



# DTIE 17.01

ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMAS  
EFICIENTES Y CÁLCULO DE PERIODO DE  
RETORNO DE LAS INVERSIONES.  
ESTUDIO DE CASOS.

PATROCINA



EDITA



---

**DOCUMENTOS TÉCNICOS  
DE INSTALACIONES EN LA  
EDIFICACIÓN:  
DTIE**

---

**DTIE 17.01  
ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMAS EFICIENTES  
ESTUDIO DE CASOS**

**Autor:**

**D. Manuel J. Acosta Malia**, Ingeniero Superior de Minas por la UPM y Executive MBA por el IE de Madrid. Vicepresidente de Atecyr y Director General de Enervalia.

**Revisor:**

**D. José Manuel Pinazo Ojer**

**RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR**

**Presidente:** D. José Manuel Pinazo Ojer

**Vicepresidente:** D. Ricardo García San José

**Vocales:**

D. Alberto Viti	D. José Manuel Cejudo López
D. Alejandro Cabetas Hernández	D. José Fernández Seara
D. José María Cano Marcos	D. Juan Travesí Cabetas
D. José Antonio Rodríguez Tarodo	D. Pedro Torrero Gras
D. Rafael Úrculo Aramburu	D. José Luis Barrientos Moreno
D. Antonio Vegas Casado	D. Miguel Ángel Navas Martín
D. Ramón Velázquez Vila	D. Manuel Sánchez Marín Flores
D. José Luis Esteban Saiz	D. Justo García Sanz-Calcedo
D. Pedro G. Vicente Quiles	D. Ignacio Leiva Pozo
D. Agustín Maíllo Pérez	D. Gorka Goiri Celaya
D. Víctor Manuel Soto Francés	D. Nicolás Bermejo Presa
D. Iñaki Morcillo Irastorza	D. Miguel Zamora García
D. Antonio Paniego Gómez	D. Manuel Acosta Malia
D. Francisco Javier Rey Martínez	D. Vidal Díaz Martínez
D. Adrián Gomila Vinent	D. Miguel Angel Llopis Gómez
D. Paulino Pastor Pérez	D. Arcadio García Lastra

©ATECYR

**Edita:** ATECYR  
Agastia 112 A  
28043 Madrid

Producción y Realización:  
ATECYR

Impresión:  
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-56-8  
Dep. Legal: M-26766-2016

\*Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.

## PRESENTACIÓN DTIE

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.400 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

ATECYR cumple al pie de la letra con su carácter asociativo y transforma, fielmente, los fines que figuran en sus estatutos en objetivos a cumplir y en forma de trabajar.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como fines de ATECYR:

- El estudio, en todas sus vertientes y manifestaciones, de la problemática, la ordenación, la reglamentación, y la protección y desarrollo de las técnicas de climatización, en su más amplio sentido, comprendiendo en tales, y sin carácter limitativo, la calefacción refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire en cualquiera de sus manifestaciones técnicas, así como en todo lo relacionado con el frío industrial, fontanería, uso racional de la energía, gestión de la energía, eficiencia energética, energías renovables, y, en particular la energía solar, térmica, eólica y biomasa, cogeneración, ingeniería del medio ambiente, y de cualesquiera otras actividades directa o indirectamente relacionadas con las mismas.
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a estas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre, la sostenibilidad y el desarrollo de la misma, así como el fomento y desarrollo del interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de mejor cumplir su función social.
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación y Transferencia de Tecnología.
- La organización de Cursos, Seminarios, Simposios, Conferencias y, en general, de cuantas actividades vayan encaminadas a la formación y divulgación, en su más amplio sentido, en el ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad, desde la propia Asociación o en colaboración con Entidades u Organismos públicos o privados nacionales o extranjeros de similares o complementarios campos de actuación.
- La certificación y acreditación de la capacitación de profesionales y de personal, en el ámbito de actuación material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Potenciar la colaboración y realizar acuerdos con cualesquiera otras entidades de cualquier naturaleza, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, en el desarrollo del ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Colaborar con las Administraciones Central, Autonómicas o Locales así como con cualquier otro organismo o entidad pública o privada, asesorándolas o prestándolas la asistencia necesaria para la confección, desarrollo y/o interpretación de la normativa y reglamentación relativa al ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas con el Ministerio de Fomento. Con el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora de Certificación Energética y del RITE, así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la contabilización de consumos o las Auditorías Energéticas. Colaboramos con un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos llevan a cabo.

En el campo normativo es digno de resaltar la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), en diciembre de 2003 y que se aprobó y publicó el 20 de julio de 2007, Real Decreto 1027/2007 y la secretaria y coordinación de las 26 asociaciones representativas del sector, para proponer al ministerio la modificación de este reglamento que se ha publicado en el año 2013, RD 238/2013.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es el desarrollo de 3 cursos propios, que se imparten de manera semipresencial, desarrollados por el Comité Técnico de Atecyr y que cuentan con los más prestigiosos profesores del sector que son:

- El Curso de Experto en Climatización de 300 horas.
- El Curso de Auditor y Gestor Energético en la Edificación y la Industria de 264 horas.
- El Curso de Experto en Refrigeración de 178 horas.

Además hemos organizado junto con FENERCOM en 2015 el Congreso CIAR, que está promovido por FAIAR, en el que participan las asociaciones de España, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Perú, Portugal, República Dominicana y Uruguay y se celebra cada 2 años en un país miembro de la federación. Así mismo hemos participado junto con las asociaciones de Francia, Italia, Portugal y Turquía en la organización del congreso de CLIMAMED que se celebra cada 2 años en uno de los países organizadores.

En sus más de cuarenta y dos años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

ATECYR cuenta con un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de nuestra actividad y como instrumentos que nos permitan la cercanía y el servicio al socio, y el Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector, que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años y que se constituye como el gran dinamizador de toda nuestra actividad.

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración. Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

La colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) nace como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre el tema en cuestión para desarrollar su labor.

Se trata de ofrecer al técnico una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin tratar de condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

Esta colección de documentos pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, dirigidas a técnicos que trabajen o que tengan inquietudes en este ámbito y se han convertido en la documentación imprescindible en los cursos de formación de las Instalaciones en la Edificación. ATECYR es autor junto al IVE de CERMA que es Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética tanto de edificios nuevos como existentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

Solo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE a BAXI, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentarle este nuevo DTIE sobre Integración de energías renovables en la rehabilitación energética de los edificios.

D. Juan José Quixano Burgos  
Presidente de ATECYR

**Serie ATECYR de  
DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación**

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- \*1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- \*1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación
- \*1.05 Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua
- \*1.06 Instalación de climatización en hospitales

SERIE 2: Condiciones de diseño

- \*2.01 Calidad del ambiente térmico
- \*2.02 Calidad de aire interior
- \*2.03 Acústica en instalaciones de aire
- \*2.04 Acústica en instalaciones de Climatización: Casos prácticos
- \*2.05 Calidad del aire exterior: mapa ODA de las principales capitales de provincias de España

SERIE 3: Psicrometría

- \*3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- \*4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)
- \*4.02 Circuitos hidráulicos y selección de bombas

SERIE 5: Conductos

- \*5.01 Cálculo de conductos

SERIE 6: Combustible

- \*6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- \*7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema
- \*7.03 Entrada de datos a los programas LIDER y Calener VyP
- \*7.04 Entrada de datos al programa CALENER GT
- \*7.05 cálculo de cargas térmicas
- \*7.06 Procedimientos simplificados para la certificación de viviendas de nueva construcción: Cerma, Ce2, CES

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- \*8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- \*8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria
- \*8.04 Energía Solar Térmica. Casos Prácticos

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- \*9.01 Tipos de sistemas
- \*9.02 Relación entre el edificio y el sistema de climatización
- \*9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- \*9.04 Sistema de suelo radiante
- \*9.05 Sistemas de climatización
- \*9.06 Selección de equipos secundarios según el sistema
- \*9.07 Cálculo y Selección de equipos primarios
- \*9.08 Bombas de Calor a Gas

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- \*10.03 Calderas individuales
- \*10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante
- \*10.05 Principios básicos de las calderas de condensación
- \*10.06 Piscinas cubiertas. Sistemas de climatización deshumectación y ahorro de energía mediante bombas de calor

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control
- \*11.02 Regulación y control de instalaciones de climatización

SERIE 12: Aislamiento térmico

- \*12.01 Cálculo del aislamiento térmico de conducciones y equipos
- \*12.02 Aplicación de aislamientos en la edificación y las instalaciones. Casos prácticos

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

- \*17.01 Análisis económico de sistemas eficientes. Estudio de Casos
- \*17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero
- \*17.03 Contenidos de proyecto y memoria técnica
- \*17.04 Instrumentación y Medición

SERIE 18: Rehabilitación Energética y Reforma

- \*18.01 Rehabilitación Energética de la Envolvente Térmica de los Edificios.
- 18.02 Rehabilitación Energética de las Instalaciones Térmicas de los Edificios.
- \*18.03 Integración de Energías Renovables en la Rehabilitación Energética de los Edificios.

\*Editadas

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	9
2.	CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	13
2.1.	CONCEPTOS BÁSICOS. ....	13
2.2.	CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS .....	15
2.3.	RIESGO .....	19
2.4.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN. PERIODO SIMPLE DE RETORNO, TIR Y VAN.....	21
3.	TIPOLOGÍA GENERAL DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	25
3.1	PROYECTOS CON GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	26
3.1.1	Cogeneración .....	26
3.1.2	Generadores mediante fuentes de energía renovable.....	34
3.2	PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ÚTIL .....	43
3.3	PROYECTOS DE DISMINUCIÓN DE DEMANDA .....	59
4.	EL INVERSOR-FINANCIADOR DEL PROYECTO .....	67
4.1	TIPOS DE FINANCIADORES .....	67
4.1.1	Financiación Tradicional .....	68
4.1.2	Leasing .....	68
4.1.3	Renting.....	70
4.1.4	Project Finance/Vehículo Financiero .....	72
4.2	CRITERIOS HABITUALES SEGÚN TIPOLOGÍA DE INVERSOR.....	74

# 1. INTRODUCCIÓN

Desde que en el año 1993 la Directiva 76/CEE introdujo la Eficiencia Energética como uno de los medios para limitar las Emisiones de gases que provocan el efecto invernadero, toda la legislación sectorial europea y nacional ha ido perfeccionando la manera en que se debía conseguir dicho objetivo. La reducción del consumo de energía en los edificios e instalaciones industriales se convirtió en uno de los objetivos prioritarios de las políticas Energéticas y Medio Ambientales de Europa.

Esto ha supuesto importantes cambios en la forma de diseñar, ejecutar y operar instalaciones frente a lo que tradicionalmente se venía haciendo. No solo deben satisfacer unas determinadas necesidades de confort ambiental y cumplir los requisitos tanto normativos como del cliente sino que, adicionalmente, lo deben hacer con el menor consumo de energía posible.

En muchas ocasiones la adopción de sistemas y soluciones más eficientes supone una inversión adicional sobre otras que aportan las mismas prestaciones pero con un consumo de energía mayor.

Los distintos paquetes normativos también han aportado soluciones, introduciendo la necesidad de analizar parámetros de viabilidad económica en los proyectos y la figura de Empresa de Servicios Energéticos como posible vía para llevar a cabo los mismos.

La Directiva UE 2006/32, define la **Empresa de Servicios Energéticos** como:

*Persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo.*

*El pago de los servicios prestados se basará (en parte o totalmente) en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos.*

Por otro lado el RDL 6/2010 de 6 de Abril, define la Empresa de Servicios Energéticos como:

*Persona física o jurídica que pueda proporcionar Servicios Energéticos,....., en las instalaciones o locales de un usuario y afronte cierto grado de riesgo económico al hacerlo.*

*Todo ello, siempre que el pago de los servicios prestados se base, ya sea en parte o totalmente, en la obtención de ahorros de energía por introducción de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenido.*

La Eficiencia Energética se ha configurado, de esta manera, como un nuevo sector económico que engloba a las instalaciones eficientes y la necesidad de recuperar la inversión gracias y por medio de los ahorros de energía que estas aportan frente a soluciones convencionales.

Ya sea en proyectos de nueva edificación o en reformas, los proyectos de Eficiencia Energética solo se justifican si hay un ahorro económico. Esta justificación quedaría al margen caso de

existir obligaciones legales. En este caso, no obstante, se podría discutir el grado de eficiencia (y viabilidad) de las distintas alternativas posibles.

Todo lo expuesto abre al Ingeniero un nuevo campo de actuación, una nueva materia que, como hemos mencionado, hay que incorporar a los proyectos: la justificación económico-financiera de la solución (o soluciones) que se aporta(n), que denominamos **Análisis de Inversión**.

El análisis de inversión no solo se aplica a los proyectos resultado de un proceso de decisión al uso sino que también se debe utiliza en la actividad del técnico como certificador energético y/o auditor energético.

En el caso de la **Certificación Energética**, el técnico no debe limitarse a aportar el resultado de la aplicación de la herramienta de certificación oficial que haya elegido para calificar. Tal y como dice la propia legislación (ver cuadro) se debe aportar un **Informe de Mejoras** en el que recomiende al usuario que cambios debe realizar en su edificio para disminuir el consumo de energía y mejorar su calificación energética. Dicho informe de mejoras debe incluir una estimación de la inversión necesaria para realizar los cambios que se proponen, un cálculo de los ahorros que se pueden obtener y un análisis de viabilidad de la inversión. De otra manera la certificación energética estará incompleta.

#### **RD 235/2013 sobre Certificación Energética de Edificios**

##### **Artículo 6. Contenido del certificado de eficiencia energética.**

*El certificado de eficiencia energética del edificio existente contendrá como mínimo la siguiente información:*

- *Identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica, incluyendo su referencia catastral.*
- *Indicación del procedimiento reconocido al que se refiere el artículo 4 utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.*
- *Indicación de la normativa sobre ahorro y eficiencia energética de aplicación en el momento de su construcción.*
- *Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas y de iluminación, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, condiciones de confort térmico, lumínico, calidad de aire interior y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.*
- *Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.*
- *Para los edificios existentes, **documento de recomendaciones para la mejora** de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este, a menos que no exista ningún potencial razonable para una mejora de esa índole en comparación con los requisitos de eficiencia energética vigentes.*

Cuando hablamos de **Auditorías Energéticas**, dependiendo de la profundidad de la misma, se debe aportar el análisis de inversión con mayor o menor detalle. La auditoría debe ser una herramienta que permita al usuario tomar decisiones sobre las posibles acciones (Medidas de Ahorro de Energía o MAEs) a ejecutar en su instalación. Las cuestiones económico-financieras serán aspectos clave para dichas decisiones. ATECYR tiene un módulo completo de análisis de inversión y modelos de negocio en su curso de Auditor y Gestor Energético, lo cual es coherente con lo que se acaba de afirmar.

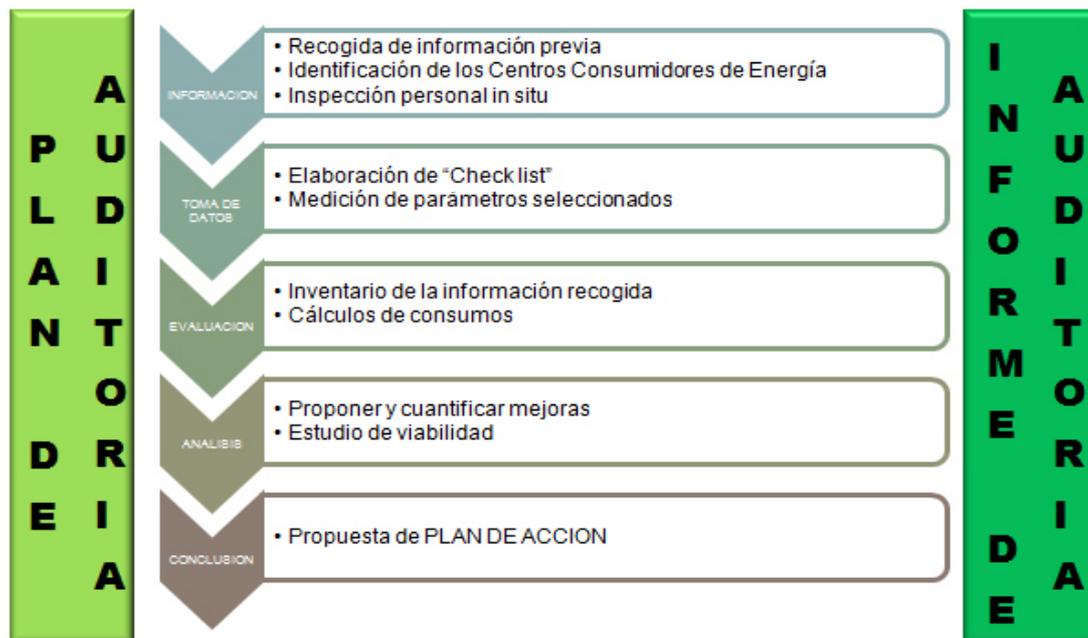


Figura 1: Metodología de Auditorías Energéticas de ATECYR

El trabajo que se desarrolla a continuación pretende dar al lector conocimiento suficiente sobre el empleo de las herramientas más utilizadas en la evaluación de proyectos que conlleven una inversión y su aplicación específica a los Proyectos de Eficiencia Energética (PEE).

Se pretende recopilar los principales conceptos teóricos para llegar a su aplicación a nuestros proyectos, bajo el prisma de lo que, a nuestro juicio, debe aportar el ingeniero a su cliente para ayudarle a conocer la viabilidad y rentabilidad económica de las soluciones técnicas propuestas.

No pretendemos hacer un manual exhaustivo sobre finanzas. Nuestro objetivo es dar ese punto de vista más práctico e ingenieril del uso de estas herramientas de manera que se pueda facilitar a clientes y/o financieros la información en los formatos que van a requerir para la toma de decisiones de inversión.