Proyecto cofinanciado por el ***Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del Interreg V-A España-Portugal****(POCTEP) 2014-2020*

Manual de buenas prácticas energéticas en plantas acuícolas

Actividad 3. Nuevos modelos empresariales para la acuicultura y la energía renovables

Acuaenergy: Mejora de la competitividad de las plantas acuícolas a través de la eficiencia energética

Manual de buenas prácticas energéticas en plantas acuícolas

1 INTRODUCCIÓN 6

2 CONSIDERACIONES GENERALES 8

3 MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 10

3.1 Diagnóstico/Auditorias Energéticas 10

3.1.1 Contexto 12

3.1.2 Objetivo 17

3.1.3 Procesos y equipos afectados 18

3.1.4 Ahorros alcanzados 18

3.1.5 Casos de referencia 18

3.2 Control de la facturación 19

3.2.1 Ajuste de la potencia contratada 19

3.2.2 Desplazamiento de carga para períodos tarifarios más económicos 22

3.2.3 Ajuste del factor de potencia 23

3.3 Instalación de equipos de eficiencia energética 26

3.3.1 Uso de variadores de frecuencia 26

3.3.2 Instalación de arrancadores suaves 31

3.4 Actuaciones sobre motores eléctricos 33

3.4.1 Sustitución por motores de alta Eficiencia 33

3.4.2 Sustitución de motores averiados por motores de alta Eficiencia 38

3.4.3 Sustitución de motores sobredimensionados 41

3.5 Actuaciones sobre bombas 43

3.5.1 Análisis de los puntos de funcionamiento óptimos de los bombeos 43

3.5.2 Sustitución de bombas sobredimensionadas 47

3.6 Optimización del sistema de climatización de agua 49

3.6.1 Aprovechamiento de energía térmica de los compresores 49

3.6.2 Aprovechamiento de la energía térmica del efluente de salida para precalentar el agua de mar 52

3.6.3 Aprovechamiento térmico del aire en soplantes 54

3.6.4 Sustitución de las calderas de combustión por bombas de calor 55

3.7 Procesos de Oxigenación 57

3.7.1 Implantación de tecnología de aireación por difusión 57

3.7.2 Empleo de tecnologías de soplantes más eficientes 60

3.7.3 Limpieza del circuito aireación 62

3.7.4 Redimensionamiento de soplantes y compresores 65

3.7.5 Sistemas de control para el sistema de aireación 66

3.8 Sistema de desinfección 67

3.8.1 Utilización de lámparas UV de baja presión 67

3.8.2 Regulación del sistema de desinfección ultravioleta 68

3.9 Instalación de autotransformadores 69

3.9.1 Contexto 69

3.9.2 Objetivo 71

3.9.3 Procesos y equipos afectados 71

3.9.4 Casos de aplicación 71

3.9.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida 71

3.9.6 Ahorro Energético 72

3.9.7 Casos de referencia 72

3.10 Mejora del sistema de iluminación 73

3.10.1 Contexto 73

3.10.2 Objetivo 74

3.10.3 Procesos y equipos afectados 74

3.10.4 Casos de aplicación 74

3.10.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida 74

3.10.6 Ahorro Energético 74

3.10.7 Casos de referencia 75

3.11 Plataforma de monitorización y supervisión energética 76

3.11.1 Contexto 76

3.11.2 Objetivo 77

3.11.3 Procesos y equipos afectados 77

3.11.4 Casos de aplicación 77

3.11.5 Datos principales para la evaluación de la medida 77
3.11.6 Ahorros alcanzados 77
3.11.7 Casos de referencia 77
4 MEJORAS EN ELSISTEMA HIDRÁULICO 78
5 INSTALACIONES DE ENERGÍA RENOVABLE 81
5.1 Energía solar fotovoltaica 81
5.1.1 Contexto 81
5.1.2 Objetivo 82
5.1.3 Casos de aplicación 82
5.1.4 Datos principales necesarios para evaluación de la medida 83
5.1.5 Ahorro energético 83
5.1.6 Casos de referencia 84
5.2 Energía Eólica 85
5.2.1 Objetivo 87
5.2.2 Procesos y equipos afectados 87
5.2.3 Casos de aplicación 87
5.2.4 Datos principales necesarios para evaluación de la medida 87
5.2.5 Ahorro Energético 88
5.2.6 Casos de referencia 89
5.3 Energía hidráulica 90
5.3.1 Contexto 90
5.3.2 Objetivo 90
5.3.3 Procesos y equipos afectados 90
5.3.4 Casos de aplicación 90
5.3.5 Datos principales para la evaluación de la medida 92
5.3.6 Ahorros alcanzados 92
5.3.7 Casos de referencia 92
5.4 Calderas de biomasa 93
5.4.1 Contexto 93
5.4.2 Objetivo 94
5.4.3 Procesos y equipos afectados 94

5.4.4 Casos de aplicación 94

5.4.5 Datos principales necesarios para la evaluación de la medida 95

5.4.6 Ahorros alcanzados 95

Manual de buenas prácticas energéticas en plantas acuícolas

1 INTRODUCCIÓN

Alrededor del 75 % de las pesquerías marinas con mayor valor han sido capturadas hasta su límite e incluso están siendo sobreexplotadas. Al mismo tiempo, el consumo mundial de pescado ha aumentado de 45 millones de toneladas en 1973 a más de 130 millones en 2000, y la FAO estima que serán necesarios 40 millones de toneladas más en el año 2030 sólo para mantener los actuales niveles de consumo. Con el fin de servir a esta creciente demanda a largo plazo, se han fortalecido las alternativas sostenibles. La más prometedora es el sector de la acuicultura. Su tasa de rápido crecimiento (8% al año desde los años 80) es la más alta en la industria agroalimentaria, representando actualmente casi la mitad del pescado que se consume a nivel mundial (frente al 9% en 1980).

Para conseguir una acuicultura sostenible es necesario incidir fundamentalmente en 3 aspectos: la gestión de nutrientes, la gestión del agua y la gestión de la energía.

Tradicionalmente, los esfuerzos del sector para reducir costes se han centrado en actuar sobre las dos primeras variables, optimizando las tasas de crecimiento y pervivencia de la biomasa, considerando la energía como un componente colateral, de menor importancia. Pero el rápido y continuo incremento de los costes de la energía ha ido apretando los márgenes de los productos finales, obligando a la industria a reconducir ese planteamiento.

Los principales costes energéticos de las plantas acuícolas proceden de dos procesos: el bombeo y, en el caso de especies que lo requieran, el mantenimiento de las temperaturas adecuadas en los tanques de agua.

Cuando se habla de bombeo la razón del elevado consumo, en este caso eléctrico, es evidente. La mayoría de las plantas tiene pozos de captación de agua de mar, que debe bombearse desde el punto de acometida hasta la entrada a la planta, y moverse por el interior de la misma. Alejar las plantas de la costa implica incrementar los requisitos de estos bombeos, lo que puede llegar a hacer inviable una localización, desde el punto de vista económico.

Mantener temperaturas estables en los tanques de agua supone también un importante consumo energético, en este caso de tipo térmico, puesto que estamos hablando de agua en la mayoría de los casos procedente directamente del mar, que debe alcanzar una temperatura superior y mantenerla. Aunque el salto térmico no es elevado, la ingente cantidad de agua a calentar provoca que el consumo térmico sea también muy elevado.

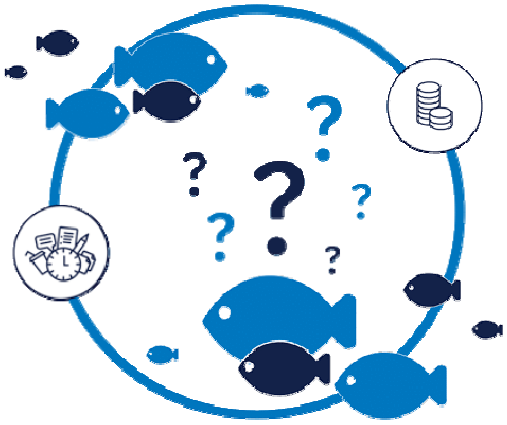
Las plantas acuícolas tiene además otros consumos, como las cámaras de refrigeración, la iluminación y ofimática, climatización de la zona de oficinas, ... pero normalmente su demanda es inferior.

Pero no hay que olvidar que donde hay elevados consumos, hay también siempre posibilidades de ahorro.

En los últimos años, la importancia de la correcta gestión energética, tanto a nivel económico como ambiental, se ha puesto de manifiesto en todos los sectores productivos, y ha derivado en el desarrollo de nuevos equipos y sistemas más eficientes y en la generalización de las energías renovables para autoconsumo.

De ahí que, dentro del proyecto Acuaenergy, se hayan analizado y evaluado aquellas medidas de ahorro y eficiencia energética que se ajustan a las necesidades de las plantas acuícolas.

A continuación, se procederá a describir las principales medidas consideradas, aplicadas en muchos casos en las auditorías energéticas realizada, en las que se ha tenido en cuenta tanto el posible interés y beneficio de la industria y los desarrollos tecnológicos existentes como las limitaciones de las tecnologías, de las plantas y del propio proyecto, ajustándose a los condicionantes económicos y temporales del mismo.



2 CONSIDERACIONES GENERALES

- La eficiencia energética debe verse como una oportunidad para ahorrar energía y costes, pero también, desde una perspectiva más amplia como:
  - Una vía para abrir nuevos mercados y llegar a nuevos clientes
  - Una optimización en la gestión y los procedimientos de la planta, que favorece la implantación de procedimientos de mejora continua.
  - la forma más adecuad para plantear un rediseño óptimo de la planta, o la sustitución de equipos y procesos obsoletas
  - La posibilidad de disminuir las emisiones provocadas por la planta, favoreciendo la sostenibilidad tanto del entorno inmediato como de todo el planeta.

- Los principales consumos energéticos en las plantas acuícolas se dan en el bombeo de acometida/rebombeo (en caso de plantas con recirculación) y en la climatización del agua, en las plantas en las que existe este proceso.
  Por lo tanto, son en estos puntos donde se debe incidir a la hora de establecer mejoras energéticamente eficientes.

- La eficiencia energética en una planta debería empezar en la fase de diseño de la misma. Tradicionalmente, los diseños se han centrado en una optimización del espacio disponible y de las condicione de supervivencia y crecimiento de la biomasa, pero deberían considerar transversalmente el uso de tecnologías eficientes energéticamente hablando y la implantación de energías renovables.

- No s e puede mejorar lo que no se conoce, y no se puede conocer lo que no se controla. Por eso es imprescindible que las plantas cuenten con sistemas de monitorización y control energético de los diferentes equipos y procesos. No siempre es necesario contar con complejas tecnologías IT, pero sí es muy recomendable establecer protocolos de medición de las diferentes variables de consumo, especialmente en os puntos más críticos, y analizar los datos obtenidos, definiendo estrategias de actuación.

- También es necesario llevar una contabilidad energética a partir de la facturación. Esta no se debe limitar simplemente a recoger el gasto económico que supone, puesto que hoy en día las facturas aporta información muy relevante: potencias demandadas, períodos diarios de consumo, evolución anual del consumo, consumo de reactiva,... que pueden resultar un sencillo aviso de que algo va mal o que se puede mejorar.

- Una buena forma de empezar ese trabajo de control es realizar un estudio energético o auditoría que permita conocer en detalle la situación energética de la planta y ponga sobre la mesa las diferentes opciones de ahorro existentes.

- Cuando por averías o fin de la vida útil sea necesario substituir un equipo, es imprescindible seleccionar una opción energéticamente más eficiente que la existente. Eso es relativamente sencillo, puesto que en la mayoría de los caos, las mejoras tecnológicas suponen que los equipos disponible en el mercado sean cada vez más eficientes. pero incluso siendo ambicioso, y optando pos soluciones más eficientes y más costosas, el posible sobrecoste se recupera rápidamente con los ahorros obtenido.

- Es importante de concienciar y formar al personal en la necesidades de implementar la eficiencia energética en la planta. De nada valen las grandes inversiones en equipos eficientes si estos no se utilizan correctamente.

Fig. 1 Interior de un planta acuícola. Fuente: Hanna instruments

3 MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

A continuación, pasaremos a detallar cada una de las soluciones analizada, exponiendo el contexto en el que se sitúa, el objetivo de la misma, los procesos afectados por la medida, los equipos relacionados, los casos de aplicación para los que la medida resulta adecuada, así como los ahorros energéticos y casos de referencia que hayan adoptado esa solución.

Algunas de las medidas desarrolladas inciden directamente en el ahorro energético, especialmente en el uso de sistemas más eficientes. Pero también se proponen medidas relacionadas con la implantación de energías renovables, y a ahorros puramente económicos, relacionados fundamentalmente con una gestión correcta de la facturación eléctrica.

Los ahorros propuestos se han establecido a partir de estrategias de cálculo, pero también en base a casos exitosos analizados. Puesto que la casuística de cada planta es diferente, la valoración de ahorros obtenidos en cada caso particular debe realizarse mediante la comparación de los consumos antes y después de la implantación de la medida. Para ello, es imprescindible diseñar e implantar un correcto sistema de medición y control, que redundará positivamente en la gestión de la planta.

3.1 DIAGNÓSTICO/AUDITORIAS ENERGÉTICAS

Una de las actividades fundamentales para mejorar la eficiencia energética en cualquier planta o proceso es profundizar en las características del consumo energéticos, en cómo, dónde y cuándo se produce, cuánto cuesta, qué problemas existen...

Las Auditorías Energéticas tienen como objetivo principal la identificación y evaluación de oportunidades de ahorro energético en cada proceso de la instalación acuícola bajo análisis de forma personalizada, priorizándolas según su rentabilidad y el período de retorno.

Entre los principales beneficios que pueden alcanzar las empresas responsables de las instalaciones destacan:

- Optimizar el consumo de recursos energéticos e incorporar mejores prácticas y nuevas tecnologías energéticas que permitan a las instalaciones lograr un equilibrio entre mantener o mejorar los parámetros de producción pesquera con una reducción de sus costos de producción;
- Incrementar la vida útil de las instalaciones o equipos, buscando las condiciones de funcionamiento más adecuadas y evitando sobredimensionamientos o sobrecargas;
- Mejorar la imagen de la empresa contribuyendo a la protección del medio ambiente reduciendo las emisiones de CO_2

- En el ámbito organizativo, el establecimiento de un Sistema de Gestión Energética permitirá a las entidades gestoras de la instalación incrementar significativamente la capacidad de seguimiento continuo del consumo energético y la posibilidad de identificar oportunidades para reducir el consumo energético y costes asociados;

La auditoría es un primer paso para descubrir la trazabilidad de la energía, asignando costos y consumos en relación a las líneas de proceso de producción.

La Auditoría incluye la revisión, valoración e inventario de:

- Tipología de planta
- Funcionamiento de la misma
- Elementos constructivos de fachadas, cubiertas y suelos, elementos acristalados (carpintería y vidrios) y otros elementos de cierre (puertas, portones, lucernarios, etc)
- Instalaciones y equipos de consumo eléctrico.

Se estudian tanto los suministros energéticos (electricidad, biomasa, gas natural, etc), como los equipos, sistemas e instalaciones de energía presentes en estas dependencias (iluminación, climatización, bombas, etc).

Mediante la Auditoría se determinará el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones, el estado de sus componentes y sus consumos energéticos de los diferentes edificios, con el objetivo de:

- Inventariar los equipos y sistemas existentes y su estado.
- Identificar y cuantificar el potencial de ahorro de energía en las instalaciones y equipamiento energético.
- Analizar la situación de la envolvente (cerramientos y huecos) del edificio
- Analizar las condiciones reales de funcionamiento de los principales equipos.
- Identificar y evaluar las alternativas de mejora viables técnica y económicamente.
- Mejorar la eficiencia y el ahorro energético.
- Adecuar y adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.
- Implementar soluciones de energías renovables

El objetivo final es la propuesta de actuaciones arquitectónicas y de instalaciones de mejora del comportamiento energético de cada una de las plantas auditadas, que permitan reducir el consumo energético de los edificios. Como resultado principal, los responsables de las platas conocerán e detalle el desempeño energético que en ellas se produce y dispondrán de un listado detallado de actuaciones encaminadas a obtener un ahorro significativo de energía primaria de origen no renovable.

3.1.1 CONTEXTO

Los trabajos de Auditoría energética deben realizarse sobre la totalidad planta acuícola.

La Auditoría incluye la revisión, valoración e inventario de:

- Elementos constructivos de muros, cubiertas y suelos
- Instalaciones y equipos de consumo energético
- Sistemas de generación de energía.

3.1.1.1 Metodología de ejecución de los trabajos

Fase 1. Solicitud de información inicial

El primer paso consiste en la solicitud de información inicial, que permitirá al equipo consultor obtener un conocimiento previo y la contextualización del trabajo a desarrollar y de la instalación a evaluar. Esta fase incluye:

- Contacto con la empresa responsable de la gestión de la instalación, para explicar el estudio a realizar, la documentación a aportar, posibles pruebas y mediciones, interacción con los procesos productivos de las mismas, etc.
- Se establecen las personas responsables de aportar la documentación, las fechas de las visitas y el personal presente y de contacto, a nivel de la gestión y mantenimiento.
- Solicitud de información tipo, que incluye los principales aspectos técnicos a tener en cuenta para la elaboración de la Auditoria Energética.

La información solicitada debe incluir los siguientes puntos:

a. Contabilización de consumos energéticos:
- Facturación energética relativa a los años en análisis;
- Registros y curvas de consumo de contadores/ analizadores parciales;
- Registros de variables de operación.

b. Planos de las instalaciones (en la medida del posible).
- Esquema descriptivo del proceso de producción.
- Esquemas unifilares.

c. Datos de los equipos e instalaciones:
- Características técnicas de los equipos;
- Régimen de funcionamiento;
- Potencia nominal y/o carga de funcionamiento;
- Rendimientos y otras variables operativas.
- Proyectos/informes relacionados con las instalaciones presentes en la planta.

d. Memoria de control de funcionamiento de las instalaciones.
- Parámetros de funcionamiento de los equipamientos principales.

Debe ser igualmente solicitada a la entidad responsable por la instalación acuícola/ piscícola la colaboración del personal cualificado y responsable por el proceso productivo, facilitando la disponibilidad de la información necesaria y la aclaración de dudas que surjan durante el diagnóstico, para permitir el correcto desarrollo del estudio.

Fase 2. Análisis de la información recibida

Una vez recibida la información solicitada, se realiza un análisis de los resultados con el equipo técnico responsable del estudio, estableciéndose un pre-diagnóstico de la instalación acuícola/ piscícola en el ámbito energético.

Partiendo de esa información, es posible ejecutar una planificación de los trabajos de campo a realizar, pudiéndose establecer una check- list de los puntos a estudiar en las visitas técnicas. El objetivo es que el técnico encargado de las vistas realice el trabajo de campo ya disponiendo de una base de informaciones considerable que le permita optimizar las visitas, enfocándose en los puntos de mayor incidencia en la curva de consumo de la instalación.

Fase 3. Trabajo de campo

El trabajo de campo consiste en la realización de las visitas necesarias para recolectar y solicitar la información necesaria para el desarrollo del estudio. En función de la capacidad de la empresa para facilitar la información inicial, estas visitas pueden ser efectuadas simultáneamente a la solicitud de información. Una vez iniciado el trabajo de gabinete y la elaboración del informe final, podrá haber la necesidad de algunas aclaraciones de dudas que irán a surgir durante la realización de los trabajos.

Para las visitas, los técnicos se personaran en la planta en el horario acordado, tras contactar con el responsable.

En primer lugar, confirmaran con el personal presente y mediante una inspección visual la información general de uso del edificio:

- Dirección, Orientación del edificio
- Estado de la envolvente: cerramientos exteriores, cubiertas y soleras
- Diversidad de usos y funciones de las distintas dependencias
- Horarios y condiciones de funcionamiento.
- Equipos consumidores de energía eléctrica
- Calderas, bombas de calor, termos eléctricos. Sistemas de climatización y de ACS
- Iluminación
- Equipos de bombeo. Bombas de impulsión y retorno de fluidos
- Sistemas de gestión, telegestión y control
- En general, toda aquella información que resulte de interés a la hora de describir energéticamente la planta y sus sistemas

A continuación, se visitaran la totalidad de las dependencias de la planta, registrando toda la información necesaria para la elaboración del inventario y de los estudios de eficiencia energética.

Entre otras actuaciones se elaborará un completo reportaje fotográfico.

El inventario de los edificios deberá contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Relacionada con la situación y datos geométricos de los edificios y equipamientos:

- Dirección del emplazamiento de la instalación o edificio
- Relación del número de edificaciones o pabellones existentes en el mismo emplazamiento o parcela dentro del alcance del trabajo
- Superficie construida de cada edificación o construcción
- Indicación del número de plantas construidas sobre y bajo rasante de cada edificio o construcción
- Desglose de los distintos usos de los edificios o instalaciones por plantas
- Principales características constructivas de las edificaciones (composición de los elementos estructurales y envolventes de los edificios y construcciones)

2. Relacionada con las condiciones de funcionamiento la planta:

- Tipología de planta
- Características de la producción obtenida
- Procesos productivos realizados en la planta
- Horarios de funcionamiento. Horario de cada una de las actividades desarrolladas en las instalaciones y edificaciones.
- Número de ocupantes: personal y usuarios

El inventario de los sistemas de energía de las instalaciones térmicas y de climatización contendrá información de los siguientes equipos:

1. Sistemas de bombeo existentes

2. Equipos del sistema de producción de calor: Calderas, Bombas de circulación: impulsión y retorno de fluidos. Grupo de trasiego del combustible (gasoil), Elementos emisores de calor: radiadores, fancoils, suelo radiante,...

3. Equipos del sistema de climatización y refrigeración: Unidades de producción, Bombas de circulación, Climatizadoras / enfriadoras, Torres de refrigeración, Deshumidificadora, Sistema de refrigeración por aire (Free-cooling), Máquinas de absorción.

4. Iluminación interior y exterior

5. Regulación y control de los sistemas. Temporadas y horarios de funcionamiento de las instalaciones

6. Instalaciones de energías renovables

7. Grupos electrógenos

8. Cámaras frigoríficas y de congelación

9. Otros equipos: Suministro de oxígeno, depuración de aguas, etc.

El inventario de los sistemas de iluminación interior e iluminación exterior deberán contener, como mínimo, la siguiente información:

1. Iluminación interior: ubicación, luminarias, lámparas.

2. Iluminación exterior: ubicación, luminarias, lámparas, equipos auxiliares.

3. Regulación y control de la iluminación interior y exterior. Temporadas y horarios de funcionamiento de las instalaciones

4. Otros equipos: no contemplados anteriormente pero correspondientes o relacionados a las instalaciones de iluminación interior y exterior.

Mediciones

Se llevarán a cabo mediciones de las condiciones de funcionamiento de los equipos cuando previamente, mediante la información aportada o la revisión de la facturación, o bien como consecuencia de una visita realizada, se detecten posibles anomalías de funcionamiento, incongruencias en los datos, etc.

Las mediciones y tomas de datos se llevarán a cabo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Conocimiento y acuerdo previo del Responsable del Contrato y el responsable de la instalación
- Empleo de los aparatos y equipos de medida apropiados, homologados y calibrados.
- Dotación del personal técnico cualificado en la realización de las mediciones. Las operaciones necesarias para las mediciones y las técnicas de medición deben contar con las medidas necesarias de forma que se reduzca al máximo las interferencias en el proceso productivo y al personal de mantenimiento de los equipos y se garantice la seguridad al personal, usuarios y equipos de la instalación.
- Cumplimiento de la normativa de aplicación en cada caso.

Analizadores de redes: Se instalarán analizadores de redes en los cuadros secundarios correspondientes a cada edificación, que recojan datos de un mínimo de dos días para establecer los perfiles de consumo eléctrico en días laborables y no laborables. Está prevista la instalación de un mínimo de 3 analizadores.

Cámara termográfica. Una inspección de la fachada con infrarrojos es un método no destructivo y sin contacto que permite capturar una imagen con los infrarrojos de la fachada del edificio objetivo mediante cámaras termográficas avanzadas para medir la temperatura de la superficie del objetivo y el cálculo de separaciones y desconchados de las superficies de la fachada, localizando puntos conflictivos, fisuras, etc. Se

realizará un reportaje termográfico de la envolvente y los equipos más representativos o críticos.

Luxómetros. Se realizarán mediciones de intensidad lumínica en las diferentes estancias del edificio, para verificar el grado de cumplimiento de los requisitos establecidos para la iluminación de los puestos de trabajo, y para comprobar la uniformidad de la iluminación disponible.

Caudalímetro. Para la medición del caudal que circula por los principales equipos de bombeo se utilizará un caudalímetro portátil por ultrasonidos. De este modo, se espera establecer la relación entre el consumo energético de los bombeos y otros procesos y equipos y los diferentes puntos de trabajo que se registran a lo lago de día.

Fase 4. Trabajo de gabinete

Toda la información recabada se organizará y, ya en oficina, se procederá al volcado de toda la información recogida en los formatos adecuados (Excel, Access, visores de imagen) para el posterior tratamiento de los mismos.

Los datos recogidos serán analizados por el equipo técnico para:

- Actualizar y completar el inventario de equipos consumidores y productores de energía
- Establecer los principales procesos productivos , su consumo energético, el coste de la energía demandada y las interacciones energéticas entre ellos
- Localizar puntos críticos, ineficiencias y oportunidades de mejora
- Desarrollar, parar aquellos elementos, sistemas o equipos en los que se ha observado una posibilidad de mejora, las medidas a implementar para optimizar su consumo, siempre sin alterar el proceso productivo o, en todo caso garantizando un impacto neutro o positivo.
- Estudiar ofertas económicas reales y viables para las medidas de mejora propuestas.

Estos trabajos pueden realzarse en paralelo con el trabajo de campo, pudiendo ser necesario ampliar el número de visitas previstas inicialmente para concretar resultados o despejar dudas.

Fase 5. Elaboración del informe

En esta fase se realizará la elaboración de la Auditoría Energética propiamente dicha, apoyándose en toda la información recabada y analizada en las fases anteriores. La auditoría contendrá el diagnóstico y análisis de la información recabada, las propuestas de mejora a nivel particular y global y el análisis energético y económico de las propuestas elaboradas.

El informe tendrá como mínimo los contenidos establecidos en la Norma UNE 2l650l2009. Para su correcto desarrollo se tendrán en cuenta las siguientes etapas:

1. Descripción de la planta y de su actividad
2. Análisis técnico y económico de los diferentes suministros energéticos
3. Análisis de la demanda, a partir de datos de facturación, equipos consumidores, horarios, perfiles de consumo, etc.
4. Balance energético
5. Determinación de puntos críticos, ineficiencias y oportunidades de mejora.
6. Diseño de propuestas de mejora.
7. Evaluación técnica y económica se las propuestas de mejora.
8. Plan de implantación de las mejoras.
9. Recomendaciones y buenas prácticas.

El informe de la auditoria energética describirá los puntos anteriormente mencionados con un nivel suficiente de detalle y contendrá gráficos, fotografías, tablas y esquemas que permitan una interpretación sencilla y fácil del documento.

Las medidas propuestas irán dirigidas a la reducción del consumo y coste energético. También se valorarán otros aspectos considerandos oportunos como la introducción de energías más económicas limpias y eficientes, y el aumento de la eficiencia o reducción del consumo de equipos o sistema concretos en los que se hayan localizado ineficiencias.

Sin llegar al nivel de detalle de un proyecto constructivo, las mejoras propuestas se describirán con un nivel suficiente, especificando costes de implantación y los ahorros esperados en kWh, € y CO_2.

Fase 6. Presentación del informe

Una vez finalizado, el informe final se entregará a la entidad auditada, o entidad responsable por la instalación. Si fuera considerado oportuno, se realizará una presentación de los resultados en la cual se comentarán las medidas propuestas.

3.1.2 OBJETIVO

Mediante la Auditoría se determinará el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones, el estado de sus componentes y sus consumos energéticos de los diferentes edificios, con el objetivo de:

- Inventariar los equipos y sistemas existentes y su estado.
- Identificar y cuantificar el potencial de ahorro de energía en las instalaciones y equipamiento energética.
- Analizar la situación de la envolvente del edificio
- Analizar las condiciones reales de funcionamiento de los principales equipos.

- Identificar y evaluar las alternativas de mejora viables técnica y económicamente.
- Mejorar la eficiencia y el ahorro energético.
- Adecuar y adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.
- Implementar soluciones de energías renovables

El objetivo final es la propuesta de actuaciones de mejora del comportamiento energético, que permitan reducir el consumo energético en la planta productiva, optimizando de este modo el uso de recursos, y disminuyendo el coste de la producción y las emisiones de gases GEI asociadas a la misma.

Como resultado principal, los responsables de la planta dispondrán de un listado detallado de actuaciones encaminadas a obtener un ahorro significativo de energía primaria de origen no renovable.

3.1.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

Las auditorías energéticas pueden realizarse en el total de la planta o bien seleccionando sólo determinados procesos, como los bombeos, o suministros, como el eléctrico.

En todo caso, resulta complicado llegar a establecer de forma correcta las posibilidades de ahorro sin una visión global, por lo que siempre será más recomendable un análisis que contenga todos los procesos, equipos y suministros existentes.

3.1.4 AHORROS ALCANZADOS

Una auditoría es un diagnóstico de la situación actual y una serie de “tratamientos” destinados a mejorar la salud energética de la planta.

Loa ahorros alcanzados dependerán de la gestión posterior de esa información y del grado de implicación y compromiso de los responsables de la planta.

3.1.5 CASOS DE REFERENCIA

Dentro del proyecto ACUAENERGY se realizaron 8 auditorías energéticas en plantas acuícolas, 5 en Galicia y 3 en Portugal.

Estas auditorías permitieron establecer el perfil de consumo real de las plantas y localizar las posibilidades de mejora y ahorro energético en el sector.

Las plantas fueron sido seleccionadas de forma que resulten representativas de los diferentes perfiles de trabajo existentes, de modo que los resultados obtenidos sean extrapolables a la mayoría de las ubicaciones existentes, y sirvan como orientación a la hora de diseñar nuevas plantas

Cada una de las plantas recibió un completo documento con el análisis de su situación actual y con una propuesta de mejoras detalladas, tanto cuantitativamente como

cualitativamente, cuya aplicación permitiría conseguir ahorros energéticos y económicos superiores al 30% del consumo actual.

3.2 CONTROL DE LA FACTURACIÓN

Las mejoras en la facturación no implican un ahorro energético, pero sí pueden aportar ahorros económicos derivados de una mejor gestión de la facturación.

Su implantación exigen realizar un control periódico y meticuloso no sólo de la cantidad facturada, sino del resto de la importante información recogida en las mismas, entre la que destacan:

- Tarifas contratadas
- Precio €/kWh
- Potencia contratadas
- Potencias demandadas y facturadas
- Distribución del consumo de energía activa a los largo del año
- Consumo de energía reactiva

3.2.1 AJUSTE DE LA POTENCIA CONTRATADA

3.2.1.1 Contexto

El término de potencia tiene un peso considerable en la factura eléctrica por lo que es necesario adecuar la potencia contratada a la realmente demandada por la instalación.

Al contratar el suministro eléctrico se contrata también una potencia por período. El coste de este término está regulado, y varía en función de cada período. La facturación del término de potencia se calcula multiplicando los kW contratados por el precio del kW diario y por el número de días de periodo de facturación.

Hay que pagar por la potencia, independientemente del consumo realizado. Dicha potencia no se limita con un ICP que salta al demandar en exceso, sino que se instala un maxímetro que mide la máxima potencia demandada durante 15 minutos, por lo que la potencia a facturar depende de esta medición.

La potencia facturada, es decir, la que se va a pagar, se calcula partiendo de la potencia contratada y de la potencia demandada, según los registros del maxímetro:

- Si la potencia demandada es <85% de la potencia contratada: la potencia a facturar será el 85% de la potencia contratada.

- Si la potencia demandada está entres >85% y <105% de la potencia contratada: la potencia facturada será igual a la potencia demandada.
- Si la Potencia demandada es >105% de la potencia contratada: aparecen penalizaciones. se factura la potencia demandada más las penalizaciones: el doble de la diferencia entre la potencia demanda y el 105% de la potencia contratada.

Para evitar pagar por una potencia que no se requiere o hacer frente a las penalizaciones por demandar en exceso es muy importante adecuar bien la potencia contratada a la que realmente se esté utilizando.

En ocasiones, las plantas acuícolas tienen contratada una potencia que no se ajusta a sus necesidades reales, y tanto por exceso o por defecto de potencia contratada se puede estar incurriendo en costes o penalizaciones innecesarias.

Es importante comparar la potencia contratada con la potencia de maxímetro, que indica la máxima potencia registrada del periodo correspondiente durante el mes indicado, de modo que se detecte si existe un potencial de ahorro por adecuación de las potencias contratadas al perfil de consumo.

En el caso de que se detecten excesos de potencia, estos pueden deberse también a la simultaneidad de procesos. Una forma de evitarlos es redistribuir los mismos a lo largo del día, evitando en la medida de lo posible que coincidan en el tiempo.

3.2.1.2 Objetivo

Gestión de la potencia contratada.

Evaluación de la demanda de potencia real de la planta y cálculo de la potencia óptima a contratar.

3.2.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Todos los procesos

3.2.1.4 Casos de aplicación

Todas aquellas plantas en cuyas facturas se observen desvíos positivos o negativos entre la potencia contratada y las lecturas máximas de potencia demandada realizadas por los maxímetros.

3.2.1.5 Datos principales para la evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Potencia contratada.
- Lecturas maxímetros.
- Tarifa contratada.

- Energía consumida.
- Horas de funcionamiento.
- Tarifa del kWh según periodo.

3.2.1.6 Ahorros alcanzados

La medida no supone ninguna variación en la energía activa consumida, aunque supondrá un ahorro económico debido a la diferente tarificación del kW.

3.2.1.7 Casos de referencia

Dentro del proyecto ACUAENERGY se realizó un estudio a una planta en la que se evaluó económicamente y técnicamente la implementación de esta medida.

En esta instalación el coste asociado a la potencia en la factura global representaba casi el 39 % del total, con potencias contratadas de 450kW, asumiendo que las potencias contratadas estaban ajustadas a las necesidades.

A partir de las mediciones realizadas se observó que las potencias demandadas eran mucho menores:

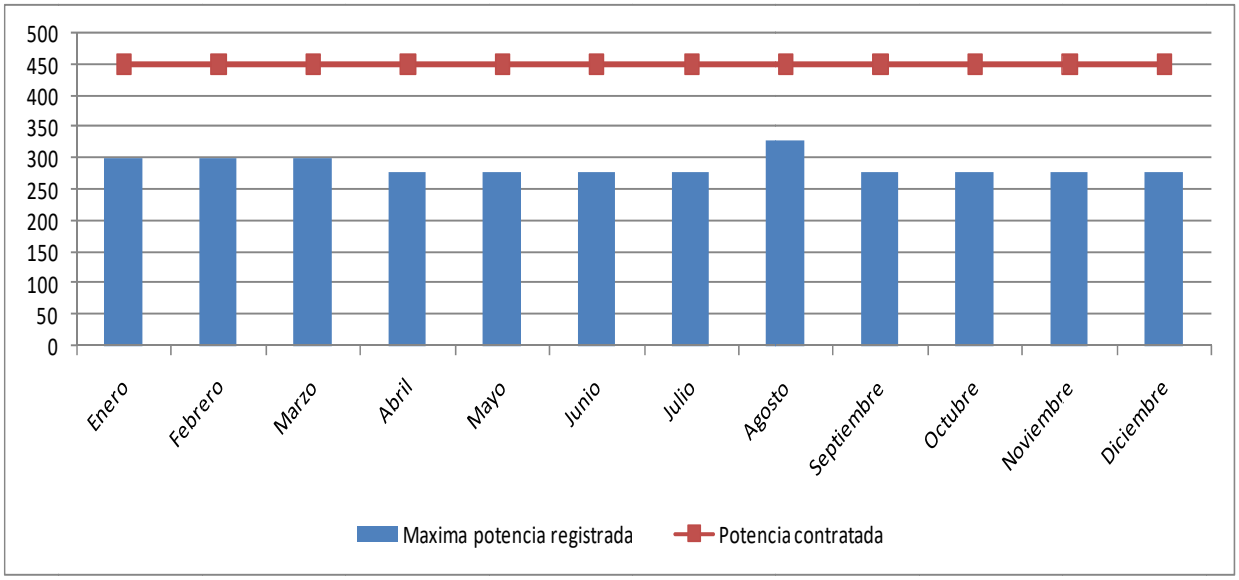


Fig. 2 Potencias registradas y contratadas

En este caso, al ser la potencia demandada inferior al 85% de la contratada, la planta pagaba todos los meses por una potencia 0,85 x 450kW= 382,5 kW, muy superior a los 300-280 KW realmente demandados.

Realizando el ajuste de las potencias contratadas a 280 W/mes, el ahorro anual sería de casi 29.000€, sin IVA.

En estos casos, debe mantenerse un seguimiento regular de las facturas, especialmente en el caso de cambios o incorporación de nuevos equipos, para asegurarse que el ajuste se mantiene.

3.2.2 DESPLAZAMIENTO DE CARGA PARA PERÍODOS TARIFARIOS MÁS ECONÓMICOS

3.2.2.1 Contexto

Los contratos relativos al suministro eléctrico a los que suelen estar acogidos las plantas no presentan un precio constante del kWh durante todo el día, sino que este precio varía de precio en función del periodo del día en el que se consuma la energía eléctrica.

Habitualmente, en las modalidades de contratos más utilizados por las empresas de este sector, el día está dividido en 6 periodos. Los periodos más baratos son aquellos que discurren cuando el consumo a nivel general es bajo (P6) y los periodos más caros cuando es alto (P1). La diferencia entre el precio del kWh entre el periodo más barato y el periodo más caro puede alcanzar una cantidad muy considerable. En las plantas analizadas se llegan a alcanzar precios nocturnos que son hasta un 50% más baratos que los precios en periodos punta.

3.2.2.2 Objetivo

Realizar los procesos de gran demanda energética en franjas horarias con un menor coste del kWh. Reducir la energía empleada en horario punta.

3.2.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Todos los procesos

3.2.2.4 Casos de aplicación

Siempre que la actividad productiva lo permita sería interesante que aquellas tareas cuyo consumo supone un importante peso sobre el total de la planta se realicen en los períodos tarifarios más baratos.

Esta medida debe ser analizada con más profundidad desde el punto de vista operacional antes de poder ser implantada, puesto que en ciertos casos los consumos no son gestionables, es decir, no podemos decidir cuándo realizar esas actividades.

3.2.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Energía consumida.
- Viabilidad del traslado de la actividad a otro período.
- Horas de funcionamiento.

- Tarifa del kWh según periodo.

3.2.2.6 Ahorros alcanzados

La medida no supone ninguna variación en la energía activa consumida, aunque supondrá un ahorro económico debido a la diferente tarificación del kWh.

3.2.3 AJUSTE DEL FACTOR DE POTENCIA

3.2.3.1 Contexto

La energía reactiva, que no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, produciéndose una disminución del factor de potencia, es decir, un desfase entre la onda de tensión y la de intensidad.

Un factor de potencia 1 indica que se está aprovechando toda la energía consumida. Las lámparas fluorescentes tienen un factor de 0,5 y un motor asíncrono, al 100% de carga, no supera el 0,85. El hecho de que exista un bajo factor de potencia supone una serie de inconvenientes al consumidor de energía:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia de las plantas y transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumento en las facturas por consumo de electricidad. Las compañías eléctricas cobran el consumo de energía reactiva, aunque sea una energía que realmente no se utiliza.

Por ejemplo, en la tarifa de acceso 6.1, la más habitual en las plantas analizadas, este recargo se factura siempre que la energía reactiva exceda el 33% del consumo de activa durante el período de facturación considerado, y no se aplica en el período P6, el más económico. Para que se considere que existe consumo de reactiva, el factor de potencia debe ser inferior a 0,95, siendo:

$$\cos\varphi \quad \frac{E_a}{\vdots \; E_a' \cdot E_r'}$$

El coste del recargo depende de lo lejos que esté el factor de potencia del límite admisible:

Fig. 3 Penalización por consumo de reactiva. Abril 2021

Por lo tanto, es importante recordar que en el sistema tarifario actual:

- Factores de potencia inferiores al95% suponen un recargo en la factura eléctrica.
- La reactiva consumida en P6 no se penaliza
- Solo se paga por el exceso, por lo que supere el 33% da energía activa consumida.

Para evitar el recargo y los problemas antes mencionados, es necesario corregir el consumo de reactiva mediante condensadores. La batería de condensadores es un equipo de compensación automático debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia de reactiva de la instalación para conseguir mantener el cos ϕ objetivo de la instalación, superior al 0,95.

Esta compensación se puede hacer de forma individual, sobre un equipo concreto, en grupo o línea o centralizada.

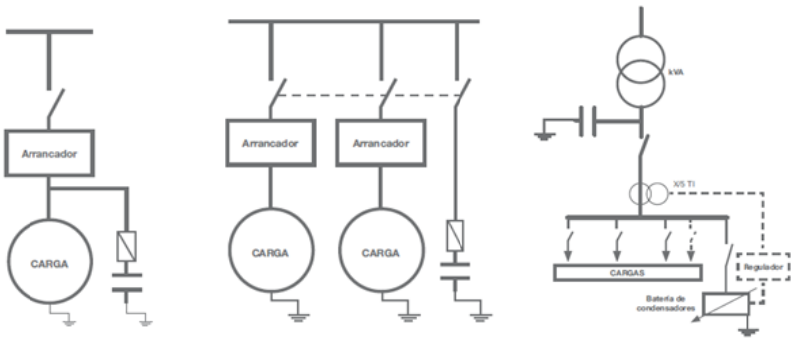


Fig. 4 Instalación de baterías de condensadores

La compensación centralizada evita los recargos en las facturas, al compensar la reactiva antes de la medición de la compañía, pero no impide que los diferentes equipos consuman reactiva, con los problemas técnicos que eso puede acarrearles.

La compensación individual corrige el consumo en el punto en el que se produce, eliminando tanto el recargo económico como los inconvenientes derivados del incremento del efecto joule en los equipos.

Normalmente en instalaciones de este tipo, en las que están bien localizadas las cargas que provocan la reactiva (motores bombas), se debería corregir la reactiva de manera individualizada, es decir, instalando los condensadores en cada equipo en lugar de hacerlo de forma general aguas arriba.

Los condensadores se seleccionan en función de la potencia de los equipos y de si se desea compensación individual o fija o una batería automática, que dispone de varios condensadores, que van entrando según el regulador de reactiva.

TABLA DE COMPENSACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS

Potencia del motor		Potencia de los condensadores en kVAr			
kW	CV	3000 rpm	1500 rpm	1000 rpm	750 rpm
7,5	10	2,50	2,50	2,50	5,00
11	15	2,50	2,50	5,00	5,00
15	20	5,00	5,00	5,00	7,50
18	25	5,00	5,00	7,50	10,00
22	30	7,50	7,50	10,00	10,00
30	40	10,00	10,00	12,50	15,00
37	50	12,50	15,00	17,50	20,00
45	60	15,00	17,50	20,00	22,50

Táboa RTR Energía

Batería de compensación automática

Fig. 5 Tipos de compensación

3.2.3.2 Objetivo

Reducir el consumo de energía reactiva mediante empleo de baterías de condensadores, eliminando el posible recargo económico y aumentado la vida útil de los equipos.

3.2.3.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes equipos:

- Todos los equipos que consuman energía reactiva, fundamentalmente motores y bombas

3.2.3.4 Casos de aplicación

La compensación de la energía reactiva debe realizarse en aquellas estaciones depuradoras con factores de potencia alejados de 0,95 (inductivo)

3.2.3.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Energía activa consumida.

- Energía reactiva consumida.

La forma más sencilla de comprobar este consumo de reactiva es a partir de las facturas de consumo emitidas por la comercializadora.

3.2.3.6 Ahorros alcanzados

La medida no supone variación en la energía activa consumida, aunque supondrá un ahorro económico debido a la reducción de penalizaciones derivadas del consumo de reactiva y al incremento de la vida útil de los equipos, disminuyendo también los costes de mantenimiento de los mismos.

3.2.3.7 Casos de referencia

Esta medida fue aplicada transversalmente a todas instalaciones acuícolas que fueron auditadas en el ámbito de este proyecto y que presentaron consumos elevados de reactiva.

Como ejemplo, una planta española que presentaba una serie de bombas cuyo factor de energía era inferior a 0,92. Aunque la instalación ya contaba con un sistema centralizado que eliminaba el recargo de la factura, se sugirió la instalación de una serie de condensadores fijos en estos equipos, de manera que no sólo haya un ahorro económico, sino que también se evite que esos equipos sufran por el exceso de consumo reactivo.

La potencia aproximada a instalar será de 180 kVAr (aproximadamente 60 kVAr, por fase). La inversión a realizar sería de unos 10.000€, considerando unos ahorros energéticos, económicos y ambientales anuales de aproximadamente 14.000 kWh, 1.268 € y de 5,00 tCO_2.

3.3 INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.3.1 USO DE VARIADORES DE FRECUENCIA

3.3.1.1 Contexto

Los variadores de frecuencia pueden utilizarse en un gran abanico de aplicaciones, siendo las más destacadas aquellas donde es necesaria una velocidad variable en la operación.

Una gran parte de los motores acoplados a equipos de uso industrial han sido diseñados para funcionar velocidad constante, esto no supone un problema cuando las condiciones de operación son constantes, pero si estas condiciones son variables, la eficiencia energética del sistema puede verse reducida.

En las plantas acuícolas existen equipos como bombas, ventiladores, soplantes, etc. que en ocasiones están diseñados para funcionar a velocidad constante, por lo que, en caso de ser necesaria la variación de su caudal se debe realizar el ajuste del flujo

por medio de dispositivos de estrangulamiento, por medio de un circuito bypass o mediante paradas continuadas. Estos métodos aumentan las pérdidas de carga o consumen energía innecesaria, y la utilización de un variador de frecuencia acoplado al motor puede evitarlo. Además, en las plantas es también común que haya motores trabajando a una velocidad superior a la necesaria para su correcta operación.

En ambas casuísticas el uso de variadores puede resultar recomendable para la reducción del gasto energético

En la siguiente figura se representa gráficamente la energía requerida (azul) y la energía desperdiciada (rojo) para diferentes estrategias de control para el ajuste de caudal.

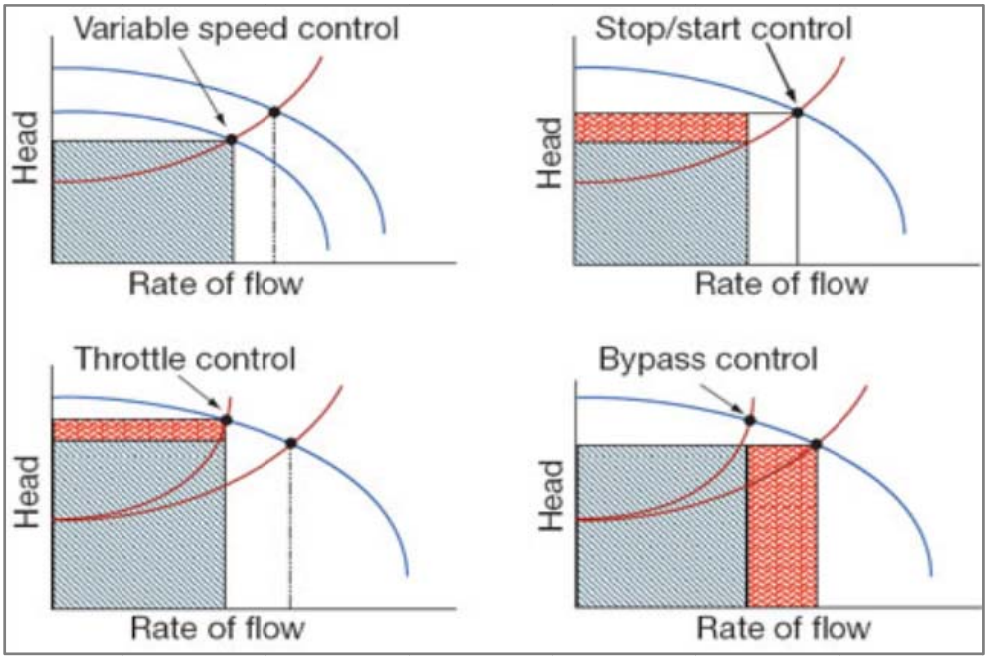


Fig. 6 Estrategias de ajuste de flujo con Variador de frecuencia, arranque-parada, estrangulamiento o bypass.

3.3.1.2 Objetivo

Instalación de variadores de frecuencia en aquellos motores en los cuales el control de la velocidad pueda suponer una minimización del consumo energético.

3.3.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable principalmente en los siguientes procesos:

- Bombas de cabecera
- Bombas de recirculación
- Bombas de suministros (ozono y oxígeno)

Los equipos afectados por esta medida de mejora son los motores eléctricos con necesidad de control de velocidad de cualquiera de los procesos anteriores.

3.3.1.4 Casos de aplicación

Se distinguen dos situaciones en las que la medida a analizar es de aplicación:

a) Motores acoplados a bombas, ventiladores o soplantes cuya regulación de caudal se realiza mediante estrangulación, bypass o mediante encendido y apagado.
b) Motores cuya velocidad se pueda disminuir sin afectar a su operación.

Fig. 7 Variadores de frecuencia para a la regulación de caudal de bombas de recirculación

3.3.1.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

En los casos contemplados en el apartado a del punto anterior se necesitará conocer:

- Horas de funcionamiento del motor
- Potencia nominal y factor de carga
- Parámetros hidráulicos
- Características motor
- Características variador
- Precio energía eléctrica e incremento anual

En los casos contemplados en el apartado b del punto anterior se necesitará conocer:

- Horas de funcionamiento del motor
- Potencia nominal y factor de carga
- Revoluciones antes y después
- Características motor
- Características variador
- Precio energía eléctrica e incremento anual

3.3.1.6 Ahorros alcanzados

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 50% con la implementación de esta solución.

Para el cálculo del ahorro energético, las leyes de semejanza nos ayudan a predecir el comportamiento de una máquina, cuando varía alguna el número de revoluciones. De estas leyes se desprende que:

- Los caudales son directamente proporcionales a las velocidades angulares:

$$Q_f = Q_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)$$

- Las alturas útiles son directamente proporcionales a los cuadrados de las velocidades angulares:

$$H_f = H_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)^2$$

- Las potencias útiles son directamente proporcionales a los cubos de las velocidades angulares:

$$P_f = P_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)^3$$

La utilización de variadores de frecuencia para el control de flujo en lugar de utilizar otras estrategias de operación como el control mediante válvulas de estrangulación, tan habitual en la industria, proporciona ahorros energéticos muy significativos, y por lo tanto ahorro económicos muy importantes.

En la siguiente figura se puede apreciar un análisis de la energía ahorrada en una bomba utilizando variadores de frecuencia en lugar de un sistema de regulación de flujo mediante válvula.

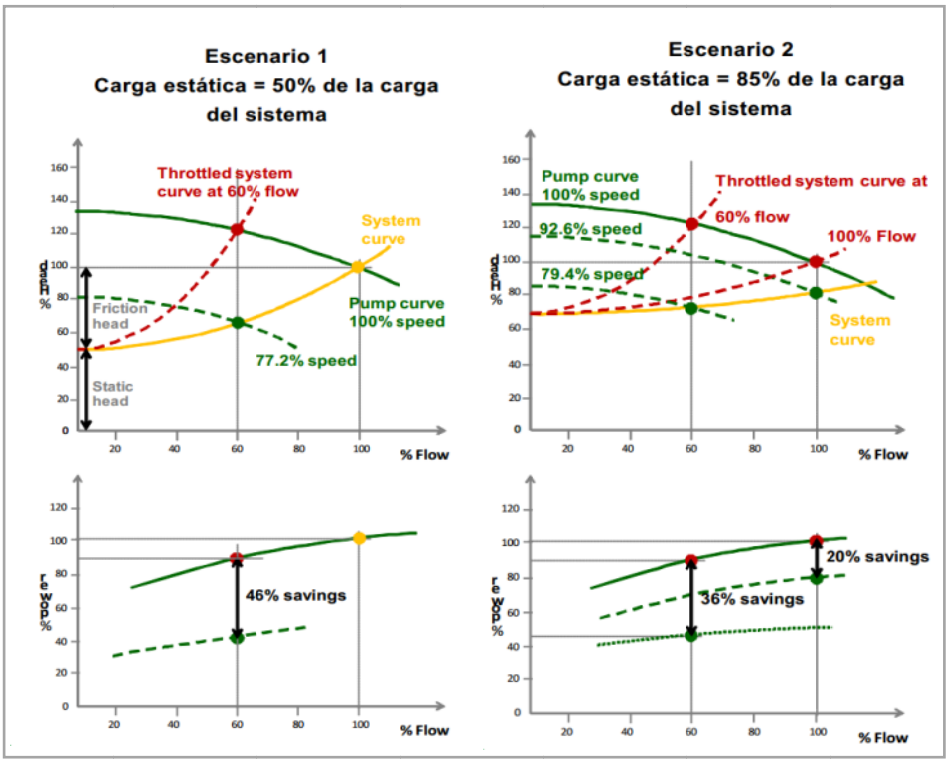


Fig. 8 Ahorro energético mediante utilización de variadores a diferentes presiones estáticas. Fuente: Schneider

3.3.1.7 Casos de referencia

En el ámbito del proyecto ACUAENERGY se realizó un estudio un una planta portuguesa, adónde se evaluó económicamente y técnicamente la implementación de esta medida.

En esta instalación se propuso la instalación de un variador electrónico de velocidad en una válvula de regulación electrónica de O_2. Este método de control permitía reducir la velocidad de rotación del motor cuando el caudal también es modificado, reduciendo el consumo energético. A medida que el caudal de O_2 aumenta, la velocidad de rotación del motor de la bomba también aumentará incrementando el caudal de agua en circulación y manteniendo la succión de O_2 a través del tubo venturi constante.

A partir de los presupuestos solicitados y las características y los consumos de las bombas instaladas se evaluó del punto de vista técnico y económico la implementación de esta solución, obteniendo, con una inversión inicial de aproximadamente 24.000 euros, unos ahorros de 178.000kWh/año, que equivalen a unos 13.682 €/año, y una reducción de emisiones de 78 $TnCO_2$/año.

3.3.2 INSTALACIÓN DE ARRANCADORES SUAVES

3.3.2.1 Contexto

Un arrancador suave, es un dispositivo que tiene como objetivo administrar el voltaje, acelerando o desacelerando, según sea el caso. También protege a los motores de la maquinaria para que éste optimice el tiempo y los recursos.

Sin este dispositivo, se generarían variables de tensión, las cuales crean a largo plazo mayor mantenimiento y pérdida de recursos.

Es por ello, que el funcionamiento de los arrancadores, está basado en:

1. Limitar la corriente, para controlarla y determinar su óptimo funcionamiento.
2. Regular el voltaje que llega al motor, para no tener picos y evitar un desgaste rápido.
3. Al evitar un desgaste mayor, las maquinas van a durar más y no se suspendería el trabajo.
4. Como resultado, se tiene un óptimo funcionamiento de la maquinaria.

Las principales ventajas del arrancador suave son:

- Optimizar el arranque
- Aumentar la productividad
- Ahorrar energía
- Proteger el motor
- Aumentar la vida de la maquinaria
- Facilidad de operación y mantenimiento
- Instalación sencilla
- Garantiza una operación segura y confiable

Estos equipos son especialmente interesantes en motores con arranques directos o estrella/triángulo. Estas conexiones implican picos de corriente altos en los encendidos, que son eliminados con el uso de los arrancadores suaves

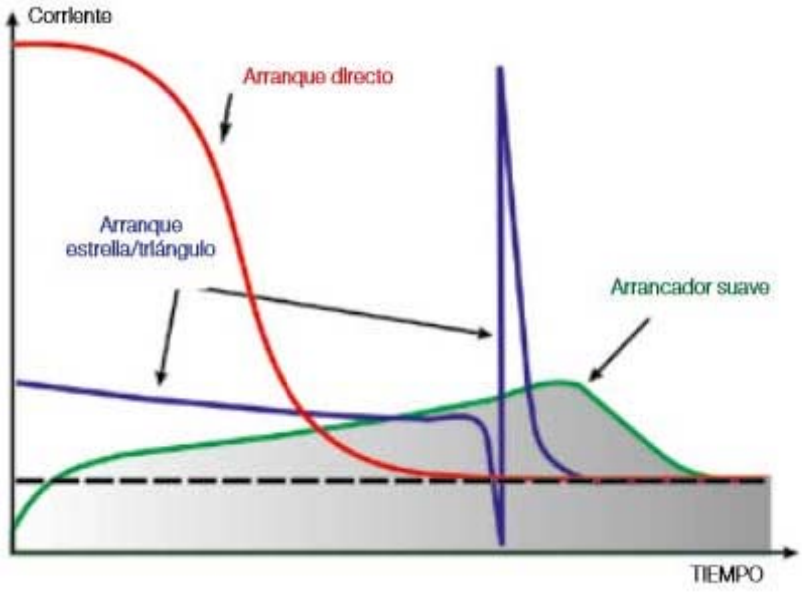


Fig. 9 Comparativa de arranque de motores. Fuente: Iguren

Los motores de inducción tienen una corriente de arranque bastante elevada, que puede ser entre 3 y 15 veces la corriente nominal (en funcionamiento normal). A pesar de que puede ser asumible, a largo plazo puede dañar tanto el motor como la red de alimentación.

Los arrancadores suaves controlan la tensión eficaz de entrada al motor desde cero (o un valor configurable) hasta la nominal de funcionamiento para el arranque y al contrario para la parada. Regulando la tensión de alimentación, controlamos la corriente de arranque que consume el motor y el par que se genera.

3.3.2.2 Objetivo

Instalación de variadores de frecuencia en aquellos motores con en los que, debido a sus condiciones de funcionamiento, se producen arranques y paros de forma continúa a lo largo de la jornada.

3.3.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable principalmente en los siguientes procesos:

- Bombas de cabecera
- Bombas de recirculación
- Bombas de suministros (ozono y oxígeno)

Los equipos afectados por esta medida de mejora son los motores eléctricos con conexiones estrella triángulo y con arranques-apagados continuos.

3.3.2.4 Casos de aplicación

La principal diferencia entre un arrancador suave y un variador de velocidad es que con el arrancador suave no se puede controlar la velocidad del motor durante el

funcionamiento normal. Un variador de frecuencia permite entre otras opciones regular la velocidad del motor en cualquier momento, no sólo en el arranque y parada.

- Cuando se necesita disminuir el pico de corriente únicamente en el arranque y parada, se utilizará un arrancador suave.
- Cuando es conveniente regular la velocidad del motor / ventilador / bomba en cualquier momento, se utilizará un variador de frecuencia.

3.3.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

En los casos contemplados en el apartado a del punto anterior se necesitará conocer:

- Régimen de funcionamiento del motor (arranques-paros)
- Potencia nominal y factor de carga
- Características motor
- Características arrancador
- Precio energía eléctrica e incremento anual

3.3.2.6 Ahorros alcanzados

El arrancador reduce los picos de intensidad de arranque a valores admisibles, pero no regula el funcionamiento del motor, como sí puede hacerlo un variador de frecuencia. Por lo tanto, no se disminuye el consumo de energía de una forma tan evidente como en el caso del variador.

Los ahorros derivados de esta medida están relacionados principalmente con el menor mantenimiento y el incremento de la vida útil, además de eliminar picos de potencia que pueden ser penalizados en la factura.

Hay fabricantes que aseguran ahorros de energía activa de cerca del 5%, asociados a la reducción de la corriente de arranque, ya que esta corriente en un arranque directo puede estar en un rango de 3 a 15 veces la corriente nominal.

En todo caso, se trata de una inversión de poca entidad que debería recuperase rápidamente, traduciéndose en una mejora evidente del funcionamiento de estos equipos.

3.4 ACTUACIONES SOBRE MOTORES ELÉCTRICOS

3.4.1 SUSTITUCIÓN POR MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

3.4.1.1 Contexto

Una gran parte de los equipos de las plantas acuícolas utilizan motores para su funcionamiento. Las bombas, los soplantes, circuladores, agitadores, etc. son equipos accionados por motores eléctricos, que además funcionan de manera continuada o casi continuada en este tipo de plantas.

Clases de Eficiencia Energética

La IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) publicó el estándar IEC 60034-30 para la armonización de las clases de eficiencia energética de los motores, estableciendo las clases IE (International Efficiency) para motores desde 0,75 kW hasta 375 kW.

La clasificación establecida es la siguiente:

- IE1: eficiencia estándar (comparable con el antiguo EFF2).
- IE2: alta eficiencia (comparable con el antiguo EFF1).
- IE3: eficiencia premium.
- IE4: eficiencia superpremium.

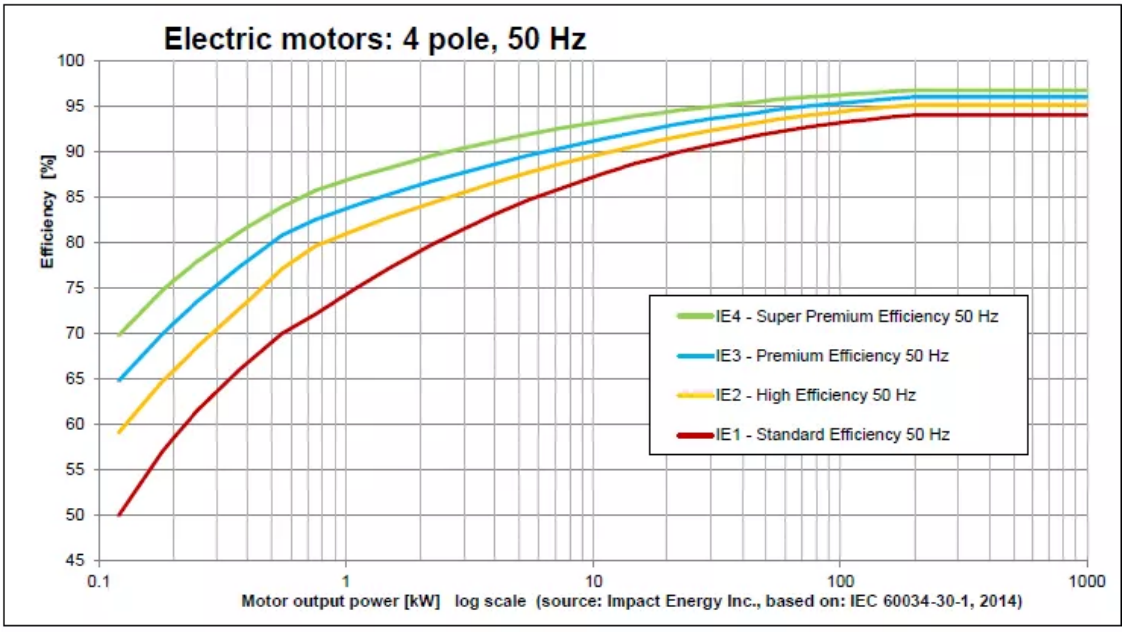


Fig. 10 Eficiencia de motores en función de la potencia y categoría. IEC 60034-30-1

El cambio de motores a motores de mayor eficiencia, supone una disminución en el consumo energético de los mismos, y debido al elevado número de horas/año de funcionamiento, en muchas ocasiones está reducción de costes compensa la inversión realizada. Desde el 01/01/2017 (de acuerdo al Reglamento (CE) 640/2009) sólo se permite instalar motores IE3 en potencias desde 0,75kW a 375kW o, como alternativa, motor IE2 accionado por variador de frecuencia.

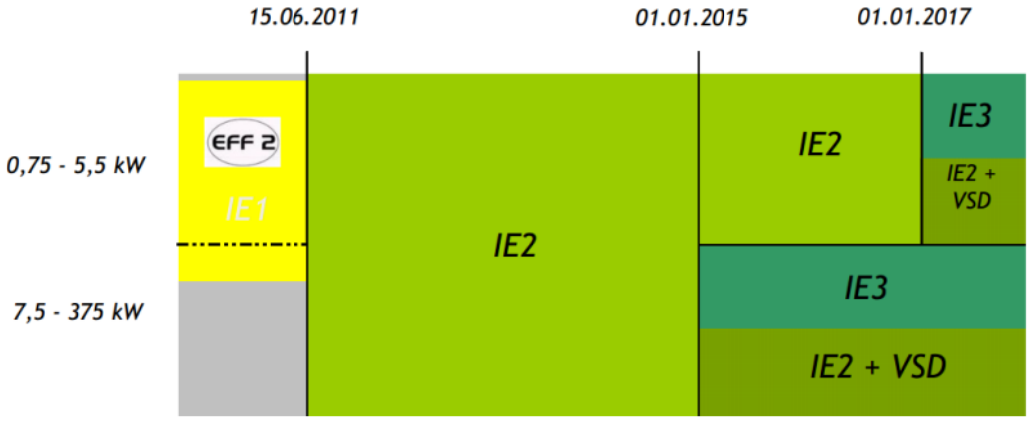


Fig. 11 Clases de eficiencia de nuevos motores a instalar según el Reglamento CE 640/2009

3.4.1.2 Objetivo

Sustitución de motores por otros de mayor eficiencia energética en aquellos casos en los que el ahorro proporcionado por los mismos justifique la inversión.

Para evaluar el retorno económico derivado de la sustitución de un motor por otro debe evaluarse los costes del ciclo de vida del motor, en el que se incluyen los costes de energía, costes de mantenimiento y el coste de inversión.

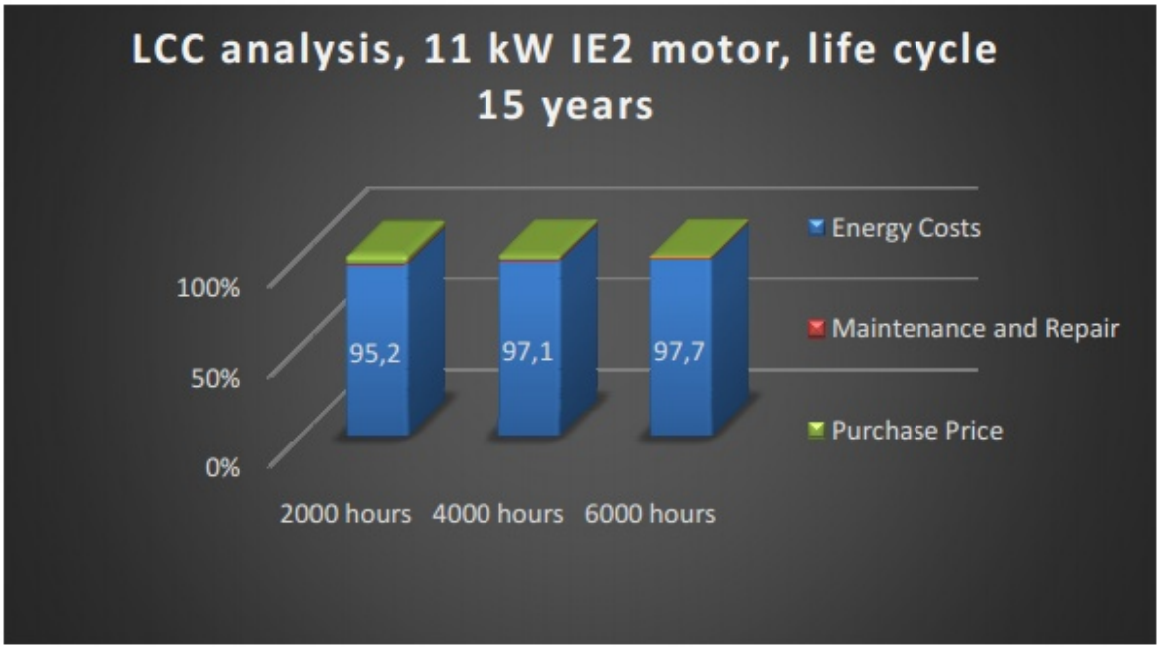


Fig. 12 Análisis de costes del ciclo de vida. Fuente "Almeida, Ferreira, Fong& Fonseca, 2008.

Hay muchos motivos para evaluar el cambio de un motor: antigüedad, sobredimensionamiento, mal mantenimiento… Cuando se evalúa el cambio de un motor exclusivamente por la mayor eficiencia del nuevo

Los principales motivos a tener en cuenta a la hora de evaluar la necesidad de sustituir un motor son:

- Sobredimensionamiento. En muchos casos de uso, y en el de las plantas acuícolas con gran frecuencia, se utilizan criterios de robustez para el dimensionamiento de los equipos, que va ligado directamente a un aumento de la ineficiencia energética debido a que el motor trabaja fuera de régimen nominal un gran porcentaje de las horas.

  Un motor baja considerablemente su rendimiento cuando la carga baja del 50%.
- Antigüedad. Un motor antiguo en funcionamiento ha sufrido una pérdida de su rendimiento inicial con el consecuente aumento de consumo energético. Normalmente en los motores antiguos se realizan mantenimientos que conllevan su rebobinado. Se considera que después de 2 o 3 rebobinados la eficiencia de un motor puede disminuir un 2%.
- Eficiencia. Atendiendo a criterios de la mejora del rendimiento energético del motor.

3.4.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en:

- Sistema de bombeo de entrada
- Sistema de bombeo de recirculación
- Sistema de bombeo de suministro de O_2
- Sistema de bombeo de desinfección (ozono)
- Otros sistemas que utilicen motores (alimentación, transporte, ...)

3.4.1.4 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Para cuantificar el ahorro de una forma fiable es necesario disponer de profesionales cualificados y disponer a su vez de equipos de medida precisos enfocados para el análisis del rendimiento del motor, lo cual no es sencillo de encontrar. Por este motivo, en muchos casos la evaluación del rendimiento del motor existente debe realizarse en base a datos estimados obtenidos de las placas de características, información del personal de mantenimiento sobre los rebobinados realizados, información del fabricante…

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Datos técnicos:
  - Potencia nominal del motor.
  - Vida útil.
  - Voltaje y frecuencia.

  - Número de polos.
  - Rendimiento nominal.
- Datos de funcionamiento:
  - Perfil de carga.
  - Curva de rendimiento en función del perfil de carga.
  - Horas de funcionamiento.
  - Nº de rebobinados.
- Datos económicos.
  - Coste de la energía eléctrica.
  - Coste de mantenimiento.
  - Tasa de evolución de los precios de la energía.
  - Tasa de evolución del coste de mantenimiento.
  - Inversión inicial.

3.4.1.5 Ahorros alcanzados

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 12% con la implementación de esta solución.

Para el cálculo del ahorro energético es preciso conocer:

El cálculo del ahorro energético (kWh) debe aplicarse la siguiente fórmula:

$$Ahorro\ energético\ (kWh) = Consumo\ actual\ (kWh) - Consumo\ futuro\ (kWh)$$

$$Consumo\ actual = \frac{P_{actual} * h\ * FC}{\eta_{actual}}$$

(a) Si se modifica la potencia del motor futuro: $Consumo\ futuro = \frac{P_{propuesta} * h\ * FC}{\eta_{futuro}}$

(b) Si no se modifica la potencia del motor actual:
$Consumo\ futuro = consumo\ actual * \frac{\eta_{actual}}{\eta_{futuro}}$

siendo,

P: Potencia instalada motor (kW)

h: Número de horas anuales de funcionamiento.

FC: Factor de carga (%).

η: Rendimiento del motor.

3.4.1.6 Casos de aplicación

Se recomienda la sustitución por motores de alta eficiencia en los siguientes casos:

- Motores entre 0,75- 15kW con clase eficiencia IE1 y más de 4.000h de funcionamiento.

- Motores de más de 15kW con clase eficiencia IE1 y más de 5.000h de funcionamiento.
- Motores con clase de eficiencia IE2 y más de 8.000h de funcionamiento.

Tabla 1.Cuadro resumen casos de aplicación sustitución motores

Rango potencia motor a evaluar	Clase eficiencia motor actual	Nº horas mínima (h/año)
Motores entre 0,75 – 15 kW	IE1	4.000 h
Motores > 15kW	IE1	5.000h
Motores todos rangos potencia	IE2	8.000h

Hay que destacar, que en caso de motores que no dispongan de variador de velocidad y su instalación sea de interés, es más recomendable priorizar la inversión en el variador antes que en el motor.

3.4.1.7 Casos de referencia

Dentro del proyecto ACUAENERGY se realizó un estudio a una planta acuícola portuguesa, para la que se evaluó económicamente y técnicamente la implementación de esta medida.

Se verificó que el funcionamiento de las bombas de captación de agua del mar observando que en algunas de estas bombas los motores estaban funcionando con un rendimiento por debajo del teórico. Esta pérdida de rendimiento se debe a la antigüedad de los equipos, las horas de funcionamiento y principalmente al desgaste natural del medio ambiente en que se encuentran.

En ese estudio se propuso la sustitución de parte de los equipos por otros eficientes. A partir de los presupuestos facilitados y de las características y los consumos de los equipos instalados se evaluó desde el punto de vista técnico y económico la implementación de esta solución.

La inversión necesaria para esta medida fue de cerca de 412.000€, obteniendo unos ahorros aproximados de 822.263 kWh/año, que se traducen en 63.092 €/año y unas 361 TCO_2/año.

3.4.2 SUSTITUCIÓN DE MOTORES AVERIADOS POR MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

3.4.2.1 Contexto

Como se explicó en el punto anterior, un número importante de equipos de las plantas acuícolas utilizan motores para su funcionamiento. El cambio de motores por motores de mayor eficiencia, una vez que sea necesaria la reposición, supone una disminución

en el consumo energético de toda la planta, y es habitual que la reducción de costes compense la diferencia de la inversión realizada.

Además, desde el 01/01/2017 (de acuerdo al Reglamento (CE) 640/2009) sólo se permite instalar motores IE3 en potencias desde 0,75kW a 375kW o, como alternativa, motor IE2 accionado por variador de frecuencia.

Esta medida es muy similar a la anterior, con la diferencia de que, mientras en el caso anterior los cambios se proponían en cualquier momento del ciclo de vida del motor, en este la sustitución se produce cuando una avería en los motores hace necesario su cambio, lo que facilita la toma de decisión desde un punto de vista económico.

3.4.2.2 Objetivo

Sustitución de motores por otros de mayor eficiencia energética una vez haya finalizado la vida de los mismos.

A la hora de seleccionar un motor que sustituya al averiado, debe valorarse no sólo el coste de la inversión inicial, sino también los costes de mantenimiento y de consumo a lo largo de su ciclo de vida.

Entre las ventajas de optar por un motor IE3 o superior, además del ahorro derivado de un menor consumo, están:

- Se reduce el aumento de temperatura del motor, al producirse menos pérdidas, con lo que se incrementa su vida útil.
- Permite operaciones en regímenes intermitentes, con picos de carga superiores al nominal.
- Tienen mayor reserva de potencia para operar en ambientes con temperaturas superiores a 40ºC y en zonas de altitudes superiores.
- Son más adecuados en las aplicaciones con variadores de frecuencia
- Reducido coste de mantenimiento

3.4.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en:

- Sistema de bombeo de entrada
- Sistema de bombeo de recirculación
- Sistema de bombeo de suministro de O_2
- Sistema de bombeo de desinfección (ozono)
- Otros sistemas que utilicen motores (alimentación, transporte, ...)

Siempre que se presenten situaciones que exijan el cambio inmediato del motor

3.4.2.4 Casos de aplicación

Como se ha indicado, en estos momentos existen limitaciones respectao a la eficiencia de los motores que pueden instalarse, estando prohibidos aquellos de eficiencias muy bajas.

La diferencia de costes entre motores IE2, IE3 e IE4 es poco significativa en comparación con la reducción de costes energéticos que pueden implicar en este caso. A partir de las 2.000 horas de funcionamiento se producen amortizaciones atractivas (entre 0,5 y 2,5 años) al instalar un motor más eficiente en estos casos donde la reposición del motor tiene que hacerse por cese de funcionamiento.

Por debajo de 2.000 horas de funcionamiento se recomienda analizar más profundamente el caso, porque puede darse el caso de que al tratarse de períodos de funcionamiento anuales pequeños, puede darse el caso de que optar por la máxima eficiencia energética no compense el coste asumido.

3.4.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Datos técnicos:
  - Potencia nominal del motor.
  - Vida útil.
  - Voltaje y frecuencia.
  - Número de polos.
  - Rendimiento nominal.
- Datos de funcionamiento:
  - Perfil de carga.
  - Curva de rendimiento en función del perfil de carga.
  - Horas de funcionamiento.
  - Nº de rebobinados.
- Datos económicos.
  - Coste de la energía eléctrica.
  - Coste de mantenimiento.
  - Tasa de evolución de los precios de la energía.
  - Tasa de evolución del coste de mantenimiento.
  - Inversión inicial.

3.4.2.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 10% con la implementación de esta solución, en función de las características de los motores sustituidos.

El cálculo del ahorro esperado se realizará de forma análoga a la medida anterior.

Por otro lado, para elegir entre varios motores tendremos que evaluar el rendimiento de cada uno, y el consumo esperado en cada caso, para establecer si la inversión realizada en un motor de mayor eficiencia se recupera en un plazo razonable.

Por ejemplo, si comparamos un motor de 90kW 4polos, de acuerdo a la IEC-60034-30:

Tabla 2.Comparativa motores 90 kW

	Rendimiento Estándar	Horas funcionamiento	Consumo anual esperado kwh	Coste anual
IE2	94,20%	8.500	812.102	97.450 €
IE3	95,20%	8.500	803.571	96.428 €

Tomando un precio de la energía eléctrica de 0,12€/kWh, el ahorro anual conseguido serían 1.022€. Teniendo en cuenta que las diferencias de precio entre ambos motores están en el orden de los 2.000€, la inversión se recuperaría aproximadamente en dos años y en este caso la compra de un motor más eficiente estaría más que justificada.

En el caso de disminuir las horas de trabajo del motor, se observa que, si el mismo motor tuviese un horario de funcionamiento mucho menor, 500 horas/año, el ahorro bajaría a 60€/año. El período de recuperación de la inversión sería superior a 20 años.

3.4.3 SUSTITUCIÓN DE MOTORES SOBREDIMENSIONADOS

3.4.3.1 Contexto

Es habitual encontrarse en la industria motores sobredimensionados para el trabajo que realizan. Durante la fase de diseño se tiende a sobredimensionar estos equipos con objeto de proporcionar versatilidad para futuras sobrecargas y también con objeto de reducir riesgos en el cálculo y selección, en muchos de los casos estas medidas no están justificadas. Existen estudios que indican que en la actualidad al menos un tercio de los motores en la industria están sobredimensionados. Los motores que funcionan con factores de carga bajos presentan un descenso significativo en el rendimiento, el cual disminuye exponencialmente.

3.4.3.2 Objetivo

Sustitución de aquellos motores que se encuentren sobredimensionados, siempre y cuando su sobredimensionamiento sea de una magnitud suficiente como para afectar al rendimiento.

3.4.3.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos de la EDAR:

- Sistema de bombeo de entrada
- Sistema de bombeo de recirculación

- Sistema de bombeo de suministro de O_2
- Sistema de bombeo de desinfección (ozono)
- Otros sistemas que utilicen motores (alimentación, transporte, ...)

Los equipos afectados por esta medida de mejora son los motores eléctricos sobredimensionados de cualquiera de los procesos anteriores.

3.4.3.4 Casos de aplicación

Como en las propuestas anteriores, es necesario analizar la sustitución en aquellos motores que trabajan más de 2.000 h al año y que funcionan a una carga de menos del 50% de su potencia nominal.

Cuando estos motores están significativamente sobredimensionados se recomienda sustituir por motores de la potencia adecuada y de mayor eficiencia.

Cuando estos motores están sólo moderadamente sobredimensionados se recomienda sustituir una vez que dejen de funcionar.

3.4.3.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

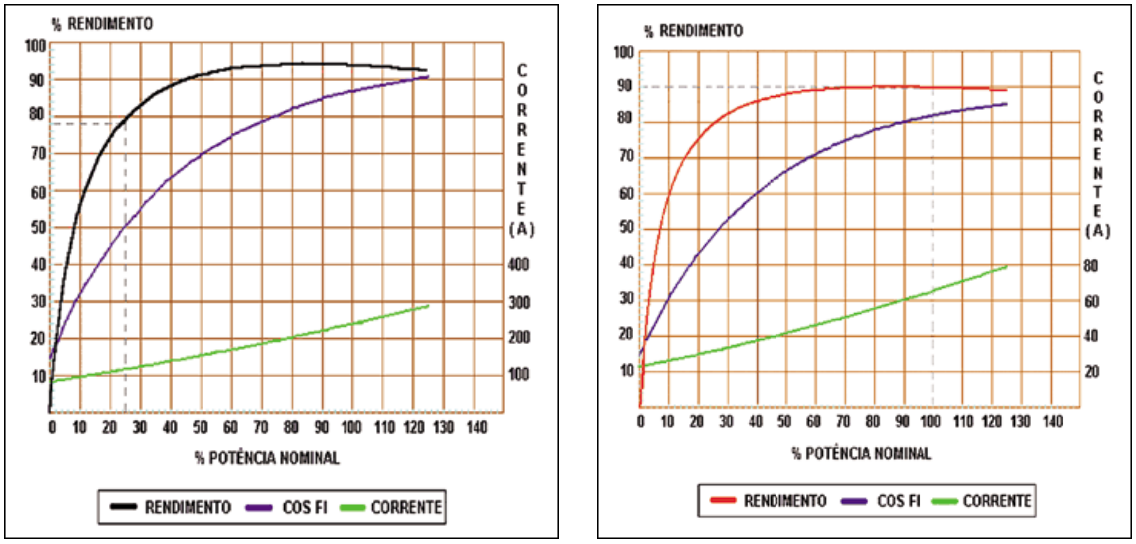
Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Horas de funcionamiento
- Carga del motor
- Eficiencia del motor a la carga de funcionamiento
- Características del motor
- RPM a máxima carga
- Tensión, intensidad y factor de potencia.
- Coste de la energía eléctrica

3.4.3.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 25% con la implementación de esta solución, siempre dependiendo de las características del motor sustituido y del nuevo.

Los motores sobredimensionados trabajan en un punto donde el rendimiento y el factor de potencia no son óptimos. Por ejemplo, consideremos un motor de 100kW operando solamente con un 25% de la carga, es decir, haciendo el trabajo de un motor de 25kW. El rendimiento del motor es de aproximadamente 78% y su factor de potencia está en torno al 0,05.



Motor 100 kW ***Motor 25 kW***

Fig. 13 Curvas de rendimiento motores 100kW vs 25kW. Fuente WEG

Si tomamos la curva del motor adecuado, de 25 kW trabajando al 100%, el rendimiento y factor de potencia están en puntos optimizados, siendo respectivamente 90,1% y 0,082.

Calculando de una forma aproximada el consumo esperado por hora de trabajo para cada uno:

P_{100} =100 kW x 0,25 /0,78 = 32,05 kWh

P_{25}=25 kW x 1 /0,901= 27,75 kWh

Es decir, en este caso se obtendría un ahorro energético de 13,5%. Además, la mejora del factor de potencia disminuye el consumo de energía reactiva de la planta.

3.5 ACTUACIONES SOBRE BOMBAS

3.5.1 ANÁLISIS DE LOS PUNTOS DE FUNCIONAMIENTO ÓPTIMOS DE LOS BOMBEOS

3.5.1.1 Contexto

Las bombas son a menudo consideradas como una máquina diseñada para proporcionar un caudal y presión requeridos, sin embargo, en realidad, el rendimiento de una bomba es dictado por una curva de rendimiento la cual especifica cómo la bomba proporcionará un rango de capacidades a diferentes presiones.

Así, la Curva Característica de una Bomba es un gráfico que representa la relación única de Carga – Caudal que garantiza la Bomba a determinada velocidad de rotación de su impulsor.

De esta forma, los fabricantes de las bombas, suelen generar para cada uno de sus modelos, detallados catálogos desde los cuales el diseñador de las Estaciones de Bombeo, pueda seleccionar la Curva Característica de una Bomba Centrífuga en función del punto de operación de la instalación en la que ésta se dispondrá.

Las bombas centrífugas representan el 70% de las aplicaciones de bombeo, sus curvas generalmente tienen una forma de media luna, el punto más alto a la izquierda muestra la presión máxima de trabajo, pero el caudal más bajo, y el extremo derecho de la curva que muestra el caudal más alto que la bomba puede ofrecer, pero la presión más baja. El punto de trabajo se marca normalmente con la eficiencia indicada en porcentaje.

Un ejemplo de Curva Característica de una Bomba Centrífuga se presenta en la siguiente figura,

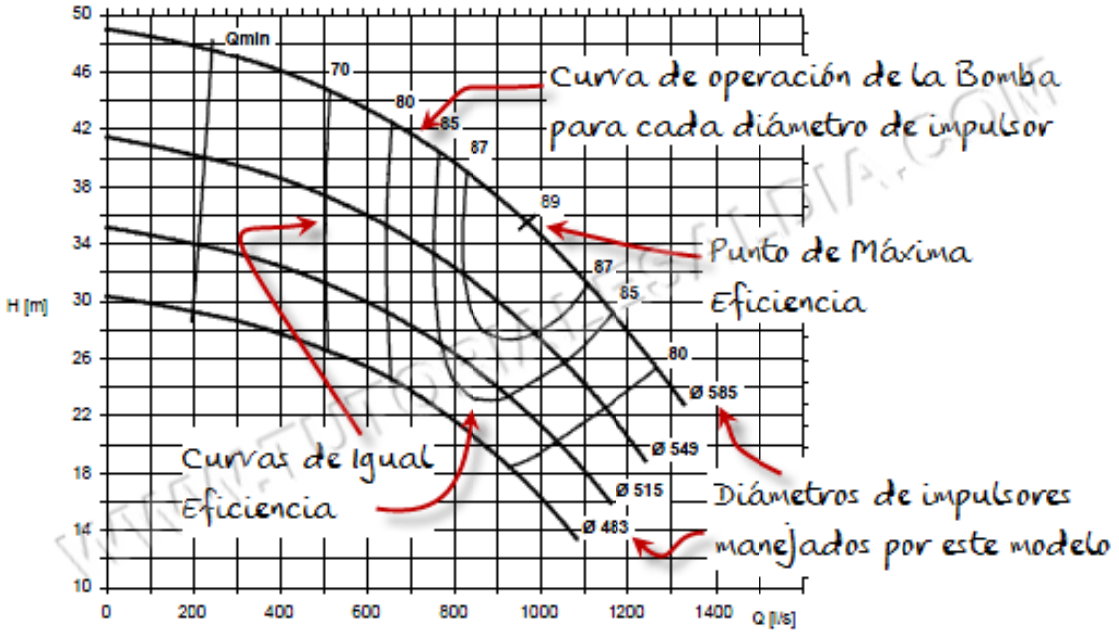


Fig. 14 Ejemplo de curva de una bomba. Fuente: www.ingenieriacivil.com

Cada bomba tiene por tanto un punto de máxima eficiencia y unos rangos de funcionamiento. Si la bomba seleccionada no se ajusta a los requisitos reales del emplazamiento puede funcionar, pero alejándose del punto de máxima eficiencia.

Estos desajustes pueden deberse a errores en el diseño del bombeo o en la selección de la bomba, pero también a que se hayan producido cambios en la planta que hayan derivado en un cambio en las condiciones de trabajo inicialmente previstas para estas bombas.

3.5.1.2 Objetivo

Adecuar los equipos de bombeo a las condiciones demandadas con objeto de que trabajen en puntos óptimos de rendimiento.

3.5.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en:

- Sistema de bombeo de entrada
- Sistema de bombeo de recirculación
- Sistema de bombeo de suministro de O_2
- Sistema de bombeo de desinfección (ozono)

3.5.1.4 Casos de aplicación

Plantas acuícolas con consumos elevados en los bombeos, debido a desviaciones del punto óptimo de funcionamiento.

La utilización de variadores de frecuencia es una opción a plantear, si el perfil de caudales demandado es variable, en caso negativo, la sustitución de la bomba es una opción a analizar.

3.5.1.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Perfil de caudal demandado
- Alturas de los elementos del sistema hidráulico
- Curva de funcionamiento de las bombas actuales y proyectadas
- Perfil de presiones
- Horas de funcionamiento anual

3.5.1.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 30% con la implementación de esta solución.

Todas las bombas deben funcionar dentro de especificaciones de la bomba en cuestión (generalmente estipuladas en el manual de instrucciones / hoja de datos suministrado por el fabricante de la bomba). La eficiencia de la bomba varía según sus parámetros de funcionamiento. Las bombas están diseñadas para ofrecer un funcionamiento óptimo en el punto de máximo rendimiento (BEP), pero fuera de ese punto óptimo se pierde rápidamente eficiencia y baja el rendimiento.

El punto de funcionamiento de la bomba debe estar lo más próximo posible al BEP. A modo referencia, se establecen los siguientes rangos de trabajo en una bomba (Fuente IDAE):

- Rango admisible: caudal entre el 20% y el 150% del nominal.
- Rango adecuado: caudal entre el 66% y el 115% del nominal.

- Rango óptimo: caudal entre el 85% y el 105% del nominal.

Una bomba trabajando un 40% por debajo de su punto óptimo fuera del punto óptimo, verá caer su rendimiento prácticamente a la mitad:

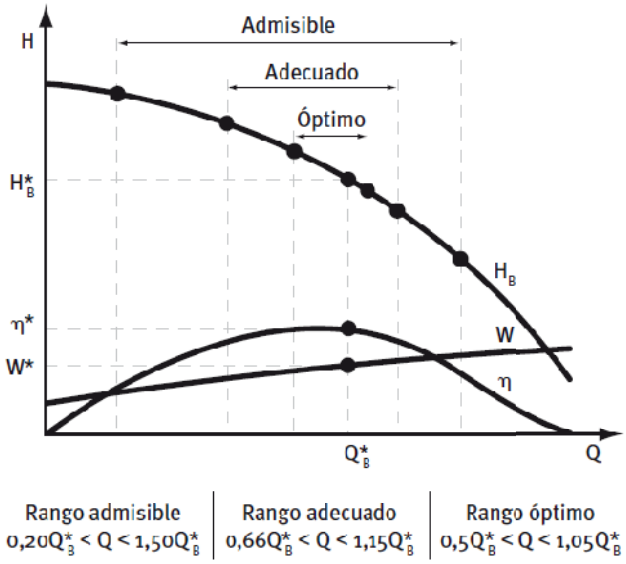


Fig. 15 Rangos de funcionamiento de una bomba. Fuente: IDAE

Puesto que el consumo energético de la bomba viene dado por:

$$Consumo = \frac{Demanda}{Rendimiento}$$

En caso de cambio a una bomba de más ajustada y con mejor rendimiento, la disminución del consumo (kWh) será la diferencia entre la Demanda actual/rendimiento actual y Demanda actual/rendimiento nuevo.

Pero además de reducir la eficiencia de la bomba, generando el consiguiente sobrecoste energético, el funcionamiento en niveles alejados del "BEP" acelera su desgaste y empeora su fiabilidad. Por ejemplo, un funcionamiento al 60% del BEP supone:

- Una reducción del 50% de la vida útil de las juntas
- Una reducción del 20% de la vida útil de los cojinetes
- Una reducción del 25% de la vida útil del impulsor y el cuerpo de la bomba
- Un incremento aproximado del 100% en costes de mantenimiento.

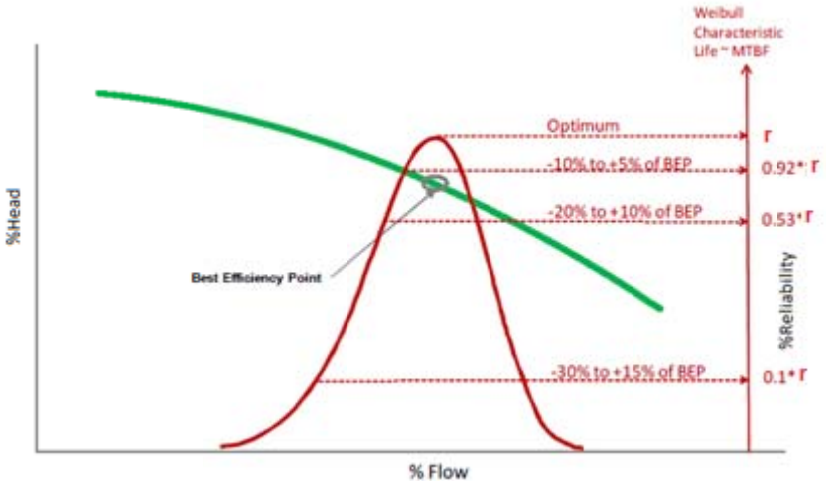


Fig. 16 Impacto sobre la fiabilidad de la bomba de la distancia al BEP. Fuente: Schneider

3.5.2 SUSTITUCIÓN DE BOMBAS SOBREDIMENSIONADAS

3.5.2.1 Contexto

Es habitual encontrarse estos sistemas de bombeo sobredimensionados para el caudal y altura necesaria. Durante la fase de diseño se tiende a sobredimensionar, con objeto de proporcionar versatilidad para futuras sobrecargas, con objeto de reducir riesgos en el cálculo y en la selección, así como para proporcionar mayor robustez del sistema. Esta situación supone que las bombas trabajen normalmente en puntos alejados del óptimo de trabajo.

3.5.2.2 Objetivo

Adecuar los equipos de bombeo a las condiciones demandadas con objeto de que trabajen en puntos óptimos de rendimiento.

3.5.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en:

- Sistema de bombeo de entrada
- Sistema de bombeo de recirculación
- Sistema de bombeo de suministro de O_2
- Sistema de bombeo de desinfección (ozono)

3.5.2.4 Casos de aplicación

Plantas acuícolas con consumos elevados en los bombeos, debido al sobredimensionado de los equipos en fase de diseño.

La utilización de variadores de frecuencia es una opción a plantear, si el perfil de caudales demandado es variable, en caso negativo, la sustitución de la bomba es una opción a analizar.

3.5.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Perfil de caudal demandado
- Alturas de los elementos del sistema hidráulico
- Curva de funcionamiento de las bombas
- Perfil de presiones
- Horas de funcionamiento anual

3.5.2.6 Ahorro Energético

Una bomba sobredimensionada no deja de ser un equipo que está funcionando fuera de sus rangos adecuados, atendiendo a lo especificado en su curva de funcionamiento.

Por lo tanto, estaríamos en un caso específico de la medida anterior, alcanzando ahorros que dependerán del punto de partida –de lo alejados que estuviésemos trabajando del rango óptimo de la bomba- y de la correcta elección de la nueva bomba.

3.5.2.7 Casos de referencia

A modo de ejemplo vamos a utilizar una instalación de bombeo situada no en una planta acuícola, sino en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Muchas EDAR tienen bombeos de entrada que suponen un elevado consumo, muy similares a los de las plantas acuícolas, por lo que se puede considerar un referente válido para observar las mejoras alcanzadas en casos de estudio reales..

En la figura que se muestra a continuación podemos observar el rendimiento de una bomba de agua bruta de una EDAR (35 kW) y el de un equipo de menor potencia instalado posteriormente (13,5 kW).

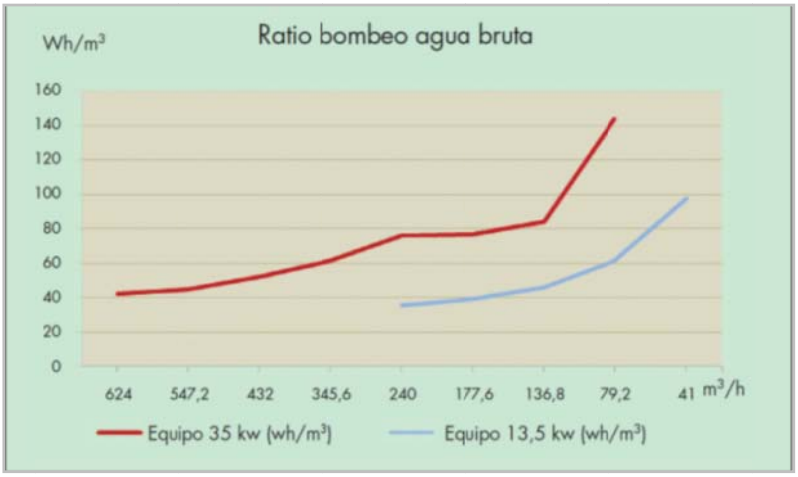


Fig. 17 Rendimiento de 2 bombas en función del caudal impulsado. Fuente "Simón, P. et al (2012). Optimización energética en EDAR de la Región de Murcia. Ingeniería Civil nº168/2012; pp 93-112".

Resulta significativa la diferencia de rendimiento entre ambos equipos en el rango de caudales seleccionado por la explotación (200-240 m^3/h), lo que hace amortizable rápidamente el suministro del nuevo equipo de menor potencia.

La gráfica muestra como, para bombear 1 m^3 de agua, la bomba de 35 kW necesita unos 78 Wh, mientras que la de 13,5 sólo utilizaría 38 Wh, la mitad de energía para obtener el mismo resultado.

3.6 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE AGUA

3.6.1 APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA DE LOS COMPRESORES

3.6.1.1 Contexto

Existen numerosas plantas acuícolas que poseen necesidades térmicas de calentamiento y de enfriamiento de fluidos, principalmente relacionadas con procesos para calentar y/o enfriar el agua de mar captada o para cubrir necesidades de algún proceso específico o de climatización de estancias, como oficinas, aseos o talleres.

Para cubrir estas necesidades recurren habitualmente a enfriadoras (sólo enfriamiento), bombas de calor (calentamiento y enfriamiento) y calderas de combustible (calentamiento).

En las plantas en las que se registran necesidades de calor de este tipo, la demanda de energía puede igualar o incluso superar la de los bombeos, por lo que minimizarla puede suponer ahorros globales muy importantes.

Las plantas acuícolas suelen poseer diferentes equipos y procesos en los que intervienen compresores, que funcionan 24h/día sistemas, tales como:

- Sistemas de control
- Sistemas asignados al transporte neumático de la alimentación
- Sistema de desinfección

Habitualmente estos equipos no poseen cualquier sistema de recuperación energía térmica asociada al sistema de refrigeración del aceite del compresor.

Cerca de 94% de la energía eléctrica consumida en un compresor industrial es convertida en calor, la cual normalmente es disipada en los sistemas de refrigeración de los equipos, otra parte (4%) permanece en el aire comprimido y el 2% restante se pierde en el ambiente por radiación.

Una forma de mejorar la eficiencia del sistema es recuperar gran parte de la energía desperdiciada a través de pérdidas por radiación con la utilización de sistemas de recuperación de calor.

Con una unidad de recuperación de Energía Térmica, correctamente adaptada, se podrá recuperar de 50 a 94% de esa energía térmica disipada, y la energía recuperada

podrá ser utilizada para calentar agua. El agua pre-calentada puede ser utilizada en el proceso para reducir el número de horas de funcionamiento y consecuentemente consumo energético de la bomba de calor/ caldera asignada para esa función.

Fig. 18 Esquema del sistema de recuperación de calor asociado a un compresor de aire

3.6.1.2 Objetivo

Recuperación de energía térmica asociada al sistema de refrigeración del aceite de los compresores de aire existentes.

3.6.1.3 Procesos y equipos afectados

Por un lado, se ven afectados aquellos procesos en los que intervengan los compresores:

- Sistemas de control
- Sistemas asignados al transporte neumático de la alimentación
- Sistema de desinfección

Y por otro, los dedicados a cubrir la demanda térmica del agua:

- Bombas de calor
- Calderas

3.6.1.4 Casos de aplicación

La recuperación de energía térmica se puede aplicar en el precalentamiento del agua captada en el mar, o para cubrir otras necesidades de agua caliente de la planta (limpieza, climatización estancias, etc.)

3.6.1.5 Datos principales necesarios para la evaluación de la medida

Los datos necesarios para evaluar la medida son:

- Temperatura del agua captada en el mar;
- Requisitos de temperatura del agua en planta

- Caudal
- Potencia de compresores y horarios de funcionamiento
- Rendimiento de los equipos de climatización existentes

3.6.1.6 Ahorros alcanzados

El ahorro a alcanzar va a depender de las necesidades de calor existentes y de la potencia de los compresores. Evidentemente, cuanto menor sea la demanda y mayor la pérdida en compresión, mejor será el ratio alcanzado.

De forma general, para una planta media, se pueden alcanzar ahorros de energía de hasta un 11% respecto al consumo en climatización anterior a la medida.

3.6.1.7 Casos de referencia

Dentro del proyecto ACUAENERGY se realizó una auditoría en una planta portuguesa, en la que se valoró económica y técnicamente la implementación de esta medida.

En esta instalación, las necesidades de calefacción y refrigeración térmicas se cubrían actualmente con una bomba de calor. Para el caso específico de la demanda de calefacción, el equipo propuesto calienta un chorro de agua a una temperatura de 46ºC que luego se envía a un intercambiador de calor de placas, que a su vez calentará el agua captada en el mar a una temperatura de 20ºC.

Para el análisis técnico y financiero se hicieron algunos supuestos, tales como:

- Las necesidades de calentamiento térmico para el agua captada del mar ocurren durante el 75% del año (6.570 horas). Esta hipótesis se hizo teniendo en cuenta la variación histórica de la temperatura del agua de mar en esa región.
- Solo el 80% de la energía eléctrica introducida en el compresor se puede convertir en energía térmica.
- El rendimiento en términos de transferencia de calor en el sistema de recuperación térmica se consideró de alrededor del 70%;
- Un ligero aumento del consumo eléctrico con respecto al bombeo.

Con base en los supuestos antes mencionados y a las características y consumos de los dispositivos eléctricos de la bomba de calor actualmente instalada, se evaluó la implementación de esta solución desde un punto de vista técnico y económico.

La inversión preliminar para esta medida ronda los 9.115 €, con un ahorro energético anual de 45.008 kWh / año, lo que supone una reducción del consumo en aproximadamente un 10% respecto a la actual en cuanto a energía consumida para climatización, un ahorro económico 3.846 € /año y la reducción de las emisiones en 21 tCO_2 / año.

3.6.2 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEL EFLUENTE DE SALIDA PARA PRECALENTAR EL AGUA DE MAR

3.6.2.1 Contexto

Como ya se ha comentado, existen plantas acuícolas en la que, por razones del proceso productivo, es necesario calentar el agua que llega a todos o a parte de los tanques.

Una vez finaliza el ciclo, el agua caliente es enviada de nuevo al mar, bien en su totalidad en el caso de las plantas de circuito abierto, o bien un porcentaje de ella en las de recirculación.

En cualquiera de los dos casos, esa agua contiene todavía energía térmica, que puede ser aprovechada para precalentar el agua de entrada, reduciendo la demanda energética de los equipos utilizados para elevar la temperatura del agua (bombas de calor, calderas,…).

En estos caos se utiliza normalmente un intercambiador de placas o tubular, en el que se cruzan en sentido inverso el agua caliente y la fría, de forma que la primera vaya cediendo calor a la segunda a lo largo de su recorrido de salida.

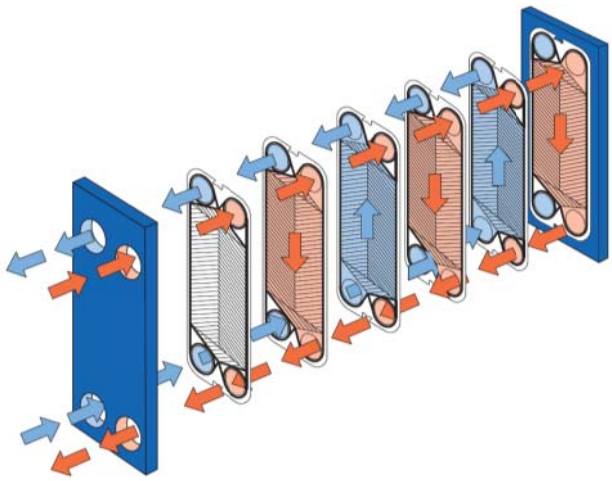


Fig. 19 Ejemplo de funcionamiento intercambiador de placas. Fuente: Alfa Laval

3.6.2.2 Objetivo

Recuperación de energía térmica del agua descartada para precalentar el agua captada en el mar.

3.6.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es de aplicación en:

- Equipos dedicados a cubrir la demanda térmica del agua, como bombas de calor y calderas

3.6.2.4 Casos de aplicación

La recuperación de energía térmica se puede aplicar en el precalentamiento del agua captada en el mar.

3.6.2.5 Datos principales necesarios para la evaluación de la medida

Los datos necesarios para evaluar la medida son:

- Temperatura del agua captada en el mar;
- Requisitos de temperatura del agua en planta
- Caudal
- Rendimiento de los equipos de climatización existentes

3.6.2.6 Ahorros alcanzados

Se pueden alcanzar ahorros de energía de hasta un 30% respecto al consumo en climatización anterior a la medida.

3.6.2.7 Casos de referencia

En el marco del proyecto ACUAENERGY, se realizó un estudio en una planta portuguesa, donde se evaluó económica y técnicamente la implementación de esta medida.

En esta instalación, las necesidades de calefacción y refrigeración térmicas estaban cubiertas actualmente por una bomba de calor. Para cubrir las necesidades de calefacción, este equipo calienta un chorro de agua a una temperatura de 46ºC que luego se envía a un intercambiador de calor de placas que a su vez calentará el agua captada en el mar a una temperatura de 20ºC.

Para el análisis técnico y financiero se hicieron algunos supuestos, tales como:

- Las necesidades de calentamiento térmico para el agua captada del mar ocurren durante el 75% del año (6.570 horas), este supuesto se hizo tomando en cuenta la variación histórica de la temperatura del agua de mar en esa región;
- La ganancia incremental en términos de temperatura del agua recogida es de unos 2ºC durante el período de calentamiento considerado;
- Un aumento en el consumo de energía en términos de bombeo debido a la mayor pérdida de carga relacionada con la instalación del intercambiador de calor.
- Una eficiencia de transferencia de calor de aproximadamente el 70% en el intercambiador de placas;
- Caudal de agua rechazada 43,17 m^3 /h, valor medido al realizar la auditoría, que a su vez es aproximadamente igual al caudal de agua captado del mar.

Con base en los supuestos antes mencionados y las características y consumos de los dispositivos eléctricos de la bomba de calor actualmente instalada, se evaluó la implementación de esta solución desde un punto de vista técnico y económico,

obteniendo ahorros de casi el 32% sobre el consumo actual de la bomba, que se traducen en unos 151.521kWh/año, 12.946 €/año y 71 $TnCO_2$/año evitadas.

3.6.3 APROVECHAMIENTO TÉRMICO DEL AIRE EN SOPLANTES

3.6.3.1 Contexto

Las áreas de producción destinadas a la cría, o hatcheries, presentan unos requisitos de temperatura y calidad del agua más exigentes que en la zona de engorde. Para estas instalaciones es habitual contra con un sistema de aporte de aire, formado por soplantes más las correspondientes tuberías de distribución a incubadoras y larvarios.

Esta línea de aire presenta típicamente dos problemas:

- El aire sale de la soplante con humedad y al ir enfriándose pro la línea de distribución aparecen gotas de condensación y humedades en el interior de las tuberías. Esta humedad puede crear focos de hongos y bacterias, contaminando el aire que posteriormente se envía a incubadoras y larvarios.
- El aire es comprimido en las soplantes, donde se eleva su temperatura, alcanzando valores próximos a los 100ºC. Esta elevada temperatura deteriora los elementos del sistema de distribución, como tuberías, filtros, etc.

Por otro lado, la temperatura del agua requerida en los criaderos necesita estabilidad y habitualmente debe estar unos grados por encima de la temperatura del agua de mar de entrada.

Instalando un intercambiador de calor a la entrada del sistema de distribución reducimos la temperatura del aire en las tuberías, y podemos aprovechar el calor retirado para pre calentar el agua de mar, incrementando la vida útil de los elementos que componen el sistema.

Para rebajar la humedad del aire se instalaría en la aspiración de las soplantes una unidad de tratamiento de aire, que reduce la humedad del aire de entrada al 18%, minimizando los problemas derivados de la posterior condensación.

3.6.3.2 Objetivo

Recuperación de energía térmica del sistema de secado de aire en soplantes.

3.6.3.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es de aplicación en:

- Soplantes y sistemas de generación y distribución de aire
- Equipos dedicados a cubrir la demanda térmica del agua, como bombas de calor y calderas

3.6.3.4 Casos de aplicación

La mejora está dirigida especialmente a aquellas plantas dedicadas exclusivamente a cría o bien a las que incorporan este parte del proceso dentro de sus actividades, contando con un sistema de aporte de aire a partir de soplantes de aire comprimido.

La recuperación de energía térmica se puede aplicar en el precalentamiento del agua captada en el mar.

3.6.3.5 Datos principales necesarios para la evaluación de la medida

Los datos necesarios para evaluar la medida son:

- Temperatura, presión y humedad del aire comprimido
- Temperatura del agua captada en el mar;
- Requisitos de temperatura del agua en planta
- Caudal
- Características de las soplantes
- Rendimiento de los equipos de climatización existentes

3.6.3.6 Ahorros alcanzados

Se pueden alcanzar ahorros de energía de hasta un 15% respecto al consumo en climatización anterior a la medida.

3.6.4 SUSTITUCIÓN DE LAS CALDERAS DE COMBUSTIÓN POR BOMBAS DE CALOR

3.6.4.1 Contexto

Algunas plantas acuícolas deben gestionar la temperatura del agua de mar, calentándola o enfriándola para mantenerla dentro de los límites de temperatura óptimos para la cría y engorde de las diferentes especies.

En la Eurorregión, debido al tipo de biomasa y a la temperatura del agua, es más habitual el calentamiento. En general, se trata de elevar la temperatura nos 4-5ºC, especialmente en los meses más fríos. Tradicionalmente se han utilizado para conseguir este calentamiento calderas, especialmente de gasóleo, debido a las posibilidades de suministro y almacenamiento de este combustible, y en el caso de ser necesario el enfriamiento, enfriadoras o chillers eléctricas.

En los últimos años se han generalizado las bombas de calor, debido a la mejora de sus rendimientos y al ajuste de la inversión necesaria.

Una bomba de calor es un equipo eléctrico que toma calor de un elemento y lo transfiere a otro. Un ejemplo de su funcionamiento es el del frigorífico, en el que se extrae el calor del interior para transferirlo al exterior.

La eficiencia de una bomba de calor se mide por su coeficiente de rendimiento COP (Coefficient of Performance). En este caso, se trata de una relación entre el calor

cedido y la energía eléctrica consumida principalmente por el compresor. Para una correcta eficiencia y funcionalidad, una bomba de calor debe alcanzar un COP de entre 2 y 6, dependiendo de la diferencia entre las temperaturas de ambos focos (interior o exterior). De forma práctica se puede decir que un COP de 3 implica un rendimiento del 300%, o lo que es lo mismo, para 1kWh consumido de energía eléctrica se aportan 3 kWh de energía en forma de calor al depósito de acumulación.

Para una planta acuícola el uso de las bombas de calor tiene otras ventajas, además de la mejora de la eficiencia energética:

- Simplifica la gestión de suministros energéticos, al utilizar electricidad.
- En caso de bombas reversibles, están pueden suministrar calor o frío en función de las necesidades de calefacción o refrigeración.
- Disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.

3.6.4.2 Objetivo

Sustitución de calderas diesel por bombas de calor de alta eficiencia

3.6.4.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es de aplicación en:

- Equipos dedicados a cubrir la demanda térmica del agua

3.6.4.4 Casos de aplicación

Plantas en las que sea necesario gestionar la temperatura del agua de mar, y que utilicen calderas de combustión.

3.6.4.5 Datos principales necesarios para la evaluación de la medida

Los datos necesarios para evaluar la medida son:

- Temperatura del agua captada en el mar;
- Requisitos de temperatura del agua en planta
- Caudal
- Características de las calderas (potencia, rendimiento)
- Rendimiento de las bombas de calor seleccionadas

3.6.4.6 Ahorros alcanzados

Para determinar los ahorros alcanzados es necesario partir de la situación actual. Una caldera consumo un combustible para generar energía térmica. Una parte de la energía aportada por el combustible se pierde en la propia combustión. Es lo que se denomina rendimiento de la caldera. Veámoslo con un ejemplo.

Necesitamos calentar 1 m^3 de agua de 18 a 21ºC. El calor necesario que hay que aportar se obtiene de la expresión:

Energía= masa x Ce x Diferencia de temperaturas

Siendo:

- Densidad agua: 1.000kg/m^3
- Ce: calor específico: 4,18 kJ/kg.ºC
- 1kWh = 3600 kJ

Obtenemos:

Energía= 1m^3 x 1000kg/m^3 x 4,18 kJ/kg.ºC x (21-18)ºC = 12.540kJ = 3,483 kWh

Es decir, para calentar 1 m^3 de agua necesitaremos 3,483 kWh.

Para obtener esa energía a partir de una caldera de gasóleo con un 90% de rendimiento necesitamos utilizar 3,483/0,9= 3,87 kWh de combustible.

Sin embargo, con una bomba de calor de rendimiento (COP) 3, para conseguir esa energía usaremos 3,843/3= 1,16 kWh de electricidad.

Se pueden alcanzar ahorros de energía superiores al 50% respecto al consumo en climatización anterior a la medida.

En este caso hay que tener en cuenta también el coste económico de cada una de las fuentes de energía. El precio medio de 1 kWh de gasóleo es de aproximadamente 0,065€/kWh, mientras que el coste del kWh eléctrico es de aproximadamente 0,1 €/kWh. En el ejemplo anterior, e coste de calentar el m^3 de agua estaría en 0,25€ para la caldera de gasóleo y 0,116€ para la bomba de calor.

3.7 PROCESOS DE OXIGENACIÓN

3.7.1 IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE AIREACIÓN POR DIFUSIÓN

3.7.1.1 Objetivo

El suministro de aire es un proceso crítico en las plantas acuícolas, puesto que de él dependen tanto la pervivencia de la biomasa como su crecimiento. Los sistemas de aireación consumen entre aproximadamente el 5% de la energía de las plantas.

Los sistemas de aireación más empleados son los de superficie y los de difusión. Mientras que en los de superficie el aire es disuelto en el agua mediante equipos parcialmente sumergidos que agitan en agua residual, en los de difusión el aire en inyectado desde la parte baja del tanque de aireación formando burbujas que ayudan a difundir el aire en el agua residual y romper la estratificación de la columna de agua.

Los sistemas de superficie implican una menor inversión y tienen unos costes de mantenimiento menor, los de difusión son más eficientes energéticamente y presentan menores costes de operación. Las ratios de consumo energético suelen situarse entre 1,8-2,0 kg O_2/kWh para los sistemas de superficie y entre 3-5 kg O_2/kWh para los sistemas de difusión.

Fig. 20 Ejemplos de sistemas de oxigenación de superficie y de difusión

3.7.1.2 Objetivo

Sustitución de tecnologías de aireación superficial por tecnología de aireación por difusión para mejora de la eficiencia de la aireación.

3.7.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los tanques de engorde.

3.7.1.4 Casos de aplicación

Debido a la reducción de costes de operación (fundamentalmente debido a la disminución del consumo energético) que presentan los sistemas de difusión, y al incremento de los costes de mantenimiento e inversión que conllevan, la medida producirá ahorros más significativos cuanto mayor sea el consumo energético del sistema de aireación.

3.7.1.5 Datos principales para la evaluación de la medida

El objetivo fundamental de todo sistema de aireación es transferir oxígeno al agua d de os tanques, para favorecer el crecimiento de los peces. Existen numerosas variables del sistema de aireación que afectan a los rendimientos en esta trasferencia de oxígeno. Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Tipo de aireación superficial empleada
- Tipo de difusor propuesto
- Numero de difusores

- Presión disponible
- Profundidad del tanque
- Área del tanque
- Coste de la energía eléctrica

En todo caso, debe garantizarse un aporte de oxígeno adecuado a los requisitos establecidos por la planta.

3.7.1.6 Ahorros alcanzados

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 50% con la implementación de esta solución.

Una forma sencilla de hacer una valoración rápida del ahorro conseguido es utilizar ratios de transferencia de oxígeno- eficiencia estándar de un aireador, ampliamente consensuados para cada tecnología.

Para ello necesitamos establecer el Standard Oxygen Transfer Rate (SOTR): cantidad de oxígeno transferido por el aireador en una hora en un agua limpia a 20°C con 0 mg/l O_2 (se expresa en kg/hora), facilitado por el fabricante del equipo. A partir de ahí se establece el Standard Aerator Efficiency (SAE): SOTR dividido por la potencia del aireador (se expresa en kg de oxigeno por kilowatio y hora).

La tabla que se muestra a continuación puede tomarse como una referencia aproximada de los niveles de ahorro energético esperados. El cálculo del ahorro real debe realizarse mediante pruebas de transferencia de O_2.

Tabla 3. Comparativa SAE/Tecnología. ASCE WEF Manual of Practice 8: Design of Municipal Wastewater Treatment Plants

Tipo de aireador	**SAE kg O_2/kWh**
Jet Aerator	0,8-1,5
Aireadores mecánicos	0,9-2,2
Burbuja gruesa	0,5-2,0
Burbuja fina (Tipo Tubular)	2,0-4,0
Burbuja fina (Tipo Disco-Alta densidad)	4,0-6,0

De acuerdo a la tabla anterior, en igualdad de requisitos de funcionamiento, el ahorro aproximado va a depender del sistema a sustituir y del sistema seleccionado. En caso de reemplazar un sistema de aireadores mecánicos por un sistema de difusión de burbuja fina tipo tubular, la diferencia de energía (kWh) necesario para aportar 1 Kg

de O_2 podría ser de hasta 0,86 kWh/Kg, en función de los rendimientos iniciales y finales. Asumiendo un precio de electricidad de 0,12€/kWh, estaríamos hablando de una diferencia de coste de 10,3 cent€/KgO_2

3.7.2 EMPLEO DE TECNOLOGÍAS DE SOPLANTES MÁS EFICIENTES

3.7.2.1 Contexto

Una adecuada aireación y una óptima selección de soplantes son dos de las consideraciones más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de reducir el consumo energético asociado al suministro de oxígeno.

Existen numerosos tipos y configuraciones de soplantes, pero básicamente se pueden dividir en 2 grandes grupos: De desplazamiento positivo (Impulsadas por lóbulos o por tornillos) o centrífugas (impulsadas por rodetes).

La energía consumida por las mismas es función del caudal que impulsan, la presión a la que lo hacen y el rendimiento del equipo. Debido a la creciente importancia que la eficiencia energética está adquiriendo en el diseño de equipos, en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías como por ejemplo las turbosoplantes con levitación magnética, con rendimientos superiores, que permiten la aireación de depuradoras con costes energéticos más reducidos. Es importante resaltar que no existe una tecnología de aireación que sea la idónea para todas las situaciones, sino que dependerá de las condiciones del consumo, el perfil de caudales, las presiones de trabajo, etc.

3.7.2.2 Objetivo

Sustitución de soplantes existentes por nuevas tecnologías con mejores rendimientos.

3.7.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los procesos de suministro de oxígeno a los tanques de cría y engorde.

Los equipos afectados por esta medida de mejora son las soplantes.

3.7.2.4 Casos de aplicación

Esta medida es de aplicación en aquellas plantas que dispongan de soplantes para el aporte de oxígeno, en las que se detecte un rendimiento optimizable en este proceso, y especialmente si las soplantes existentes están al final de su ciclo de vida.

3.7.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Perfil de caudales de aire.
- Presiones de trabajo

- Frecuencias de trabajo
- Horas de funcionamiento anual
- Necesidades de concentración de O_2
- Consumo eléctrico
- Coste de la energía eléctrica

3.7.2.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 23% con la implementación de esta solución.

De las tecnologías habitualmente utilizadas, la que presenta a priori menos eficiencia es las de los sopladores de lóbulos rotativos, en los que el aire es comprimido por la contrapresión del sistema (compresión externa).

En el caso de los sopladores de tornillo, la compresión es interna, conseguida por el paso del aire a lo largo de los tornillos, y su eficiencia mejora.

Los sopladores centrífugos presentan en general mejor rendimiento que los de desplazamiento positivo, especialmente en el caso de las soplantes de alta velocidad de levitación, magnética o por aire:

Tabla 4 Eficiencia de las diferentes tecnologías soplantes

Tecnologías	Eficiencia Sistema (%)
Sopladores lobulares	43-50
Sopladores de tornillo	53-65
Soplantes centrífugas multietapa/velocidad fija	60-68
Soplantes centrífugas levitación (magnéticas/aire)	66-73

Si comparamos los ratios de los sistemas menos y más eficientes, podemos ver que se pueden alcanzar ahorros de entre un 16 y un 30%, siempre dependiendo de los equipos analizados y de las condiciones de trabajo de los mismos.

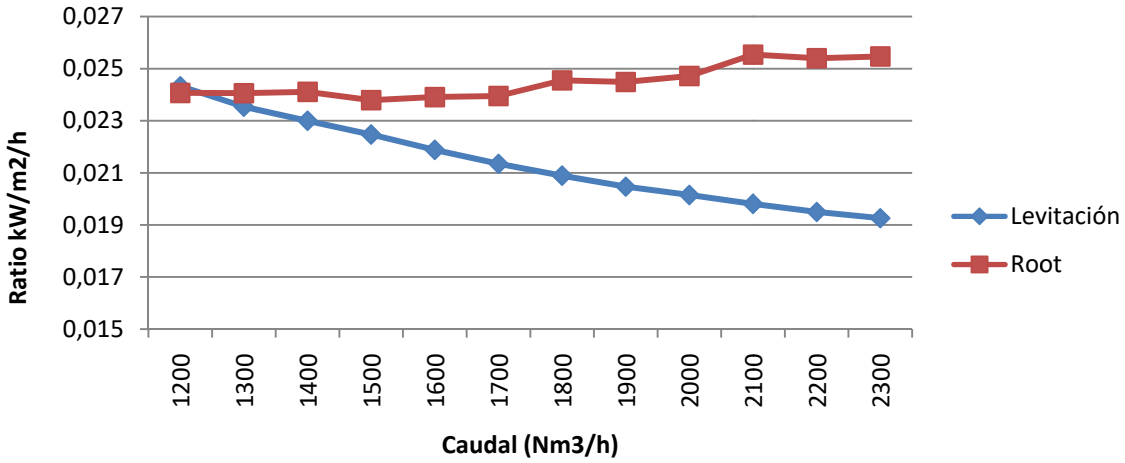


Fig. 21 Rendimientos ROOT vs levitación, Datos procedentes de equipos comerciales

Además de un menor consumo, los nuevos sistemas por levitación reducen las partes mecánicas, lo que se traduce en un mantenimiento más económico, menores dimensiones y niveles de ruido inferiores.

Para poder valorar el ahorro que se espera conseguir debería establecerse el gasto energético que tiene en estos momentos aportar el caudal de aire necesario para suministrar el oxígeno requerido (kWh/Nm^3 aire). Si partimos de un soplador lobular con un eficiencia del 47%, la sustitución a un sistema por levitación magnética debería suponer un ahorro de entre el 19 y el 26%.

3.7.3 LIMPIEZA DEL CIRCUITO AIREACIÓN

3.7.3.1 Contexto

Disminuir la pérdida de carga existente en el circuito de aireación implica disminuir la energía necesaria para la correcta oxigenación del reactor. Se trata de un circuito por el que circula una cantidad de aire muy significativa y de manera continuada, y por lo tanto cualquier aumento en la eficiencia de este proceso repercutirá significativamente en la factura energética.

La acumulación de materia orgánica e inorgánica en la superficie de los difusores puede colmatar sus poros, esto produce el aumento de las pérdidas de carga en el difusor y afecta negativamente al rendimiento de transferencia de oxígeno de la instalación. Para compensarlo, se produce un aumento en las horas de funcionamiento de los equipos de aireación y, por consecuente, un incremento del consumo energético.

Por otro lado, los propios tubos que transportan el aire a los difusores pueden ir llenándose parcialmente de lodos, con un efecto similar. Ambas situaciones pueden representar un aumento importante de los costes de operación de la planta.

Para evitar el incremento del consumo energético y otros efectos adversos, debe diseñarse un plan de limpieza de los elementos del sistema de aireación, que incluya actuaciones de mantenimiento preventivo, como la limpieza periódica aumentando caudal de aire por difusor o la limpieza mecánica sin desmontar el difusor, pero también correctivo, como la inyección ácido de limpieza a la tubería de distribución de aire para limpiar los poros.

3.7.3.2 Objetivo

Limpieza química/mecánica de difusores y circuito de aireación con objeto de minimizar las pérdidas de carga, lo que conllevará una menor potencia demandada por los soplantes.

3.7.3.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los procesos de suministro de oxígeno a los tanques de cría y engorde.

Los equipos afectados por esta medida de mejora son los difusores y las soplantes.

3.7.3.4 Casos de aplicación

La mejora des de aplicación en aquellas plantas que dispongan de un sistema de oxigenación a partir de soplantes y difusores sumergidos.
En todo caso, es recomendable realizar una limpieza en aquellas plantas que lleven al menos 5 años en funcionamiento y evaluar la variación de presión en la salida de las soplantes o el consumo energético de las mismas antes y después de la operación de limpieza.

3.7.3.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Si se poseen datos históricos del consumo de los soplantes o de la presión a la salida de las mismas, es interesante analizarlos pues su incremento puede ser debido a un incremento de carga debido a suciedad en el circuito o en los difusores.

3.7.3.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 12% con la implementación de esta solución.

La mejora de las condiciones de difusión siempre van a suponer un ahorro, pero la valoración del ahorro obtenido en cada caso particular requiere de una metodología de medición antes y después de la limpieza.

Podemos tomar como una referencia los resultados obtenidos en estudios reales realizados dentro de estaciones depuradoras, que disponen de sistemas muy similares y en los que se muestra que el ahorro puede ser incluso mayor (Simón,P. *et al* (2015).

Transferencia de oxígeno: evaluación rápida de la eficiencia de los sistemas de aireación. *Tecnoaqua nº15 92-101*)

En este estudio, se realizaron mediciones de transferencia de oxígeno desde 2.013 hasta 2.015 en sistemas de aireación de la región de Murcia con difusores de burbuja fina. Se llevó a cabo la limpieza con ácido fórmico, para eliminar incrustaciones de cal en tuberías y difusores debidas a la dureza del agua en la región, y se establecieron los % de transferencia antes, tras la limpieza y un mes después.

Los resultados muestran una clara mejora en la transferencia realizada:

Tabla 5. Variaciones de transferencia de Oxígeno por limpieza química de los difusores

EDAR	Años difusores	Situación	Oxígeno transferido (%)
EDAR 1	6	Antes limpieza química	29,8
		Después limpieza química	37,6
		Variación	26,1
EDAR 2	10	Antes limpieza química	19,4
		Después limpieza química	24,7
		Variación	27,2
EDAR 3	0,5	Antes limpieza química	19,8
		Después limpieza química (con sustitución parcial de difusores)	34,7
		Variación	75,6

El mayor incremento en la transferencia de oxígeno tras la limpieza química de los difusores se observó en la EDAR 3, pero en este caso se realizaron al mismo tiempo la limpieza química y el cambio parcial de difusores.

Analizando los resultados de las EDAR 1 y 2, en las que se efectuó únicamente la limpieza, se observa una mejora en la transferencia de O_2 superior al 25%. Esta mejora en la transferencia supone que, para obtener el mismo SOTE, las soplantes deben trabajar menos, consiguiéndose ahorros energéticos El ahorro final obtenido dependerá de la eficiencia del sistema de soplado.

Ante estos resultados, se considera esencial elaborar un plan de limpieza y realizar un seguimiento de la eficiencia del sistema antes y después de la limpieza, para establecer correctamente los ahorros alcanzados.

Otro aspecto que puede suponer ahorros y es en cierto modo colateral a esta mejora es el correcto mantenimiento de los difusores, reponiendo de forma sistemática aquellos que aparezcan rotos o colmatados.

3.7.4 REDIMENSIONAMIENTO DE SOPLANTES Y COMPRESORES

3.7.4.1 Contexto

Tal y como ocurre en el caso de las bombas, también es habitual encontrarse soplantes y compresores sobredimensionados para el caudal y presión necesarias. Durante la fase de diseño se tiende a sobredimensionar, con objeto de proporcionar versatilidad para futuras sobrecargas, y para reducir riesgos en el cálculo y en la selección o para proporcionar mayor robustez del sistema. A veces, para ajustar el flujo se recurre al uso de dispositivos de estrangulamiento, de bypass o de paradas continuadas, métodos muy poco eficientes desde el punto de vista energético. En ocasiones el empleo de variadores de frecuencia puede ayudar a ajustar el caudal a las condiciones deseadas, pero no siempre se puede alcanzar un punto óptimo de funcionamiento.

3.7.4.2 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los procesos de suministro de oxígeno a los tanques de cría y engorde.

Los equipos afectados por esta medida de mejora son las soplantes y los compresores.

3.7.4.3 Casos de aplicación

Esta medida es de aplicación en aquellas plantas que dispongan de soplantes y compresores para el aporte de oxígeno, en las que se detecte un consumo excesivo debido al sobredimensionamiento de las mismas.

3.7.4.4 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Caudal demandado.
- Caudal disponible
- Presión necesaria

3.7.4.5 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 50% con la implementación de esta solución.

Como sucede en el caso de motores y bombas sobredimensionadas, hay que tener en cuenta que el ahorro va a depender fundamentalmente de la situación de partida y de lo ajustada que sea la potencia de los nuevos equipos. Si la potencia seleccionada para el cambio es correcta, los nuevos equipos no deberían necesitar más horas para suministrar el aire necesario, por lo que el ahorro debería ser proporcional a la diferencia de potencias entre los equipos. Otra posibilidad es aprovechar el cambio de soplantes o compresores por averías o fin de vida útil para, además de ajustar su potencia, seleccionar tecnologías más eficientes energéticamente.

3.7.5 SISTEMAS DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE AIREACIÓN

3.7.5.1 Contexto

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de los tanques está considerada como uno de los parámetros de control más importantes en una planta acuícola. Una concentración de oxígeno disuelto baja afecta al crecimiento de los peces, mientras que una concentración de oxígeno alta supone un gasto energético importante, al ir asociado a un trabajo excesivo de las soplantes, y afecta negativamente al proceso.

El propósito de los sistemas de control para el ajuste de las condiciones óptimas en el tratamiento secundario tiene como objeto proporcionar el flujo de aire correcto en cualquier momento. Esto tiene un impacto significativo en el consumo energético, pues actúan directamente sobre los sistemas de aireación. El sistema de control más extendido se basa en la medición del oxígeno disuelto, y es también común ver sistemas en los que también se mide el potencial redox.

La aparición de nuevas sondas para la medida de nuevos parámetros a un coste asumible, y el desarrollo de nuevas estrategias de control posibilita la implementación de nuevos sistemas que reducen el consumo energético del proceso.

3.7.5.2 Objetivo

Implementación de nuevos y más eficientes sistemas de control para el tratamiento secundario que regulan con más eficiencia el aporte de aire a los tanques.

3.7.5.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Sistema de oxígeno

Los equipos por esta medida de mejora son los equipos de aireación, como soplantes, compresores, rotores, etc.

3.7.5.4 Casos de aplicación

Estos sistemas de control son muy recomendables en plantas con sistemas de control obsoletos.

3.7.5.5 Datos principales para la evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Ratios de consumo energético en aireación kWh/m^3 o kWh/ton
- Necesidades de O_2 disuelto
- Volumen de agua en tanques
- Características de los equipos suministradores de aire/oxígeno

3.7.5.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 35% con la implementación de esta solución.

Los sistemas de control diseñados evitan que las soplantes o compresores funcionen innecesariamente, poniéndolos en funcionamiento únicamente cuando los sensores determinen que las condiciones del agua en los tanues requieren la entrada de aire. Así, se pasa de un funcionamiento continuo a uno en ciclos alternados, disminuyendo los períodos de funcionamiento y el consiguiente consumo energético.

3.8 SISTEMA DE DESINFECCIÓN

3.8.1 UTILIZACIÓN DE LÁMPARAS UV DE BAJA PRESIÓN

3.8.1.1 Contexto

Debido a las exigencias relacionadas con la calidad del agua, la desinfección ultravioleta (UV) se ha vuelto popular durante los últimos años como una alternativa a la desinfección química.

La radiación ultravioleta puede penetrar en el interior de las células de los microorganismos y dañarlas, limitando su reproducción. Entre sus ventajas destacan:

- No altera las características órganoléptica del agua tratada.
- El tiempo de contacto necesario para la desinfección es muy breve.
- Proceso físico y no químico, no deja ningún residuo toxico en el agua tratada lo que no ocurre con el cloro y los demás desinfectantes químicos.
- Muy buena acción virucida y bactericida.
- No tiene ningún tipo de peligro para el hombre, la flora y la fauna.

Existen 2 tipos de lámparas UV: de media presión y de baja presión. Las lámparas de media presión tienen potencias de varios KW y emiten luz UV de distintas longitudes de onda, entre 185 y 400 nanómetros; su rendimiento, entendido como porcentaje de conversión de la potencia aplicada en emisión UV-C a 254 nanómetros, está comprendido entre el 7% y 12%. En el caso de las de baja presión, producen en una sola longitud de onda (254 nm), la potencia va de 60 W a 600 W y cuentan con un rendimiento entre el 26% y 34%.

Las lámparas de media presión requieren de 2 a 4 veces más energía para funcionar que las de baja presión. Dentro de las lámparas de baja presión, hay un grupo llamado de alto rendimiento, que trabaja con una amalgama de mercurio en lugar de con mercurio en forma de gas y aúna las ventajas de los dos tipos (alto poder desinfectante y bajos requerimientos de energía).

3.8.1.2 Objetivo

Cambio de lámparas de desinfección UV de media presión por lámparas de baja presión con alto rendimiento.

3.8.1.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos de la EDAR:

- Tratamiento de desinfección ultravioleta

El equipo afectado por esta medida de mejora es el sistema de lámparas ultravioleta.

3.8.1.4 Casos de aplicación

Plantas acuícolas con altos costes energéticos en la desinfección UV.

3.8.1.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Potencia y tipología de las lámparas
- Número de lámparas
- Caudal
- Transmitancia del ultravioleta
- Requisitos de calidad del agua

3.8.1.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 65% con la implementación de esta solución.

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de las lámparas de baja presión puede llegar a triplicar los de una de alta presión. Por ejemplo, para alcanzar una emisión media UV-C de 68 W a 254 nm, después de 100 horas de funcionamiento, necesitaríamos una lámpara de 200W de baja potencia (rendimiento 34%), pero una de más de 570W en el caso de las de alta potencia (rendimiento 12%). En mil horas de funcionamiento sólo de esa lámpara se hubiesen ahorrado unos 370 kWh.

3.8.2 REGULACIÓN DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA

3.8.2.1 Contexto

La energía consumida por la desinfección ultravioleta (UV) puede suponer entre el 5 y el 10% del consumo de una planta, o incluso más si se trata de hatcherys, en las que los requisitos de calidad del agua son más elevados.

La automatización puede reducir el número de lámparas y el tiempo de uso de las mismas basándose en datos de flujo y calidad del agua residual en tiempo real. Los sistemas de controles más comunes son basados en la medición del caudal o la transmitancia.

3.8.2.2 Objetivo

Regular la utilización de lámparas ultravioleta mediante, monitorización del flujo o de la dosis.

3.8.2.3 Procesos y equipos afectados

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Tratamiento de desinfección ultravioleta

3.8.2.4 Casos de aplicación

Plantas acuícolas con altos costes energéticos en la desinfección UV, con capacidad para monitorizar el tratamiento terciario.

3.8.2.5 Datos principales necesarios para evaluación de la medida

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Caudal
- Potencia de la lámpara
- Transmitancia del ultravioleta
- Requisitos de calidad del agua

3.8.2.6 Ahorro Energético

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 25% sobre el consumo actual con la implementación de esta solución.

3.9 INSTALACIÓN DE AUTOTRANSFORMADORES

3.9.1 CONTEXTO

El principal consumo energético en las plantas acuícolas es la electricidad. La potencia eléctrica demandada depende fundamentalmente de dos factores: la intensidad y el voltaje.

El análisis del voltaje aporta mucho valor en términos de eficiencia energética. Los aspectos a analizar son tres:

- Amplitud: para una operación óptima, el voltaje suministrado debería mantenerse en un rango del ±5% alrededor del valor declarado por la compañía eléctrica. Un valor menor al normal implica que existe equipamiento que está operando en condiciones de deterioro. En cambio, un exceso de valor indica pérdidas de potencia en transformadores, motores e iluminación.

- Las fluctuaciones de tensión: causan parpadeos en la iluminación y vibraciones en motores, aun cuando la amplitud se mantenga en los límites contratados.

- Caídas e interrupciones de tensión: son los fenómenos más importantes en términos de calidad de suministro eléctrico. Una medición precisa puede ayudar a encontrar el origen de la incidencia, y facilitar una negociación con el proveedor de electricidad.

Las alteraciones en el voltaje suponen una pérdida de la calidad del suministro eléctrico –crítico en la planta- y un incremento del consumo.

Para controlar estas 3 variables del voltaje se utilizan autotransformadores. Un autotransformador es similar a un transformador de dos devanados, pero difiere en la forma en que el devanado primario y secundario están interrelacionados. En un autotransformador, se utiliza un solo devanado como devanado primario y secundario. Pero en un transformador de dos devanados se utilizan dos devanados diferentes para fines primarios y secundarios.

En condiciones de carga, una parte de la corriente de carga se obtiene directamente del suministro y la parte restante se obtiene mediante la acción del transformador.

Un autotransformador funciona como un regulador de voltaje, mejorando el equilibrio de fases, consiguiendo una reducción de reactiva y la eliminación de armónicos. Entre sus ventajas están:

- Reducción de consumo de la energía activa: Ahorro en el consumo eléctrico de 5% a 15% sobre toda la instalación.
- Filtrado de armónicos: En concreto, se consigue una reducción de entre el 30% y 50% en armónicos 3º y 5º y la practica anulación de los 9º y 11º armónicos.
- Reducción de consumo de la energía reactiva: El dispositivo no está pensado para compensar la energía reactiva, no pretendiendo sustituir a una batería de condensadores, simplemente su utilización produce una menor generación de kVAr.
- Disminución de la tensión entre neutro y tierra: Normalmente los desfases que se generan en los circuitos aparecen como “basura” en el neutro, el dispositivo reduce hasta eliminar dicha tensión N-PE.
- Reducción de huecos y microcortes: Los auto-transformadores reducen los huecos o microcortes que se producen en las instalaciones eléctricas en un 30%.

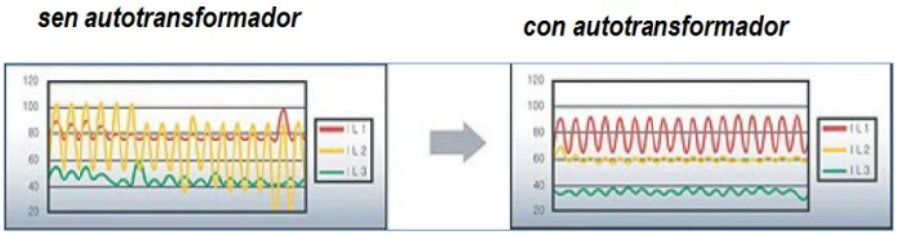


Fig. 22 Corrección de fases

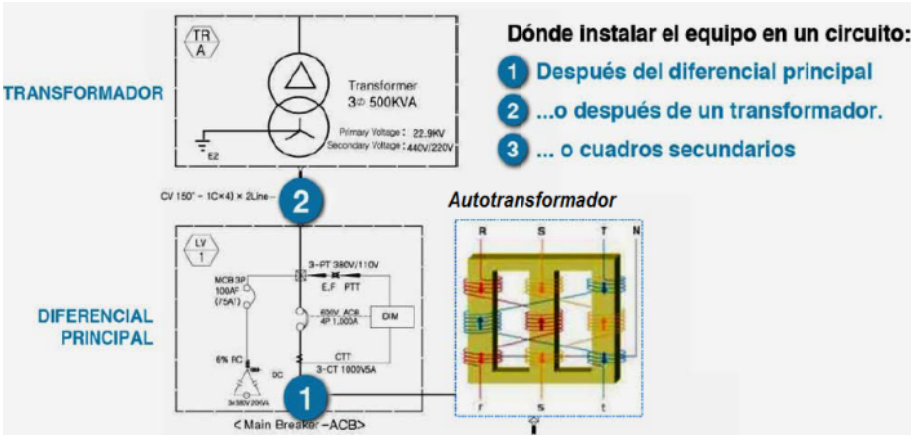


Fig. 23. Instalación del transformador

3.9.2 OBJETIVO

Regular el voltaje demandado por la planta.

3.9.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Todos los procesos

La regulación del voltaje se realiza normalmente de forma global, aunque también se puede realizar una regulación parcial si se observa el problema en algún proceso de consumo elevado.

3.9.4 CASOS DE APLICACIÓN

Plantas acuícolas que presenten mediciones de voltaje elevadas o una tasa de distorsión armónica alta.

3.9.5 DATOS PRINCIPALES NECESARIOS PARA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Voltajes registrados

- Potencia demandada
- Tasa de armónicos

3.9.6 AHORRO ENERGÉTICO

De acuerdo a las indicaciones de los suministradores, se alcanzan ahorros de entre el 5 y el 15% de la demanda total, aunque dependerá del sobreconsumo actual que se corrija.

3.9.7 CASOS DE REFERENCIA

En las auditorías realizadas se observaron demandas excesivas de voltaje en 3 de las 5 plantas auditadas en Galicia.

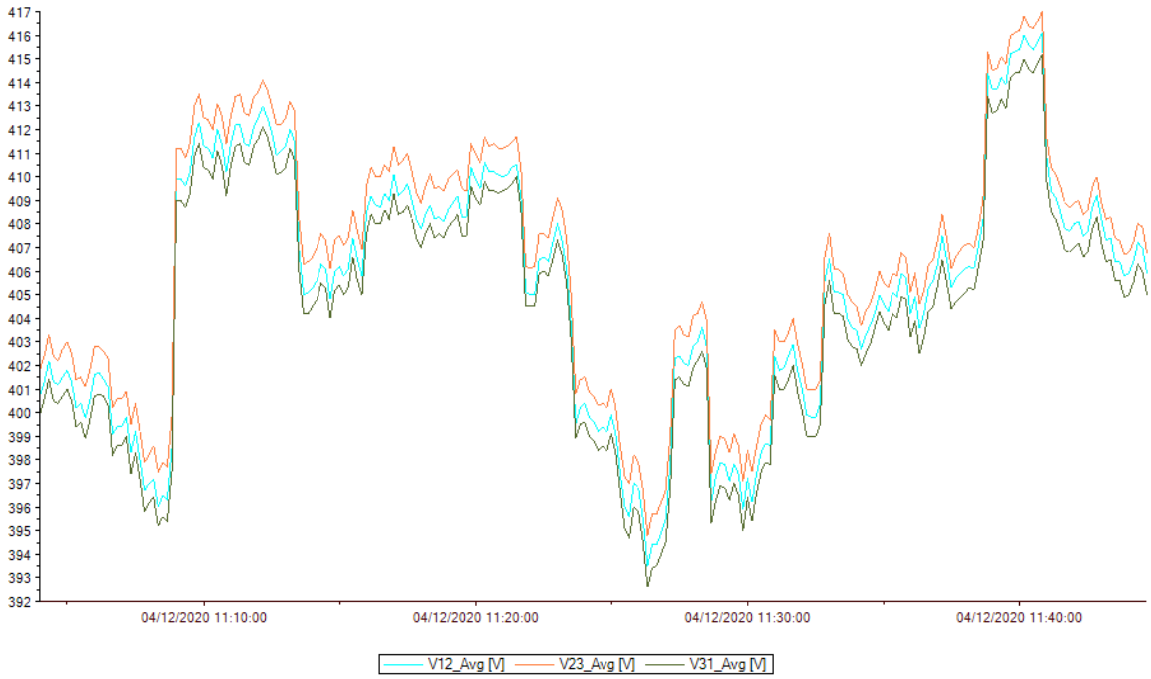


Fig. 24 Medición de voltaje, bombas 2 y 3.

La figura anterior muestra las mediciones realizadas en los bombeos de una de las plantas. Aunque el voltaje teórico es de 400 V, se observa como fluctúa entre 380 y 415V, con un voltaje medio sobre 405,5 voltios/fase.

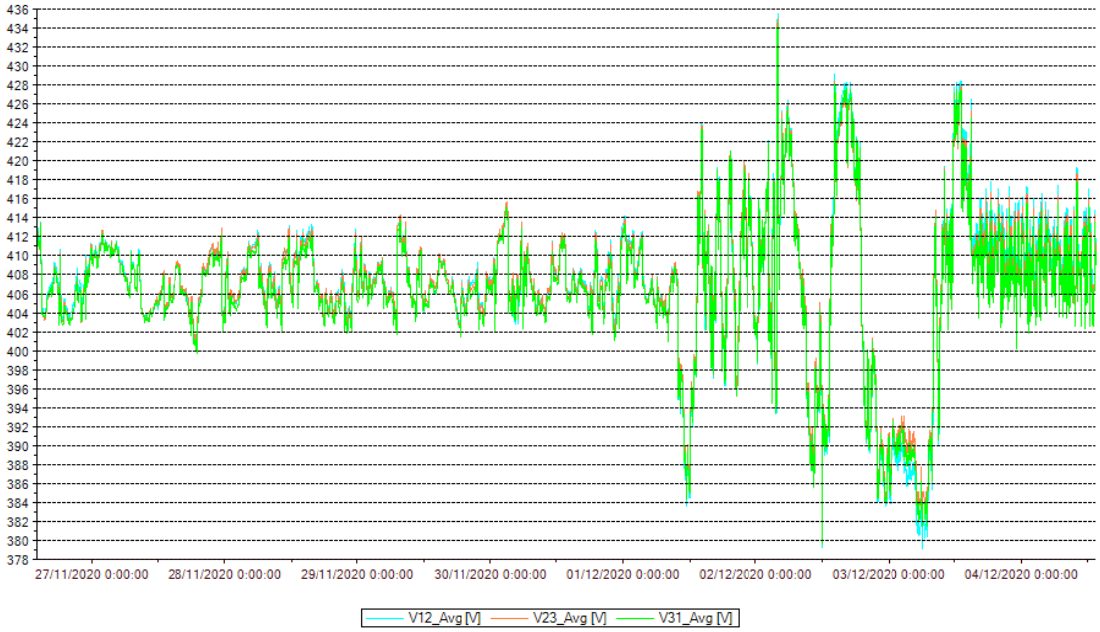


Fig. 25Medición de voltaje, bombas 6 y 7.

Como e el caso anterior, se observa en esta medición que los voltajes oscilan entre 378 y 430V, en lugar de permanecer estabilizados en torno a los 400V.

En todas ellas se estudió la instalación de autotransformadores para controlar esta variable, alcanzándose ahorros de acuerdo al análisis aportado por el fabricante, próximos al 7%. En uno de los caos, se requería un equipo de 630 kVA, con un coste aproximado de 30.000€, mientras que en las otras dos plantas, de mayor tamaño, se optó por instalar una batería de varios equipos. En las 3 plantas se recuperaba la inversión realizada en menos de 6 años.

3.10 MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

3.10.1 CONTEXTO

Todas las plantas disponen de sistemas de iluminación. En general, se puede diferenciar entre la iluminación exterior, que funciona durante el período nocturno, la iluminación de la zona de oficinas y elaboración y la iluminación en la zona de cría-engorde, que se regula para favorecer los diferentes procesos de la biomasa, como la alimentación.

Las tecnologías de iluminación que más frecuentemente se pueden encontrar en las plantas son (de menos a más eficiencia):

- Incandescente
- Halógenas
- Fluorescente compacta

- Fluorescente tubular
- Halogenuros metálicos
- Sodio baja presión
- LED

Las nuevas tecnologías presentan mejores relaciones lm/W y por lo tanto disminuyen el consumo energético. Pese a que la potencia instalada en iluminación en las plantas no es significativa en comparación con otros equipos como los bombeos, existen luminarias que funcionan un elevado número de horas, y la energía ahorrada utilizando tecnologías con mayor rendimiento lumínico puede ser apreciable.

En los últimos años, el desarrollo de la tecnología LED ha puesto en el mercado luminarias y lámparas muy eficientes y fiables, de larga vida útil, regulables y con consumos inferiores al 20% de las luminarias tradicionales.

3.10.2 OBJETIVO

Sustitución de luminarias por luminarias con más rendimiento lumínico.

3.10.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Sistema de iluminación

Los equipos afectados por esta medida de mejora son las luminarias.

3.10.4 CASOS DE APLICACIÓN

Es una medida aplicable a todos los centros que utilicen sistemas de iluminación poco eficientes. Dependiendo fundamentalmente de la tecnología y del número de horas anuales de funcionamiento de las luminarias a analizar los periodos de retorno de la inversión serán más o menos atractivos.

3.10.5 DATOS PRINCIPALES NECESARIOS PARA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Tecnología luminarias
- Horas de uso
- Potencia instalada
- Coste de la energía eléctrica

3.10.6 AHORRO ENERGÉTICO

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 40% con la implementación de esta solución.

Para un cálculo sencillo del ahorro podemos calcular la potencia instalada en los equipos existentes, y la que resultaría tras el cambio a LED. A partir de ahí, basta con establecer el consumo (en función de las horas de uso) y su coste.

Tabla 6.Potencias equivalentes en función de la tecnología

Potencias (W) equivalentes		
Incandescencia Halógenos	**Bajo Consumo Fluorescentes**	**Lámparas LED**
10	-	1
20	-	3
25	-	5
35	-	7
60	20	10
80	24	12
100	30	15
150	40	20

Supongamos por ejemplo una planta con los siguientes equipos de iluminación:

- 4 Fluorescentes de 30W, instalados en oficinas de control, funcionando 10 horas/día
- 6 bombillas de bajo consumo, de 20 W, en aseos, con un funcionamiento diario medio de 3 horas
- 10 focos halógenos exteriores, con 100W de potencia cada uno, encendidos una media de 8 horas/día.

El consumo anual de estos equipos se puede calcular aproximadamente:

Consumo (kWh)= Potencia instalada x horas de funcionamiento= (4x30x10+6x20x3 +10x100x8) x 365/1.000= 3.489,4 kWh/año

Si los sustituimos por sus equivalentes en LED:

Consumo (kWh)= (4x15x10+6x10x3 +10x15x8) x 365 /1.000= 722,7 kWh/año

Conseguimos por lo tanto un ahorro energético anual de 2.766,7 kWh/año. Si consideramos un precio de la electricidad de 0,12€/kWh, el ahorro económico rondaría los 335€/año. Al tratarse de una medida de bajo coste, menos de 2.000€, el período de retorno de la inversión es muy bajo.

3.10.7 CASOS DE REFERENCIA

En el marco del proyecto ACUAENERGY, se realizó un estudio sobre una acuicultura española donde se evaluó económica y técnicamente la implementación de esta medida. En esta instalación originalmente contaban con una lámpara fluorescente T8 de 36W con balasto electromagnético, pero al fallar las lámparas fluorescentes fueron

reemplazadas por lámparas LED de 18W. Se estima que aproximadamente el 75% de las lámparas en el área de producción son LED, aunque todavía restaría un 25% por substituir.

La potencia total instalada es de 7.387 vatios (7,39 kW). La mejora consistirá en la Sustitución total de los sistemas de iluminación existentes con tecnologías obsoletas (fluorescencia, VASP, ...) mediante equipos basados en tecnologías LED.

La inversión preliminar para esta medida ronda los 1.515 €, con un ahorro energético esperado de 7643 kWh/año, (reducción del consumo en torno al 26% respecto a la actual en cuanto a energía consumida en iluminación), que supone ahorros de 534 € / año y 2,73 tCO2 / año. El período de retorno de la inversión para esta medida es de 2,48 años.

3.11 PLATAFORMA DE MONITORIZACIÓN Y SUPERVISIÓN ENERGÉTICA

3.11.1 CONTEXTO

En el mercado actual existe un gran abanico de soluciones que permiten monitorizar los consumos eléctricos en una empresa/edificio/instalación.

Estas soluciones son plataformas que permiten realizar la gestión, monitorización y control de no sólo los diferentes consumos, sino que también de la facturación.

Los sistemas de gestión de consumos permiten la gestión, monitorización y control de los consumos energéticos y de la facturación. La estructura principal de estas plataformas está compuesta por: contadores, sistema de comunicación que puede ser por cable o inalámbrico, concentrador de los datos registrados y un servidor donde se trata y almacena toda la información registrada por los contadores. La visualización de la información se puede realizar a través de un PC, laptop, móvil, etc. que se puede conectar al servidor por Ethernet, Wifi, GPRS/3G.

Entre otras prestaciones los sistemas de monitorización de consumos energéticos permiten:

- Monitorizar y visualizar online todos los datos de consumos energéticos a tiempo real durante 24 horas y los 365 días del año.
- Monitorizar y controlar centralizadamente el consumo energético.
- Obtener datos históricos y perfiles de carga de la instalación.
- Contrastar facturas de la compañía, principalmente eléctricas.
- Asignar costes energéticos por zona, instalación, etc.
- Determinar costes por unidad de consumo.
- Actuar sobre los componentes de consumo del edificio en tiempo real.
- Mejorar la sostenibilidad y reducir las emisiones de CO_2.

3.11.2 OBJETIVO

Instalación de un sistema de monitorización energética para el análisis de los flujos energéticos y las condiciones de consumo en las plantas acuícolas.

3.11.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Todos los procesos

3.11.4 CASOS DE APLICACIÓN

Los sistemas de monitorización no conllevan a la disminución del ahorro energético de forma directa, sino aportan una información muy valiosa para guiar al gestor de planta hacia donde se debe actuar. Generalmente el ahorro energético obtenido por estos sistemas se debe a la mejora de la gestión de facturación, verificación errores de facturación, detección del exceso de reactiva y del exceso de potencia además de detectar y avisar la variación del consumo de energía con respecto a valores normales.

3.11.5 DATOS PRINCIPALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Consumo energético de la planta.
- Principales circuitos consumidores.
- Intensidades de los circuitos a analizar.

3.11.6 AHORROS ALCANZADOS

La tipología, gestión y el tamaño de la instalación afecta de manera directa a los desvíos en el consumo que se pueden detectar, por lo que los ahorros obtenidos son muy variables yendo desde el 3% hasta el 15%.

3.11.7 CASOS DE REFERENCIA

Esta medida se aplicó de forma transversal en todas las instalaciones acuícolas que fueron auditadas dentro del alcance de este proyecto, habiendo logrado ahorros en energía y economía entre 3 y 10% y con periodos de retorno de inversión entre 1 a 5 años.

4 MEJORAS EN ELSISTEMA HIDRÁULICO

La organización de los sistemas de captación y distribución de agua de mar y de recogida y evacuación del agua residual influye de forma directa en el principal consumo de las plantas acuícolas, los bombeos, que suponen normalmente el 80% del consumo eléctrico total.

Dentro de la infraestructura hidráulica se pueden encontrar una serie de componentes cuyo grado de complejidad puede variar significativamente en función, entre otros, del tipo de proceso productivo a desarrollar; fases de crecimiento de la(s) especie(s); grado de transformación del producto y la reutilización o no del agua (recirculación).

De forma simplificada, recordemos los elementos que componen este sistema son:

- Sistema de Captación. Su función es captar por gravedad o extraer por bombeo una determinada cantidad de agua de una fuente, en este caso, el mar.
- Desarenador/desbastador. Elementos destinados a la remoción de sólidos (arena) que estén en suspensión en el agua, mediante el proceso de sedimentación, y de otros elementos –como algas- de cierto tamaño. En el caso de procesos más delicados, como la cría, puede ser necesario un tratamiento de microfiltración.
- Conducción de Agua. Conjunto de componentes que transportan el agua mediante conductos desde la captación al desarenador o desde el desarenador hasta la zona o dispositivo de almacenamiento o al sitio donde se inicia la red de distribución. Su trabajo puede desarrollarse a flujo libre (canal), mediante un sistema a presión que trabajará por gravedad o gracias a un sistema de bombeo.
- Almacenamiento. Componente que almacena un determinado volumen de agua. Puede estar formado por la topografía natural del terreno o puede construirse parcial o totalmente mediante diques o tanques semienterrados, enterrados o elevados.
- Distribución. Componente destinado a distribuir el agua por medio de una red de tuberías o canales hacia la zona de producción.
- Recolección de Aguas Residuales. Su función es la recolección de las aguas después de su uso en el proceso productivo y su transporte hacia el sistema de tratamiento o hacia la fuente o sitio de disposición final.
- Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales. Sistema dedicado a la eliminación de materia orgánica y sólidos suspendidos; y en algunos casos, nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo que puedan permanecer en el agua tras su paso por los estanques.

Los sistemas existentes suelen ser susceptibles de mejora, bien debido a errores u omisiones durante a fase de diseño y construcción, bien porque los sucesivos cambios en la planta los han dejado insuficientes u obsoletos.

La implantación de mejoras en el diseño hidráulico de la planta, más allá de la sustitución de las bombas, suponen una complejidad importante, puesto que implican alterar la fisonomía de la planta, derivando en coste importantes, paradas en la producción, alteraciones en la misma,… Es por ello aunque en ocasiones podrían suponer interesantes mejoras, suelen descartarse.

Es difícil definir medidas de este tipo que de forma general puedan aplicarse a un amplio grupo de plantas. Pero tras la realización de las auditorías han quedado reflejadas posibilidades de mejora energética que pasamos a describir brevemente, de forma que puedan servir de guía para la evaluación de otras medidas similares en plantas en fase de diseño o funcionamiento:

- Realizar el desbaste e la entrada del agua de mar. En ocasiones el desbaste se realiza tras el bombeo de acometida, antes de la distribución a planta. Esto supone que las bombas de entrada tengan que bombear algas y otros elementos que dificultan la operación, suponen un mayor consumo energético y obturan las bombas, ocasionando mayores costes de mantenimiento.
- Evitar bombeos a lámina libre, priorizando los bombeos presurizados. En los bombeos presurizados se optimizan, mediante un ajuste fino, las alturas de trabajo de las bombas, pudiendo ganarse 1 m. de altura en cada bombeo, siendo conservadores (respetando un margen de seguridad de 0,5 m.). Este metro de altura ganada, supondría un ahorro anual significativo.
- Utilizar diámetros adecuados en las tuberías de distribución, utilizando diámetros amplios en los que la pérdida de carga sea menor. Del mismo modo, en los diseños de las redes de distribución debería reducirse en los posibles codos, ángulos y otros elementos que incrementan la altura manométrica del diseño.
- Mejorar la recirculación del agua en el interior de los tanques, utilizando tanques circulares, o introduciendo elementos en estanques rectangulares que favorezcan la circulación circular. Dentro de las posibles opciones estarían:
    - Instalación de pantallas deflectores sin llegar al suelo del estanque, que mantengan una direccionalidad circular suprimiendo así las turbulencias que se producen en las esquinas:

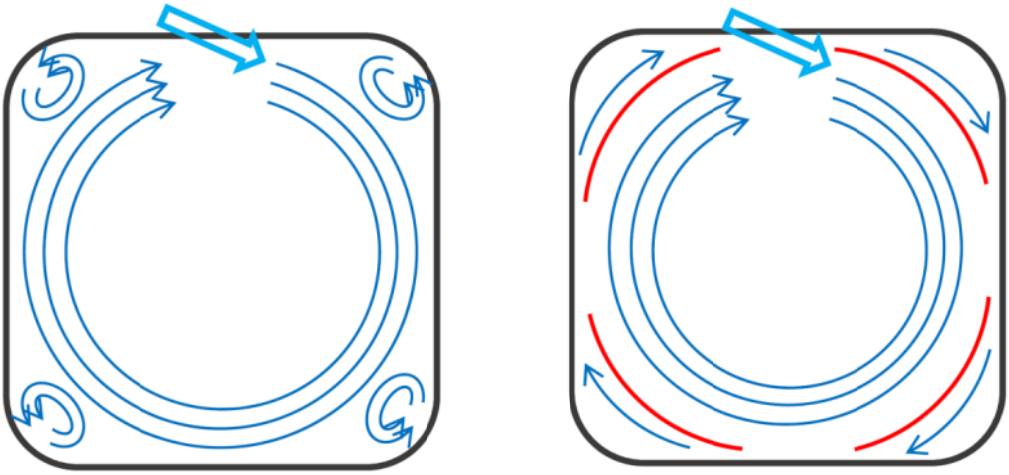


Fig. 26 Esquema flujo con pantallas deflectoras

- Instalación de una tubería de reparto con varias toberas:

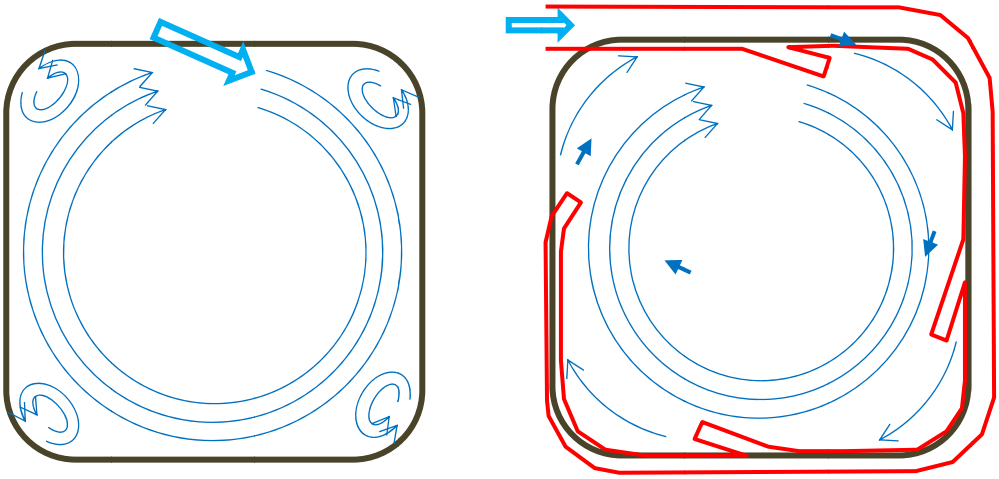


Fig. 27 Esquema flujo con varias toberas

- Cambios en la estrategia de bombeo: en ocasiones, es necesario analizar los consumos actuales para reprogramar el funcionamiento de las bombas, por ejemplo, reduciendo o ampliando el número de bombas para que trabajen dentro de los rangos óptimos de sus respectivas curvas.

5 INSTALACIONES DE ENERGÍA RENOVABLE

Las plantas acuícolas tienen un consumo principalmente eléctrico, muy elevado y prácticamente constante a lo largo del día y del año.

La implantación de energías renovables para autoconsumo no reduce el consumo energético de las plantas, pero si cubre esa demanda de forma gratuita y con fuentes que no provocan emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO_2

En general, se habla siempre de instalaciones de autoconsumo total, en las que no se incorporan sistemas de almacenamiento de energía eléctrica como las baterías. Esto se debe a que las baterías son equipos costosos y que requieren espacio y un buen mantenimiento y que en general tienen una vida útil inferior al resto de los equipos de la instalación renovables.

La piscifactoría mantendrá la conexión a la red, de modo que tenga siempre garantizado el suministro eléctrico necesario para su correcto funcionamiento sin la necesidad de contar con un sistema de almacenamiento (grupo de baterías).

En este caso, cuando hablamos de porcentaje de ahorro energético nos referimos a la cantidad de la energía que pasa a producirse mediante el sistema renovable, que se supone va a ser totalmente consumida en la planta, reduciendo el suministro desde la red general. Este porcentaje de ahorro va a depender únicamente del tamaño de la instalación renovable: cuanto mayor sea, mayor será su producción. Por lo tanto, el límite es el espacio disponible y la inversión a realizar.

5.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

5.1.1 CONTEXTO

Los paneles solares fotovoltaicos convierten directamente la radiación solar en energía eléctrica limpia y renovable, sin emisiones, ruido o polución. La energía solar fotovoltaica es una tecnología madura, con cientos de GW de potencia instalada a nivel mundial, y compite ya en costes de producción con las fuentes de generación tradicionales. No tiene componentes móviles y por lo tanto requiere un mínimo mantenimiento.

Las acuícolas son plantas particularmente interesantes para instalación de este tipo de tecnologías pues tienen consumo permanente durante todo el día y durante todos los días del año, por lo que, con una instalación correctamente dimensionada, se podría aprovechar toda la energía producida por la instalación fotovoltaica, maximizándose así los beneficios obtenidos.

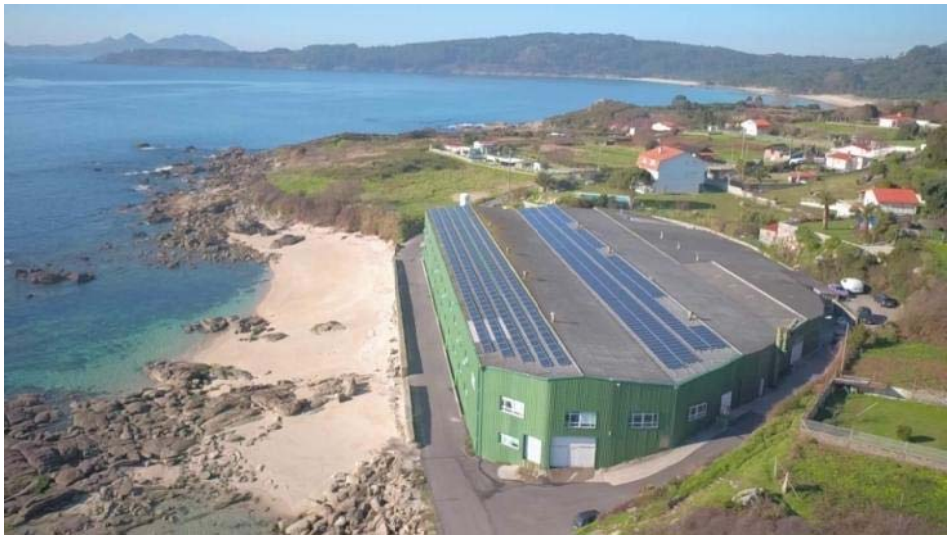


Fig. 28 Instalación fotovoltaica COMAR-Cangas

5.1.2 OBJETIVO

El objetivo de esta solución es la implantación de una instalación solar fotovoltaica con objeto de reducir el consumo de energía eléctrica de la planta.

Por el carácter transnacional de este proyecto y las diferentes condiciones regulatorias de cada país en cuanto a venta de energía a la red, en esta sección se analizarán instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo sin venta de energía eléctrica, es decir dimensionadas para cubrir la demanda base de la planta y que no inyectan energía a red.

5.1.3 CASOS DE APLICACIÓN

Debido a la demanda base permanente que presenta un planta de acuicultura, el uso de energías renovables de carácter aleatorio e intermitente como la solar fotovoltaica es una opción interesante a considerar. Con un dimensionamiento correcto basado en esta demanda base podremos aprovechar toda la energía producida por dichas fuentes.

Unas condiciones de radiación más favorables implicarán una producción de energía mayor, se debe consultar por tanto un mapa de radiación solar de la ubicación de la depuradora a la hora de analizar la viabilidad de la instalación. Además, se debe considerar que la presencia de sombras o el espacio disponible en la parcela de la planta o en las cubiertas puede limitar el tamaño de la instalación.

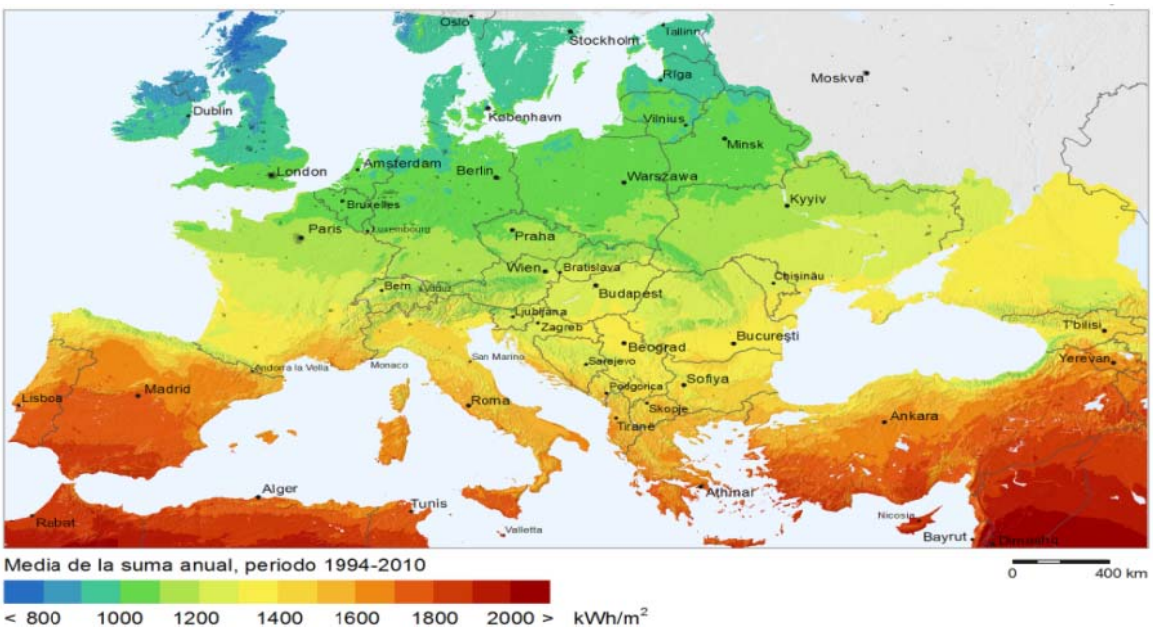


Fig. 29 Mapa de irradiación horizontal recibida en Europa. Fuente Mapa solar de GHI. 2014 GeoModel Solar

La anterior imagen la ubicación privilegiada de España y Portugal en cuanto a kWh/m^2 de irradiación horizontal recibida con respecto a otros países europeos.

5.1.4 DATOS PRINCIPALES NECESARIOS PARA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

- Demanda base de la planta (potencia mínima y media demandada)
- Distribución de la demanda a lo largo dl día
- Datos de radiación en la ubicación propuesta
- Precio de compra de la energía eléctrica
- Costes de inversión y mantenimiento

5.1.5 AHORRO ENERGÉTICO

El ahorro alcanzado depende de la potencia instalada, aunque habitualmente se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 15% con la implementación de esta solución. Con objeto de conocer el ahorro energético que una instalación fotovoltaica puede aportar, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento.

- Análisis de la curva de demanda de energía eléctrica
- Análisis de la distribución de costes de energía eléctrica según periodo
- Análisis de la irradiación incidente en la zona y dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica para generar el máximo ahorro (en este caso teniendo en cuenta que la instalación no verterá energía a la red)
- Cálculo del ahorro energético según irradiación incidente y dimensión de la instalación.

- Cálculo del ahorro económico anual teniendo en cuenta el coste de la energía por cada periodo, la disminución de la potencia contratada y los costes de mantenimiento.
- Cálculos de variables económicas como el VAN, el TIR y el período de retorno de la inversión.

En la siguiente figura se muestra una gráfica del cashflow acumulado para una inversión en una instalación fotovoltaica sin inyección a red de 7kW, para la que se ha supuesto un coste de mantenimiento de 183 €/año, un IPC eléctrico del 4% y unas pérdidas anuales de rendimiento del 0,3%. Con estas premisas se obtiene un periodo de amortización sensiblemente menor que 8 años y un TIR del 10,3%.

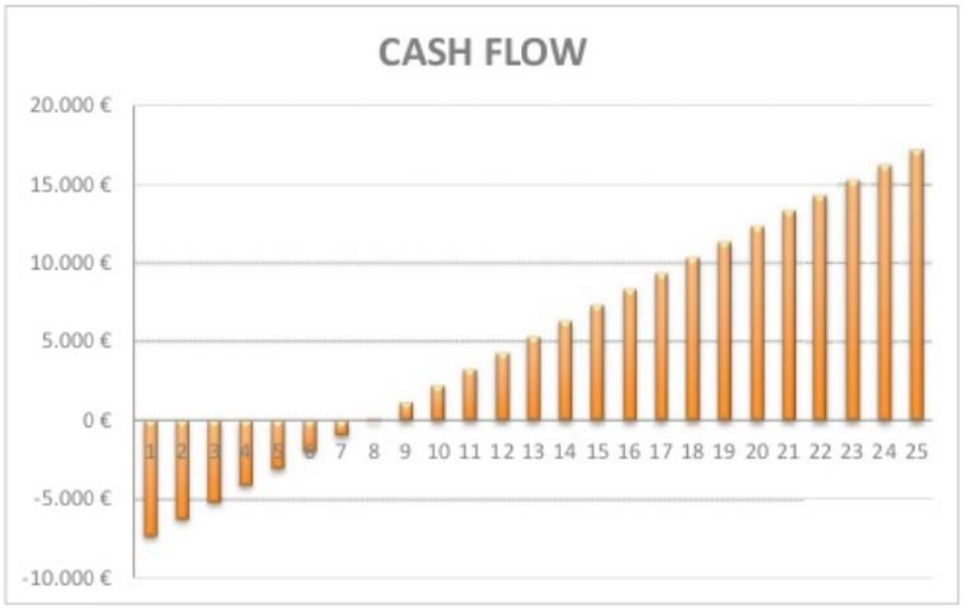


Fig. 30 Cash Flow acumulado para una instalación fotovoltaica de 7 kW. Fuente: Krannich

En Galicia y el Norte de Portugal se puede tomar como referencia una producción media de 1.200 horas equivalentes año. Para obtener la producción en kW simplemente habría que multiplicar este ratio por la potencia instalada. Es decir, una planta de 100kW producirá aproximadamente 120.000kWh/año.

5.1.6 CASOS DE REFERENCIA

La mitad de las plantas auditadas dentro del proyecto disponían ya de instalaciones fotovoltaicas que cubrían entre el 10 y el 20% del consumo total de las plantas.

Para el resto de las plantas se proyectaron instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo, entre 100 y 650 kW.

La instalación de mayor tamaño diseñada tenía las siguientes características:

- Potencia pico: 612kWp
- Módulo fotovoltaico:

  . Potencia pico panel: 400Wp
  . Nº de paneles: 1.530
- Inversor:

  . Potencia nominal: 100.000 W
  . Nº de inversores: 6

Para determinar la producción energética de esta instalación se ha utilizado la herramienta PVGIS, desarrollada por la Comisión Europea, considerando una inclinación de 15º y un azimut de 0º, obteniendo los siguientes resultados:

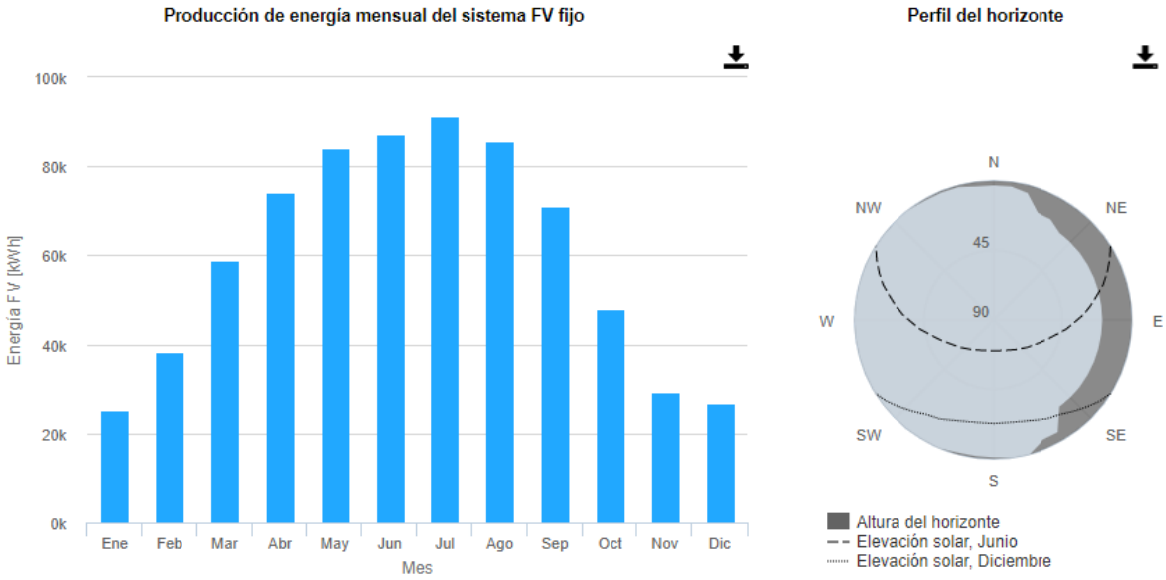


Fig. 31 Producción fotovoltaica estimada con la herramienta PVGIS.

La inversión a realizar era de aproximadamente 540.000€, esperando un ahorro energético anual de cerca de 720.000kWh y 65.250€, y una reducción de emisiones de 257TnCO_2/año.

5.2 ENERGÍA EÓLICA

La implantación de sistemas eólicos en plantas industriales para la autogeneración de energía eléctrica es cada vez más atractiva debido a la disminución de costes de fabricación de turbinas eólicas y al incremento del precio de la energía eléctrica.

Las acuícolas son plantas particularmente interesantes para instalación de este tipo de tecnologías pues tienen consumo durante las 24 horas por lo que, con una instalación correctamente dimensionada se podría aprovechar toda la energía producida por la instalación.

Pero aunque las zonas costeras suelen tener un buen recurso eólico, las limitaciones medioambientales y la inseguridad normativa han frenado la posible implantación de este tipo de instalaciones.

Las turbinas minieólicas, aquellas con potencias instaladas menores de 100 kW, se pueden clasificar en dos grupos: de eje vertical y de eje horizontal. Las segundas son las más extendidas.

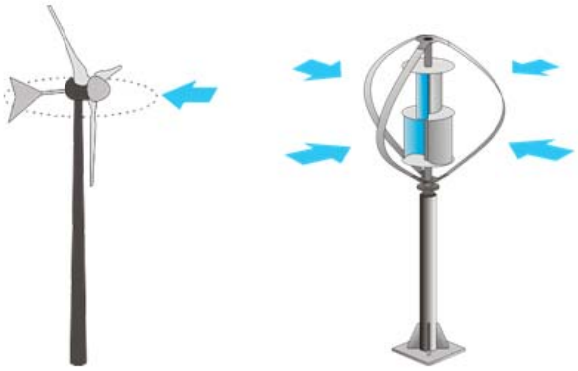


Fig. 32 Turbinas de eje horizontal/vertical. Fuente: e-watt

En los últimos años se ha desarrollado también soluciones de media potencia para autoconsumo, pensadas para un usuario industrial, como el aerogenerador nED100 de la empresa gallega Norvento, capaz de aportar 100 kW.

Fig. 33. Aerogenerador nED100 en la sede de Norvento (Lugo)

Teniendo en cuenta que estamos hablando de plantas con potencias medias demandadas de 300-400kW, estos aerogeneradores de mayor potencia cubrirían un % mayor del consumo, aunque su implantación puede encontrar mayores problemas a la hora de la tramitación administrativa y ambiental.

Los grandes aerogeneradores (más de 1MW de potencia) sólo pueden instalarse en determinadas zonas, definidas en el Plan Sectorial Eólico de Galicia, por lo que no serían de aplicación para estas plantas.

La utilización de energía eólica tiene como ventaja, respecto a la solar, que no depende de que no sólo genera durante el día, aunque por otro lado presenta mayores costes de implantación y mantenimiento.

5.2.1 OBJETIVO

Implantación de una instalación de generación eólica para cubrir un % de la demanda base de electricidad de la planta acuícola.

5.2.2 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Producción de energía

5.2.3 CASOS DE APLICACIÓN

Debido a la demanda base eléctrica tan elevada que existe en estas plantas, el uso de energías renovables de carácter aleatorio e intermitente como la eólica o la solar son una opción a considerar. Con un dimensionamiento correcto podremos aprovechar toda la energía producida por dichas fuentes. El suministro de electricidad quedaría garantizado manteniendo la conexión a la red eléctrica, evitando la instalación de baterías.

Para la instalación de un sistema eólico es fundamental que el emplazamiento de la planta tenga unas condiciones de viento óptimas para obtener el mejor aprovechamiento de este recurso. Es importante conocer la media de velocidades de viento, así como su distribución. Además, es fundamental poder contar con una ubicación libre de obstáculos en las direcciones predominantes del viento para evitar turbulencias indeseadas.

5.2.4 DATOS PRINCIPALES NECESARIOS PARA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Velocidad media de viento.
- Distribución de velocidades.
- Precio de la energía eléctrica.
- Demanda base de electricidad.

Al contrario que en la energía solar, no existe uniformidad por áreas en el recurso eólico. El análisis del recurso eólico disponible es complejo, y debería ser realizado por empresas especializadas. Para disponer de una orientación sobre la disponibilidad de

viento y la producción esperada en la zona se pueden utilizar las bases de datos disponibles, como el Atlas Eólico de España, desarrollado por el IDAE:

Fig. 34 Atlas Eólico de España

5.2.5 AHORRO ENERGÉTICO

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 20% o incluso superiores con la implementación de esta solución. Cuanto mayor sea la potencia instalada, mayor será la producción -siempre que exista recurso eólico- y mayor el ahorro. Pero evidentemente también será mayor la inversión a realizar, por lo que es importante encontrar el equilibrio entre inversión y ahorros obtenidos, además de evitar instalaciones sobredimensionadas.

Para poder evaluar técnica y económicamente esta mejora alcanzados se debería proceder a:

- Análisis de la curva de demanda de energía eléctrica
- Análisis de la distribución de costes de energía eléctrica según periodo
- Análisis de la disponibilidad de recurso eólico
- Dimensionamiento de la instalación eólica, determinando la potencia a instalar necesaria para generar el máximo ahorro, es decir, que cubra un porcentaje elevado de la demanda de la planta, puesto que estas instalaciones están pensadas para autoconsumo.
- Cálculo del ahorro energético, de acuerdo al recurso existente y la potencia de la instalación.
- Cálculo del ahorro económico anual teniendo en cuenta el coste de la energía por cada periodo, la disminución de la potencia contratada y los costes de mantenimiento.
- Cálculos de variables económicas como el VAN, el TIR y el período de retorno de la inversión.

Herramientas como el Atlas Eólico de España (http://atlaseolico.idae.es/meteosim/) permiten realizar una primera aproximación a la producción esperada, en este caso, para un aerogenerador de 100kW:

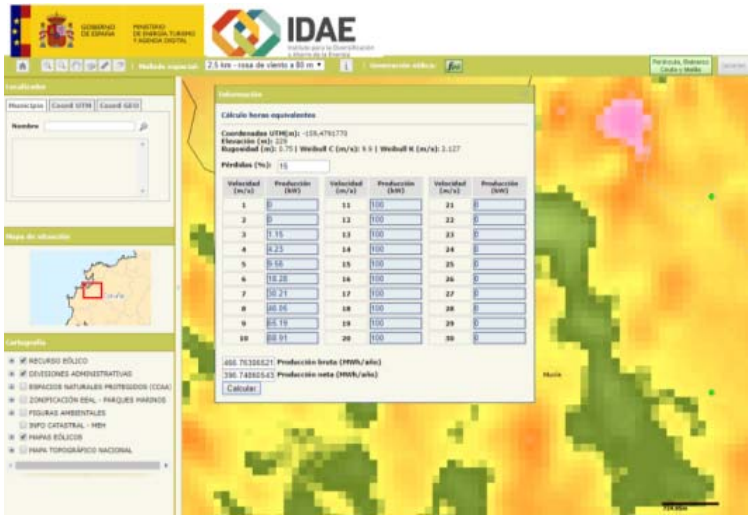


Fig. 35 Cálculo de producción s/Atlas Eólico de España

En este caso el ratio de horas equivalentes varía mucho en función del emplazamiento seleccionado, pudiéndose alcanzar valores superiores a las 2.500horas. Esta producción además no está limitada a las horas de sol, como sucede con la fotovoltaica, sino que se distribuye a lo largo de todo el día.

5.2.6 CASOS DE REFERENCIA

Se analizaron 6 posibles emplazamientos con eólicos de 100kW entre las auditorías realizadas, con simulaciones que mostraban una producción de entre 250-300MWh/año en las plantas gallegas y unos 185 MWh año en las portuguesas.

Los costes de implantación son superiores a los de la fotovoltaica, aproximadamente 300.000€ por aerogenerador, aunque la producción por kW instalado es superior.

En general, analizando las inversiones se observaron períodos de retorno de entre 12 y 15 años. Estos períodos podrían verse reducidos gracias a las diferentes líneas de ayudas para este tipo de instalación, que alcanzan tasas de cofinanciación del 55%.

5.3 ENERGÍA HIDRÁULICA

5.3.1 CONTEXTO

El aprovechamiento de la energía potencial y cinética del agua para su transformación en energía eléctrica es una práctica comúnmente utilizada. En muchas plantas existen saltos de agua o recorridos en pendiente en donde esta energía puede ser transformada en energía eléctrica mediante la utilización de una turbina.

Se trata de una energía limpia, con costes de operación bajos y con una alta disponibilidad, aunque los costes de mantenimiento pueden ser elevados y es necesario realizar un estudio de viabilidad detallado para cada caso.

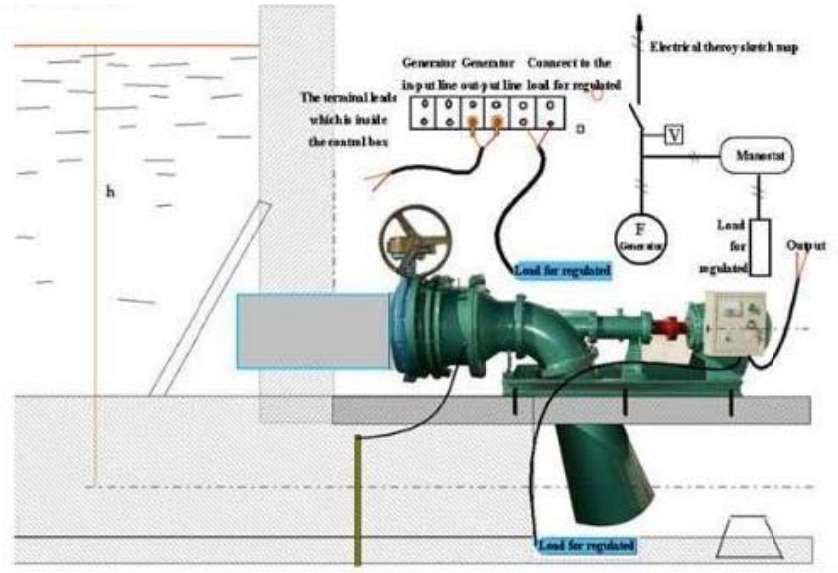


Fig. 36 Turbina de reacción

5.3.2 OBJETIVO

Instalación de turbinas capaces de obtener parte de la energía cinética y/o potencial del agua a la entrada o a la salida de la planta.

5.3.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es aplicable en los siguientes procesos:

- Producción de energía

5.3.4 CASOS DE APLICACIÓN

Normalmente en las plantas se eleva el agua mediante bombas para que alcance una altura suficiente para poder después recorrer la planta (tanques, desinfección, etc) por gravedad.

Para poder aprovechar la energía disponible, es necesario que a la salida del agua hacia al mar haya el suficiente salto manométrico como para que sea viable la instalación de una turbina hidráulica, por lo que se recomienda su valoración cuando exista una existe una diferencia de cota entra la planta y el punto de vertido.

También se podrían intentar aprovechar los movimientos de agua en el interior de la planta. En este caso, sería necesario localizar aquellos puntos en los que resultaría viable la instalación (puntos de vertido intermedios, plantas de producción a diferentes cotas,…) y tener en cuenta que:

- Normalmente, hay un escaso salto en cualquiera de los puntos existentes.
- Obra civil, necesaria para incrementar salto, desproporcionada para el beneficio a obtener.
- Necesidad de parada de la planta durante las obras e instalaciones.

Existen modelos experimentales de instalación de tipos de turbinas especiales para conductos circulares, como pueden ser la turbina hidrocinética helicoidal Gorlov:

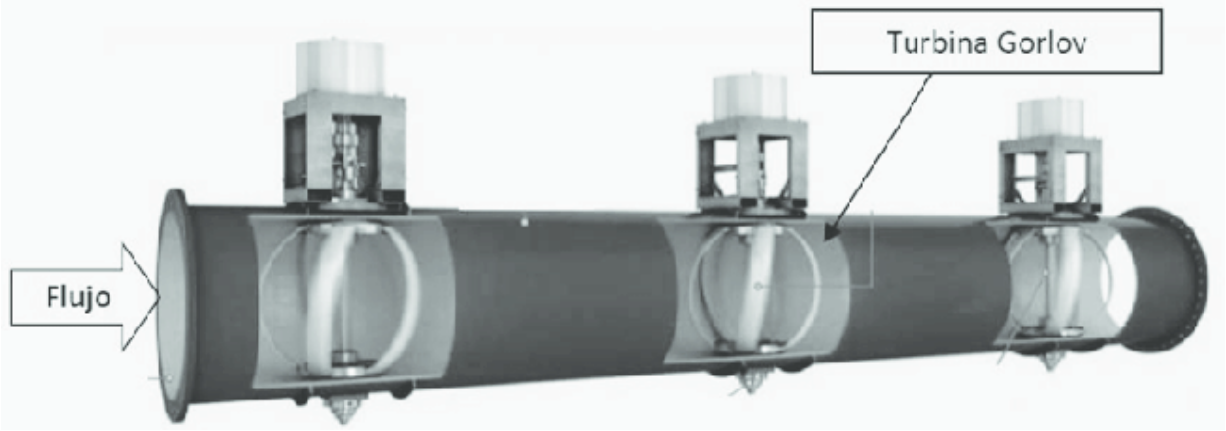


Fig. 37 Turbina Gorlov

Cuya aplicación puede ser valorada siempre que se tenga en cuenta que supondría una serie de complicaciones:

- Intervenir en los conductos actuales.
- Maquinaria (generador y multiplicador) en superficie obstaculizando los viales de circulación existentes.
- Se desconoce el comportamiento de estas turbinas frente al agua salada.
- Parada de la planta para ejecutar las instalaciones y para labores de mantenimiento y reparación.
- Dependencia tecnológica doble: por una parte, no son turbinas de fabricación estandarizada con mercado amplio, y por otra no existen fabricantes nacionales, limitándose al campo de la investigación universitaria.

5.3.5 DATOS PRINCIPALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos que deben tenerse en cuenta para hacer la evaluación de la medida son:

- Diferencia de cotas
- Caudal

5.3.6 AHORROS ALCANZADOS

Se pueden llegar a alcanzar ahorros de hasta un 10% con la implementación de esta solución, aunque dependerá de la energía que se genere en el punto de de salida del agua hacia el mar.

5.3.7 CASOS DE REFERENCIA

En el marco del proyecto ACUAENERGY, se realizó un estudio sobre una acuicultura española, donde se evaluó económica y técnicamente la implementación de esta medida.

En esta instalación existe un desnivel de aproximadamente 5 m a la salida del efluente, por lo que puede tener potencial de explotación hidroeléctrica. Se propuso la instalación de una microturbina y un generador.

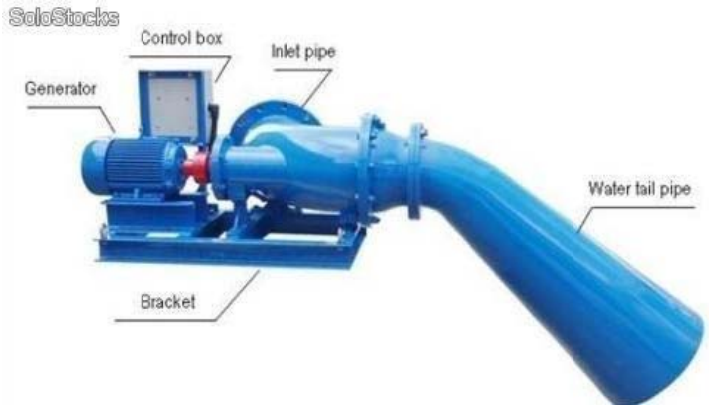


Fig. 38 Turbina de reacción propuesta

Teniendo en cuenta el caudal que de paso (1.200 m³ / h = 0,333 m³ / s) y la diferencia de cotas de 5 m, se estimó que era posible producir 107.310 kWh anuales, asumiendo el rendimiento global de este tipo de turbina del 75%.

Con base en los supuestos antes mencionados, se evaluó la implementación de esta solución desde un punto de vista técnico y económico. La inversión preliminar para esta medida ronda los 35.500 €, con un ahorro energético, económico y medioambiental anual de 107.1010 kWh/año, es decir, unos 7.500 €/año y 38 $TnCO_2$/año. El período de recuperación para esta medida es de 4,73 años.

5.4 CALDERAS DE BIOMASA

5.4.1 CONTEXTO

Las plantas que necesitan calentar agua de mar utilizan habitualmente calderas de combustión de combustibles fósiles como el gasóleo o, en los últimos años, bombas de calor de elevado rendimiento.

La biomasa como combustible alternativo se ha generalizado gracias a la disminución del coste de las instalaciones, la garantía de suministro de pellets y el apoyo público a la implantación de este tipo de equipos.

A la hora de sustituir una caldera existente en mal estado o cercana al fin de su vida útil debe valorarse la viabilidad de optar por una alternativa con un combustible más económico y más sostenible, con la venta de que no suele ser necesario reformar el resto de las instalaciones (conducciones, intercambiadores, etc) puesto que las temperaturas alcanzadas en las calderas de biomasa son equivalentes a las del resto de las calderas. Sí es necesario tener en cuenta que suelen ser más voluminosas y que requieren un depósito de biomasa apropiado, de mayor tamaño y que la mantenga seca y aireada, lo que puede ser un problema debido a las limitaciones de espacio de las plantas y su cercanía al mar.

En el caso de las calderas de biomasa no se puede hablar de ahorro energético, puesto que el consumo de energía es my similar al que se viene produciendo. Lo que se pretende es suministrar la energía térmica necesaria utilizando un combustible más económico y sostenible.

En estos momentos, el coste del kWh de pellets ronda los 0,04€/kW, mientras que el gasóleo está en unos 0,065€/kWh,.

Además, aunque en las calderas de biomasa se produce un proceso de combustión y se emiten gases, se considera que la biomasa es un combustible con emisiones prácticamente neutras, puesto que las emisiones de CO_2 que se producen se corresponden a las previamente almacenadas en la madera, compensando unas con otras.

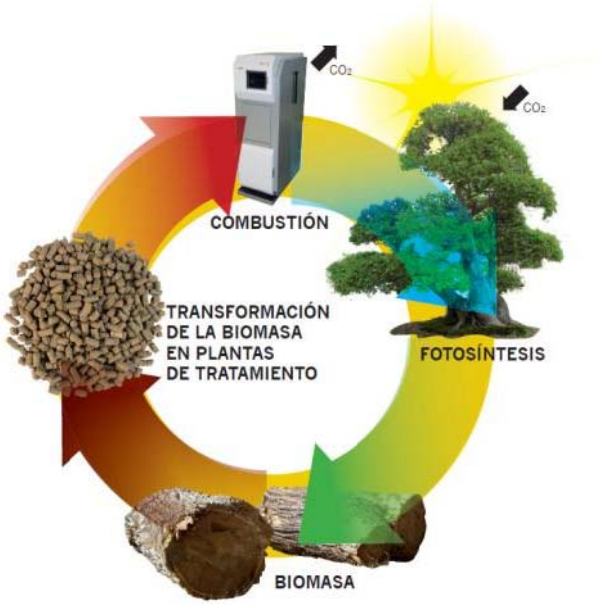


Fig. 39 Ciclo CO_2 de la biomasa. Fuente: www.certificadosenergeticos.com

Aunque los pellets son el combustible más generalizado, debido a su limpieza, facilidad de suministro, calidad y precio, las calderas de biomasa se pueden alimentar con astillas –recomendables en el caso de existir espacio suficiente para el almacenamiento- o leña – sólo las de potencia doméstica, debido a la limitaciones en la automatización de la alimentación. Pero también con residuos procedentes de la propia planta, previamente tratados y desecados. En este caso, la inversión en adaptación e investigación hace que sólo sean rentables cuando el volumen de residuos es muy elevado, por lo que deben estudiarse cuidadosamente.

5.4.2 OBJETIVO

Sustitución de calderas diesel por calderas de biomasa

5.4.3 PROCESOS Y EQUIPOS AFECTADOS

La solución descrita es de aplicación en:

- Equipos dedicados a cubrir la demanda térmica del agua

5.4.4 CASOS DE APLICACIÓN

Plantas en las que sea necesario gestionar la temperatura del agua de mar, que utilicen calderas de combustión y dispongan de espacio suficiente para el almacenamiento de los pellets o astillas.

5.4.5 DATOS PRINCIPALES NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA

Los datos necesarios para evaluar la medida son:

- Temperatura del agua captada en el mar;
- Requisitos de temperatura del agua en planta
- Caudal
- Características de las calderas actuales y propuestas (potencia, rendimiento)
- Disponibilidad de espacio
- Facilidad y garantías de suministro en los alrededores
- Precio del combustible actual y de la biomasa

5.4.6 AHORROS ALCANZADOS

Como se comentó, no hay un ahorro energético propiamente dicho. Únicamente se puede considerar el derivado de sustituir equipos antiguos con rendimiento bajo por otros más modernos y en mejor estado, con un rendimiento de combustión esperable mucho mayor.

En todo caso, esta propuesta debe valorarse como un ahorro económico y en emisiones, más que como una propuesta de eficiencia energética, como sucede con el resto de las renovables.