro lado viene dado con la construcción del propio edificio. No obstante, sí se puede considerar que, la presión que a la entrada del edificio será suficiente para que el agua llegue a los consumos con unos 9 mca, nivel que es sensiblemente inferior al recomendado en España, pero que se antoja como válido para el caso que nos ocupa. Es por ello que se desecha la idea de introducir una nueva bomba hidráulica.

#### 4.1.3. Potabilizadora de agua

Del total de agua que llegue hasta los consumos, se va a hacer pasar una parte por una potabilizadora que será la correspondiente a los consumos de duchas y lavabos. Se opta por prescindir de depurar la fracción destinada a los retretes, pues su uso no precisa de este tratamiento. Además, depurar el volumen total que se consume diariamente, conllevaría la instalación de una potabilizadora de mayor tamaño, con lo que aumentaría el coste.

Para seleccionar la depuradora, se ha de calcular el caudal máximo que ha de depurar. Así, para el período de consumo más importante del día, entre las 8 y las 9 de la mañana, se calcula el volumen a depurar. Como se ha explicado previamente, en este tiempo cada uno de los 48 inquilinos se lava los dientes, lo que conlleva 10 segundos de consumo, las manos, que supone 20 s. El caudal de agua que sale por los grifos es de 0,1 l/s. Además, también se ducharán, consumiendo 0,15 l/s durante 3 minutos cada uno de ellos. De modo que el caudal medio a depurar durante esta hora será:

$$Q_d = 48 \cdot (30 \cdot 0,1 + 180 \cdot 0,15) / 60 = 24 \text{ l/min}$$

Dado que el consumo podría no ser totalmente uniforme, y para escoger la potabilizadora es necesario saber el máximo caudal que podría circular por su interior, se multiplica el resultado por un factor de 1,3. Así, el caudal máximo a depurar es de 31,2 l/min.

Para seleccionar la potabilizadora se va a emplear el catálogo de Bio uv, y dentro de este la parte de potabilización doméstica y de pequeñas colectividades. Este tipo de reactores constan de tres etapas. La primera de ellas es una microfiltración que elimina los sólidos en suspensión. En la segunda, un cartucho de carbón activado elimina compuestos orgánicos, olores y sabores. Por último, gracias a la exposición a los Rayos Ultravioleta se consigue una desinfección natural, eliminando microorganismos como bacterias o virus.

En el Anexo1 se observa cómo para la UV HOME 2 se permite un caudal máximo de 2,2 m<sup>3</sup>/h, o lo que es lo mismo, 36,67 l/min [BIO-UV, 2013]. Dicho caudal es ligeramente superior al máximo que podría circular según los cálculos, con lo que esta potabilizadora será válida para la instalación. Posee una única lámpara cuyo consumo eléctrico es de 33 W.

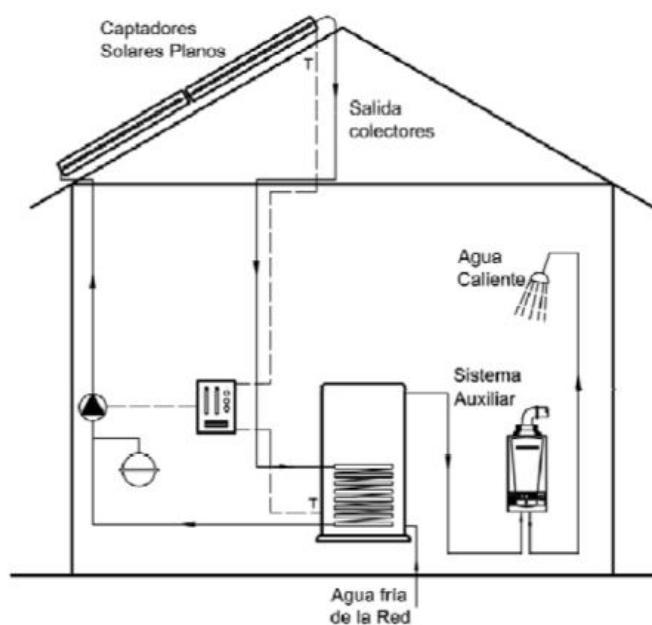
#### 4.1.4. Dimensionamiento del sistema de ACS

En cuanto al conjunto hidráulico que atañe al edificio, resta calcular la instalación del sistema de calentamiento de agua. Los paneles solares térmicos proporcionarán buena parte de la energía necesaria para el agua empleada en las duchas de la residencia.

Como se ha mencionado anteriormente, se establece un consumo de 15 l/día-persona de agua caliente, lo que hace un total de 720 l/día de agua caliente. Del mismo modo que se ha hecho anteriormente con la bomba de pozo, se va a calcular el sistema de agua caliente sanitaria (ACS) con energía solar térmica, para así dimensionar la bomba y conocer su consumo.

La instalación seguirá el siguiente esquema:

Figura 10: Esquema de la instalación de ACS [Montagud and Cañada, 2013]



Se elige montar una instalación solar indirecta con bomba. Por un lado, resulta necesaria la presencia de una bomba hidráulica en el sistema debido a que, dada la cantidad de agua necesaria para abastecer a 48 personas, un termosifón difícilmente podrá hacer circular el caudal necesario. Por otro lado, el sistema será indirecto, puesto que esto evitará que se haya de emplear un acumulador de hierro cromado o galvanizado para prevenir la corrosión, y se podrá utilizar un interacumulador comercial que hará de nexo entre el sistema primario y el secundario.

Con el fin de dimensionar el sistema de energía solar térmica se va a emplear la página de Baxi calefacción. Así, una vez introducidos los datos geográficos de la localización de la instalación, se establecen los parámetros de temperatura ambiente y del agua, así como de la radiación solar en Incomati, tal y como se muestra a continuación:

Figura 11: Parámetros para el dimensionado de la instalación de ACS en 'Baxi calefacción'

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T° media ambiente [°C]	26.1	26.0	25.4	23.6	21.6	19.5	19.3	20.4	21.7	22.4	23.6	25.3	22.9
T° media agua red [°C]	17.0	17.0	16.0	15.0	14.5	14.0	14.0	14.5	15.0	15.0	15.5	16.0	15.3
Rad.horiz. [kJ/m2/día]	15358	14990	16624	12160	9650	7370	9766	11700	14880	17602	17844	15932	13656

Cabe comentar, respecto a la temperatura del agua en cada mes del año, que ésta se extrae de un pozo poco profundo, lo que hace que el gradiente de temperatura sea relativamente pequeño, de unos 3°C. En este caso, desde una temperatura mínima de 14 °C en los meses de invierno a 17 °C en verano.

Seguidamente se ha de establecer cuál será el sistema de apoyo. Se trataría de una caldera de propano, el mismo sistema que se emplea en la cocina del recinto, con lo que su implantación y empleo resultará sencillo y muy práctico.

Posteriormente, se fijan parámetros como la temperatura de acumulación, de 60°C, el número de personas o el caudal, previamente justificados. En cuanto a la orientación del edificio, se tiene una fachada que da al sur y otra al norte, con lo que, dada la localización en el hemisferio sur, será sobre el techo de esta última sobre la que se van a colocar los paneles.

Por lo que respecta a la geometría, se tiene un tejado inclinado 25°, lo que facilitará enormemente la instalación de los paneles, que no habrán de ser montados sobre soportes, sino que irán directamente adosados en la cubierta. Dado que esta inclinación solamente discrepa en 0,45° respecto la latitud en que se encuentra Incomati, se establecen unas pérdidas por orientación a inclinación de tan sólo un 5%. Las pérdidas por sombras son nulas, pues en el entorno del edificio no existe ningún otro de mayor altura, así como tampoco hay árboles que pudieran hacer sombra. Tan sólo la estructura sobre la que se encuentra el depósito de agua es de mayor envergadura, pero se sitúa frente a la fachada este de la residencia, con lo que no provocará pérdidas.

Se pueden seleccionar ya los componentes de la instalación. Se va a colocar un interacumulador, con un serpentín interior por el que circulará el fluido caloportador. De este modo, juntando intercambiador y acumulador de inercia en un mismo elemento, se facilita el montaje y se reduce el coste total del sistema. Dado que el volumen acumulado ha de ser, como mínimo, el trasegado cada día, que en este caso es de 720 l, del catálogo de Baxi se escoge el interacumulador AS 750-1E, cuya capacidad es la mínima de entre las normalizadas válidas para la instalación.

En cuanto al modelo de panel, se selecciona el Mediterráneo 250, apto para techos inclinados y cuyas características son las siguientes:

Tabla 2: Características colector solar Baxi Mediterráneo 250 [Baxi-calefacción, 2015a]

	<b>Mediterráneo 250</b>
Superficie total	2,51m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	2,37m <sup>2</sup>
Capacidad	1,7 l
Peso vacío	44 kg
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura de estancamiento	206° C

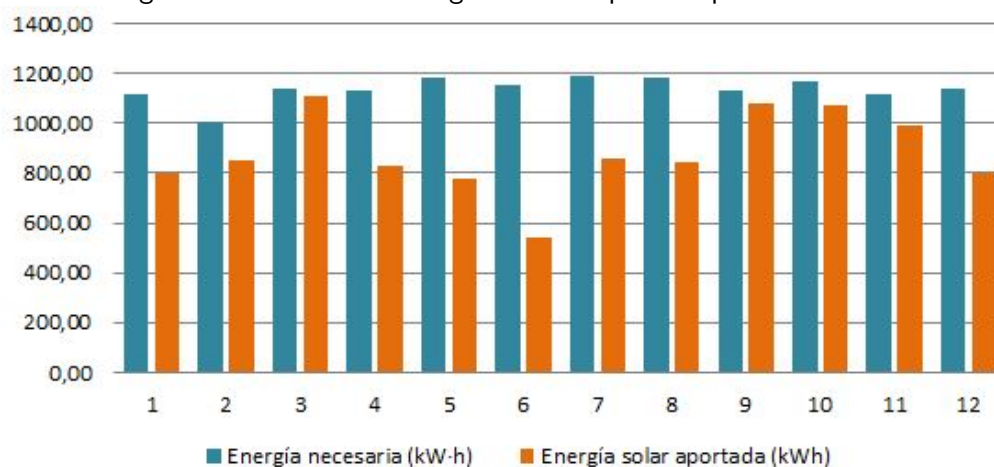
Finalmente, se colocarán ocho paneles, agrupados en dos filas de cuatro. Con ellos se cubrirá el 77,3% de la energía anual necesaria. En caso de aumentar el número de paneles la contribución solar sobrepasaría el 100% de la necesidad para varios meses del año, y superar dicho porcentaje supondría tener una instalación sobredimensionada. Por otro lado esto hará que haya meses en que la caldera de apoyo sea fundamental para lograr calentar el total del agua.

En la tabla y gráfico siguientes se muestran sintetizados los resultados obtenidos de la aplicación de Baxi calefacción:

Tabla 3: Datos obtenidos a partir del estudio realizado con la aplicación de 'Baxi calefacción'

Mes	días	caudal (l/s)	T <sup>a</sup> agua subt (°C)	T <sup>a</sup> objetivo (°C)	Energía necesaria (kJ)	Energía necesaria (kW·h)	Energía solar aportada (kW·h)	% solar aportado
Enero	31	720	17	60	4011796,8	1114,39	799,2	71,72
Febrero	28	720	17	60	3623558,4	1006,54	853,8	84,82
Marzo	31	720	16	60	4105094,4	1140,3	1110,6	97,4
Abril	30	720	15	60	4062960,0	1128,6	828,6	73,42
Mayo	31	720	14,5	60	4245040,8	1179,18	776,4	65,84
Junio	30	720	14	60	4153248,0	1153,68	539,8	46,79
Julio	31	720	14	60	4291689,6	1192,14	856,4	71,84
Agosto	31	720	14,5	60	4245040,8	1179,18	846,2	71,76
Septiembre	30	720	15	60	4062960,0	1128,60	1076,4	95,37
Octubre	31	720	15	60	4198392,0	1166,22	1069,4	91,70
Noviembre	30	720	15,5	60	4017816,0	1116,06	991	88,79
Diciembre	31	720	16	60	4105094,4	1140,30	799,8	70,14
<b>Anual</b>	<b>365</b>	<b>720</b>	-	-	<b>49122691,2</b>	<b>13645,19</b>	<b>10547,6</b>	<b>77,30</b>

Figura 12: Fracción de energía térmica aportada por solar térmica



Únicamente resta apuntar que el modelo de caldera de apoyo escogido es el Ecotherm Plus WGB 50 E, dado que funciona con propano, que como antes se ha explicado será el combustible de apoyo. El programa diseña e incorpora directamente a la instalación el resto de elementos que resultarán necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, como son el purgador, los soportes para los paneles o el vaso de expansión, con lo que no será necesario realizar el cálculo de estos.

Por lo que respecta a la bomba, la aplicación indica que la mejor opción es emplear la Solar Hydraulic 10. Se acude al catálogo de Baxi para estudiarlo y conocer así la potencia de la bomba. Del mismo modo que se ha hecho con la bomba de pozo, es preciso conocer el caudal y la altura de la instalación:

**a) Q:** Se calcula el caudal del fluido caloportador que se trasegará por el circuito primario de la instalación. Dicho caudal será bombeado hasta el tejado, donde se encuentran los captadores, aumentando así de temperatura. De aquí descenderá hasta el interacumulador, circulando por el serpentín que hay en su interior para transmitir así el calor al agua fría extraída del pozo subterráneo, y que proviene del depósito.

Se decide emplear agua como fluido caloportador, que será, por tanto, el líquido que circule por el circuito primario. Esta decisión se debe principalmente a dos motivos. El primero es que las altas temperaturas de esta zona hacen innecesario emplear líquido anticongelante. Además, el agua resulta mucho más económica y sencilla de reponer en caso de que exista alguna pérdida. Así pues, el caudal para este tipo de instalaciones es de 50 l/m<sup>2</sup>·h. No se ha de tener en cuenta el área total del panel, sino la de apertura, que es la que tiene capacidad de captar la energía solar y por dentro de la cual circula el fluido, en el circuito tipo parrilla. Dicho área, como se puede ver en las características anteriormente mostradas, es de 2,37 m<sup>2</sup> por panel, lo que hace un total de 18,96 m<sup>2</sup>. Así, el caudal será de 948 l/h.

**b) H:** Del mismo modo que se ha hecho para la bomba de pozo, la altura que se ha de dar es la suma de la geométrica y las pérdidas (4).

En este caso, como altura geométrica se va a tomar la del edificio, dado que el interacumulador se encontrará en la sala de calderas, que se encuentra al mismo nivel que las habitaciones. Pese a

que la tubería que sube hasta los paneles no partirá desde la altura del suelo, sino unos centímetros más arriba, se toma la alzada total, para simplificar los cálculos y quedar del lado de la seguridad. Por tanto, esta altura será de 3,5 m.

Por lo que respecta a las pérdidas de carga, en esta ocasión se calcularán las pérdidas por fricción de la misma forma que se ha hecho para la instalación de la bomba de pozo. Sin embargo, en lo que a las pérdidas localizadas respecta, se observa que la instalación presenta un gran número de singularidades, muchas de las cuales son desconocidas, por lo que resultaría prácticamente imposible calcular las pérdidas exactas. De modo que se obtendrán multiplicando la longitud total del circuito por un 1,3, un factor ampliamente aceptado y con un margen de seguridad suficiente para este caso. Así pues, se procede al cálculo de las pérdidas de carga.

Tal y como se ha hecho para las otras partes de la instalación hidráulica, se ha de establecer cuál es el factor de fricción. Para ello es necesario conocer el diámetro de la tubería. Se estipula que, para circuito primario, la velocidad a la que circule el fluido no ha de superar los 1,3 m/s. Se calculará la velocidad empleando la ecuación (9), de donde se despeja el diámetro, sabiendo que el caudal es 948 l/h, o lo que es lo mismo,  $2,63 \cdot 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ , del siguiente modo:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (14)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 2,63 \cdot 10^{-4} / \pi \cdot 1,3} = 0,016 \text{m}$$

Se va a colocar pues una tubería con un diámetro de 20 mm, para tener cierto margen de seguridad, con lo que la velocidad finalmente será:

$$v = 2,63 \cdot 10^{-4} / (0,02^2 \cdot (\pi/4)) = 0,84 \text{m/s}$$

Por otro lado, la tubería en este caso será de cobre, dadas sus buenas propiedades en lo que a transmisión térmica se refiere. Además, debido a que el agua que circula por este circuito no se ha de consumir, no es necesario ningún proceso para evitar la corrosión de la tubería. Como se observa en la tabla, su rugosidad es  $\epsilon = 0,0015 \text{mm}$ . De modo que la rugosidad relativa, siguiendo (7), será la siguiente:

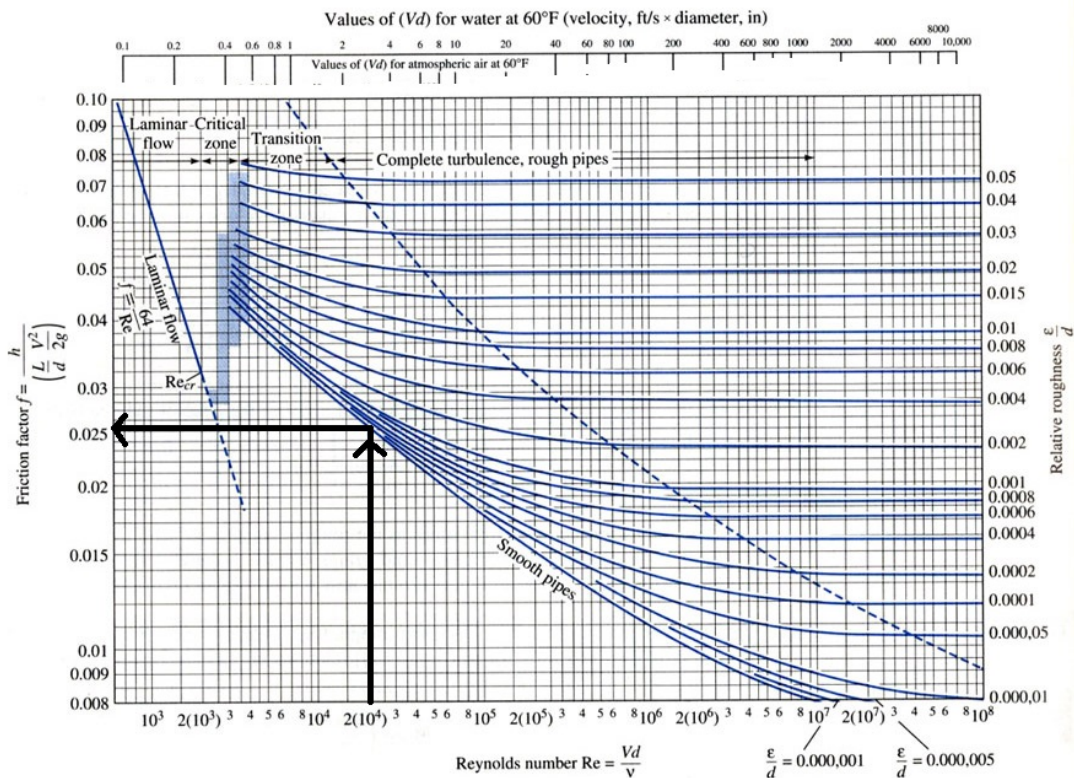
$$\epsilon_r = 0,0015/20 = 7,5 \cdot 10^{-5}$$

Se puede calcular ya el número de Reynolds (8), conociendo la velocidad del fluido, el diámetro de la tubería y la viscosidad cinemática, calculada anteriormente.

$$Re = 1,03 \cdot 0,02 / 1,003 \cdot 10^{-6} = 20538,38$$

Es posible ya obtener el factor de fricción del ábaco de Moody:

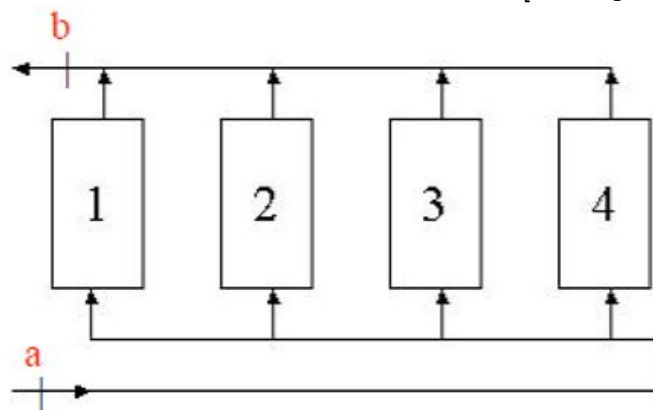
Figura 13: Factor de fricción de la tubería de ACS en el ábaco de Moody [The MathWorks, 2005]



Se observa así un factor de fricción  $f=0,025$ . Se calcula ahora la longitud de la tubería, teniendo en cuenta tanto el tramo de subida como el de bajada, de unos 3,5 m cada uno. También el que circulará de los paneles al interacumulador, y del interacumulador al panel. Para este último es necesario contar con el retorno invertido.

El retorno invertido es un método para tener una instalación equilibrada, de modo que el recorrido entre los puntos a y b de la figura es el mismo independientemente del camino recorrido, lo que hace que las pérdidas sean idénticas.

Figura 14: Esquema de instalación solar con retorno invertido [Montagud and Cañada, 2013]



Así, con los paneles situados en el lado del tejado más próximo a la ubicación del interacumulador, se tiene una longitud de 14 m del tramo de entrada a los paneles, y 6 m del tramo de vuelta para los de la fila de abajo. De modo que la longitud de la tubería será de 27 m. Evidentemente, para la fila de arriba, la distancia total será la misma, pues la instalación se ha pensado para que existan idénticas pérdidas.

Se ha de multiplicar este valor por 1,3 para tener también en cuenta las pérdidas menores, como se ha explicado anteriormente. Por lo tanto, finalmente  $L=35,1$  m.

Tan solo resta despejar de la ecuación de Darcy-Weisbach (6) las pérdidas totales:

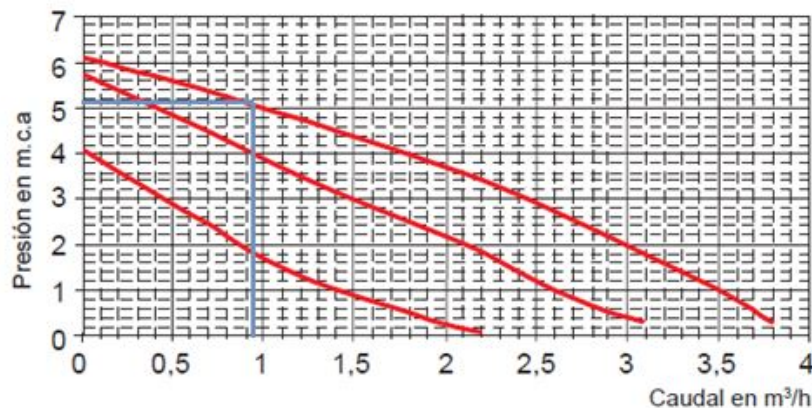
$$H_{\text{pérdidas}} = (8 \cdot 0,025 \cdot 35,1 \cdot (2,63 \cdot 10^{-4})^2) / (\pi^2 \cdot 9,81 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^5) = 1,57\text{m}$$

Con lo que la altura total que habrá de proporcionar la bomba será:

$$H_{\text{eq}} = 3,5 + 1,57 = 5,07\text{m}$$

Conociendo ya H y Q, se comprueba en la curva del catálogo el punto de funcionamiento:

Figura 15: Curva de la bomba Solar Hydraulic 10 y punto de funcionamiento para la intalación [Baxi-calefacción, 2015b]



Se observa cómo para el caudal de  $0,947\text{m}^3/\text{h}$  la altura de la Solar Hydraulic de máxima velocidad está en torno a 5,2 m, algo más de lo necesario en la instalación, por lo que se va a escoger esta. Se calcula ahora su potencia. Dado que en el catálogo no se habla de rendimiento se toma uno habitual para bombas hidráulicas, como es 0,45. De modo que finalmente la potencia, de acuerdo con (12) será:

$$P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 5,2 \cdot 2,63 \cdot 10^{-4} / 0,45 = 29,8\text{W}$$



## 4.2. Instalación eléctrica

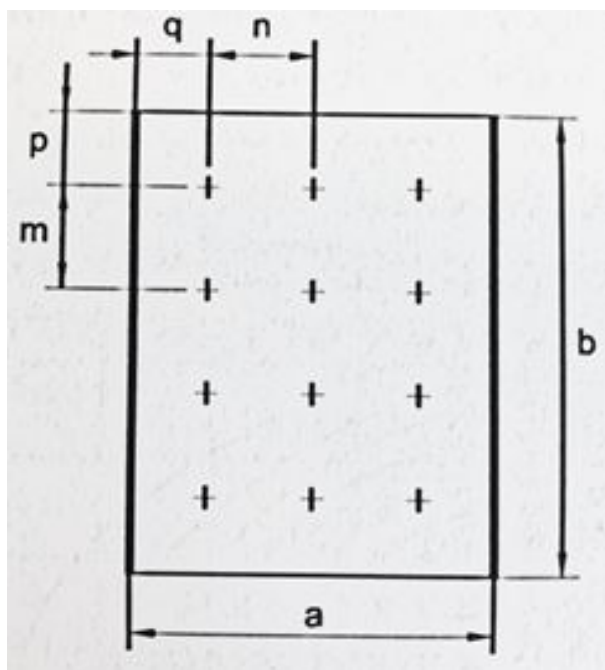
El fin último de los cálculos de esta sección es conocer la dimensión del sistema de baterías que almacenará la energía eléctrica que precise el conjunto de elementos del edificio. Para ello, en primer lugar, se ha de contabilizar el montante de energía eléctrica necesaria. A las dos bombas y la potabilizadora, anteriormente calculadas y seleccionadas, se ha de sumar los elementos de la instalación eléctrica de las estancias de la residencias, así como de los pasillos exteriores y el alumbrado de emergencia.

### 4.2.1. Iluminación de las 16 habitaciones y la sala de estar

Para calcular la potencia que han de tener los fluorescentes que irán instalados en las habitaciones y en la sala de estar, cuyas dimensiones son idénticas, se parte de la iluminancia buscada, que serán 100 lux. Así pues, se ha de tener en cuenta una serie de factores, el primero de los cuales será el índice del local, un parámetro geométrico para la iluminación directa o semidirecta, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (15)$$

Figura 16: Parámetros para establecer los índices de malla, de proximidad y de loca [José Roger Folch et al., 2010]



Tal y como se puede observar, a es el ancho de la estancia, b su largo y h la altura útil, es decir, la distancia entre la luminaria y el plano de trabajo, que en este caso se considera el suelo. El techo se encuentra a una altura de 2,3m, y se despreciará el grosor de las luminarias, que generalmente no llega siquiera a 10 cm. Además, las luminarias irán adosadas al techo, con lo que la razón de suspensión será cero. Así, con a=3,6 m, b=6,4 m y h=2,3 m:

$$K = 3,6 \cdot 6,4 / (2,3 \cdot (3,6 + 6,4)) = 1$$

Los factores de reflexión son 0,7 para el techo, 0,5 para las paredes y 0,3 para el suelo. Conociendo todos estos datos se obtiene el factor de utilización a partir de la tabla correspondiente.

El factor de utilización es el porcentaje de flujo proveniente de las lámparas que llega al plano de trabajo, es decir, muestra la eficiencia de la instalación.

Sin embargo, para poder emplear la tabla que se encuentra en el Anexo2, primeramente se ha de comprobar que el índice de malla ( $K_m$ ), que muestra la relación entre las luminarias centrales y la altura útil del local, sea aproximadamente 1; y el índice de proximidad ( $K_p$ ), que refleja esta misma relación pero con las luminarias periféricas, sea 0,5. Se toma como hipótesis la colocación de cuatro tubos fluorescentes, para dotar a los dormitorios de una iluminación uniforme. De acuerdo con los parámetros de la Ilustración 1, tenemos  $a=3,6$  m,  $b=6,4$  m,  $h=2,3$  m,  $m=3,2$  m,  $n=1,8$  m,  $p=1,6$  m,  $q=0,9$  m. De modo que se obtienen los siguientes valores.

$$K_m = \frac{2 \cdot m \cdot n}{h \cdot (m + n)} \quad (16)$$

$$K_m = 2 \cdot 3,2 \cdot 1,8 / (2,3 \cdot (3,2 + 1,8)) = 1$$

$$K_p = \frac{a \cdot p + b \cdot q}{h \cdot (a + b)} \quad (17)$$

$$K_p = 3,6 \cdot 1,6 + 6,4 \cdot 0,9 / (2,3 \cdot (3,6 + 6,4)) = 0,5$$

Se observa como ambos índices se ajustan a la perfección a los valores buscados, por lo que se puede emplear la tabla anteriormente indicada para encontrar el factor de utilización, obteniendo el valor  $u=0,77$ .

El flujo luminoso total necesario se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot F} \quad (18)$$

Siendo E la iluminancia requerida, S la superficie total de la estancia, u el factor de utilización y F el factor de depreciación o de mantenimiento, un índice que varía en función de la depreciación lumínica por envejecimiento de la lámpara y, sobre todo, del grado de suciedad de la estancia y la limpieza de la instalación. Así,  $E=100$  lx,  $S=23$  m<sup>2</sup>,  $u=0,77$ ,  $F=0,8$  (valor medio, teniendo en cuenta que se trata de dormitorios y una sala de estar, por lo que no se ha de producir demasiada suciedad).

$$\phi = 100 \cdot 23 / 0,77 \cdot 0,8 = 3733,77 \text{lm}$$

Para iluminar las habitaciones se ha decidido emplear tubos fluorescentes, dado su buena eficiencia energética. La eficacia luminosa nominal de estos oscila entre 80lm/W y 90lm/W a 25°C, con lo que se toma el valor de 85lm/W para estimar la potencia necesaria. Así:

$$P = 3733,77/85 = 43,9W$$

Dado que, como se ha explicado anteriormente, se van a colocar cuatro tubos fluorescentes, se escogen del catálogo de Philips cuatro luminarias del modelo Pacific Performer WT361C 1xTL5-14W/840 HFP C, de la misma clase que la indicada en la tabla de la que se ha extraído el factor de utilización. Se ha buscado que fueran estancas, lo que elimina posibles problemas con mosquitos y otros insectos. En ellas se colocarán tubos MASTER TL5 HE 14W/840 1SL, del mismo catálogo cuyas características aparecen en el Anexo3. Se puede comprobar pues que, para la eficacia específica de este producto a 25°C, se alcanzará un flujo luminoso superior al requerido:

$$\phi = 4 \cdot 86 \cdot 14 = 4816lm$$

De modo que despejando:

$$E = 4816 \cdot 0,77 \cdot 0,8/23 = 128,98lx$$

Según establece el catálogo, el consumo de cada fluorescente MASTER TL5 HE 14W/840 1SL es de 15W, con lo que, habiendo cuatro de ellos en cada una de las diecisiete estancias (dieciséis habitaciones y una sala de estar), el consumo total de éstos es de 1020 W.

#### 4.2.2. Iluminación de los 16 baños

Para los baños, que se encuentran anexos a las habitaciones, se colocarán dos fluorescentes: uno de tubo que ilumine de forma general la estancia y otro de rosca que irá colocado sobre el espejo. En este caso se busca una iluminancia de, como mínimo, 300 lx entre las ambas lámparas, tratando de hacer que el mayor aporte sea el de la roscada, por la función que desempeña.

El fluorescente roscado se colocará sobre la pila, encima del espejo, y hará que los residentes puedan afeitarse o maquillarse sin problemas, pues dispondrán de una iluminación suficiente para ello, focalizada en la zona en la que ésta se precisa. Ello, sumado a la idiosincrasia de esta estancia, hace que para este caso no sea importante una distribución homogénea de la luz, por lo que se prescinde de emplear luminarias. Ello facilitará los cálculos a realizar, además de abaratar el coste total de la instalación.

Así pues, se va a comenzar con el cálculo de los tubos. Por carecer de luminaria se toma el factor de utilización igual a la unidad, con lo que se puede pasar directamente al cálculo del flujo luminoso necesario, con  $E=100$  lx (con lo que, a priori, dos terceras partes de la iluminancia total de cada baño partirán de la lámpara roscada),  $S=4,4$  m<sup>2</sup>,  $u=1$ ,  $F=0,8$ .

$$\phi = 100 \cdot 4,4/1 \cdot 0,8 = 550lm$$

Así, se toma de nuevo como referencia 85 lm/W, estableciendo la siguiente potencia mínima para los tubos fluorescentes de los baños:

$$P = 550/85 = 6,47W$$

Se escoge el modelo MASTER TL Mini Super 80 8W/840 1FM, del catálogo de Philips, que se encuentra en el Anexo4. Su eficacia luminosa nominal es de 59 lm/W, bastante inferior a la prefijada, lo que hará que no se alcancen los 100 lx previstos. Sin embargo, la potencia del siguiente tubo del catálogo de Philips es de 13W, más del doble de lo estimado, y vale la pena suplir esta deficiencia con la lámpara roscada, que ha de suponer el foco principal de luz en el baño, a sobredimensionar el tubo. De modo que se calcula la iluminancia proporcionada por cada tubo fluorescente:

$$\phi = 59 \cdot 8 = 472\text{lm}$$

$$E = 472 \cdot 1 \cdot 0,8/4,4 = 85,83\text{lx}$$

El consumo nominal de cada fluorescente es de 8 W, con lo que se tiene un total de 128 W que demandarán los tubos.

Se puede pues, ahora, pasar a calcular los fluorescentes de rosca que irán situados sobre los espejos de los 16 baños. Dado que se busca una iluminancia total de 300 lx, quedan aproximadamente 215 lx que habrán de ser producidos por estas lámparas.

Debido a que tampoco se van a colocar luminaria para estas lámparas, de nuevo  $u=1$ , de modo que se va directamente al cálculo del flujo luminoso, con  $E=215$  lx,  $S=4,4$  m<sup>2</sup> y  $F=0,8$ , obteniendo así:

$$\phi = 215 \cdot 4,4/1 \cdot 0,8 = 1182,5\text{lm}$$

La eficacia luminosa para este tipo de lámparas es menor que para los tubos, con lo que se va a estimar 60 lm/W para aproximar la potencia necesaria:

$$P = 1182,5/60 = 19,7\text{W}$$

En el catálogo de Philips se encuentra el modelo MASTER Stairway 20W/827 E27 1CH, Anexo5, cuya eficacia luminosa es de 61,5 lm/W, que se ajusta a la perfección a lo que buscado, y proporciona el siguiente flujo luminoso:

$$\phi = 61,5 \cdot 20 = 1230\text{lm}$$

De modo que la iluminancia que proporcione el fluorescente de rosca será:

$$E = 1230 \cdot 0,8/4,4 = 223,64\text{lx}$$

Siendo para cada una de estas lámparas su potencia nominal 23 W, hacen un total de 368 W.

Así, para los baños, habrá una iluminancia de 309,47 lx, con ambos fluorescentes encendidos, con un consumo total de 496 W.

#### 4.2.3. Iluminación de la sala de estudio

Para la sala de estudio se busca una iluminancia de 300 lx, que será suficiente para poder leer y escribir cómodamente en ella. Con este fin, se emplearán nuevamente tubos fluorescentes con luminarias.

Cabe comenzar, pues, calculando el índice del local (15). A partir de este, obtener el factor de utilización. Así,  $a=7,2$  m,  $b=8$  m y  $h=2,4$  m, fruto de restar los 3 m de altura de la sala a los 0,6 m de las mesas colocadas en ella y que suponen el plano útil:

$$K = 7,2 \cdot 8 / (2,4 \cdot (7,2 + 8)) = 1,6$$

Para esta sala se toman los mismos factores de reflexión que en los dormitorios, es decir, 0,7 para el techo, 0,5 para las paredes y 0,3 para el suelo. Se decide colocar nueve tubos, distribuidos en tres filas con tres columnas, equidistantes todas ellas entre sí. Así pues, se comprueba ahora el índice de malla (16) y el de proximidad (17), para los parámetros  $a=7,2$  m,  $b=8$  m,  $h=2,4$  m,  $m=2,67$  m,  $n=2,4$  m,  $p=1,3$  m y  $q=1,2$  m.

$$K_m = 2 \cdot 2,67 \cdot 2,4 / (2,4 \cdot (2,67 + 2,4)) = 1,05$$

$$K = 7,2 \cdot 1,3 + 8 \cdot 1,2 / (2,4 \cdot (7,2 + 8)) = 0,52$$

Los resultados de ambos coeficientes se aproximan mucho a los valores de referencia, que son 1 y 0,5 respectivamente, como anteriormente se explicó, además, del mismo modo que en el caso de los dormitorios, la razón de suspensión es cero, pues luminarias irán adosadas al techo. De forma que se puede buscar el coeficiente de utilización en el primer cuadrante de la tabla, habiendo de interpolar entre  $K=1,5$  y  $K=2$ , obteniendo finalmente  $u_h=0,91$ .

Ahora es posible calcular el flujo luminoso en la estancia, tomando los valores  $E=300$  lx,  $S=57,6$  m<sup>2</sup>,  $u=0,91$ ,  $F=0,8$ . De modo que se obtiene:

$$\phi = 300 \cdot 57,6 / 0,91 \cdot 0,8 = 23736,26 \text{ lm}$$

Considerando, del mismo modo que se hizo para los dormitorios y sala de estar, una eficiencia luminosa orientativa de 85 lm/W, se aproxima la potencia que será necesaria para los tubos fluorescentes:

$$P = 23736,26 / 85 = 279,25 \text{ W}$$

De modo que se escoge del catálogo de Philips la luminaria Pacific Performer WT360C 1xTL5-35W/840 HFP C, en la que se coloca el tubo MASTER TL5 HE 35W/840 1SL, Anexo6. Se calcula ahora el flujo luminoso y la iluminancia que tendrá la sala de estudio, teniendo en cuenta que se ha colocado nueve de estos tubos, cuya eficacia luminosa es de 94 lm/W:

$$\phi = 9 \cdot 94 \cdot 35 = 29610 \text{ lm}$$

$$E = 29610 \cdot 0,91 \cdot 0,8 / 57,6 = 374,24 \text{ lx}$$

De modo que la iluminancia es suficiente para la sala de estudio. Dado que la potencia nominal de cada uno de los tubos fluorescentes es de 38 W, la potencia total que requerirá esta estancia es de 342 W.

#### 4.2.4. Iluminación de exterior

Dado que las puertas de entrada a las habitaciones están de dos en dos, se opta por colocar un fluorescente sobre cada pareja. Dichas puertas dan a dos pasillos exteriores (cuatro pares de puertas a cada pasillo) con un techo de dos metros de anchura, sin pared y que a su vez dan a un patio común no cubierto, por lo que se ha de calcular esta parte de la instalación como alumbrado exterior. Se establece un nivel de iluminancia de 10 lx, que será suficiente, pues se trata de una zona de paso y entrada y salida a las habitaciones, por lo que no se realiza en ella ninguna actividad que requiera de una visibilidad excesiva.

Para este cálculo se emplea la fórmula (18), de forma análoga como se hizo el cálculo del alumbrado interior, donde E es la iluminancia buscada, en este caso 10 lx,  $\phi$  el flujo por luminaria, u el factor de utilización, F el factor de mantenimiento y S la superficie a iluminar. Sin embargo, pese a ser todos ellos parámetros ya empleados, existen ciertas particularidades en ellos, dada la nueva naturaleza del alumbrado.

El flujo luminoso, en general, para el tipo de lámparas a emplear será inferior al de los tubos fluorescentes anteriores.

Para el factor de utilización se utilizará el valor de 0,25, dado que para alumbrado exterior, en casos de distancias y superficies relativamente pequeñas como el que es el caso, este coeficiente oscila entre 0,25 y 0,5. Dado lo particular de la instalación, por no emplear farolas o bolardos como es habitual para estos casos, resulta complicado fijar exactamente el valor de este parámetro. Así, con el valor escogido, se está dentro del rango habitual y además del lado de la seguridad.

Como factor de mantenimiento se estima 0,7, pues la luminaria será cerrada, lo que reduce la suciedad de la misma, pero se encuentra en una zona abierta, siendo la probabilidad de acumular agentes que disminuyan su rendimiento mayor que en el interior de las estancias.

Por último cabe mencionar que la superficie de influencia de cada luminaria será el producto de la anchura del pasillo techado, es decir 2 m, por la distancia entre luminarias, que es de 7,2 m, el ancho de dos habitaciones.

Conociendo todos estos datos se puede establecer ya el flujo luminoso que se precisa, despejando de la fórmula (18):

$$\phi = 10 \cdot 14,4 / (0,25 \cdot 0,7) = 822,86\text{lm}$$

Del catálogo de Philips, se opta por una luminaria sencilla y funcional de entre las diseñadas para exterior de zonas residenciales, como es la Flowerbed wall lantern antracit 1x13W, pasando ahora a comprobar si la lámpara que va colocada en la misma es suficiente para la iluminación del pasillo exterior. Dicha lámpara será un fluorescente compacto no integrado de cuatro patillas. Así pues, se escoge del catálogo de Philips el MASTER PL-C 13W/840/4P 1CT, Anexo7, cuya eficacia luminosa es de 69 lm/W. De modo que el flujo de cada luminaria será:

$$\phi = 13 \cdot 69 = 897\text{lm}$$

Este valor se acopla perfectamente a los requerimientos, con lo que se puede calcular ya la iluminancia final:

$$E = 897 \cdot 0,25 \cdot 0,7/14,4 = 10,9lx$$

De modo que únicamente queda calcular el consumo total que supondrán estas lámparas, teniendo en cuenta que la potencial nominal de las mismas es de 15 W, lo que hará un total de 120 W.

#### 4.2.5. Iluminación de emergencia

En lo que a iluminación se refiere, únicamente resta diseñar un sistema de emergencia en los pasillos exteriores. Se opta por colocar un alumbrado no permanente, es decir, que se alimenta por un sistema de energía propio, como baterías cargadas por la red, y el sistema de iluminación se activa automáticamente cuando falla la energía y se desconecta cuando ésta vuelve. Ello hará que, en condiciones normales, el consumo del alumbrado de emergencia sea nulo. El tiempo de autonomía de este tipo de sistemas va de una a tres horas. Con el fin de no encarecer la instalación y dado que una hora es tiempo suficiente para abandonar el edificio en caso de que se produzca un incendio, inundación o cualquier otro tipo de accidente, se escogen los de menor duración.

Como es habitual en este tipo de alumbrado cuando se instala en zonas de paso, se va a buscar garantizar una iluminancia mínima de 1 lx a nivel del suelo. Para ello, se colocarán cuatro de estas luminarias, dos en cada pasillo. Se calcula pues, tal y como se ha hecho anteriormente para la iluminación de exterior, el flujo mínimo necesario para cada luminaria. En este caso, se empleará el catálogo de Disalux, especialistas en iluminación de emergencia. Se escoge de la serie Nova, Anexo8, con lámparas de tubo fluorescente, el modelo, con una autonomía de una hora, y una potencia de 6 W con 70 lúmenes. En cuanto a los accesorios, se va a colocar un difusor biplano opal, una caja empotrada blanca y un rótulo de emergencia que indique la dirección de salida. Cada uno de estos agregados disminuye el flujo resultante en porcentajes del 96 %, 88 % y 75 % respectivamente, tal y como se indica en el catálogo. Ello hace tener un factor de utilización  $u=0,63$ , fruto del producto de los tres porcentajes. Así pues, el resto de parámetros serán  $E=1$  lx,  $S= 28,8$  m<sup>2</sup> (el doble que para el alumbrado exterior, dado que en este caso habrá una luminaria cada cuatro puertas),  $F=0,7$ . De modo que, de acuerdo con (18), se tiene:

$$\phi = 1 \cdot 28,8/(0,63 \cdot 0,7) = 65,31lm$$

En este caso, el flujo es ligeramente mayor al demandado, con lo que la lámpara con luminaria se adapta perfectamente a lo que la instalación requiere. Este tipo de luminaria lleva una batería de níquel – cadmio estanca de alta temperatura, que se cargará gracias a los paneles de fotovoltaica y será quién proporcione la energía a los fluorescentes del alumbrado de emergencia. Para el diseño de la instalación se va a suponer que la batería se encuentra descargada, con lo que se le habrá de proporcionar durante una hora 24 W de potencia, para alimentar así a las cuatro lámparas.

#### 4.2.6. Enchufes

En todas las estancias para las que se ha diseñado el sistema de iluminación hay colocados, además, una serie de enchufes. Las cantidades serán las siguientes:

- 4 enchufes en cada una de las 16 habitaciones.

- 1 enchufe en cada uno de los 16 baños
- 8 enchufes en la sala de estar
- 19 enchufes en la sala de estudio

De modo que el total de enchufes en el edificio ascenderá a 107. Para cada uno de ellos se establece una potencia media de 150 W, lo que hace un total de 16,05 kW. Esta es la última de las potencias que restaba calcular en el edificio, con lo que a continuación se pasará a conocer qué energía se precisa.

### 4.3. Cálculo de la energía total

Antes de pasar al diseño de los generadores eléctricos, es preciso conocer cuál es la cantidad total de energía consumida a lo largo de un día. Para ello se establecen los siguientes tiempos para cada uno de los puntos a los que hay que abastecer con electricidad:

- Para conocer el tiempo de funcionamiento de la bomba de pozo se han de retomar los cálculos realizados previamente. Como ya se justificó, la bomba se pondrá en marcha en torno a las 8:13 de la mañana, cuando el nivel del depósito descienda hasta el 60 %, deteniéndose a las 10:00. Durante la noche hay un nuevo período de funcionamiento, entre las 23:00 y las 23:37. Sumando ambas etapas tenemos un total de 144 minutos, aproximadamente 2,5 horas diarias.
- Respecto a la potabilizadora, sólo habrá de funcionar durante el tiempo en que haya demanda de agua, es decir, de 8:00 a 9:00 y de 22:00 a 23:30, lo que suma dos horas y media.
- La bomba que hace circular el agua del circuito primario para el calentamiento de ACS estará todo el día funcionando. Esto se debe a que este sistema precisa de un cierto tiempo para hacer llegar el agua a 60°C, por lo que no se puede poner en marcha únicamente cuando hay consumo. Además, el detener durante largo tiempo el funcionamiento provocaría grandes pérdidas térmicas que, dado que la potencia de la bomba no es excesiva, se prefieren evitar manteniendo el sistema trabajando.
- Para los dormitorios se estima un tiempo de consumo de 3 horas, que corresponden a la suma de la hora de la mañana en que los estudiantes se despiertan, visten y asean, más las dos horas, en que, tras haber cenado en el comedor del recinto, regresan a sus habitaciones.
- En la sala de estar los alumnos van a relajarse un rato después de comer o antes de cenar si han acabado la faena que les han mandado en la escuela. Así, se aproximan a unas cuatro horas diarias, asegurando de este modo que, no se superará el tiempo de diseño.



- Para los baños de los dormitorios se establece un tiempo medio de 20 minutos por personas al día. Dado que cada baño es compartido por tres estudiantes, se tiene un total de una hora diaria de consumo lumínico, tanto para el fluorescente roscado como para el de tubo.
- A la sala de estudio es donde los estudiantes acuden por la tarde a estudiar y a hacer sus deberes, por lo que pasan una parte importante del día en ella. Dado que es imprescindible que la luz esté encendida, siempre que haya alguien dentro, para poder leer y escribir con comodidad, el consumo va, normalmente, de las tres de la tarde a las nueve de la noche, tiempo en que habrá, casi con total seguridad, algún estudiante en ella, lo que suma seis horas diarias.
- Las luces colocadas en el exterior de las habitaciones se mantendrán encendidas entre las nueve y media y las once y media de la noche, cuando los inquilinos han terminado de cenar y tienen algo de tiempo libre antes de acostarse, de modo que puedan entrar y salir cómodamente de los dormitorios, lo que hace dos horas.
- Como se ha explicado anteriormente, las luces de emergencia no se alimentan directamente desde la red, sino que a partir de unas baterías de una hora de duración, que las encenderán durante este mismo tiempo en caso de que se detecte algún fallo en el sistema eléctrico. Es por ello que, para la hipótesis de diseño, se va a tomar el caso más desfavorable, como es que las baterías se encuentran totalmente descargadas, con lo que se les habrá de suministrar la potencia que precisarán las luces durante una hora.
- Por último, en cuanto a los enchufes, va a establecer un tiempo medio. Los de las habitaciones estarán funcionando aproximadamente una hora al día, principalmente alimentando las lámparas de noche, antes de que los estudiantes se duerman. Para el enchufe que hay en cada uno de los baños, se puede establecer un tiempo de en torno a media hora al día. En la sala de estar hay ocho enchufes, que pueden alimentar objetos como un televisor o alguna lámpara, y para las que se calcula un tiempo medio de dos horas. Por último, los diecinueve enchufes de la sala de estudio sirven, principalmente, para conectar a ellos flexos y uno o dos ordenadores, con lo que el tiempo medio que estipulamos para ellos es de tres horas. Realizando la media ponderada de todos ellos, se obtiene un valor cercano a 1,5 horas. Sin embargo, este tiempo es la media para los enchufes que se emplean a lo largo del día, que no serán todos. Por ello, en este caso, además de la estimación que se ha hecho del tiempo medio de utilización de cada enchufe, se ha de multiplicar la potencia por un coeficiente de simultaneidad, que indicará el porcentaje del total de enchufes que se emplean al día. Se escoge un valor de 0,5, lo que indica que en un día normal funcionarán la mitad de los enchufes del edificio una media de 1,5 horas de tiempo.

Con el fin de evitar fallos, ante la posibilidad de que se puedan producir demandas superiores a las previstas, se opta por multiplicar la energía total por un coeficiente de seguridad de 1,2, obteniendo así la energía para el diseño del sistema. Toda esta información, sintetizada en la siguiente tabla, permitirá conocer la cantidad de energía que necesitará diariamente el edificio:

Tabla 4: Potencias y energías de la instalación

Consumo	nº locales	nº elementos local	Potencia elemento (W)	Potencia total (W)	nº horas	Energía necesaria (W·h)	Energía diseño (W·h)
Dormitorios	16	4	15	960	3	2880	3456
Sala de estar	1	4	15	60	4	240	288
Baños tubos	16	1	8	128	1	128	153,6
Baños rosca	16	1	23	368	1	368	441,6
Sala estudio	1	9	38	342	6	2052	2462,4
Exterior	1	8	15	120	2	240	288
Emergencia	1	4	6	24	1	24	28,8
Enchufes	1	107	150	8025*	1,5	12037,5	14445
Bomba pozo	1	1	307	307	2,5	767,5	921
Potabilizadora	1	1	33	33	2,5	82,5	99
Bomba ACS	1	1	29,8	29,8	24	715,2	858,24
<b>Total</b>	-	-	-	<b>10396,8</b>	-	<b>19534,7</b>	<b>23441,64</b>

Por lo que se habrá de suministrar 23441,64 W·h cada día al edificio para garantizar su correcto funcionamiento. Se ha de tener en cuenta, además, que todos los elementos de la instalación funcionan con corriente alterna, con lo que será preciso un inversor para poder almacenar la energía en las baterías.

El siguiente paso será, por tanto, diseñar el mejor modo para conseguir esta cantidad de energía.

## 5. Planteamiento de soluciones

### 5.1. Dimensionamiento del campo fotovoltaico

Primeramente, se ha de tener en cuenta las pérdidas, tanto en las baterías, que se emplearán para el almacenamiento de la energía, como en el inversor, y cuyos rendimientos consideraremos respectivamente del 95 % y del 90 %. En este caso se asumirán como despreciables las pérdidas en los conductores. Por tanto, la energía necesaria es:

$$E_{\text{dia}} = 23441,64 / (0,95 \cdot 0,9) = 27417,13 \text{Wh} = 27,42 \text{kWh}$$

$$E_{\text{anual}} = 27,42 \cdot 365 = 10008,3 \text{kWh}$$

Para la instalación se va a emplear el catálogo de Atersa, Anexo9, empresa pionera en el sector de la energía fotovoltaica en España, y que suministra productos a nivel mundial. Se van a utilizar módulos monocristalinos, cuya eficiencia es sensiblemente superior a la de los policristalinos. Ello es debido a que, dado que este tipo de paneles se componen por una única clase de cristal de silicio, su crecimiento ha sido más uniforme que en los compuestos por varios cristales. Se escoge pues el modelo A-260M GS, que presenta unas muy buenas características, con una eficiencia del 16 %.

Para realizar el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para suministrar energía al edificio, se va a emplear la página del Instituto de Energía y Transporte (IET) de la Comisión Europea. La aplicación PVGIS proporciona el software necesario para poder dimensionar la instalación.

En primer lugar, se ha de indicar que la instalación se va a realizar en la zona que comprende África y Asia, introduciendo posteriormente las coordenadas exactas de la localización. Ahora, ya es posible introducir los datos técnicos de la instalación. Primeramente hay que indicar que para el sistema se va a emplear tecnología de silicio cristalino, como anteriormente se ha explicado. La potencia pico de los paneles es de 0,26 kWp, y las pérdidas estimadas se han calculado a partir de la razón entre la energía de diseño y la que se ha de producir, del siguiente modo:

$$\text{Perd} = (1 - (23441,64 / 27417,12)) \cdot 100 = 14,5 \%$$

De manera que se van a tomar un 15 % de pérdidas para el sistema. Se elige adosar los paneles directamente al tejado del edificio, favoreciendo la integración arquitectónica, tal y como se ha hecho con los módulos de energía térmica. Dado que la inclinación del tejado del edificio es de 25° y la latitud en que se encuentra es -25,452 es una opción más que razonable. Si bien es cierto que para buscar un máximo aprovechamiento del sol en invierno sería conveniente aumentar en torno a 5° el ángulo de inclinación, se desecha esta posibilidad con el fin de simplificar el montaje de los paneles, y prevenir así posibles deficiencias en las estructuras de montaje. Por último, se fija un acimut de 180°, es decir, se indica que la cara del edificio sobre la que se sitúa el generador fotovoltaico está orientada al norte. Con los datos obtenidos se elabora la siguiente tabla:

Tabla 5: Irradiancia que recibe el edificio en cada mes del año

Mes	Irradiancia diaria por metro cuadrado ( kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiancia mensual por metro cuadrado ( kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	5,55	172
Febrero	6,06	170
Marzo	6,05	187
Abril	5,44	163
Mayo	5,60	174
Junio	5,39	162
Julio	5,36	166
Agosto	5,87	182
Septiembre	5,84	175
Octubre	5,52	171
Noviembre	5,37	161
Diciembre	5,48	170

Esta irradiancia por metro cuadrado, en condiciones estándar de medida (STC), está dando realmente las horas de sol pico que hay de media diariamente para cada mes del año. De modo que, para dimensionar la instalación, se ha de calcular la cantidad de paneles necesarios para el mes cuyos días sean más desfavorables, que en este caso será Julio, pese a recibir una irradiancia mayor que Noviembre, por tener un día más.

Así pues, se calcula el número total de paneles necesarios a partir de la siguiente ecuación:

$$N = \frac{E_{\text{diaria}}}{P_P \cdot N_h \cdot P_e} \quad (19)$$

Donde N será el número de módulos fotovoltaicos, E<sub>diaria</sub> la energía que se ha de producir diariamente, es decir, 27,42 kWh; P<sub>P</sub> es la potencia pico del panel, 0,26 kW en STC; N<sub>h</sub> es el número de horas de sol pico en STC que corresponderá a las 5,36 del mes de Julio obtenidas de la tabla anterior; y por último P<sub>r</sub> corresponde al factor global de funcionamiento, que tiene en cuenta las pérdidas por suciedad o temperatura entre otras, que finalmente resulta ser 0,78. De modo que, finalmente, la cantidad necesaria de paneles es la siguiente:

$$N = 27,42 / (5,36 \cdot 0,26 \cdot 0,78) = 25,23$$

Por lo que serán precisos al menos 26 paneles. Sin embargo, el propósito es establecer un sistema de generación energética que combine energía solar y eólica, con lo que se va a estudiar la posibilidad de colocar un aerogenerador que sustituya una parte de los paneles solares. Para ello, primeramente, vamos a calcular el total de energía que nos aportaría la colocación de los 26 paneles a lo largo de un año. Se obtienen los valores multiplicando las horas totales de sol pico por los 0,26 kW que produce cada panel, por el número de paneles y por el factor global de funcionamiento, del siguiente modo:

$$E_{\text{mensual}} = N_{h,\text{mes}} \cdot P_P \cdot N \cdot P_R \quad (20)$$

$$E_{\text{mensual}} = N_{h,\text{mes}} \cdot 0,26 \cdot 26 \cdot 0,75$$

Tabla 6: Energía obtenida con la colocación de 26 módulos fotovoltaicos

Mes	Horas mensuales de sol pirco	Energía mensual (kWh)
Enero	172	872,04
Febrero	170	872,04
Marzo	187	948,09
Abril	163	826,41
Mayo	174	882,18
Junio	162	821,34
Julio	166	841,62
Agosto	182	922,74
Septiembre	175	887,25
Octubre	171	866,97
Noviembre	161	816,27
Diciembre	170	861,9
Total	2053	10408,71

Sumando los valores obtenidos para cada mes obtenemos el total anual, que será de 10408,71 kWh.

## 5.2. Estudio de la colocación de un aerogenerador

Se va a comprobar, pues, qué cantidad de placas podrían ser sustituidas con la instalación del molino. Para ello, se consultará al catálogo de Bornay, de donde se va a escoger el modelo Bornay3000. Se trata de un aerogenerador de dos palas, especialmente pensado para pequeñas instalaciones aisladas de red, como es el caso.

La torre habría de ser instalada a una distancia suficiente del edificio, con el fin de evitar las turbulencias que éste pudiera provocar. Es de vital importancia colocar la torre, sobre la que estará la góndola, totalmente vertical al suelo para favorecer el buen funcionamiento y evitar turbulencias. Una cimentación nivelada y la colocación de cuatro cables de acero de en torno a 8 mm de grosor que hagan de tensores es fundamental para favorecer la verticalidad [Bornay, 2015b]

Primeramente, cabe definir las magnitudes características de los aerogeneradores, y que serán fundamentales para los cálculos posteriores. La potencia del aerogenerador ( $P_A$ ) es la potencia que otorga el generador para cada valor de velocidad del viento. Sus valores se obtienen a partir de la curva que proporciona el fabricante.

La potencia cinética del viento ( $P_v$ ) se modeliza con la siguiente expresión:

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (21)$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire,  $1,2\text{kg/m}^3$ ,  $A$  es el área del plano que forman las palas del rotor eólico al girar, medida en  $\text{m}^2$ , y  $V^3$  la velocidad del viento elevada al cubo, medida en  $(\text{m/s})^3$ .

Por último, la potencia capturada por el rotor ( $P_R$ ) es la potencia recogida por el rotor eólico del aerogenerador, y sigue la expresión:

$$P_R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \quad (22)$$

donde el único parámetro añadido, respecto de la ecuación de la potencia del viento, es ( $C_p$ ), el coeficiente de potencia, cuyo valor máximo es 0,59, denominado límite de Lentz.

Del catálogo del Bornay3000 se obtiene el radio de las palas, que será de 2 m [Bornay, 2015b]. Conociendo este dato, se introducen las dos funciones anteriores, así como la curva de la potencia del aerogenerador que proporciona el fabricante, en Matlab, con el fin de obtener una gráfica que muestre los diferentes valores de las potencias en función de la velocidad del viento.

Figura 17: Curvas de la potencia del viento, máxima de rotor y del aerogenerador del Bornay3000

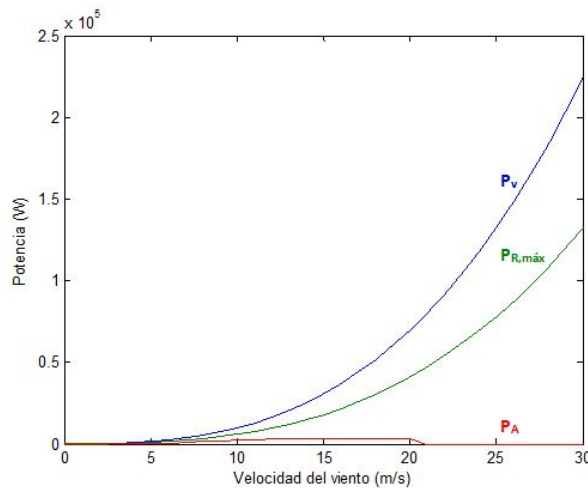
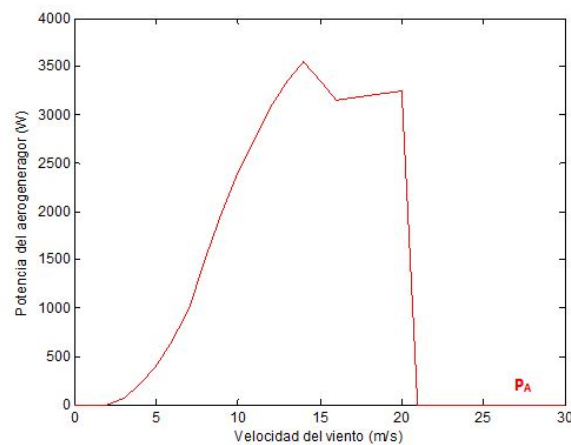
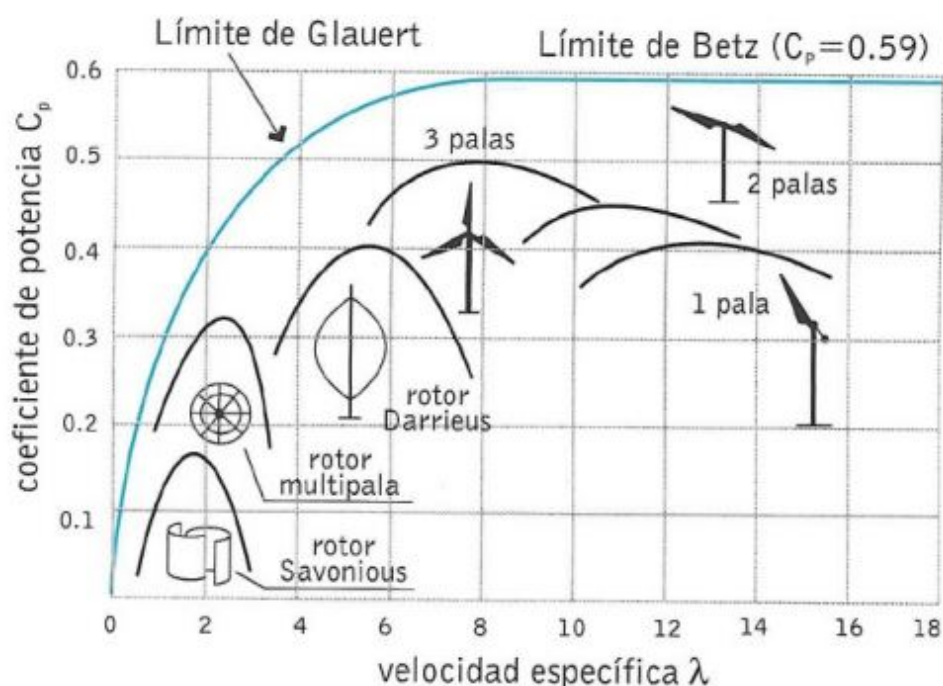


Figura 18: Curva del aerogenerador Bornay3000 ampliada



En la primera de las gráficas se observa con claridad cómo, tanto la potencia del viento como la máxima del rotor, aumentan con la velocidad del viento de forma cúbica, debido a la expresión que las define. Evidentemente, la potencia que recoja el rotor estará en todo momento por debajo de la generada por la energía cinética del viento, siendo 0,59 veces esta última. Así, se aprecia también cómo la potencia del aerogenerador toma valores muy inferiores a las dos anteriores, pues existen diferentes pérdidas que la hacen menguar. Sin embargo, el aerogenerador nunca llegará a su potencia de rotor máxima, dado que es de dos palas y no se alcanzará nunca el límite de Betz, como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 19: Valores del coeficiente de potencia [Añó, 2012]



De modo que para obtener la potencia de rotor es preciso emplear un valor del coeficiente de presión de 0,43 que, tal y como se observa en la gráfica, apenas producirá error en los cálculos.

Para conocer la cantidad de horas a la que el viento sopla en cada intervalo de velocidades es necesario obtener la distribución de Weibull, tal y como muestra la siguiente ecuación:

$$h(V) = \frac{K}{A} \cdot \left(\frac{V}{A}\right)^{k-1} \cdot e^{-\frac{V^k}{A^k}} \quad (23)$$

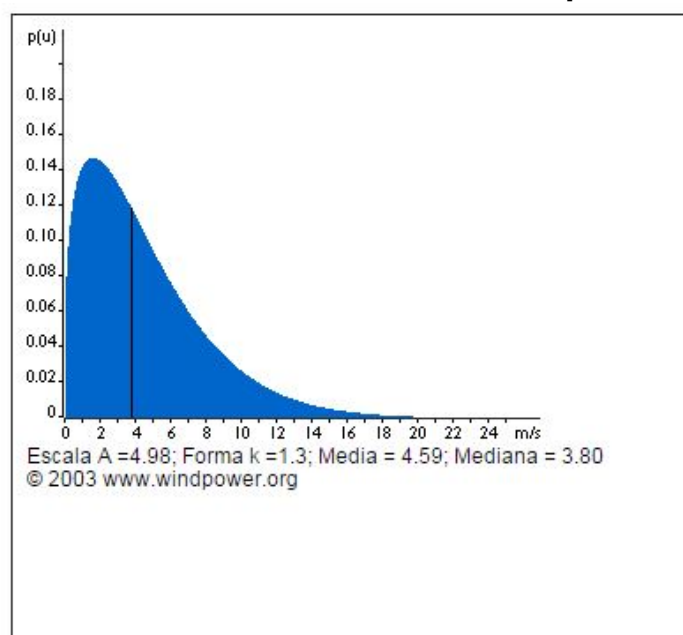
A partir de la siguiente tabla, en la que se observan las velocidades medias del viento para cada mes en la región de Maputo, se va a calcular la velocidad media anual.

Figura 20: Estadísticas eólicas enMaputo [Windfinder.com, 2015b]

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Dominante Dir. del viento	←	←	←	↙	↗	↗	←	←	←	←	←	←
Propabilidad del viento >= 4 Beaufort (%)	31	31	28	21	12	18	22	32	42	41	40	33
Promedio Velocidad del viento (kts)	9	9	8	8	8	8	8	9	10	10	10	9
Temperatura media del aire (°C)	29	29	29	26	24	23	23	24	25	26	26	28

Realizando la media ponderada de las velocidades, se obtienen 8,915 nudos, o lo que es lo mismo, 4.586 m/s. Este valor, junto con el del parámetro de forma k, de 1,3, son introducidos en la herramienta que proporciona la página de [www.windpower.org](http://www.windpower.org) y que muestra la gráfica de la distribución de Weibull con los valores de sus distintos parámetros.

Figura 21: Distribución de Weibull para el viento enMaputo [Windfinder.com, 2015a]



La ecuación de Weibull con los parámetros que se ha obtenido es introducida en la siguiente expresión.

$$P_i(V_i \leq V < V_i + \Delta V) = \begin{cases} P_0 + \Delta V \cdot h(V_i + \Delta V/2) \cdot (1 - P_0) & \forall V_i = 0 \\ \Delta V \cdot h(V_i + \Delta V/2) \cdot (1 - P_0) & \forall V_i > 0 \end{cases}$$

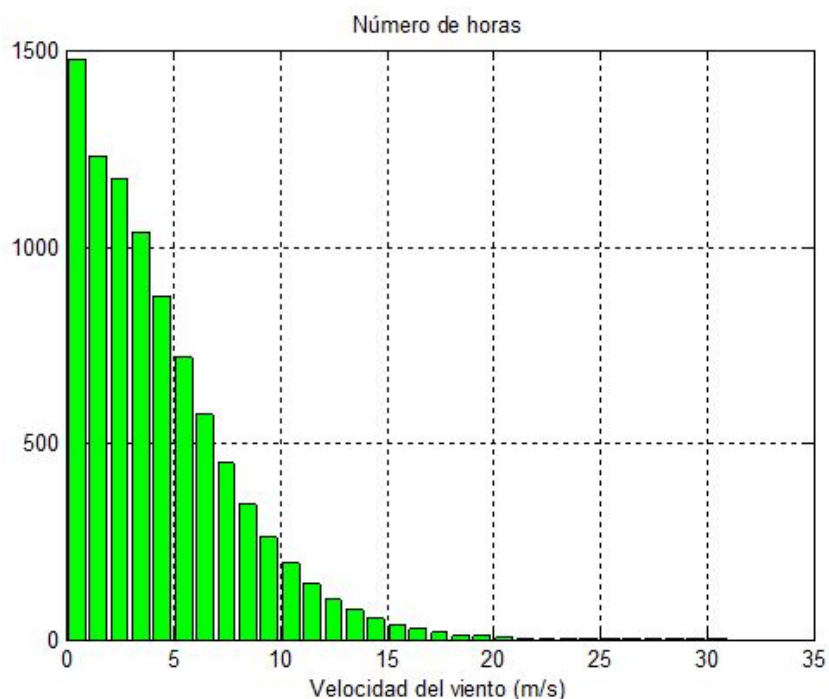
Únicamente resta decir que  $P_0$  es la probabilidad de calma, para la que se establece un valor del 5%. También cabe mencionar que se van a establecer intervalos de 1m/s para la velocidad del viento, es



decir  $\Delta V=1$ , con lo que se obtendrá la cantidad de horas a las que sopla el viento en el año entre dos valores enteros consecutivos.

Implementando la expresión anterior en Matlab con todos los valores descritos, se muestra la siguiente gráfica:

Figura 22: Número de horas de cada tramo de velocidad del viento



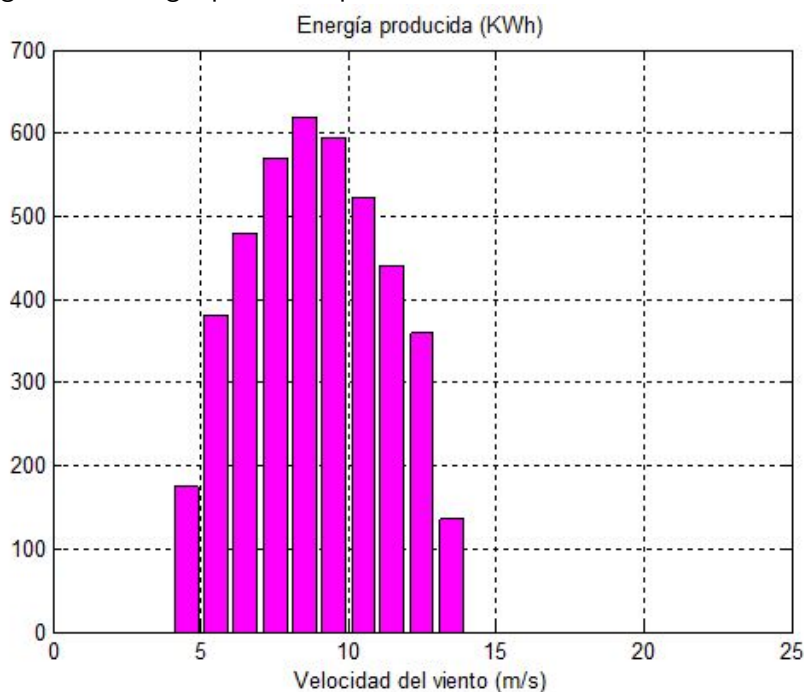
La gráfica no cumple totalmente la forma de la ecuación de Weibull pues, como se observa con claridad, el mayor número de horas se tiene para valores del viento entre 0 y 1 m/s, debido a que en este intervalo se suma también el tiempo en que hay calma. A partir de aquí, el tiempo disminuye conforme aumenta la velocidad del viento, de manera progresiva, tomando valores despreciables a partir de 20 m/s.

Sin embargo, el Bornay3000 no funciona para todas las velocidades del viento. Su velocidad mínima de arranque es de 3,5 m/s y la de frenado de 14m/s. [Bornay, 2015b] De modo que, para el cálculo de la energía producida, el primer intervalo que habrá que tener en cuenta será el que va de 4 m/s a 5 m/s, despreciando así las velocidades comprendidas entre 3,5 m/s y 4 m/s. Dado que, como se ha visto anteriormente en las expresiones de la potencia, ésta aumenta de forma cúbica con la velocidad, para valores tan bajos se puede desechar, estando del lado de la seguridad. Se emplea la siguiente fórmula:

$$E_{Ai} = P_{Ai} \cdot \left( V_i + \frac{\Delta V}{2} \right) \cdot NH_i(V_i \leq V <_i + \Delta V) \quad (24)$$

Se ha modelizado la potencia del aerogenerador que proporciona el catálogo de Bornay y se ha introducido en Matlab, acotándola entre 4 m/s y 14 m/s, como se acaba de explicar. Al multiplicarla por la cantidad de horas para cada velocidad, como se muestra en la fórmula, se obtiene el siguiente gráfico:

Figura 23: Energía producida para cada tramo de velocidad del viento



Así, pese a que el mayor número de horas se alcanza para los valores más bajos de velocidad del viento, en la gráfica se observa cómo es entre 6 y 13 m/s cuando la energía producida es máxima. Esto se debe a que, como se ha mostrado anteriormente, la curva de potencia del aerogenerador aumenta de forma progresiva, alcanzado su pico aproximadamente a los 12 m/s.

Se obtiene pues el total de energía producida a lo largo del año por el aerogenerador, realizando el sumatorio de los valores recogidos para cada mes, llegando a un total de 4280,2 kWh.

Ahora, hay que retomar el valor de la energía producida por los 26 módulos fotovoltaicos que hipotéticamente se iban a instalar, y que era de 10408,71 kWh. Se estipula qué cantidad de energía aportará cada panel al montante anual:

$$E_{\text{panel}} = 10408,71/26 = 400,334\text{kWh}$$

De modo que es posible ya calcular qué cantidad de paneles podrían ser sustituidos por el aerogenerador:

$$N_{\text{paneles}} = 4280,2/400,334 = 10,69$$

Así pues, sería posible prescindir de 10 de los paneles en detrimento del Bornay3000. Para llevar o no a cabo esta decisión, hay que valorar cuánto supone económicamente la instalación de estos elementos.

El precio del aerogenerador Bornay3000 ronda los 5500€. A esto se ha de sumar, además, el proceso de instalación, incluyendo la cimentación del terreno. Por su parte, cada uno de los módulos fotovoltaicos cuesta unos 300€, con lo que la suma de los 10 que se podrían sustituir será de 3000€,

considerablemente más económico que la otra opción. Se ha de valorar además, que el montaje de los paneles solares, en cualquier caso, habría que llevarlo a cabo para los 16 restantes, siendo además este mucho más sencillo y económico que el del molino. Por todo ello, y tras haber valorado la posibilidad, queda desechada la idea de instalar el aerogenerador para el suministro energético del edificio, y únicamente queda ya calcular los elementos restantes de la instalación.

### 5.3. Dimensionamiento y selección de las baterías

Para el diseño del sistema de baterías se ha de contemplar tanto la tensión como la intensidad que proporcionarán los generadores fotovoltaicos. Es por ello que se ha de diseñar la distribución de los mismos, teniendo en cuenta que al colocarlos en serie se están sumando las tensiones y al hacerlo en paralelo se hace lo propio con las intensidades.

Con la premisa de que la tensión del sistema de baterías se pretende que sea de 48 V, y que la tensión de máxima potencia, tal y como se muestra en el catálogo, es de 30,7 V [Elecnor, 2014], la conclusión es que se habrán de colocar los paneles en serie de dos en dos, con lo que habrá trece ramas en paralelo.

Se comprueba la carga eléctrica que habrá de proporcionar diariamente el generador con esta disposición:

$$Q = \frac{E_{\text{dia}}}{V_{\text{bat}}} \quad (25)$$

$$Q = 27417,13/48 = 571,19A \cdot h$$

Ello implica que para Julio, el mes en que menos horas de sol pico hay, la corriente que habrá de generar el conjunto de módulos fotovoltaicos tendrá que ser la siguiente:

$$I = \frac{Q}{N_h} \quad (26)$$

$$I = 571,19/5,36 = 106,56A$$

Como se muestra en el catálogo, la corriente que ofrece cada panel para su máxima potencia es de 8,3 A, con lo que teniendo trece de ellos en paralelo se llegará a una intensidad de 107,9 A, valor superior a los 106,56 A que son precisos en el mes más desfavorable, lo que confirma la idoneidad de la configuración de la instalación.

Para el cálculo del sistema de acumulación de energía se ha de tener en cuenta, además de la energía y la tensión de alimentación, dos datos fundamentales, como son la profundidad de descarga y el número de días de autonomía.

La profundidad de descarga se refiere al porcentaje de la carga eléctrica que se toma de una batería a partir del momento en que esta se encuentra totalmente cargada. Cabe distinguir entre descargas superficiales, de menos del 20 %, y descargas profundas, de hasta el 80 %. Las descargas superficiales apenas afectan al número de ciclos de duración de la batería, sin embargo, el sobrepasar

el umbral de descarga profunda provoca una disminución drástica de la vida de la batería, que incluso puede quedar dañada de forma irreparable. [Idea, 2004] Es por ello que para la instalación se va a diferenciar entre una profundidad de descarga diaria del 15 % y una profundidad máxima estacional que del 70 %.

Por otro lado, en cuanto al número de días de autonomía del sistema de acumulación, se van a establecer tres días, que será el tiempo máximo previsto sin sol y que, difícilmente, se alcanzará en una zona como la que se encuentra la instalación.

De modo que, para establecer la capacidad de las baterías, se va a realizar, por un lado, el cálculo para un día, llegando a una profundidad de 15 %, y por otro, para el período establecido de tres días, alcanzando como máximo el 70 %. Finalmente, se tomará el valor máximo de los dos obtenidos, pues será el que cumpla las restricciones para ambos casos. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$Q = \frac{N_d \cdot E_{\text{dia}}}{P_d \cdot V_{\text{bat}}} \quad (27)$$

Primeramente, se realizará el cálculo de acuerdo con la descarga máxima diaria, donde  $N_d$ , que se refiere al número de días, será igual a uno;  $E_{\text{dia}}$  es la energía diaria a producir, es decir, 27417,13 Wh;  $P_d$  la profundidad de descarga, que como anteriormente se ha mencionado para este caso, será del 15%; y  $V_{\text{bat}}$  la tensión de la batería, que previamente se ha fijado en 48 V. Se obtiene así la carga que precisa tener la batería:

$$Q = 1 \cdot 27417,13 / (0,15 \cdot 48) = 3807,93A \cdot h$$

Para calcular la capacidad para el período de tres días, únicamente se ha de cambiar el número de días, siendo así  $N_d=3$ , y la profundidad de descarga,  $P_d=0,7$ .

$$Q = 3 \cdot 27417,13 / (0,7 \cdot 48) = 2447,96A \cdot h$$

Como se ha hecho patente, será necesario un sistema acumulador con una capacidad igual o superior a 3807,93 Ah. Se va a recurrir nuevamente al catálogo de Atersa para buscar una batería que se adecúe a las prescripciones. Así, se escoge la OpzS Solar 4100, cuya capacidad nominal es de 4000 A·h en condiciones  $C_{100}$ , empleadas para el dimensionamiento de baterías en sistemas solares, y su tensión de 2V. De modo que será necesario conectar 24 de estas baterías en serie para así alcanzar los 48 V estipulados.

#### 5.4. Dimensionamiento y selección del inversor

El inversor es el encargado de transformar la corriente continua que proporcionan las baterías en alterna, que es la que alimentará a todos los elementos eléctricos de la instalación. Para su cálculo se ha de conocer la potencia que consumen los elementos que funcionan en alterna, que en este caso son todos, y multiplicarla por un factor de seguridad, que en será de un 20 %. De modo que:

$$P_{\text{inv}} = 1,2 \cdot P_{\text{tot}} = 1,2 \cdot 10396,8 = 12476,16W$$

Sin embargo, se ha de tener en cuenta que algunos elementos, como las bombas o las lámparas de descarga, precisan de una gran potencia cuando se ponen en marcha, debido a su intensidad

de arranque. Dicha intensidad puede llegar a ser hasta un 80 % mayor a la nominal, con lo que para prevenir la instalación de posibles problemas en estos momentos, se decide multiplicar el valor obtenido por 1,8, quedando así del lado de la seguridad, pues no todos los elementos que se ha diseñado tendrán picos de potencia de tanta magnitud.

$$P_{\max} = 1,8 \cdot P_{\text{inv}} = 22457,09\text{W}$$

Se escoge para la instalación el modelo Sunny Tripower 25000TL de la marca SMA Solar Technology, con una potencia asignada de salida de 25000 W, lo que cubre sobradamente las necesidades.

### 5.5. Dimensionamiento y selección del regulador

El regulador es el elemento encargado de controlar el flujo de energía existente entre los paneles solares y el conjunto de baterías. Existen dos clases, PWM y MPPT. Los PWM (Pulse-width modulation) hacen que los módulos fotovoltaicos trabajen a la tensión que indican las baterías, son más económicos, pero propician que existan pérdidas de energía. Por su parte los MPPT (Maximum power point tracking) hacen que los módulos funcionen en su punto de máxima potencia, con lo que aprovechan toda la energía captada y están especialmente pensados para grandes instalaciones. [Autosolar, 2015] Para la instalación se decide emplear un regulador PWM dado su menor precio, facilidad de su instalación y su mayor sencillez, lo que redundará en menos averías.

Para el diseño y selección del regulador se ha de conocer las corrientes máximas que resistirá. Se comienza pues calculando la intensidad que va a soportar a la entrada. Para ello, consultando el catálogo de Atersa, se observa que para los paneles A-260M GS, la corriente de cortocircuito, que es la máxima que serían capaces de generar, es de 9,02 A. Para establecer la intensidad máxima a la entrada se multiplicará esta cantidad por el número de módulos colocados en paralelo y por un factor de seguridad, tal y como se muestra en la siguiente fórmula:

$$I_{\text{ent}} = F_s \cdot I_{\text{sc}} \cdot N_p \quad (28)$$

Tomando un margen de seguridad del 20 %,  $F_s = 1,2$  y sabiendo que hay trece pares de paneles en paralelo,  $N_p = 13$ , se obtiene la siguiente intensidad:

$$I_{\text{ent}} = 1,2 \cdot 9,02 \cdot 13 = 140,71\text{A}$$

Por otra parte, se calcula la intensidad a la salida del regulador. Para ello se ha de tomar la potencia total de la instalación, que será la suma de potencias de las cargas. Se dividirá de nuevo entre el rendimiento del inversor y entre la tensión del bloque de baterías para conocer la intensidad, que se multiplicará nuevamente por un factor de seguridad.

$$I_{\text{sal}} = F_s \frac{P_{\text{tot}}}{\eta_{\text{inv}} \cdot V_{\text{bat}}} \quad (29)$$

De nuevo se toma un 20 % de margen de seguridad, así  $F_s = 1,2$ . La potencia total de las cargas de la instalación ha sido calculada anteriormente, siendo  $P_{\text{tot}} = 10396,8 \text{ W}$ . El rendimiento del

inversor Sunny Tripower 25000TL puede variar entre un 98 % y un 98,4 %. Para la expresión se escoge el valor más bajo, siendo así  $\eta_{inv} = 0,98$ . La tensión de la batería se ha establecido anteriormente,  $V_{bat} = 48 \text{ V}$ . Con lo que la intensidad máxima que el regulador habría de soportar a la salida será:

$$I_{sal} = 1,2 \cdot (10396,8 / (0,98 \cdot 48)) = 221,02 \text{ A}$$

Dado que tal corriente difícilmente puede ser asumida por un único regulador, se opta por colocar varios de ellos en paralelo. Se acude al catálogo de Steca Elektronik y encontrando el regulador Steca Power Tarom 4140, que funciona para una tensión de 48 V. Su corriente de entrada es de 140 A y la de salida de 70 A. De modo que serán necesarios cuatro de ellos para la instalación dispuestos en paralelo, haciendo que a la entrada soporten una corriente de hasta 560 A y a la salida de 280 A, pudiendo así hacer frente a las intensidades anteriormente calculadas.

## 6. Viabilidad y análisis de soluciones

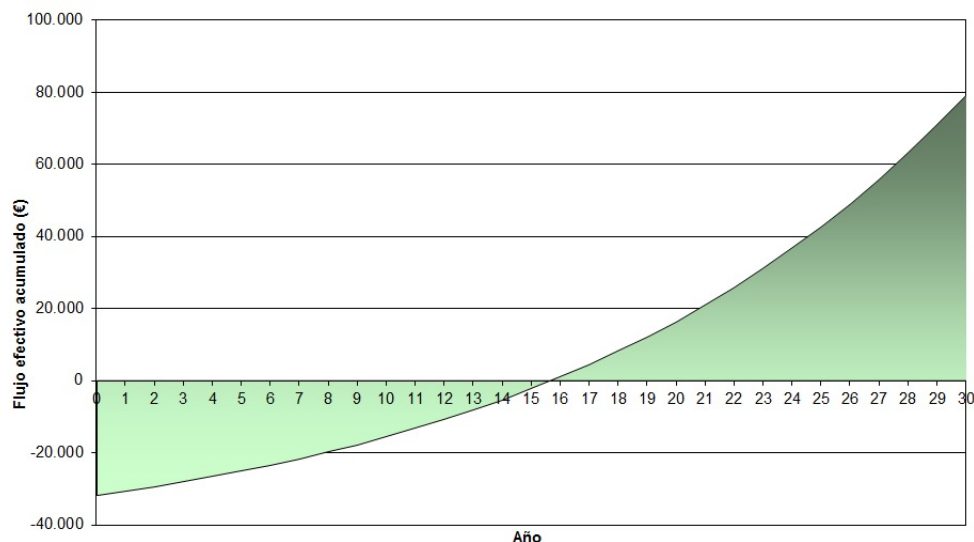
Como último paso en lo que se refiere al desarrollo del trabajo se va a estudiar la viabilidad económica del mismo. Para ello se emplea el software RETScreen-4 de acceso libre, cuyas funciones permitirán llevar a cabo todos los cálculos relacionados con la faceta económica y dar una perspectiva real del gasto realizado y su amortización.

Se analizará únicamente la fracción del presupuesto que corresponde a la generación y acumulación de energía eléctrica, puesto que será la que realmente sustituya a la conexión a red existente hasta el momento. Cabe recordar que el fin de esta parte del proyecto es acabar con los problemas de abastecimiento y la inestabilidad del suministro de electricidad. El resto de componentes, correspondientes a las canalizaciones hidráulicas, la generación de ACS y la iluminación, se han calculado para obtener la potencia total, pero su instalación se llevaría a cabo en cualquier caso, independientemente de que se mantuviera el edificio conectado a red. Así, el presupuesto correspondiente a esta fase, que introduciremos en RETScreen será de 31660,9€.

En cuanto al programa, primeramente es preciso establecer la ubicación del proyecto. Se indica además que se va a emplear tecnología fotovoltaica para una red aislada. En cuanto al modelo de energía, la base de datos del sistema tiene ya fijados los valores de la radiación solar, con lo que únicamente es necesario indicar la inclinación de los paneles, así como el modelo y cantidad para obtener los datos energéticos. De modo que la energía total generada anualmente se establece, como previamente se ha justificado, en 10,408MWh al año.

Dado que la inversión será realizada por ONGs y organizaciones sin ánimo de lucro, la deuda adquirida por la consecución del proyecto es nula. Cabe recordar que la instalación se encuentra en un país extremadamente pobre que está en vías de desarrollo, con lo que las tasa de inflación y de escalamiento de exportación de electricidad toman valores muy altos, del 7%. La tarifa de exportación de electricidad también crece de manera importante cada año, fijándose actualmente en un valor de 98€/MWh. Con todo ello se obtiene el siguiente gráfico con el programa RETScreen.

Figura 24: Gráfico de flujo de caja acumulado



Como puede observarse, para un tiempo de 30 años, que es para el que están pensados los paneles, la instalación resultará económicamente beneficiosa. El programa calcula un valor actual neto (VAN) de 1292€. El VAN mide la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y pagos del proyecto, descontando la inversión inicial [del Campo, 2015b]. Dado que en este caso dicho valor resulta ser positivo se obtendrán beneficios, con lo que el proyecto es económicamente viable. Por su parte, la tasa interna de retorno (TIR) es del 7,3%. Este concepto valora la inversión en términos relativos. Como este valor no ha de ser comparado con ninguna rentabilidad, pues no se requiere de la misma, simplemente es necesario observar que su valor es positivo, con lo que el proyecto será ejecutable [del Campo, 2015a].

Evidentemente el fin de este proyecto no se trata de una inversión como tal, pues el objetivo que se persigue no es ganar dinero, se lleva a cabo de forma altruista. Sin embargo sí hay que tener en cuenta que también las ONGs realizan estudios para conocer el alcance económico de las obras que realizan, dado que no siempre se dispone del capital suficiente para afrontar todos los planes que podrían llevarse a cabo. Es por ello que justificar que el proyecto planteado sería amortizado en un período de 15,7 años, como puede observarse en la figura 24, puede suponer que finalmente se lleve a cabo el mismo. De ahí la necesidad de realizar este análisis.

Figura 25: Resultados RETScreen

<b>Viabilidad financiera</b>		
TIR antes de impuestos - capital	%	7,3%
TIR antes - impuestos - activos	%	7,3%
TIR luego de impuestos - capital	%	7,3%
TIR luego de impuestos - impuestos - act	%	7,3%
Pago simple de retorno del capital	año	28,8
Repago - capital	año	15,7
Valor Presente Neto (VPN)	€	1.292
Ahorros anuales en ciclo de vida	€/año	105
Relación Beneficio-Costo		1,04
Cobertura - servicio de deuda		Sin deuda
Cost. de produc. de energía.	€/MWh	94,13



## 7. Conclusiones

Se ha iniciado esta memoria haciendo referencia a la excelente coyuntura económica de la que parece gozar Mozambique. Sin embargo, los datos han mostrado, de forma inequívoca, que el país continúa sumido en una situación realmente dramática. Como suele suceder, las grandes ciudades son las que encabezan este progreso, sin embargo parece realmente complicado que las zonas rurales, en las que se pueden encontrar cientos de pequeñas aldeas como Incomati, vayan a ser capaces de engancharse a este tren alimentado por grandes multinacionales del sector energético. Es por ello que, en este trabajo, se ha buscado tratar de justificar una fuerte antítesis, como es prescindir de combustibles fósiles en un país que pretende escapar del hambre y la pobreza gracias a estas materias.

Si bien la residencia de estudiantes ya se encontraba totalmente finalizada, con sus respectivas instalaciones eléctricas e hidráulicas construidas y en perfecto estado, ha sido necesario introducir gran cantidad de elementos y tecnologías de las que se prescindía hasta el momento. De entre las infinitas soluciones que podían llevarse a cabo, se han buscado aquellas que aprovecharan de la mejor manera posible las instalaciones existentes, de modo que así se minimizara todo lo posible la inversión a realizar. Es por ello que, finalmente, se ha optado por instalar módulos fotovoltaicos por todo generador eléctrico, desechando la posibilidad de instalar un aerogenerador, tras comprobar la energía que éste podría llegar a producir y el precio del mismo en comparación con el de los paneles que reemplazaría.

En materia hidráulica, se ha diseñado el sistema para introducir la menor cantidad de bombas posible, reduciendo así el consumo energético. La extracción de agua del pozo subterráneo y la circulación de fluido caloportador precisaban, indudablemente, del empleo de sendas máquinas hidráulicas, sin embargo se ha conseguido hacer llegar agua a los consumos con una presión razonable, sin necesidad de introducir un nuevo punto de consumo eléctrico. Por el contrario, sí se ha considerado imprescindible colocar una potabilizadora, con el fin de asegurar una calidad mínima en el agua que consuman los estudiantes residentes y prevenir así infecciones y enfermedades.

Finalmente, se ha diseñado un sistema de almacenamiento energético mediante baterías que garantice el abastecimiento y que será capaz de perdurar un altísimo número de ciclos, gracias a las consideraciones tomadas.

Este trabajo se ha realizado con la convicción de que podría ser llevado a cabo por diferentes organizaciones en las circunstancias adecuadas. Es por ello que se ha realizado un análisis de viabilidad, y se ha establecido la cantidad de tiempo a partir del cuál la instalación se convertiría en rentable económicamente.

Así, tal y como se planteaba al inicio, el ingeniero se ha mostrado como alguien polivalente, pues ha de dominar una gran variedad de materias para poder llevar a cabo un proyecto de esta envergadura. Al mismo tiempo, ha sido necesario ser consciente de que la economía era un factor clave, pero en ningún momento se ha renunciado a buscar unas condiciones dignas para los usuarios. Y quizás esta haya sido la clave, el haber tenido la necesidad de empatizar con quién finalmente habrá de disfrutar el trabajo. Haber tratado en todo momento de alcanzar unos estándares con los que el propio ingeniero pudiera sentirse cómodo. De modo que, finalmente, se ha conseguido dar una visión global del ingeniero, en que las habilidades técnicas se han puesto al servicio de otros aspectos aparentemente secundarios como el medio ambiente, el desarrollo social y la moral.

## Bibliografía

- [Año, 2012] Año, S. (2012). Aerogenerador bornay 3000. <http://personales.upv.es/sanyo/IEERR>.
- [Autosolar, 2015] Autosolar (2015). ¿Qué es un regulador de carga? <https://autosolar.es/blog/tecnica/item/381-que-es-un-regulador-de-carga>.
- [Barciela, 2015] Barciela, F. (29-3-2015). El gran desafío de Mozambique. *El País*.
- [Baxi-calefacción, 2015a] Baxi-calefacción (2015a). Energía solar. colectores solares planos. Mediterraneo 200 y Mediterraneo 250.
- [Baxi-calefacción, 2015b] Baxi-calefacción (2015b). Energía solar. complementos para instalaciones solares. Grupos hidráulicos.
- [BIO-UV, 2013] BIO-UV (2013). Potabilización doméstica y pequeñas colectividades. Reactores serie UV HOME:6.
- [Bornay, 2015a] Bornay (2015a). *Catálogo*.
- [Bornay, 2015b] Bornay (2015b). Apuntes para introducción a las energías renovables.
- [Browker, 2015] Browker, T. (12-5-2015). IMF sees 7% growth for mozambique as gas project decisions loom. *BloombergBusiness*.
- [Colaboradores de Wikipedia, 2015] Colaboradores de Wikipedia, L. (2015). Wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mozambique>.
- [del Campo, 2015a] del Campo, J. I. (2015a). Tasa interna de rturno o rentabilidad-TIR. *Expansión*, <http://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-o-rentabilidad-tir.html>.
- [del Campo, 2015b] del Campo, J. I. (2015b). Valor actualizado neto VAN. *Expansión*, <http://www.expansion.com/diccionario-economico/valor-actualizado-neto-van.html>.
- [Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV, 2015] Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV, E. (2015). Unidad 2. energía solar. *Tecnología Energética*, pages 53–77.
- [Departamento Termodinámica Aplicada UPV, 2015] Departamento Termodinámica Aplicada UPV, E. (2015). Unidad 5. energía solar térmica. *Introducción a las Energías Renovables*, pages 5–23.
- [deSlideshare, 2012] deSlideshare, L. C. (2012). Coeficientes de rugosidad. <http://es.slideshare.net/cosmeacr/coeficientes-de-rugosidad-haestad>.
- [Elecnor, 2014] Elecnor, G. A. (2014). Módulo solar a-xxxm gs (245/250/255/260/265 w). *Catálogo*.
- [Idea, 2004] Idea, G. (2004). Las baterías. <http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home-main-frame/04-componen/02-acumulador/01-basico/4-acum-01.htm>.
- [Ideal, 2014] Ideal, B. (2014). Serie s. TXI 18 6":17.

- [Ingemecanica.com, 2012] Ingemecanica.com (2012). Pérdidas de carga en accesorios. <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>.
- [José Roger Folch et al., 2010] José Roger Folch, Guasp, M. R., and Porta, C. R. (2010). Tecnología eléctrica. Unidad 7. Instalaciones de alumbrado.
- [Maquinarialavera.es, 2012] Maquinarialavera.es (2012). Reservas de agua en el subsuelo de África. <http://maquinarialavera.es/tag/africa/>.
- [Montagud and Cañada, 2013] Montagud, C. and Cañada, J. (2013). Diseño y dimensionado de instalaciones solares de ACS. Introducción a las Energías Renovables.
- [Ángel Pérez-Navarro, 2014] Ángel Pérez-Navarro (2014). Introducción a las energías renovables. Unidad didáctica 1.
- [The MathWorks, 2005] The MathWorks, I. (2005). Ábaco de Moody. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/7747-moody-diagram>.
- [Windfinder.com, 2015a] Windfinder.com (2015a). Descripción de las variaciones del viento: distribución de weibull. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm>.
- [Windfinder.com, 2015b] Windfinder.com (2015b). Estadísticas de viento y tiempo en maputo. <http://es.windfinder.com/windstatistics/maputol>.



# PRESUPUESTO



## **1. Necesidad del presupuesto**

Como se ha explicado previamente, un proyecto de estas características está fuertemente marcado por el aspecto económico. Dado que se llevará a cabo gracias a ayudas de diferentes instituciones, se habrá de poner la máxima atención en el uso que se le da a cada euro. Es por ello que la realización de un presupuesto se presenta como imprescindible en este caso. Se pasa pues al detallamiento del mismo.

## 2. Contenido del presupuesto

Tabla 7: Presupuesto total de hidráulica

U.M.	Unidad de obra	Cantidad	Precio	Importe
u	Bomba Ideal S TXI 18/09.(Montaje,mano de obra y accesorios incluidos.Terminada y montada en obra)	1	790,90	790,90
u	Tubo PVC presión de 25 mm y 2,5 m. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	26	2,04	53,04
u	Codo liso de 25 mm con rosca 3/4" (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	4	1,21	4,84
u	Válvula retención D25 mm.(Montaje,mano de obra y accesorios incluidos.Terminada y montada en obra)	1	24,44	24,44
u	Potabilizadora Bio UV HOME2, 3 filtros. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	1	1409,10	1409,10
<b>Total</b>				<b>2282,19</b>

Tabla 8: Presupuesto total de ACS

U.M.	Unidad de obra	Cantidad	Precio	Importe
u	Panel ACS Baxi Solar Mediterráneo 250. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	8	722,70	5781,60
u	Bomba fluido caloportador Baxi Solar Hydraulic 10. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	1	381,70	381,70
u	Interacumulador AS 750-1e. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	1	2533,30	2533,30
u	Caldera de apoyo Ecotherm Plus. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	1	3795,00	3795,00
u	Vaso de expansión Vasoflex N80/2,5l. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	2	178,00	356,00
u	Juego intercolectores, Purgador, Soporte tejado (Montaje, mano de obra y accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	1	2600,00	369,70
<b>Total</b>				<b>13237,30</b>



Tabla 9: Presupuesto total de iluminación

U.M.	Unidad de obra	Cantidad	Precio	Importe
u	Luminaria Pacific Performer WT361C 1xTL5-14W/840 HFP para habitaciones y sala de estar. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	68	44,55	3029,40
u	Tubo MASTER TL5 HE 14W/840 1SL para habitaciones y sala estar (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	68	5,50	374,00
u	Tubo MASTER TL Mini Super 80 8W/840 1FM para baños. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	16	8,16	130,59
u	Lámpara roscada MASTER Stairway 20W/827 E27 1CH (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	16	16,81	268,93
u	Luminaria Pacific Performer WT360C 1xTL5-35W/840 HFP C para sala de estudio. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	9	46,86	421,74
u	Tubo MASTER TL5 HE 35W/840 1SL(Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	9	7,49	67,42
u	Luminaria Flowerbed wall lantern antracit 1x13W exterior. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	8	70,44	563,55
u	Tubo Philips el MASTER PL-C 13W/840/4P 1CT para exterior. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	8	3,16	25,26
u	Lámpara de emergencia Disalux Nova N1. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminada y montada en obra)	4	13,20	52,80
u	Enchufe Blanco Duolec. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	107	3,80	406,07
u	Interruptor Basic blanco. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	50	0,99	49,5
			<b>Total</b>	<b>5389,25</b>

Tabla 10: Presupuesto total de generación y acumulación eléctrica

U.M.	Unidad de obra	Cantidad	Precio	Importe
u	Panel fotovoltaica Atersa A-260M GS. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	26	261,70	6804,20
u	Batería Atersa OpzS Solar 4100. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	24	821,2	19708,80
u	Inversor SMA Sunny Tripower 25000TL. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	1	3717,00	4980,80
u	Regulador Steca Power Tarom 4140. (Montaje, mano de obra y pequeños accesorios incluidos. Totalmente terminado y montado en obra)	4	1567,10	6268,40
<b>Total</b>				<b>31660,9</b>

Tabla 11: Obtención del PEM (presupuesto de ejecución material)

Partida	Importe
Instalación hidráulica	2282,19
Instalación ACS	13237,30
Iluminación	5389,35
Generación y acumulación de energía eléctrica	31660,9
<b>Total</b>	<b>52569,64</b>

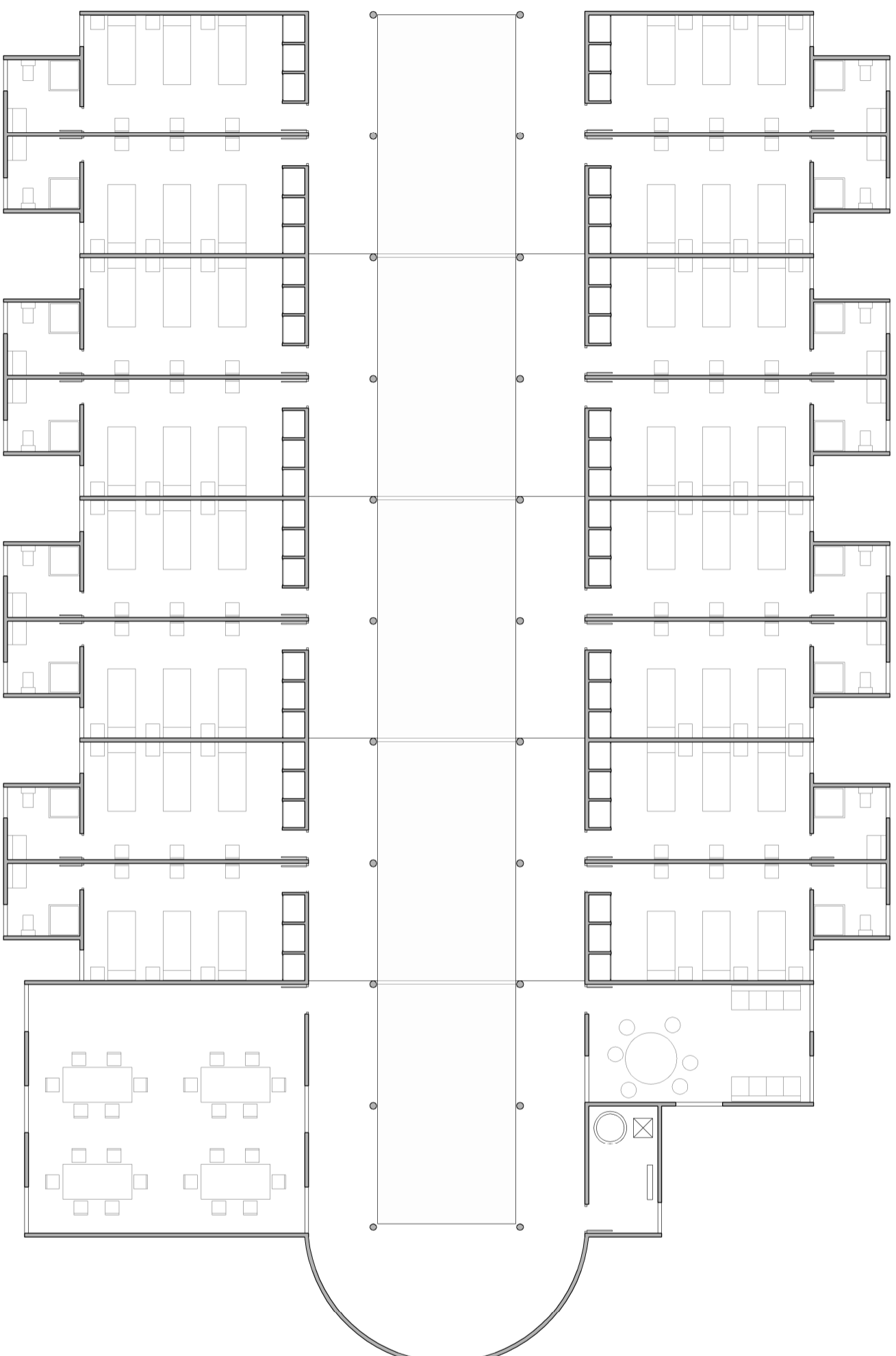
Tabla 12: Presupuesto final

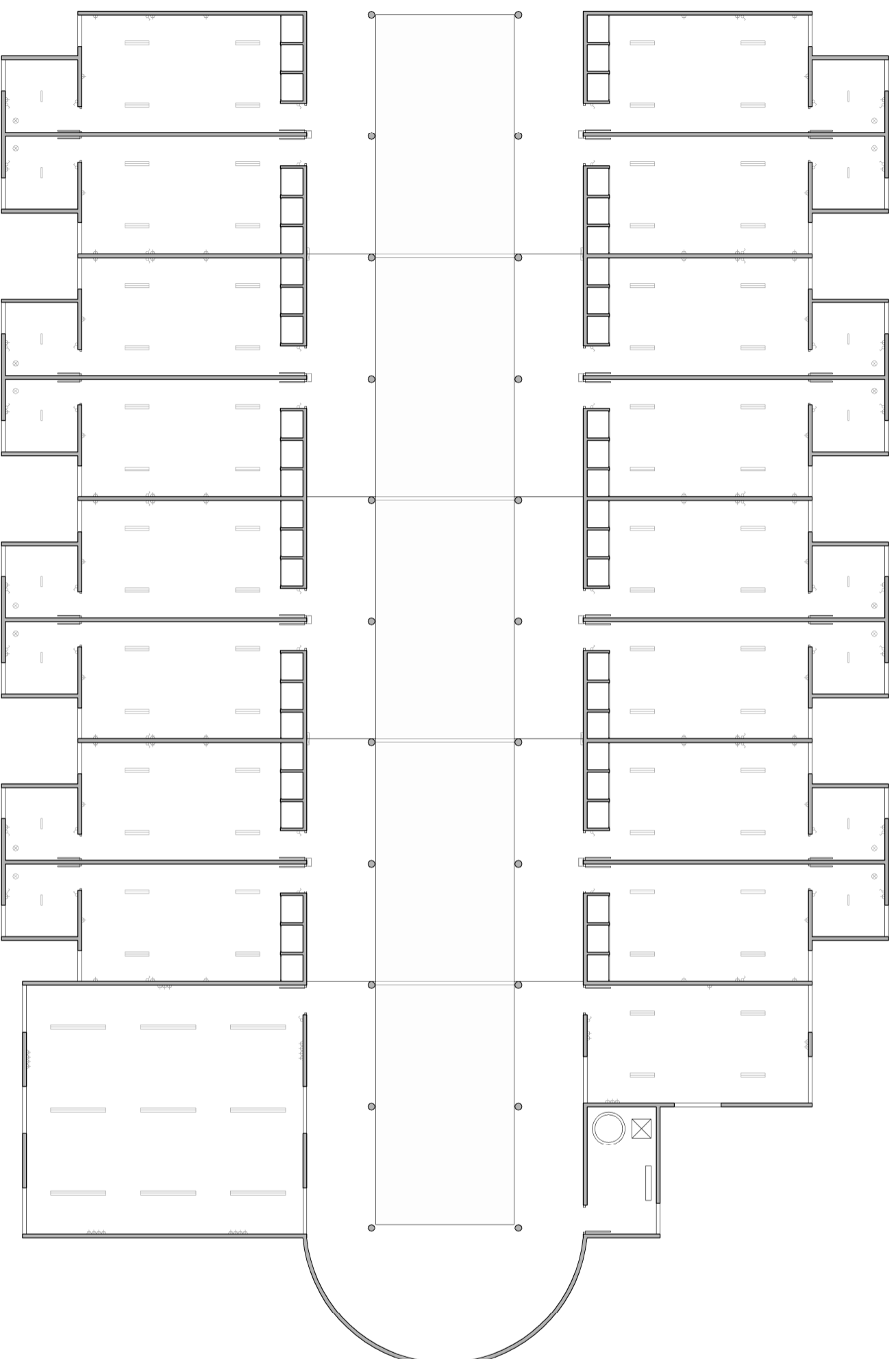
PEM	52569,64
Proyecto ejecutivo de la instalación (6 %)	3154,18
Beneficio industrial y gastos generados (19 %)	9988,23
<b>TOTAL</b>	<b>65712,05</b>
VAT (17 %)	11171,05
Licencias, trámites, legalizaciones,... (2 %)	1314,24
<b>PRESUPUESTO FINAL</b>	<b>78197,34</b>

Al presupuesto de ejecución de obra hay que sumarle una serie de porcentajes del mismo para obtener el presupuesto final. Cabe resaltar que dado que el equipo empleado para la instalación va a ser importado a Mozambique el impuesto sobre valor añadido (IVA) a tener en cuenta será el del país destino, para evitar así la doble imposición, que en este caso es de un 17 % (VAT). Así, el montante asciende finalmente a 78197,34€.

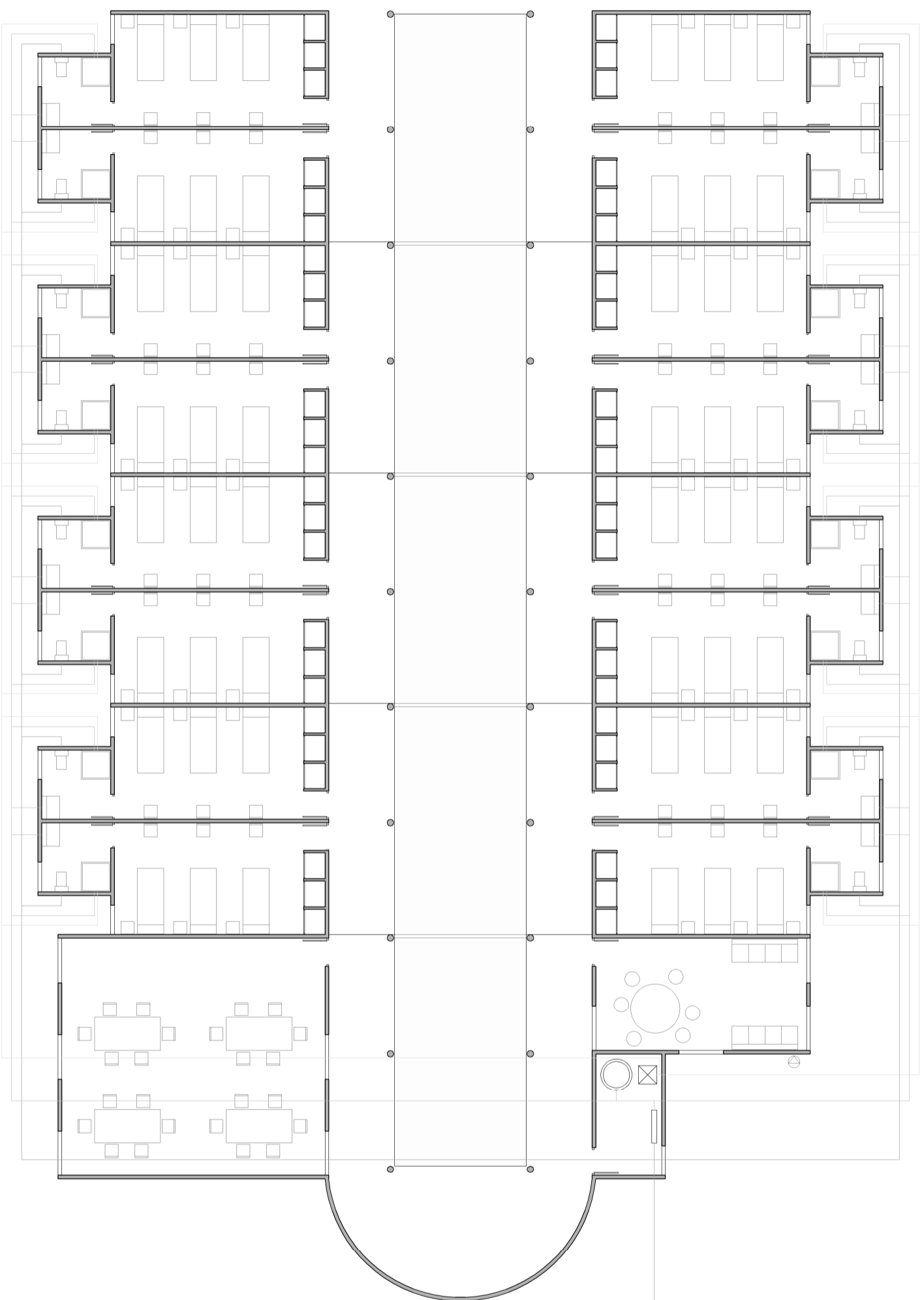
# PLANOS






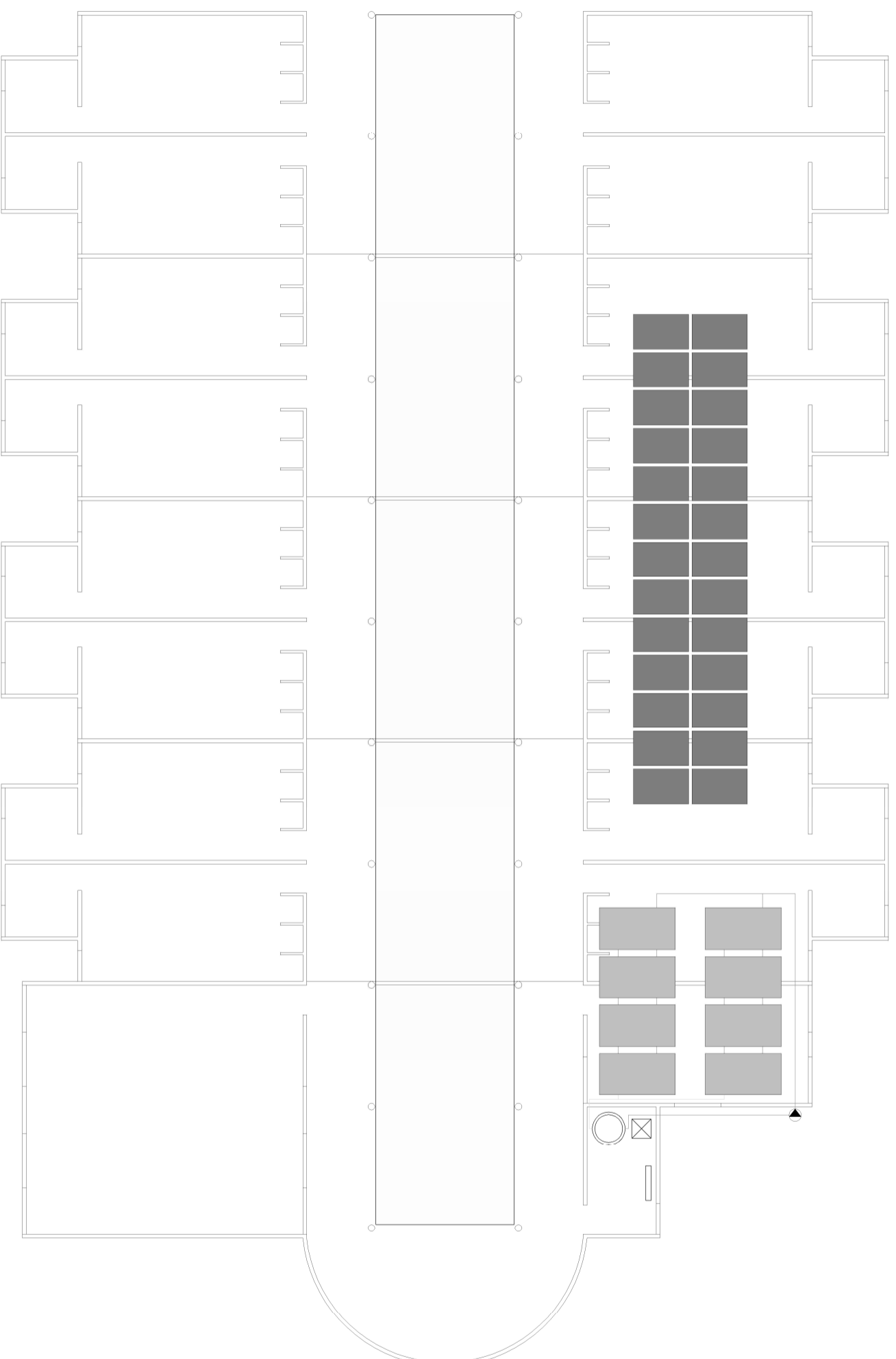




	Enchufe
	Interruptor
	Luminaria + Tubo fluorescente 14W
	Luminaria + Tubo fluorescente 35W
	Tubo fluorescente 8W
	Fluorescente de rosca 20W
	Luminaria + Fluorescente de exterior
	Alumbrado de emergencia



	Intercomulador
	Caldera de apoyo
	Potabilizadora





# ANEXOS



## 1. Catálogo Bio-UV

### REACTORES SERIE UV HOME

Descripción	Caudal máximo en m <sup>3</sup> /h *	Rendimientos en milijulios por cm <sup>2</sup> con los caudales reales aconsejados **	Lámpara UV: Número y Consumo eléctrico	Conexiones	Altura del reactor en mm	Diámetro del reactor en mm
UV HOME 2	2,2	40	1 x 33 W	3/4"	445	88,9
UV HOME 3	3,2	40	1 x 55 W	3/4"	716	88,9

\* Para caudales distintos, por favor, consulte con nosotros

\*\* El rendimiento de estos aparatos ha sido calculado en fin de vida de las lámparas y con una transmitancia de 98%  
Duración de las lámparas : 13000 horas

#### VENTAJAS

- Reactor compacto facilitando la instalación
- Caja eléctrica independiente que debe fijarse en la pared
- Entrada/salida en « L » con entrada bajo el cuerpo y salida en final de reactor
- Tecnología simple y económica en inversión y explotación
- Opción: célula de medida de intensidad UV



Los equipos UV HOME 2 y 3 son disponibles con o sin el sistema de filtración complementario (2 ou 3 filtros según la calidad del agua).

El Conjunto 2 Filtros	El Conjunto 3 Filtros
El reactor UV HOME 2 Filtro con cartucho 60 µ lavable - Filtro con cartucho 10 µ	El reactor UV HOME 2 Filtro con cartucho 60 µ lavable - Filtro con cartucho 10 µ Filtro con cartucho carbon activo
El reactor UV HOME 3 Filtro con cartucho 60 µ lavable - Filtro con cartucho 10 µ	El reactor UV HOME 3 Filtro con cartucho 60 µ lavable - Filtro con cartucho 10 µ Filtro con cartucho carbon activo

### REACTORES SERIE IBP HO +

Descripción	Caudal máximo en m <sup>3</sup> /h *	Rendimientos en milijulios por cm <sup>2</sup> con los caudales reales aconsejados **	Lámpara UV: Número y Consumo eléctrico	Conexiones	Altura del reactor en mm	Diámetro del reactor en mm
IBP 10 HO +	4,6	40	1 x 87 W	1"	1067	90
IBP 30 HO +	6,6	40	1 x 87 W	1"1/2	1072	114
IBP 40 HO +	9,3	40	1 x 105 W	1"1/2	1326	114
IBP 2150 HO +	13	40	2 x 87 W	2"	1083	150
IBP 3150 HO +	22	40	3 x 87 W	2"	1083	150
IBP 4205 HO +	39	40	4 x 87 W	2"1/2	1096	205
IBP 5205 HO +	54	40	5 x 87 W	2"1/2	1096	205

\* Para caudales distintos, por favor, consulte con nosotros

\*\* El rendimiento de estos aparatos ha sido calculado en fin de vida de las lámparas y con una transmitancia de 98%

#### VENTAJAS

- Excelente rendimiento en desinfección, gracias a la optimización de las emisiones UV y del flujo hidráulico
- Reactores compactos que facilitan la instalación
- Utilización de lámparas monocasquillo, sistema de estanqueidad patentado y diseño vertical que facilitan su mantenimiento
- Opción : sensor y monitor UV, que ofrecen una alarma de diodos y contactos secos para dar información
- Lámparas de muy larga duración (13 000 horas según el número de encendidos)



© 2012 BIO-UV  
VD-02/12

**BIO-UV**  
Ultraviolet Solutions

ZAC de la Petite Camargue • CS90022 • 34403 LUNEL Cedex • FRANCIA  
Tél : +33 (0)4 99 133 911 • Fax : +33 (0)4 99 133 919 • e-mail : info@bio-uv.com  
www.bio-uv.com



BIO-UV, colaborador técnico de la  
Federación Francesa de Natación

EPA Est.  
#075659-FRA-001

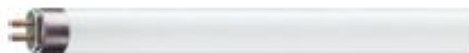
## 2. Factores de utilización de luminarias (Tabla extraída de la página 292 de [José Roger Folch et al., 2010])

CUADRO 7.9  
Factores U para luminarias de clase C (en %)

Luminaria de clase C - Interdistancia  $s = 1 \times h$   
Para una instalación de índice de mala  $K_m = 1$  e índice de proximidad  $k_p = 0,50$

Factores de reflexión [x 0,1]	Techo Paredes Pl. Ut.	valores relativos al plano (x) [x 0,1]											valores relativos a las paredes [x 0,1]														
		8	8	7	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	8	8	7	7	7	7	7	5	5	5	3	3	
		3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1		
		1. $\eta$ de razón de suspensión $j = 0$																									
	0,60	72	66	70	65	58	56	50	45	55	49	45	49	45	43	35	42	34	32	27	22	19	26	22	19	21	19
	0,80	83	76	81	74	70	66	60	55	64	59	55	59	55	47	36	45	35	36	29	24	21	28	24	21	24	21
	1,00	91	81	88	80	77	72	66	62	71	66	62	65	61	49	37	47	36	39	30	26	23	29	26	23	25	23
	1,25	98	87	95	85	85	79	73	69	77	73	69	72	68	51	38	49	36	41	31	27	24	30	27	24	26	24
	1,50	102	90	99	88	90	82	77	73	81	76	73	75	72	53	38	51	37	44	32	29	26	31	28	26	28	25
	2,00	108	94	105	94	97	88	83	80	86	82	79	81	78	56	38	53	37	47	34	31	28	33	30	28	29	27
	2,50	112	97	109	95	102	91	87	84	89	86	83	85	82	57	39	55	38	49	35	32	30	33	31	29	30	29
	3,00	115	99	111	97	105	93	90	87	91	89	86	87	85	59	39	56	38	51	35	33	31	34	32	30	31	30
	4,00	119	101	114	99	109	96	94	91	94	92	90	90	89	61	40	58	39	54	37	35	33	36	34	32	33	31
	5,00	121	102	116	101	112	98	96	94	96	94	92	92	91	63	41	60	40	56	38	36	35	37	35	34	34	33
		2. $\eta$ de razón de suspensión $j = 1/3$																									
	0,60	68	63	67	63	56	54	49	45	54	49	45	49	45	39	33	39	32	30	26	21	18	25	21	18	21	18
	0,80	79	73	77	72	67	64	59	55	63	58	55	58	55	43	34	42	34	33	28	24	21	27	23	21	23	21
	1,00	86	79	85	78	74	70	65	61	70	65	61	64	61	46	35	45	35	36	29	25	22	29	25	22	25	22
	1,25	93	85	91	84	81	77	72	68	76	72	68	71	68	48	35	46	35	38	30	26	24	29	26	24	26	23
	1,50	98	88	96	87	86	81	76	72	80	75	72	75	72	50	36	48	36	41	31	28	25	31	28	25	27	25
	2,00	105	93	102	92	93	86	82	79	85	81	78	81	78	53	37	51	37	44	33	30	27	32	29	27	29	27
	2,50	109	96	106	94	98	90	86	83	88	85	82	84	82	55	38	53	37	47	34	31	29	33	31	29	30	28
	3,00	112	97	109	96	102	92	89	86	91	88	85	87	84	57	38	54	38	49	35	32	30	34	32	30	31	29
	4,00	116	100	113	99	107	96	93	90	94	91	89	90	88	59	39	57	39	52	36	34	32	35	33	32	33	31
	5,00	119	101	115	100	110	97	95	93	96	93	92	92	90	61	40	58	40	54	38	36	34	37	35	34	34	33

### 3. Tubo fluorescente Master TL5 H E 14W



## MASTER TL5 H E

MASTER TL5 HE 14W/840 1SL

Esta lámpara TL5 (diámetro de tubo de 16 mm) tiene una elevada eficacia lumínica, que tiene como resultado un bajo consumo de energía. La lámpara TL5 de alta eficiencia ofrece un mantenimiento lumínico excelente y una buena reproducción del color. Las zonas de aplicación son oficinas, industria, edificios públicos y gubernamentales, escuelas, hospitales e iluminación de instalaciones deportivas cubiertas.

#### Datos del producto

##### • Características Generales

Descripción del Sistema	Alta Eficiencia
Base/Casullo	G5
Información Base/Casullo	disco verde
Forma de la lámpara	T5 (16 mm)
Vida 10% fall c/ precald EL 3 h	19000 hr
Vida Media Bal.Elec.Precaldeo	24000 hr
LSF HF precald 2.000h nom, 3h	99 %
LSF HF precald 4.000h nom, 3h	99 %
LSF HF precald 6.000h nom, 3h	99 %
LSF HF precald 8.000h nom, 3h	99 %
LSF HF precald 12.000h nom, 3h	99 %
LSF HF precald 16.000h nom, 3h	97 %
LSF HF precald 20.000h nom, 3h	84 %

##### • Características de la Fuente de Luz

Código de Color	840 (CCT of 4000K)
Índice Reproducción Cromática	80 (min), 82 (nom), 85 (max) Ra8
Destinación de Color	Blanco Frío
Temperatura de Color	4000 K
Flujo lum EL 25°C, nominal	1200 Lm

Flujo lum EL 25°C, nominal	1200 Lm
Flujo Lum.Lámp.c.Bal.Elec. 35°C	1350 Lm
Eficacia lum nominal HF 25°C	86 Lm/W
Eficacia lum nominal HF 35°C	99 Lm/W
LLMF HF 2.000 h nominal	96 %
LLMF HF 4.000 h nominal	95 %
LLMF HF 6.000 h nominal	94 %
LLMF HF 8.000 h nominal	93 %
LLMF HF 12.000 h nominal	92 %
LLMF HF 16.000 h nominal	91 %
LLMF HF 20.000 h nominal	90 %
Temperatura de diseño	35 C
Coordenada Cromática X	380 -
Coordenada Cromática Y	380 -

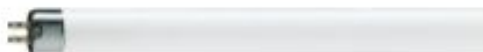
##### • Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	14 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	14 W



**PHILIPS**

## 4. Tubo fluorescente Master TLMini Super 80



### MASTER TL Mini Super 80

MASTER TL Mini Super 80 8W/840 1F1

Esta lámpara en miniatura TL (diámetro de tubo de 16 mm) es una lámpara de pequeñas dimensiones que permite la miniaturización del sistema y ofrece la posibilidad de uso con una fuente de alimentación CC de baja tensión. Es ideal para aplicaciones en las que se necesita una mejor representación del color y mayor eficacia (que los colores estándar) y cuando haya limitaciones de espacio, por ejemplo, vestíbulos, iluminación de escaleras en edificios de apartamentos, iluminación integrada en muebles, espejos y aparadores, iluminación de señales y de emergencia.

#### Datos del producto

##### • Características Generales

Base/Casullo	G5
Forma de la lámpara	T5 (16 mm)
Vida Media (10%) con Ecu.Conv.	5000 hr
Vida 10% fall c/ precald EL 3 h	5000 hr
Vida 10% fall s/ precald EL 3 h	3000 hr
Vida Media (50%) con Bal.conv.	10000 hr
Vida Media Bal.Elec.Precaldeo	10000 hr
Vida Media con Bal.Elec.Básico	7000 hr

##### • Características de la Fuente de Luz

Código de Color	840 (CCT of 4000K)
Índice Reproducción Cromática	85 Ra8
Destinación de Color	Bianco Frío
Temperatura de Color	4000 K
Flujo	470 Lm
Lum.Lámpara.c.Bal.Conv	
Efic.Luminosa Lámp.c.Bal.Conv.	59 Lm/W
Mantenimiento Lúmenes a 2000h	85 %
Mantenimiento Lúmenes a 5000h	77 %
Mantenimiento Lúmenes a 10000h	71 %

Luminancia Balasto Conv.	1,05 cd/cm <sup>2</sup>
Coordenada Cromática X	381 -
Coordenada Cromática Y	379 -

##### • Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	8 W
Pot. de Lámpara con Bal. Conv.	7,1 W
Voltaje de la Lámpara Cor. Lámpara con Bal. Convenc.	56 V
	0,15 A
Regulable	Sí

##### • Características Medioambientales

Etiqueta Eficiencia Energética	A
Contenido de mercurio (Hg)	3,0 mg
Energía consumption kWh/1000h	8 kWh

##### • Características de Dimensiones

Longitud Casullo-Casullo A	288,3 (max) mm
Longitud B de Inserción	293,0 (min), 295,4 (max) mm
Longitud Total C	302,5 (max) mm
Diámetro D	16 (max) mm

**PHILIPS**

## 5. Fluorescente roscado Master Stairway



### MASTER Stairway

MASTER Stairway 20W/827 E27 1CH

Las lámparas de bajo consumo con encendido rápido y ciclos de conmutación de encendido/apagado ilimitados se pueden usar cuando se necesita encender/apagar la lámpara muy a menudo.

#### Datos del producto

##### • Características Generales

Base/Casquillo	E27
Forma de la lámpara	Stick
Vida al 50% de Fallos	20000 hr
Nominal Lifetime	20000 hr
Vida útil nominal (h)	20000 hr
Vida útil nominal (años)	20 an

##### • Características de la Fuente de Luz

Código de Color	827 (CCT of 2700K)
Índice Reproducción Cromática	82 Ra8
Destenación de Color	Blanco Cálido
Temperatura de Color	2700 K
Temperatura Técnica de Color	2700 K
Flujo Luminoso Lámpara	1230 Lm
Flujo luminoso nominal	1230 Lm
Eficiencia Luminosa Lámpara	61.5 Lm/W
Mantenimiento Lúmenes a 2000h	95 %
Mantenimiento Lúmenes a 5000h	90 %
LLMF – final vida útil nominal	65 %
Coordenada Cromática X	460 -
Coordenada Cromática Y	415 -

##### • Características Eléctricas

Potencia nominal	20.0 W
Pot. de la Lámpara Estimada	20 W
Factor de Potencia	0.6 -
Tensión de Red	220-240 V
Corriente de la Lámpara mA	145 mA
Frecuencia de Red	50/60 Hz
Regulable	No
Potencia equivalente	90 W
Tiempo de arranque	1.0 s
Calentamiento hasta 60% flujo lum	5 (min), 30 (max) s

##### • Características Medioambientales

Etiqueta Eficiencia Energética	A
Contenido de mercurio (Hg)	1.41 (nom), 1.5 (max) mg
Energía consumption kWh/1000h	20 kWh

##### • Condiciones de Medición

Ciclo de conmutación	500000X
----------------------	---------

##### • Características de Dimensiones

Longitud Total C	137.2 (max) mm
Diámetro D	39.6 (max) mm
Anchura F	48.0 (max) mm

**PHILIPS**

## 6. Tubo fluorescente Master TL5 H E 35W



### MASTER TL5 H E

#### MASTER TL5 HE 35W/840 1SL

Esta lámpara TL5 (diámetro de tubo de 16 mm) tiene una elevada eficacia luminica, que tiene como resultado un bajo consumo de energía. La lámpara TL5 de alta eficiencia ofrece un mantenimiento lumínico excelente y una buena reproducción del color. Las zonas de aplicación son oficinas, industria, edificios públicos y gubernamentales, escuelas, hospitales e iluminación de instalaciones deportivas cubiertas.

#### Datos del producto

##### • Características Generales

Descripción del Sistema	Alta Eficiencia
Base/Casquillo	G5
Información Base/Casquillo	disco verde
Forma de la lámpara	T5 [16 mm]
Vida 10% fall c/ precald EL 3 h	19000 hr
Vida Media	24000 hr
Ba.Elec.Precaldeo	
LSF HF precald	99 %
2.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
4.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
6.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
8.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
12.000h nom, 3h	
LSF HF precald	97 %
16.000h nom, 3h	
LSF HF precald	84 %
20.000h nom, 3h	

##### • Características de la Fuente de Luz

Código de Color	840 [CCT of 4000K]
Índice Reproducción Cromática	80 (min), 82 (nom), 85 (max) Ra8
Designación de Color	Blanco Frío
Temperatura de Color	4000 K
Flujo lum EL 25°C, nominal	3325 Lm

Flujo lum EL 25°C, nominal	3325 Lm
Flujo Lum.Lámp.c.Bal.Elec. 35°C	3650 Lm
Eficacia lum nominal HF 25°C	94 Lm/W
Eficacia lum nominal HF 35°C	105 Lm/W
LLMF HF 2.000 h nominal	96 %
LLMF HF 4.000 h nominal	95 %
LLMF HF 6.000 h nominal	94 %
LLMF HF 8.000 h nominal	93 %
LLMF HF 12.000 h nominal	92 %
LLMF HF 16.000 h nominal	91 %
LLMF HF 20.000 h nominal	90 %
Temperatura de diseño	35 C
Coordenada Cromática X	380 -
Coordenada Cromática Y	380 -

##### • Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	35 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	35.5 W



**PHILIPS**



## 7. Fluorescente Master PL-C 13W



### MASTER PL-C 4 Patillas

MASTER PL-C 13W/840/4P 1CT

MASTER PL-C es una eficiente lámpara fluorescente compacta de nivel de vatios medio, utilizada normalmente en downlights generales para aplicaciones en comercios, hostelería y oficinas. La tecnología puente original inventada por Philips garantiza un rendimiento óptimo en la aplicación, lo que permite más luz y mayor eficacia que la tecnología doblada. La versión de 4 patillas se ha diseñado para su uso en equipos de control HF con precaldeo integrado y se proporciona con un casquillo enchufable/extrahible.

#### Datos del producto

##### • Características Generales

Base/Casquillo	G24e-1
Información Base/Casquillo	4P (4 Patillas)
Vida 10% fail c/ precald EL 3 h	8000 hr
Vida Media	13000 hr
Bal.Elec.Precaldeo	
LSF HF precald	99 %
2.000h nom, 3h	
LSF HF precald	98 %
4.000h nom, 3h	
LSF HF precald	97 %
6.000h nom, 3h	
LSF HF precald	90 %
8.000h nom, 3h	
LSF HF precald	60 %
12.000h nom, 3h	

##### • Características de la Fuente de Luz

Código de Color	840 (CCT of 4000K)
Índice Reproducción Cromática	82 Ra8
Destonación de Color	Blanco Frío
Temperatura de Color	4000 K
Flujo lum EM 25°C, nominal	925 Lm
Flujo lum EM 25°C, nominal	925 Lm
Flujo lum EL 25°C, nominal	925 Lm
Flujo lum EL 25°C, nominal	925 Lm

Eficacia lum nominal EM 25°C	69 Lm/W
Eficacia lum nominal HF 25°C	69 Lm/W
LLMF HF 2.000 h nominal	92 %
LLMF HF 4.000 h nominal	87 %
LLMF HF 6.000 h nominal	83 %
LLMF HF 8.000 h nominal	81 %
Temperatura de diseño	28 C
Coordenada Cromática X	380 -
Coordenada Cromática Y	380 -

##### • Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	13 W
Potencia lámpara EM 25°C, nom	13.0 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	13.0 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	13.4 W
Tensión lámpara EM 25°C	95 V
Volt.Lámpara con Bal.Elec 25°C	95 V
Corriente lámp EM 25°C	0.170 A
Cor. Lámpara con Bal.Elec.25°C	0.170 A



www.philips.com

**PHILIPS**

## 8. Alumbrado de emergencia serie Nova

**Serie Nova**  
Supuso una revolución en la iluminación de emergencia; una única luminaria dotada de distintos accesorios capaces de conseguir diferentes aplicaciones (Nova Empotrado, Nova Superficie, Nova Biplano Empotrado, Nova Biplano Superficie, Nova Estanco), como si de diferentes luminarias de emergencia se tratara. Una clásica de Daisalux, que por su reducido coste, su funcionalidad y su carácter atemporal sigue integrándose en los más actuales ambientes arquitectónicos.

Modelo	Autonomía	Lumenes	Lampara emerg.	Piloto carga
<b>No permanentes:</b>				
NOVA N1	1 h	70	FL 8 W	LED blanco
NOVA N2	1 h	95	FL 8 W	LED blanco
NOVA N3	1 h	150	FL 8 W	LED blanco
NOVA N5	1 h	215	FL 8 W	LED blanco
NOVA N6	1 h	320	FL 8 W	LED blanco
NOVA N8	1 h	435	FL 8 W	LED blanco
NOVA N11	1 h	570	PL 11 W	LED blanco
NOVA 2N3	2 h	100	FL 8 W	LED blanco
NOVA 2N7	2 h	255	FL 8 W	LED blanco
NOVA 3N4	3 h	210	FL 8 W	LED blanco
<b>Nova cámaras frigoríficas</b>				
NOVA N2 FR20 (1)	1 h	74	FL 8 W	Temperatura de -20º a 0º
NOVA N2 FR40 (1)	1 h	74	FL 8 W	de -40º a -20º

Modelo	Autonomía	Lumenes	Lampara emerg.	Lampara en red	Piloto carga
<b>Combinados (2)</b>					
NOVA C3	1 h	145	FL 8 W	FL 8 W	LED blanco
NOVA C5	1 h	300	FL 8 W	FL 8 W	LED blanco
NOVA C8	1 h	420	FL 8 W	FL 8 W	LED blanco
NOVA 2C5	2 h	255	FL 8 W	FL 8 W	LED blanco
NOVA 3C4	3 h	200	FL 8 W	FL 8 W	LED blanco

**Serie Nova TCA** Especifica para Autotest y Sistema Daisalux  
Incorpora microprocesador para funcionamiento en modo Autotest y Sistema de gestión centralizada Daisalux.

Modelo	Autonomía	Lumenes	Lampara emerg.	Piloto carga
<b>No permanentes TCA:</b>				
NOVA N2 TCA	1 h	90	FL 8 W	LED blanco
NOVA N3 TCA	1 h	160	FL 8 W	LED blanco
NOVA N5 TCA	1 h	205	FL 8 W	LED blanco
NOVA N6 TCA	1 h	315	FL 8 W	LED blanco
NOVA N8 TCA	1 h	400	FL 8 W	LED blanco
NOVA N11 TCA	1 h	485	PL 11 W	LED blanco
NOVA 2N3 TCA	2 h	140	FL 8 W	LED blanco
NOVA 2N5 TCA	2 h	265	FL 8 W	LED blanco
NOVA 3N3 TCA	3 h	160	FL 8 W	LED blanco
<b>Combinados TCA: (2)</b>				
Se pueden suministrar modelos Combinados TCA bajo pedido. Consultar con fábrica.				
Central de Test TNA para NOVA TCA: Consultar página 32.				

Acabado de:	Descripción	Marcado
Color	Bianco (de serie) Negro	---- (NEGRO)

Referencia:	Descripción	Flujo resultante
K80 NOVA	Difusor biplano opal	36%
K81 NOVA	Difusor biplano transparente	107%
K82 NOVA	Caja de empotrar blanca (1)	88%
K83 NOVA	Caja de empotrar negra (1)	88%
K84 NOVA	Caja estanca IP 65 IK 08	105%
ET...	Recubrimiento de emergencia (Adhesivos) (consultar página siguiente)	71%

**Ejemplo de pedido:**  
Pedido de 30 luminarias de emergencia modelo NOVA N11, empotrado, con difusor biplano opal:  
30 NOVA N11  
30 K82 NOVA  
30 K80 NOVA

**Funcionamiento, Datos comunes y Notas**  
(1) Incluye caja estanca con Grado de Protección IP 65 IK 08.  
(2) Los modelos Combinados tienen dos tubos, uno de los cuales se puede encender y apagar en presencia de red, mientras que el otro entra en funcionamiento ante un fallo de red. Aparatos no aptos para empotrar en pared o techo si no existen garafitos de renovación de aire interno.  
(3) Caja de empotrar (K8 NOVA): Apta para colocación en pared y techo de panel de yeso, madera, chapa, escayola...

## 9. Catálogo Atersa xxx-M GS



### A-xxxM GS (xxx = potencia nominal)

#### Características eléctricas

	245 W	250 W	255 W	260 W	265 W
Potencia Máxima (Pmax)	245 W	250 W	255 W	260 W	265 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30.20 V	30.70 V	30.70 V	30.70 V	31.20 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	8.11 A	8.15 A	8.30 A	8.47 A	8.49 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37.40 V	38.10 V	38.10 V	38.10 V	38.40 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8.76 A	8.80 A	8.92 A	9.02 A	9.04 A
Eficiencia del Módulo (%)	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema (TUV/UL)	DC 1000 V				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±3				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiancia de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancia medida STC: ±2% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

#### Especificaciones mecánicas

Dimensiones	1640x992x40 mm
Peso	19.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

#### Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Monocristalina / 156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aluminio de aluminio anodizado / plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67
Cable (longitud/sección) / Conector	1100 mm. (1000 mm.)/4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4