

ENERGY EVALUATION AND IMPROVEMENT OF SPORTS CITY FACILITIES

González Justo, G.; Andres Diaz, J. R.

Universidad de Málaga

Currently, one of the most popular works is the Energy Manager. Its functions include the initial study of the different facilities and the development of a plan to optimize energy consumption.

This communication will present the practical implementation of the energy evaluation and improvement of the facilities of a sports town. It will show the procedure for data collection and selection of proposals based on efficient operating techniques and high performance equipment installations.

The following facilities will be studied within a Great Customer Center: Power supply, gas supply, lighting, boilers and hot water, solar thermal, HVAC, solar photovoltaic and cogeneration.

After grouping improvements evaluated we will make the economic study to propose the most interesting plan. In this study the Gross profit after depreciation will be the priority, as well as the improvement measures developed.

It is considered essential the energy efficiency, provided that the return on investment is acceptable based on the life of the modified equipment.

Keywords: *Energy efficiency; Facilities; Economic feasibility*

EVALUACIÓN Y MEJORA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE UNA CIUDAD DEPORTIVA

Actualmente, uno de los trabajos más demandadas es la de Gestor Energético. Dentro de sus funciones destacan el estudio inicial de la instalación y la elaboración de un plan para optimizar el consumo energético.

En esta comunicación se va a presentar la realización práctica de la evaluación y mejora energética de las instalaciones de una ciudad deportiva. Se mostrará el procedimiento seguido para la toma de datos y la selección de propuestas fundamentada en técnicas de funcionamiento eficientes y equipamientos de alto rendimiento en instalaciones.

Se estudiarán las siguientes instalaciones dentro de un Gran Centro Consumidor: Suministro eléctrico, Suministro de gas, Iluminación, Calderas y ACS, Solar térmica, Climatización, Solar fotovoltaica y Cogeneración.

Agrupando las mejoras evaluadas y realizando el estudio económico, se propondrá el Plan más interesante, priorizando el beneficio bruto tras la amortización, así como en las medidas de mejora desarrolladas.

Se considera fundamental la eficiencia y optimización energética, siempre que la amortización de la inversión sea aceptable en función de la vida útil de los equipos modificados.

Palabras clave: *Eficiencia energética; Instalaciones; Viabilidad económica*

Correspondencia: jrandres@uma.es

1. Introducción

Actualmente, uno de los trabajos más demandados es la de Gestor Energético. Dentro de sus funciones destacan el estudio inicial de la instalación y la elaboración de un plan para optimizar el consumo energético.

En este artículo se presenta la realización práctica de la evaluación y mejora energética de las instalaciones de una ciudad deportiva. Se mostrará el procedimiento seguido para la toma de datos y la selección de propuestas fundamentada en técnicas de funcionamiento eficientes y equipamientos de alto rendimiento en instalaciones. Así junto a la aplicación de energías renovables, se limita la dependencia al consumo, directo o indirecto, de los productos derivados de los combustibles fósiles y del petróleo en particular, aportando una mayor diversificación de las fuentes de energía de nuestro complejo.

Se considera fundamental la eficiencia y optimización energética, siempre que la amortización de la inversión sea aceptable en función de la vida útil de los equipos modificados.

2. Objetivos

Se estudiarán las siguientes instalaciones dentro de un Gran Centro Consumidor: Suministro eléctrico, Suministro de gas, Iluminación, Calderas y ACS, Solar térmica, Climatización, Solar fotovoltaica y Cogeneración.

Agrupando las mejoras evaluadas y realizando el estudio económico, se propondrá el Plan más interesante, priorizando el beneficio bruto tras la amortización, así como en las medidas de mejora desarrolladas.

3. Metodología

El trabajo ha sido organizado en base a la metodología de implantación de cualquier sistema de mejora para la optimización energética, ya que, el fin de nuestro estudio será determinar las potenciales mejoras, influyendo en la reducción de costes finales y por tanto, aportando una mejora en la satisfacción del usuario final (reducciones de emisiones contaminantes y mejor utilización de las instalaciones). Y como guía general, el libro de *F. J. Rey Martínez*.

3.1 Toma de Datos In-situ

En la realización y ejecución de un estudio energético existen diferentes pautas a seguir, siendo la primera, y tal vez la más tediosa e importante, la realización de toma de datos in-situ. En ella podemos dividir la realización en diferentes etapas:

1. Identificación y documentación completa del edificio:

- Documentación del personal al cargo (director, gerente, responsable/s de mantenimiento, etc.). Necesitamos información de contacto, nombre, cargo, teléfono y email, sobre las personas más relevantes que nos facilitarán las visitas por el complejo, guía por las instalaciones, como conocimiento de inconvenientes o problemas actuales (hábitos de confort).
- Adquisición de todo tipo de documentación relacionada con el proyectos de obra, ejecución, remodelación y mantenimiento (proyecto y planos originales, de remodelaciones y/o ampliaciones de las instalaciones, así como la certificación de cumplimiento a la normativa vigente de todas y cada una de ellas). Cualquier información detallada sobre las instalaciones, edificación y datos geométricos del edificio en si.

- Documentación sobre usos y horarios de funcionamiento de las instalaciones, que deberá ser detallado para cada caso en concreto (estudios propios de la dirección sobre horarios de funcionamiento mensuales o anuales; datos sobre la ocupación del edificio y toda la documentación que pueda complementar sobre el uso que se le está haciendo y a qué máquina o instalación está vinculado). Ejemplo: uso de las duchas de los vestuarios, consumo de ACS y consumo energético vinculado.
- 2. Adquisición de documentación sobre facturas de consumo energéticos (electricidad, gas natural, cualquier otro suministro), de al menos dos años anteriores al año de estudio.
 - Suministro, tipo de tarificación, consumo, abastecimiento, etc
 - Se debe realizar un seguimiento del consumo energético, como en el caso del consumo eléctrico, a través de un analizador de redes. Ésto nos complementará toda la información derivada de las facturas y uso de las instalaciones, según el tiempo de ejecución del estudio.
- 3. Documentación técnica de cada instalación complementada con documentación fotográfica:
 - Identificar y clasificar por zonas, interiores y exteriores, todos los equipos existentes según los planos actualizados del complejo. Para ello podemos distinguir entre iluminación, generación de energía, unidades terminales, equipos de transporte y otras instalaciones (según nuestro caso de estudio), estén o no en funcionamiento y la relación o dependencia entre ellas.
 - Determinar las características técnicas de los equipos (marca, modelo, configuración, clasificación energética, potencias nominal/útil eléctrica, potencia nominal/útil térmica de frío/calor, suministro al que están asociados y observaciones). Esta información debe ser detallada con el uso diario o semanal, diferenciando entre estaciones o meses, si es posible.
 - Documentación fotográfica de zonas, detalles de cerramientos y fichas técnicas de equipos, para poder distinguir y verificar toda la documentación adquirida. Este punto es imprescindible, ya que evitará visitas repetitivas al complejo.

3.2 Elaboración de Fichas

Una vez documentado todo el complejo, llevamos a cabo la organización y clasificación de dicha documentación. Para ello creamos una serie de fichas descriptivas que nos servirán de evaluación y control. Así podemos verificar que dicha información es la adecuada, y de no ser así, podremos identificar qué registros nos hacen falta para completarla y poder argumentar qué mejoras desarrollar.

Se hará una ficha para cada instalación. En cada una de ellas se identificará por zona, los equipos correspondientes, la información de la que disponemos y los consumos energéticos asociados según los datos de uso y la potencia instalada.

3.3 Estudio de Consumos y Propuesta de Mejoras

Para determinar el consumo medio mensual de energía en kWh (térmico y eléctrico) y establecer los valores medios anuales para cada instalación, debemos estudiar los datos de consumo que arrojan las fichas y las tendencias determinadas por las facturas de los diversos suministros (agua, electricidad, gas, etc). Así podemos realizar el estudio gráfico de los consumos energéticos y las tendencias a lo largo de un año.

Una vez que tenemos el punto de partida de consumos, evaluamos la modificación en todas y cada una de las instalaciones según propuestas fundamentadas en técnicas de funcionamiento eficientes y equipamientos de alto rendimiento (documentación de principales fabricantes de equipos e investigaciones científicas). Así llevamos a cabo el estudio para la optimización energética de cada instalación, manteniendo o mejorando las condiciones de servicio y cumpliendo con la normativa vigente.

Tras la propuesta de mejoras potenciales, analizamos en cada uno de los casos el ahorro energético (en emisiones de CO₂ y ahorro económico) y el coste derivado por el cambio o modificación.

3.4 Estudio Técnico-Económico de las Mejoras

Evaluamos según el ahorro económico y el ratio de retorno de inversión todas las mejoras desarrolladas. Promponemos una serie de planes de ejecución según medidas complementarias y amortización inferior a la vida útil de los propios equipos. Para finalmente proponer el estudio económico de inversión y determinación de VAN y TIR para posible financiación del plan de mejora propuesto.

4. Situación Inicial y Estudio

En nuestro estudio nos encontramos ante un gran centro consumidor de unos 2mill de KWh consumidos al año. Con más de 80.000m² y sin modernización de instalaciones durante los últimos 10 años, salvo nueva obra.

Se expone a continuación la situación inicial en cada instalación y un resumen de las posibles mejoras que admitiría el centro estudiado. No quiere decir que todas las mejoras expuestas sean viables económicamente, quedando este punto descrito dentro del estudio pormenorizado de cada una de ellas en el proyecto realizado.

4.1 Suministro Eléctrico

En concreto existen 5 contadores de Baja Tensión con tarifa asociada TUR 3.0A:

Tabla 1. Potencia contratada por suministro eléctrico

Suministro	Potencia Contratada (kW)
SE#1	110
SE#2	105
SE#3	110
SE#4	150
SE#5	15,8
	490,8

Entorno a los 690.000kwh/año consumidos de electricidad.

Se realizará un estudio de la posibilidad de instalación de un Centro de Transformación propio, junto al cambio de tarificación asociado (a 3.1A para M.T.) sujeto a una empresa comercializadora del libre mercado regulado.

- Realizamos un cálculo del precio del KWh en 2012 para diferentes tarifas en base a *la Orden IET/3586/2011* y según el precio estimado para nuestro centro, considerando la implantación del CT con suministro en MT único. (*CT Ormazábal, DMLECT CT, Schneider Electric y manuales técnicos*)

4.2 Suministro de Gas Natural

Existen 3 suministros de gas natural que abastecen a los siguientes servicios:

Tabla 2. Consumos asociados a suministros de Gas Natural

Suministro- Calderas	Tarifa (kWh/año)	Consumo anual aprox.(kWh/año)	Utilización
SG#1 - Cal 01 & 02	T3.4 (>100.000)	1.170.000	*Climatización y Precalentamiento vaso piscina cubierta; ACS vestuarios pab. nuevo, gimnasio y piscinas
SG#2 - Cal 04	T3.2 (>5.000,<50.000)	32.000	ACS Vestuarios pab. antiguo
SG#3 - Cal 03	T3.2 (>5.000,<50.000)	67.000	ACS Vestuarios campo de fútbol

Nota: (*)Climatización (adecuación y tratamiento de aire) del recinto de la piscina cubierta que incluye, la piscina grande y la de chapoteo y vestuarios.

Entorno a los 1.270.000kwh/año consumidos de gas natural.

- Se estudiará la implantación de un solo suministro de regulación y control, unificando todo el consumo y *acogiéndonos* a otro tipo de tarifa de suministro (T4). Realizamos un cálculo del precio del KWh del centro, partiendo de la *Resolución para la ley 12/2007*, por la que se publica la tarifa de último recurso de gas natural.

4.3 Iluminación

Existen diferentes tipos de luminarias a estudiar. A lo largo de todo el complejo encontramos la siguiente distribución según el tipo de luminarias:

Tabla 3. Iluminación: lámparas potencia y consumo

Tipo de lámparas	Cantidad de luminarias	Potencia instalada (kW)	Consumo anual aprox.(kWh/año)
Bajo consumo Integrada	125	2,806	6.224
Fluorescentes + Reactancia electromagnética	542	27,162	64.457
Halógena	38	1,33	1.030
Halogenuro Metálico	312	180,675	260.644
Vapor de mercurio / luz mezcla	76	8,25	34.572
Incandescente	25	1,5	3.495
Total		221,723	370.422

Entorno a los 370.000kwh/año consumidos por iluminación.

Se plantearán independientemente la realización de los siguientes cambios, según el estudio pormenorizado para cada una de las dependencias en las que se encuentran.

Para ello seguimos las directrices de compatibilidad y ahorro energético en iluminación de Philips proporcionadas por *J.V. Berja* (comunicación personal, 19 Diciembre 2011), la guía de ahorro de *C. Biglieri*, Normas UNE y manuales concretos para cada cambio.

- Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos. (*P. Alonso*)
- Sustitución de lámparas incandescentes por bajo consumo. (*Dossier técnico ELT*)
- Sustitución de lámparas fluorescentes por otras de mejor rendimiento. (*J.V. Berja*)
- Sustitución de luminaria y lámpara fluorescente por otra más eficiente. (*J.V. Berja*)
- Incorporación de detectores de presencia. (*J.V. Berja*)
- Sustitución de lámparas alumbrado exterior de vapor de mercurio. (*P. Alonso, J.V. Berja*)
- Sustitución de luminarias actuales por LED. (*J.V. Berja*)
- Incorporación de interruptores crepusculares. (*Guía Intelligent Energy Europe*)
- Alumbrado exterior, reductor de flujo en cabecera. (*Estimaciones de ahorro, Aline S.L.*)
- Estudio y simulación de nuevas disposiciones de luminarias de las pistas deportivas con el software DIALux.

4.4 Calderas y ACS

En concreto existen 4 tipos de calderas convencionales a gas natural, para calentamiento del agua de demanda para ACS de vestuarios y piscina climatizada, junto a la producción de calor para adecuación y tratamiento del aire de la piscina climatizada y sus vestuarios.

Tabla 4. Calderas de Gas Natural

Calderas	Potencia térmica (kW)	Utilización
Cal 01	300	*Climatización y Pre calentamiento vaso piscina cubierta
Cal 02	197	ACS vestuarios pab. nuevo, gimnasio y piscinas
Cal 03	56,2	ACS Vestuarios campo de fútbol
Cal 04	36	ACS Vestuarios pab. antiguo

Nota: (*)Climatización (adecuación y tratamiento del aire) del recinto de la piscina cubierta que incluye, la piscina grande, la de chapoteo y vestuarios.

Se analizarán las demandas energéticas vinculadas a la generación de ACS. Se realizará el estudio para el cambio de dichas calderas por calderas de condensación con regulación. También se estudiará el cambio por calderas de biomasa junto al silo y suministro de biomasa. Además se simulará la producción del ACS mediante placas solares térmicas de baja temperatura, tanto para los vestuarios como para la piscina climatizada, y así contrastar la viabilidad de su instalación.

La medida más rentable será la que proporcione la instalación de un sistema combinado de caldera de condensación y placas solares para producción de ACS.

- Para la realización de cálculos y toma de decisiones en ahorro energético, nos hemos basado en: el *DTIE 10.05* de *A. García Lastra* y guías de calderas de condensación; guías del *IDAE* (instalaciones de calefacción y ACS); el *RITE*; *CTE DB HE4*; manuales técnicos, catálogos de fabricantes de calderas y placas térmicas de baja temperatura (*Baxiroca Solar*, *Salvador Escoda*, *Baeza*)
- Hemos realizado la simulación de demanda de ACS de vestuarios y piscina climatizada por el software de *Baxiroca Solar*.

4.5 Climatización

Existen diversos equipos para la climatización de las dependencias que existen a lo largo de toda la ciudad deportiva. Tenemos:

Tabla 5. Climatización: Equipos, potencias y abastecimientos

Nombre	Equipo terminal	Potencia frigorífica (kW)	Potencia calorífica (kW)	Potencia ventilador (kW)	Zona de abastecimiento
UTA 01 Sótano Piscina Cubierta	¹ Unidad de tratamiento de aire	---	49,93	2,2	Vestuario piscina cubierta
UTA 02 Sótano Piscina Cubierta	¹ Unidad de tratamiento de aire	255	240	15	Recinto piscina cubierta
Terminal Cuarto de Servidores	Split	3,48	4,06	1,54	Cuarto de servidores
Terminal Vestuario Piscina Cubierta	² Fan coil	---	23,22	---	Vestuario infantil
Terminal Oficinas de Administración	³ Split	29,7	30,3	12,2	Oficinas de Administración

Nota: (1)La zona de la piscina con las UTAs (y enfriadora endesuso): conectadas a la caldera 01 (acondicionamiento / deshumectación del aire).(2)Vestuario Infantil con fan coil, conectada a la caldera 01 (calefacción del aire).(3)Splits de la zona de administración, cuarto servido y oficinas (calefacción y refrigeración), conectadas con bombas de calor exteriores.

Se realizarán los siguientes estudios de viabilidad para determinar la mejora óptima. Para ello hemos utilizado de base los trabajos de *A. Cebrián Robles*, *E. M^a Albarracín*, *M. Albert* y *J. Fernando*, en el cálculo de la demanda energética para climatización y calentamiento del agua de la piscina climatizada. Además de las guías técnicas del *IDAE* relativas a equipos de climatización (plantas enfriadoras y torres de refrigeración) y condiciones climáticas y criterios de diseño de ambientes térmicos de *A. Hernández Calleja*.

- Insertar recuperadores de calor en climatizadores de piscina y vestuarios.
- Cambio del sistema de climatización de piscina: Cambio de Enfriadora refrigerada por agua por otro sistema de enfriamiento, equipo compacto de deshumectación; Cambio de climatizadoras por otro sistema de deshumectación compacto.
- Instalación de un sistema de control.
- Estudio propio del uso de Manta Térmica en la piscina climatizada, para evitar la pérdida de calor por masa de agua evaporada (según art. de *E. M^a Albarracín*).

- Cambio de equipos autónomos por otros de mayor eficiencia. (Catálogo BdC, Mitsubishi)
- Aislamiento de conductos de aire de sistema de piscina climatizada. (Guía técnica. *Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*)

4.6 Solar fotovoltaica

Se puede estudiar la posibilidad de instalar paneles fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica. En principio una superficie tipo que se ha cogido para instalar paneles fotovoltaicos podría ser 700 – 800 m² en el pasillo delante de administración, creando una superficie de sombra.

- Dimensionamiento y cálculo de red eléctrica aislada, según el *CTE DB HE sección 4* y el software de cálculo PVGIS y Censolar

4.7 Sistema de cogeneración

En el caso de la cogeneración, la viabilidad del sistema viene comprometida por la existencia de un foco de calor o de frío para verter la energía térmica residual que desprende el proceso de generación eléctrica.

- Se estudiará la viabilidad de la implantación de un módulo de cogeneración como sustitución de calderas para producción eléctrica y térmica o instalación de un sistema combinado de caldera de condensación y sistema de microcogeneración. Nos hemos basado principalmente en la guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia del IDAE, junto a otras.

4.8 Situación Energética Prevista para 2012

Partimos, por tanto, de una situación energética en el complejo deportivo que queda resumida en las siguientes tablas y gráficas:

Tabla 6. Costes y consumos energéticos previstos 2012

	Carranque 2012 (actual)
Consumo Anual de Energía Eléctrica (kWh/año)	686.734
Consumo Anual de Gas Natural (kWh/año)	1.266.667
Consumo Anual de Combustible (kWh/año)	1.953.401
Consumo de Energía Primaria (*tep/año)	262,58
Emissiones de CO ₂ (ton/año)	821,24
Coste Anual de Energía Eléctrica (€/año)	115.302
Coste Anual de Gas Natural (€/año)	54.644
Coste Anual de Combustible (€/año)	169.946
Precio de Energía Eléctrica media (€/kWh)	0,1679
Precio de Gas Natural media (€/kWh)	0,04314

Nota: Estimación de consumos y costes en según tendencia de consumos 2010-2011 y evolución de precios de tarifas 2012. (*)tep=tonelada equivalente de petróleo (1kWh=8,6124·10⁻⁵)

Las necesidades energéticas del complejo quedan repartidas de la siguiente manera:

Figura 1. Distribución de consumo energético previsto 2012

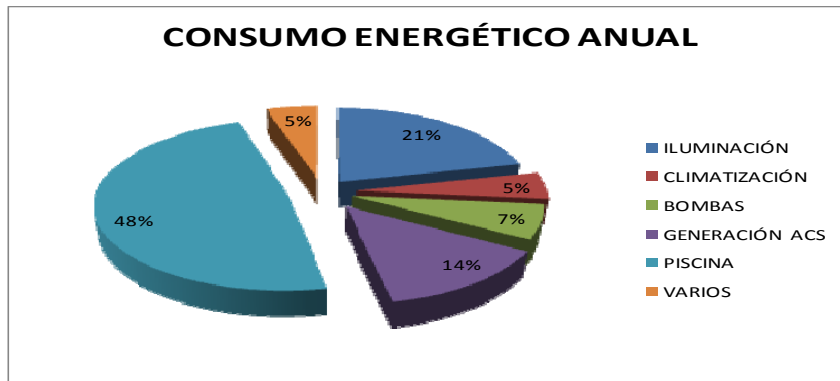


Figura 2. Distribución de consumo eléctrico previsto 2012

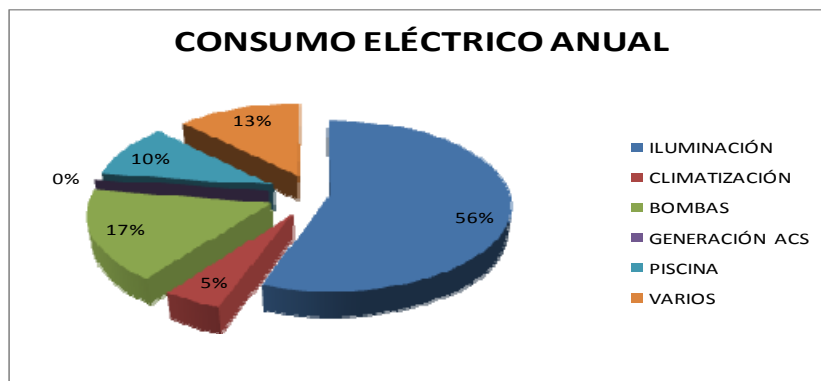
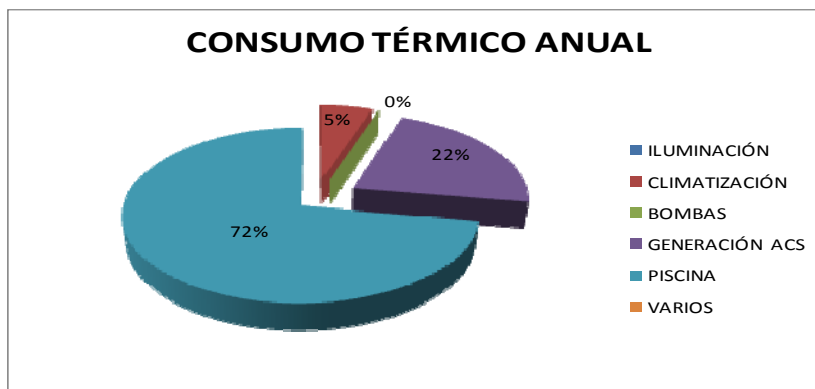


Figura 3. Distribución de consumo térmico previsto 2012



Según observamos en la figura 1, podemos destacar que:

- Entorno al 48% de la energía consumida del centro es debida al calentamiento del agua de la piscina climatizada y al tratamiento y adecuación del aire del recinto.
- Un 21% para el consumo para iluminación, donde el principal gasto es debido a la iluminación por halogenuros metálicos de las pistas deportivas.
- Un 14% de la energía consumida es debida al calentamiento de ACS para los vestuarios.

Siendo por tanto los 3 principales focos de actuación y estudio en los que hemos trabajado a fondo en el proyecto.

5. RESULTADOS

Tras la realización de todos los estudios y simulaciones para los cambios y alternativas de mejora propuestas, se ha realizado una evaluación independiente según el Periodo de Retorno Simple de la inversión necesaria en la consecución de cada uno de los cambios en las instalaciones. Así hemos podido comparar las mejores y agruparlas en 3 diferentes planes de actuación:

- PLAN I: Incluimos las medidas con un PRS<5 años
- PLAN II: Incluimos las medidas con un PRS< 7años
- PLAN III: Incluimos el resto de medidas PRS>7años, para las instalaciones que no hemos incluido.

Agrupando las mejoras evaluadas y realizando el estudio del VAN y TIR, se concluye que el PLAN II es el más interesante (véase en el proyecto), desde el punto de vista de beneficio bruto tras la amortización (<5 años) como en las medidas de mejora desarrolladas.

Las medidas incluidas en este Plan II, junto a los resultados de ahorro económico, ahorro de energía y reducción de costes, viene reflejado a continuación:

Tabla 7. Plan II de mejora propuesto 2012

PLAN II					
MEDIDA DE AHORRO ENERGÉTICO	AHORRO ENERGÍA PRIMARIA (tep/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	COSTE DE INVERSIÓN (€/año)	P.R.S (años)	REDUCCIÓN DE EMISIONES (ton CO2/año)
ILUMINACIÓN					
Sustitución por balastos electrónicos HF	2,82 tep	2.166 €	14.782 €	6,8	10,58 ton
Sustitución de lámparas fluorescentes por mas eficientes	1,55 tep	1.195 €	6.762 €	5,7	5,84 ton
Instalación de detectores de presencia (zonas comunes)	3,13 tep	2.405 €	14.043 €	5,8	11,75 ton
Sustitución de Halógenas e Incandescentes	,78 tep	601 €	1.300 €	2,2	2,93 ton
Sustitución de lámparas de vapor de mercurio por VSAP (exterior)	1,2 tep	926 €	6.150 €	6,6	4,52 ton
Instalación de interruptores crepusculares (exterior)	1,05 tep	809 €	2.250 €	2,8	3,95 ton
Reductor de flujo de cabecera (exterior)	1,05 tep	809 €	3.600 €	4,5	3,95 ton
TOTAL	11,59 tep	8.910 €	48.887 €	5,5	43,51 ton
MEDIDA DE AHORRO ENERGÉTICO					
COGENERACIÓN					
Cambio de cal 01 Y 02 Cogeneración	30,63 tep	43.536 €	198.000 €	4,5	239,18 ton
TOTAL	30,63 tep	43.536 €	198.000 €	4,5	239,18 ton
MEDIDA DE AHORRO ENERGÉTICO					
CLIMATIZACIÓN					
Cambio de Bdc Servidores	,67 tep	516 €	2.400 €	4,7	2,52 ton
Cambio de Bdc Oficinas	1,98 tep	1.521 €	9.800 €	6,4	7,43 ton
TOTAL	2,65 tep	2.037 €	12.200 €	6,0	9,95 ton

MEDIDA DE AHORRO ENERGÉTICO	AHORRO ENERGÍA PRIMARIA (tep/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	COSTE DE INVERSIÓN (€/año)	P.R.S (años)	REDUCCIÓN DE EMISIONES (ton CO2/año)
SOLAR TÉRMICA					
Vasos Piscina Climatizada	12,3 tep	5.664 €	32.400 €	5,7	28,85 ton
TOTAL	12,3 tep	5.664 €	32.400 €	5,7	28,85 ton
MEDIDA DE AHORRO ENERGÉTICO	AHORRO ENERGÍA PRIMARIA (tep/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	COSTE DE INVERSIÓN (€/año)	P.R.S (años)	REDUCCIÓN DE EMISIONES (ton CO2/año)
C.T.					
Centro de transformación 250kVA		3.196 €	20.000 €	6,3	
Cambio tarfia de gas		897 €			
TOTAL	, tep	4.093 €	20.000 €	4,9	, ton
TOTAL PLAN II	57,17 tep	64.240 €	311.487 €	4,8	321,48 ton

Como se observa la mejor medida de ahorro es el cambio de las calderas 01 y 02 por un módulo de cogeneración.

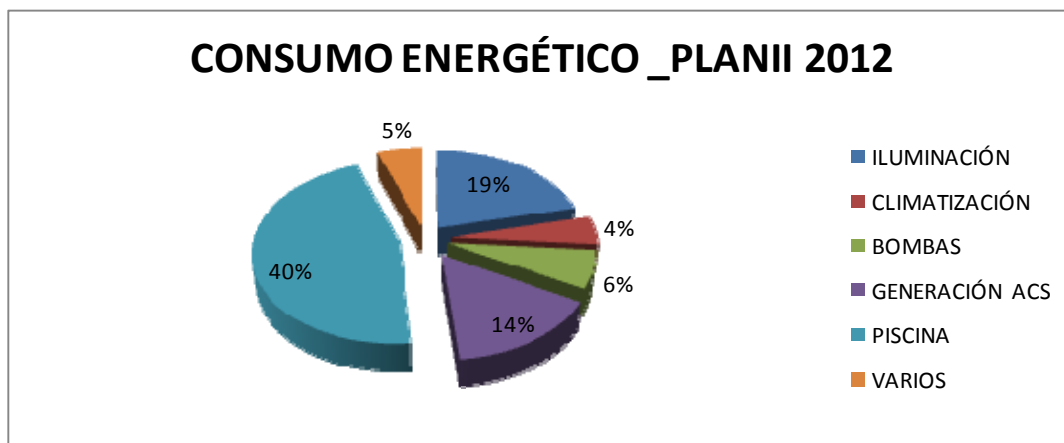
Tabla 8. Ratio de mejora Plan II 2012

Ratio Inversión/tep reducida	5.448,27 €/tep
Ratio Inversión/ton CO2 reducida	968,90 €/ton CO2

6. Conclusiones

Finalmente tenemos que el balance energético en la Ciudad Deportiva de Carranque, si fueran realizadas todas las mejoras de eficiencia energética planteadas en el Plan II para el año 2012, hubiera sido:

Figura 4. Distribución de consumo energético Plan II 2012



Resaltando la mejora en un 8% aprox. de la energía necesaria para la piscina climatizada y un 2% en iluminación.

La tabla de consumos y costes según los cálculos finales realizados y la adecuación de tarifas para los suministros, queda de la siguiente forma:

Tabla 9. Costes y consumos energéticos Plan II 2012

	Carranque 2012 (actual)	Carranque 2012 (Plan II)
Consumo Anual de Energía Eléctrica (kWh/año)	686.734	117.144
Consumo Anual de Gas Natural (kWh/año)	1.266.667	1.906.169
Consumo Anual de Combustible (kWh/año)	1.953.401	2.023.313
Consumo de Energía Primaria (tep/año)	262,58	200,54
Emisiones de CO ₂ (ton/año)	821,24	505,32
Coste Anual de Energía Eléctrica (€/año)	115.302	19.125
Coste Anual de Gas Natural (€/año)	54.644	80.883
Coste Anual de Combustible (€/año)	169.946	100.008
Precio de Energía Eléctrica media (€/kWh)	0,1679	0,16326
Precio de Gas Natural media (€/kWh)	0,04314	0,042432

Nota: Estimación de consumos y costes en según tendencia de consumos 2010-2011 y evolución de precios de tarifas 2012.

Determinando la aplicación final de este Plan II, y comparando con la situación que tendría en la actualidad (2012), podemos realizar las siguientes conclusiones:

- Reducimos el consumo final de electricidad (kWh/año) en un 83%, pese a que aumentamos el consumo de gas natural (kWh/año) en un 50%.
- El balance final de consumo de combustible (kWh/año) es de 3% más.
- El consumo de energía primaria (tep) se ha reducido en un 23% al año.
- Hay una reducción de emisiones (ton CO₂) de un 38% al año.
- Conseguimos una reducción de un 41% (€) con respecto al coste anual en combustibles.

Considerando este estudio para la realización de una mejora concreta, ya que quedan asentados los márgenes de inversión y ahorro posible, se precisaría el desarrollo exhaustivo de un proyecto de remodelación para cada instalación.

Podemos afirmar que, cualquier instalación con más de 10 años desde su última adaptación a medidas de eficiencia energética, es susceptible de ser mejorada y optimizada energéticamente. Sistemas más económicos y más eficientes salen al mercado constantemente. De ahí la necesidad de adaptación tecnológica, siempre y cuando la amortización de la propia inversión sea aceptable en función de la vida útil de los equipos modificados.

7. Referencias

- Albarracín, E. M.; Sanabria, J.; Maíllo, A. 2007. Ahorro de energía en piscinas cubiertas, Ciatesa
- Albert, M.; et al. Necesidades energéticas en piscinas cubiertas. Artículo de Montajes e Instalaciones núm. 183.
- Aline, S.L. Estimaciones de ahorro en instalaciones de alumbrado estabilizadas

- Alonso, P. Eficiencia energética en alumbrado público, GEYCA Energía.
- Biglieri, C.; Corbella, C.; Suarez, C.; Etcheverry, C. Guía de implementación para ahorro de energía en iluminación, ELT.
- CELMA. Manual para la aplicación de la Directiva 2000/55/EC sobre los requisitos de eficiencia energética de las reactancias y balastos para iluminación fluorescente.
- Comunidad de Madrid. Guía básica de calderas de condensación.
- Comunidad de Madrid 2008. Guía de Eficiencia Energética en Instalaciones Deportivas.
- Fernando, J. Climatización ambiental y calentamiento del agua de piscinas cubiertas mediante bomba de calor, Clima Roca York, S.L.
- García Lastra, A. DTIE 10.05: Principios Básicos de las calderas de condensación, pp 96-130, Atecyr.
- Hernández Calleja, A. Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo
- IDAE 2007. Guía Técnica. Biomasa producción eléctrica y cogeneración.
- IDAE 2007. Guía Técnica. Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.
- IDAE 2007. Guía Técnica. Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomo de tratamiento de aire.
- IDAE 2007. Guía Técnica. Torres de refrigeración.
- IDAE 2007. Manuales de Energías Renovables. Energía de la biomasa.
- IDAE 2008. Guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia.
- IDAE 2010. Guía Técnica de Condiciones climáticas exteriores de proyectos, Ahorro y eficiencia energética en climatización.
- Intelligent Energy Europe . Guía de eficiencia energética en alumbrado público.
- INTI. Resultados del estudio de Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, Argentina) sobre el desempeño de lámparas de bajo consumo. <http://www.b-eas.com/files/inf-tec.pdf>
- Rey Martínez, F.J.; Velasco Gómez, E. Ed. Paraninfo. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías energéticas.
- Salvador Escoda, S.A. Manual técnico de instalaciones solares.