

# Modelo de negocio para el suministro integral de energía a edificios de viviendas en áreas urbanas



**Antonio Arenas Alonso**

Ingeniero Industrial y Doctor Ingeniero Industrial del ICAI. Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del ICAI.



**Tomás Gómez San Román**

Ingeniero Industrial del ICAI y Doctor Ingeniero Industrial de la Politécnica de Madrid. Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del ICAI e Investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica.



**Christian Baquero Yebra**

Ingeniero Industrial del ICAI. Desempeña su labor profesional en EADS-Airbus.

**Palabras clave:** Poligeneración, cogeneración, eficiencia energética, servicios energéticos.

## Resumen:

En este artículo se presenta un modelo de negocio para el suministro integral de alta eficiencia a edificios residenciales ubicados en zonas urbanas. El modelo propuesto se centra en una empresa especializada de servicios energéticos que diseña, instala, opera y mantiene equipos de poligeneración para el suministro de electricidad, agua caliente para consumos finales de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción, y agua fría para refrigeración de las viviendas ubicadas en cada edificio. El artículo presenta una aplicación de este modelo de negocio a un caso de estudio consistente en un edificio de 45 viviendas y 8 plantas ubicado en Madrid (España). El análisis concluye que el modelo de negocio propuesto resulta atractivo tanto por sus beneficios energéticos y medioambientales (eficiencia energética global por encima del 85%) como por su adecuada rentabilidad empresarial (tasa interna de retorno del 12,5%).

**Key words:** Polygeneration, cogeneration, energy efficiency, energy service providers.

## Abstract:

*In this paper a business model for supplying all the required energy to residential buildings in urban areas with high efficiency is presented. The proposed model is based on a company specialized in providing energy services which designs, installs, operates and maintains the required equipment in order to supply: i) electricity, ii) hot water for domestic use and heating, and iii) cold water for cooling. An application of this business model is made in a case study consisting of a 45-residence and 8-floor building located in Madrid (Spain). The study carried out concludes that the proposed business model is attractive not only because of the obtained energy savings and environmental benefits with a global energy efficiency higher than 85%, but also it provides an adequate economic profitability with an internal rate of return of 12,5%.*

## Introducción

A través de las directivas 2004/8/CE [DICE08] (sobre cogeneración), 2002/91/CE [DICE91] (sobre eficiencia energética de los edificios), 2006/32/CE [DICE32] (sobre el uso final de la energía y los servicios energéticos) y la Comunicación de la Comisión COM (2006) 545 [COCE545] (sobre la eficiencia energética), la Unión Europea (UE) define las políticas de promoción y los instrumentos de apoyo para implementar medidas y acciones en las prioridades enumeradas. En todos los países europeos se está desarrollando normativa específica que concreta estos instrumentos para la promoción de instalaciones de cogeneración, renovables, o eficiencia energética, mediante ayudas a la inversión y la financiación de programas específicos [E40812].

Los edificios residenciales en zonas urbanas es uno de los sectores en España donde se focalizan medidas para reducción del consumo [CTEE10] y aumento de la eficiencia.

También en otros países fuera de la UE como China [JLL06] y con fuertes recursos energéticos como Irán, se está trabajando por mejorar la eficiencia energética en los edificios [SAZA06].

Desde el punto de vista del suministro energético, la integración de energías de origen renovable, como paneles solares para agua caliente sanitaria (ACS) o para usos en calefacción, es ya una realidad en muchos países. También los procesos de cogeneración de alto rendimiento energético, superiores al 80%, es otra de las formas utilizadas en la dirección señalada [MAHI08], [RDRE661] y [DICE77].

Desde el punto de vista del ahorro y de la eficiencia en la demanda, también existen acciones encaminadas a disminuir el consumo, tales los edificios llamados bioclimáticos, o la sustitución de los aparatos domésticos, por otros energéticamente más eficientes ([RDET124] y disposiciones derivadas).

Aunque muchas de las acciones y medidas comentadas, tecnológicamente y comercialmente están disponibles, su implantación práctica y su penetración en el sector residencial

no avanzan con la velocidad que sería deseable. Se necesitan nuevas ideas y formas organizativas para acelerar este proceso [EEER09].

En este artículo se presenta un modelo de negocio consistente en la creación de empresas de servicios especializadas en la instalación y explotación comercial de procesos de trigeneración para el suministro energético integral a edificios de viviendas situados en zonas urbanas. Las ventajas asociadas entre otras son las siguientes:

- 1) Puede aplicarse tanto en edificios nuevos como en edificios ya existentes.
- 2) Puede crearse como una *startup* con pocos recursos de capital y de trabajo.
- 3) Se trata de un modelo fácilmente replicable.
- 4) Su éxito dependerá de la buena gestión y el mantenimiento de las instalaciones transformadas.

La empresa de servicios propuesta se dedicará al diseño, instalación, y explotación comercial del sistema de suministro energético integral descrito. Esta empresa, una vez identificado el edificio, proyectará y diseñará las instalaciones, y realizará la explotación

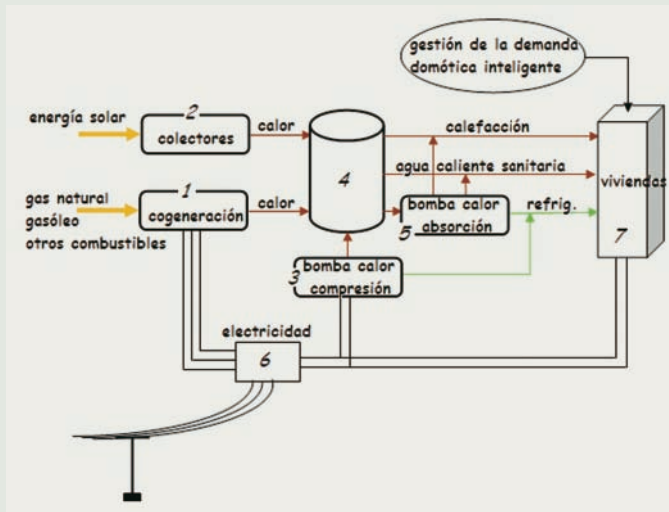
comercial del sistema mediante contratos de suministro de los tres productos energéticos: electricidad, agua caliente y agua fría, con las diferentes viviendas situadas en el edificio.

## Suministro integral de energía a edificios

Como es conocido, la generación de electricidad mediante centrales térmicas convencionales se caracteriza por bajos niveles de eficiencia energética, entre un 30 y un 50%, dependiendo de las tecnologías, siendo el resto de la energía perdida en forma de calor desaprovechado. Por otra parte, la energía consumida en viviendas, que en España representa un 15% del consumo energético total (21% en la Comunidad de Madrid), puede ser descompuesta de la siguiente forma: 80% de esta energía se dedica a consumos cuyo uso final es de tipo térmico (calefacción y refrigeración, agua caliente en lavavajillas y lavadoras, agua caliente, etc.) y el 20% restante se utiliza, bajo la forma de energía eléctrica, para alimentar aparatos electrodomésticos e iluminación.



**Figura 1. Instalación y equipos para una gestión eficiente del suministro y la demanda en un edificio de viviendas**



Nuevas formas de generar electricidad a través de tecnologías de tri-generación van a permitir mejorar la eficiencia en los procesos de transformación de energía. Con este tipo de generación localizada en las áreas residenciales se utiliza el calor residual del proceso de transformación para satisfacer las necesidades térmicas.

Para conseguir una alta eficiencia se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Adecuar las formas de energía a los usos, es decir, utilizar electricidad para alimentar los usos puramente eléctricos (iluminación, audio, video, y otros aparatos eléctricos), generar agua caliente o agua fría para alimentar el resto de consumos térmicos (ACS, lavavajillas y lavadoras, y sistemas de calefacción y climatización).
- Incluir sistemas de gestión de la demanda eléctrica, incluido control domótico, y sistemas de almacenamiento de energía térmica para aplanar el perfil horario de consumo, pudiendo de esta forma minimizar la capacidad de generación a ser instalada. Además, se puede incrementar la eficiencia conjunta y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>:
- Añadiendo generación local de tipo renovable, tal como paneles solares térmicos.
- Incluyendo un sistema de gestión energética automatizado de los equipos que componen la instalación que

permita una operación eficiente así como un diagnóstico de potenciales problemas de fallo.

La Figura 1 proporciona una representación esquemática de una instalación de alta eficiencia y los flujos energéticos asociados.

Los principales componentes del sistema son:

- El equipo de cogeneración (1), normalmente motor de combustión interna alternativo (MCIA, diesel o gasolina) o turbina de gas (TG, alimentada con gas natural, biogás, propano o diesel), es el encargado de generar electricidad y calor, procedente éste

último de la refrigeración del motor o turbina y de los gases de escape de éstos.

- Un conjunto de colectores solares térmicos (2) aportarán también calor al sistema.
- El calor generado en el equipo de cogeneración y el generado en los colectores solares es recogido en el depósito (4) que actúa de sistema de almacenamiento. Dado que las temperaturas de los flujos de calor serán normalmente distintas, el almacenamiento se hará por separado, conservando así dos (o tres) niveles de temperaturas que podrán tener aplicaciones distintas (principalmente ACS y calefacción).
- Una bomba de calor (3) podría ser utilizada como equipo auxiliar indistintamente para la generación eficiente de calor y de frío.
- Una máquina de absorción (5) generará frío a partir del calor almacenado (preferiblemente de la mayor temperatura).
- De acuerdo con las condiciones económicas y administrativas para la distribución de energía eléctrica, el equipo de gestión eléctrica (6) adoptará la disposición más adecuada para combinar la energía eléctrica demandada, la generada y la red, de forma tal que la energía eléctrica generada podrá ser usada en satisfacer la demanda total o parcialmente, o ser entregada a la red.

**Tabla 1. Conceptos correspondientes a ingresos y costes de la ESE**

INGRESOS	GASTOS
<b>ACS.</b> Venta de agua caliente sanitaria a los vecinos del inmueble.	<b>Gas natural.</b> Compra del gas natural o el combustible consumido en la máquina de cogeneración.
<b>Calefacción.</b> Venta de agua caliente para calefacción a los vecinos del inmueble · Venta de agua fría para climatización a los vecinos del inmueble.	<b>Electricidad.</b> Compra de electricidad a la compañía eléctrica para su venta a los vecinos del inmueble y consumos auxiliares de la cogeneración.
<b>Suministro de Electricidad.</b> Venta de electricidad a los vecinos del inmueble, con independencia de su origen.	<b>Personal.</b> Personal necesario para la gestión de la ESE, el mantenimiento de la cogeneración y el apoyo a las demandas técnicas de los vecinos del inmueble.
<b>Electricidad vendida.</b> Venta de toda o parte de la electricidad generada a la red, incluyendo bonificaciones por energía reactiva y de otros tipos según la legislación vigente.	<b>Fungibles.</b> Compra de materiales considerados fungibles. Material de oficina, el mantenimiento de la cogeneración y apoyo a las demandas de los vecinos.
	<b>Amortizaciones.</b> Correspondientes al capital necesario para la adquisición de equipos e instalaciones y puesta en marcha de la ESE.



- El edificio de viviendas (7) contará con los elementos de seguridad y control necesarios para la regulación de confort independiente en cada vivienda (incluso en las estancias de cada vivienda), así como con los equipos necesarios para la medida de la energía consumida y proceder a la facturación individual a cada vivienda.

### Modelo de negocio

El modelo de negocio propuesto consiste en la creación de una empresa de servicios energéticos (ESE) que se dedicará al abastecimiento de electricidad, ACS, calefacción y refrigeración de edificios de viviendas mediante instalaciones similares a la descrita en el apartado anterior.

El negocio de la ESE se basa por una parte, en la venta de energía a sus clientes, en sus formas de frío, calor y electricidad. La ESE establecería un acuerdo comercial con un edificio para que todas las viviendas del mismo pasasen a ser sus clientes. Por otra parte, la ESE vendería energía eléctrica a la red. En general, la legislación en diferentes países europeos, en el caso de España el Real Decreto 661/2007 [RDRE661], contemplan unos precios o primas para la electricidad vertida a la red y producida con instalaciones de cogeneración, de forma tal que la exportación de la energía a la red, en lugar del autoconsumo, en general

**Tabla 2. Distribución de viviendas según las plantas del edificio**

Viviendas tipo/planta	Baja	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	Total
Viviendas tipo 1	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Viviendas tipo 2	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Viviendas tipo 3	0	1	2	2	2	2	2	2	13
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>45</b>

**Tabla 3. Estimación del consumo anual de energía del bloque completo de viviendas**

Viviendas tipo	E <sub>electricidad</sub> (kWh)	E <sub>calefacción</sub> (kWh)	E <sub>ACS</sub> (kWh)	E <sub>refrigeración</sub> (kWh)	E <sub>total</sub> (kWh)
Viviendas tipo 1	44.125	105.530	35.260	26.383	211.298
Viviendas tipo 2	45.293	152.297	47.014	38.074	282.678
Viviendas tipo 3	38.219	174.991	47.749	43.748	304.706
<b>E<sub>total</sub> (kWh)</b>	<b>127.636</b>	<b>432.818</b>	<b>130.023</b>	<b>108.204</b>	<b>798.681</b>

será la opción más beneficiosa económicamente.

Por otra parte, y debido al efecto descrito de las primas que incentivan la exportación de la energía eléctrica a la red, y con el fin de abastecer la demanda eléctrica de las viviendas, la ESE se debería también constituir como una empresa comercializadora de electricidad, la cual compraría la electricidad en el mercado al por mayor y la vendería posteriormente a sus clientes, pagándole a la distribuidora eléctrica la tarifa de acceso para cada cliente.

El éxito del negocio de esta empresa se basa en la eficiencia energética de las instalaciones de cogeneración,

ya que a partir de una única forma de energía primaria, como es el gas natural, se generaría electricidad con un rendimiento cercano al 30% y, además, se utilizarían los calores residuales para el calentamiento o enfriamiento del agua, con un rendimiento próximo al 55%, obteniendo de esta forma un rendimiento total en torno al 85%.

Desde el punto de vista de los clientes, aunque el precio de la energía consumida se mantendría<sup>1</sup> se mejoraría en el confort térmico dentro de las viviendas. Además, la ESE se encargaría tanto del diseño e instalación de los equipos energéticos y de su mantenimiento y reparaciones,



<sup>(1)</sup> Hipótesis que se ha utilizado en el presente estudio, pero que puede modificarse, en situaciones concretas, siendo posible ofertarse a los usuarios precios inferiores a los que pagaban anteriormente por los mismos servicios.

asegurando una garantía de suministro en el contrato superior a la que inicialmente ofrecían las compañías suministradoras. Finalmente, la ESE gestionaría para sus clientes un certificado de sostenibilidad y respeto con el medio ambiente incluyendo una estimación de la reducción anual de emisiones de CO<sub>2</sub> conseguidas.

Desde el punto de vista de la rentabilidad económica, la ESE tendría una serie de costes de personal y de administración asociados a la gestión de la misma, la compra y el mantenimiento de equipos, y la compra de energía primaria, gas y electricidad. Por otra parte, tendría unos ingresos derivados de la venta de energía a sus clientes, es decir, las viviendas en cada uno de los edificios residenciales gestionados, y exportaciones de electricidad a la red. La Tabla 1 presenta el desglose de los principales conceptos de ingresos y costes.

## Caso de estudio

En esta sección se presenta un caso de estudio para ilustrar los conceptos previamente descritos sobre el modelo de negocio propuesto para la ESE. Se trata del suministro energético a un edificio de viviendas ya construido y ubicado en el casco urbano de la ciudad de Madrid. Los detalles de este estudio se pueden encontrar en [BAQUE08]. El edificio consta de 45 viviendas, de 3 tipos diferentes:

- Viviendas tipo 1: con una superficie de 49 m<sup>2</sup>.
- Viviendas tipo 2: con una superficie de 71 m<sup>2</sup>.
- Viviendas tipo 3: con una superficie de 114 m<sup>2</sup>.

Las viviendas se ubican en 8 plantas, y se distribuyen en la forma que indica la Tabla 2.

### a. Demanda energética

El cálculo de la demanda energética del edificio se divide en cuatro partes:

- 1) Demanda eléctrica.
- 2) Demanda de calefacción.
- 3) Demanda de agua caliente sanitaria (ACS).
- 4) Demanda de refrigeración.

La metodología es "bottom up": para cada tipo de demanda se calculan las

Tabla 4. Resultados energéticos en el caso de dimensionamiento con MCIA

	Dimensionado para demanda térmica				Dimensionado para demanda eléctrica
	Ajustado	Sobredimensionado	2 motores en paralelo	Con acumulación	
Potencia (kW)	100	150	94	80	34
$\eta_e$ nominal	32,32%	-	-	31,70%	-
$\eta_e$ medio	29,05%	28,13%	29,28%	29,22%	26,80%
$\eta_t$ medio	51,27%	45,29%	54,02%	59,51%	59,56%
$\eta_{global}$ medio	80,32%	73,42%	83,30%	88,73%	86,36%
Grado de carga	36,37%	26,47%	43,15%	43,25%	41,03%
REE	67,50%	56,62%	73,24%	72,48%	79,24%
PES	15,15%	8,09%	17,80%	17,88%	19,15%
Autoconsumo	34,50%	31,60%	36,10%	38,73 %	100,00%
V generado (kWh)	671,045	671,045	671,045	671,045	315.167
E generada (kWh)	341,956	374,965	327,166	329,565	127,636
Q consumido (kWh)	1.177.322	1.332.972	1.117.401	1.127.690	476.255
E comprada (kWh)	9.372	9.147	9.530	30	0

necesidades energéticas de cada tipo de vivienda, y el consumo total se estima como suma de los consumos individuales.

En la Tabla 3 se muestran las demandas calculadas correspondientes al consumo anual. El estudio se realizó mediante un análisis pormenorizado del equipamiento y del número de habitantes por vivienda.

A partir del consumo anual obtenido se elaboraron perfiles horarios para los tres tipos de demanda:

- 1) Electricidad.
- 2) ACS.
- 3) Climatización.

Para ello se dividió el año en tres períodos estacionales: Verano: del 16 de junio al 15 de septiembre, es decir, 92 días; Invierno: del 1 de noviembre al 31 de marzo, es decir, 151 días; y Entretiempo: 16 de septiembre al 31 de octubre y del 1 de abril al 15 de junio, es decir, 122 días. Ver Figuras 2 a 4.

### b. Selección de equipos

Una vez obtenida la demanda energética del edificio, se procede al dimensionamiento del motor térmico y de la máquina de absorción con las cuáles se va a abastecer dicha demanda. Para ello, se utiliza el software para el dimensionamiento de sistemas de poligeneración desarrollado en [LADE07].

Este software dimensiona en primer lugar la máquina de absorción con la que se va a abastecer la demanda de refrigeración. La máquina de absorción elegida tiene una potencia nominal de 40 kW. Posteriormente, se dimensiona el motor térmico. Existen cinco hipótesis alternativas de dimensionamiento: ajustado para la demanda térmica, sobredimensionado para la demanda térmica, ajustado para la demanda eléctrica, ajustado para la demanda térmica con dos motores en paralelo y ajustado para la demanda térmica con sistemas de acumulación de calor. El programa ofrece dos opciones de motor térmico: un motor de combustión interna alternativo (MCIA) o una microturbina.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis energético de las diferentes opciones analizadas, en la que se han reflejado los siguientes parámetros:

- *Potencia*, la eléctrica nominal del equipo de cogeneración.
- $\eta_e$ , rendimiento eléctrico, en condiciones nominales; cociente entre la potencia eléctrica y la potencia térmica del combustible utilizado.
- $\eta_t$ , rendimiento térmico, en condiciones nominales; cociente entre la potencia térmica obtenida y la potencia térmica del combustible utilizado.

Figura 2. Consumos horarios para el conjunto del edificio en un día de verano

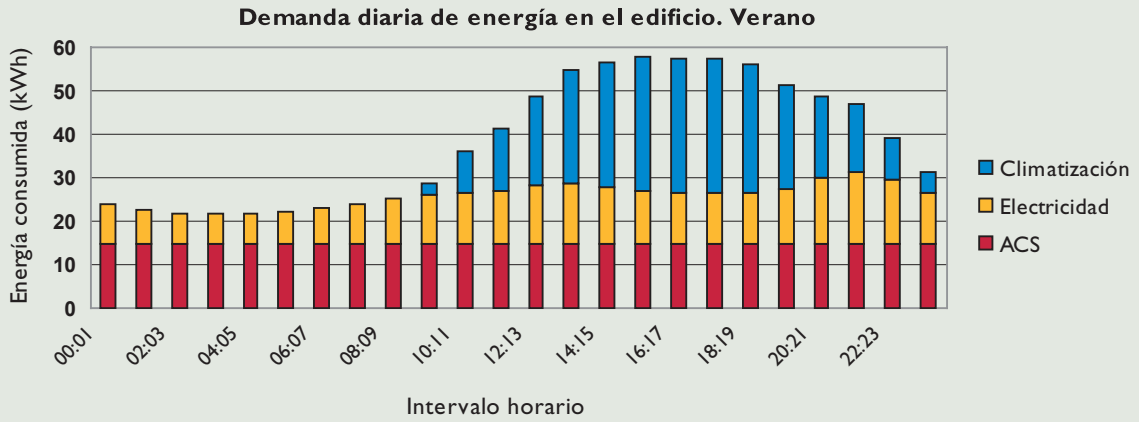


Figura 3. Consumos horarios para el conjunto del edificio en un día de entretiempo

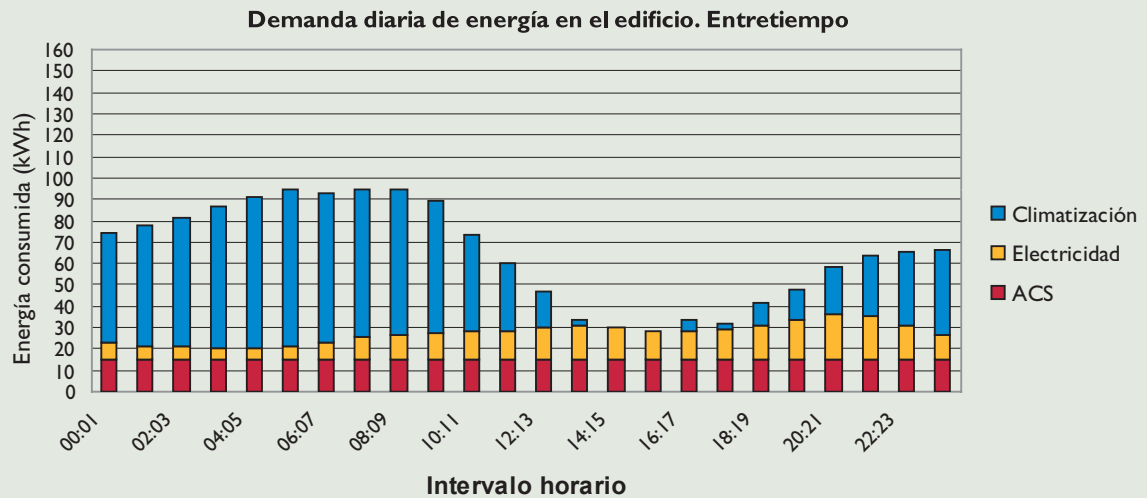
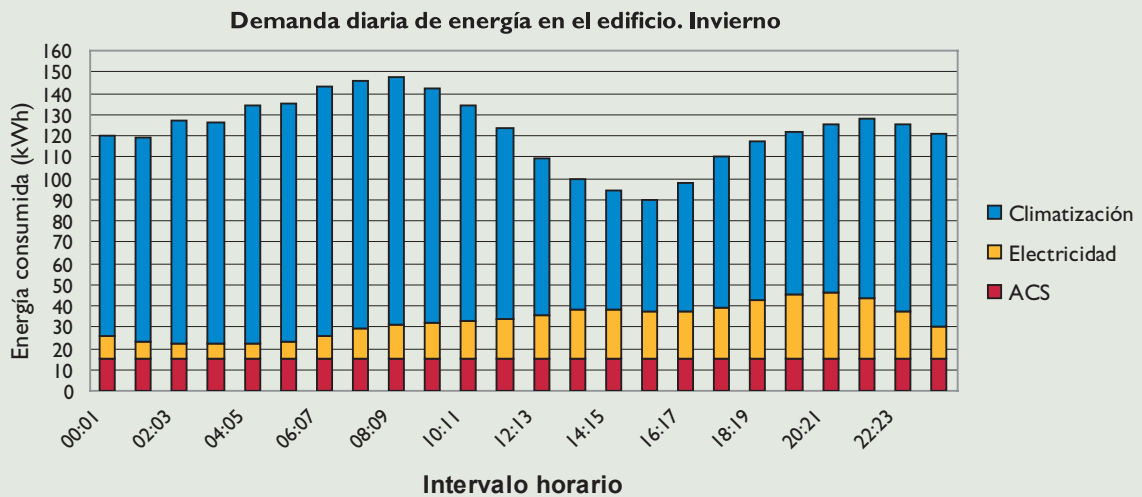


Figura 4. Consumos horarios para el conjunto del edificio en un día de invierno



- *Grado de carga*, porcentaje de la potencia nominal al que trabajaría el motor de forma continua a lo largo del año para alcanzar los criterios de dimensionado; cociente de la demanda total anual (térmica o eléctrica) entre la energía térmica obtenida en el motor anualmente funcionando a la potencia nominal<sup>2</sup>.
- $\eta_e$  medio, rendimiento eléctrico medio; relación entre la energía eléctrica producida anualmente y la energía térmica del combustible utilizado anualmente.
- $\eta_t$  medio, rendimiento térmico medio; relación entre la energía térmica producida anualmente y la energía térmica del combustible utilizado anualmente.
- $\eta_{\text{global}}$  medio, rendimiento global medio; relación entre la suma de las energías térmica y eléctrica producidas anualmente y la energía térmica del combustible utilizado anualmente.

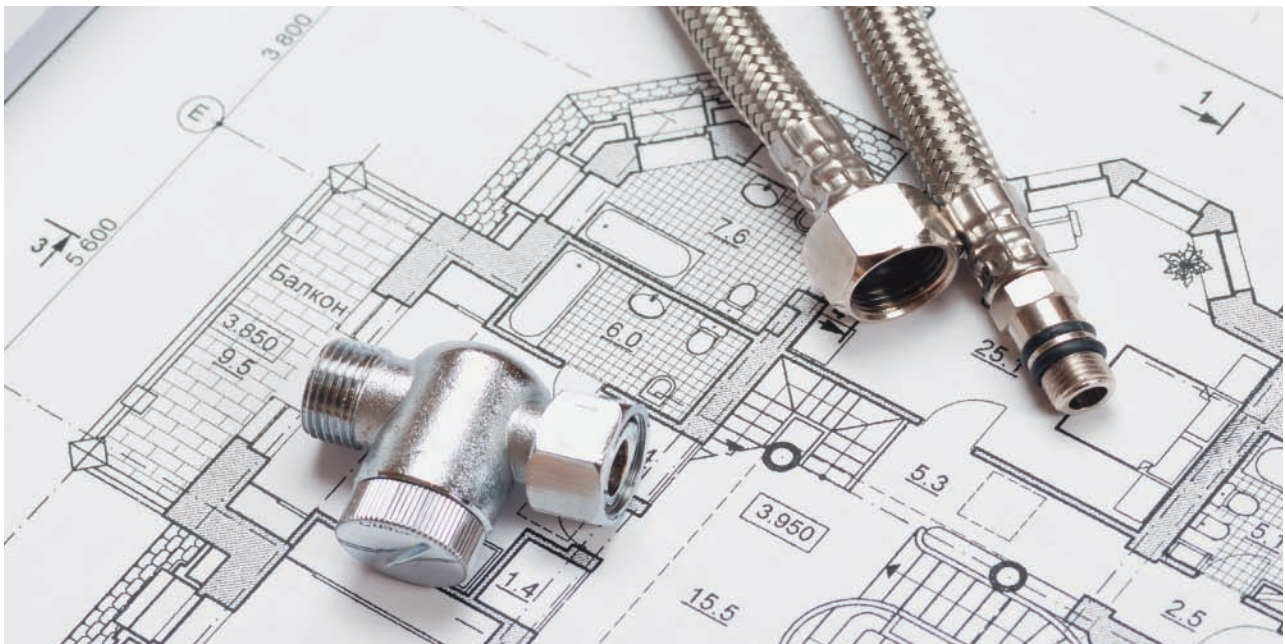
- *REE*, rendimiento eléctrico equivalente; relación entre la energía eléctrica producida y la energía térmica del combustible utilizado descontado la que se hubiera necesitado para obtener la energía térmica con métodos convencionales<sup>3</sup>.
- *PES*, ahorro de energía primaria con relación a la energía primaria necesaria para producir por separado con métodos convencionales, las mismas cantidades de energías eléctrica y térmica<sup>4</sup>.
- *Autoconsumo*, relación entre la energía eléctrica consumida anualmente por las viviendas y la energía eléctrica producida anualmente.
- *Vgenerado*, energía térmica generada anualmente por la cogeneración.
- *Egenerada*, energía eléctrica generada anualmente por la cogeneración.
- *Qconsumido*, energía térmica correspondiente al combustible consumido anualmente por el motor:

- *Ecomprada*, energía eléctrica comprada anualmente a la red para cubrir las necesidades eléctricas de las viviendas.

A la vista de los resultados económicos mostrados en la Tabla 5, la opción más viable económicamente es la de dimensionado para demanda térmica con sistemas de acumulación. Por tanto se concluye que la mejor opción es la elección de un motor de combustión interna alternativo de 80 kW eléctricos de potencia nominal, alimentado con gas natural, más un sistema de acumulación de calor: La opción de dimensionado para la demanda eléctrica ha sido desestimada debido a que aunque sea más rentable económicamente, es una opción menos eficiente energéticamente<sup>5</sup>.

### c. Análisis energético

El motor escogido en este caso es de 80 kW<sub>e</sub>, con un sistema de acumulación



<sup>(2)</sup> Nótese que el motor no trabaja en régimen constante, variando sus rendimientos térmicos y eléctricos con dicho régimen.

$${}^{(3)} REE = \frac{E_{\text{generada}}}{Q_{\text{consumido}} - \frac{V_{\text{generado}}}{\eta_{t, \text{ref}}}} \cdot 100, \text{ siendo } \eta_{t, \text{ref}} = 0,90$$

$${}^{(4)} PES = \left( 1 - \frac{1}{\frac{\eta_{t, \text{ref}}}{\eta_{t, \text{ref}}} + \frac{\eta_e}{\eta_{e, \text{ref}}}} \right) \cdot 100, \text{ siendo } \eta_{t, \text{ref}} = 0,90 \text{ y } \eta_{e, \text{ref}} = 0,525; [\text{DICE08}]$$

<sup>(5)</sup> Por un lado, para poder satisfacer la demanda térmica la opción dimensionado para demanda eléctrica necesita el apoyo de una caldera, que consume el mismo combustible que el MCI y produce una energía de menos calidad (únicamente calor). Por otro lado, la cantidad de energía eléctrica que produce por cogeneración el MCI en todos los casos de dimensionado para demanda térmica es mucho mayor que en el caso de dimensionado para la demanda eléctrica, por lo que la diferencia de energía eléctrica, habría que producirla con centrales de ciclo combinado, siendo éstas menos eficientes al no aprovechar los calores residuales y además al tener que restar, al rendimiento de la generación, las pérdidas por transporte de electricidad.



**Tabla 5. Resultados económicos en el caso de dimensionamiento con MCIA**

	Dimensionado para demanda térmica				Dimensionado para demanda eléctrica
	Ajustado	Sobredimensionado	2 motores en paralelo	Con acumulación	
VAN a 15 años	5.533 €	-29.750 €	11.843 €	19.531 €	33.578 €
Período de recuperación (años)	10	25	9	8	8
TIR a 15 años	11	4	13	14	16

de 12.500 litros de capacidad. El rendimiento eléctrico nominal es del 31,7%. El grado de carga medio del motor es del 43,25%. Con esta instalación se obtiene un rendimiento eléctrico medio del 29,22% y un térmico del 59,51%, lo cual da un rendimiento global del 88,73%. El PES de la instalación es del 17,88% y su REE es del 72,48%.

El porcentaje de autoconsumo es del 38,73%, lo cual significa que de abasteciendo la energía eléctrica a las viviendas con la producida, aún habría un sobrante del 61,27% para su venta a la red. Sin embargo aún es necesario comprar a lo largo del año 30 kWh de energía eléctrica a la red, debido a diferencias puntuales no satisfechas por la cogeneración.

Los perfiles de compra-venta de electricidad se muestran en la Figura 5,

en la cual podemos observar que las cantidades de energía eléctrica que es necesario comprar a la red son únicamente en las horas del final del día en el período estival. Respecto a la venta de electricidad, se observa una tendencia semejante durante todo el año, observándose el máximo entorno a las 5 de la mañana, y el mínimo en el período entre las 9 y las 10 de la noche.

**d. Análisis económico**

En primer lugar, se calculan los ingresos por ventas de electricidad de acuerdo al sistema de primas (*feed-in tariffs*) vigente en España para este tipo de instalaciones [REDE661]. Los ingresos por venta de energía a las viviendas y gastos por compra de electricidad y gas natural a las correspondientes compañías

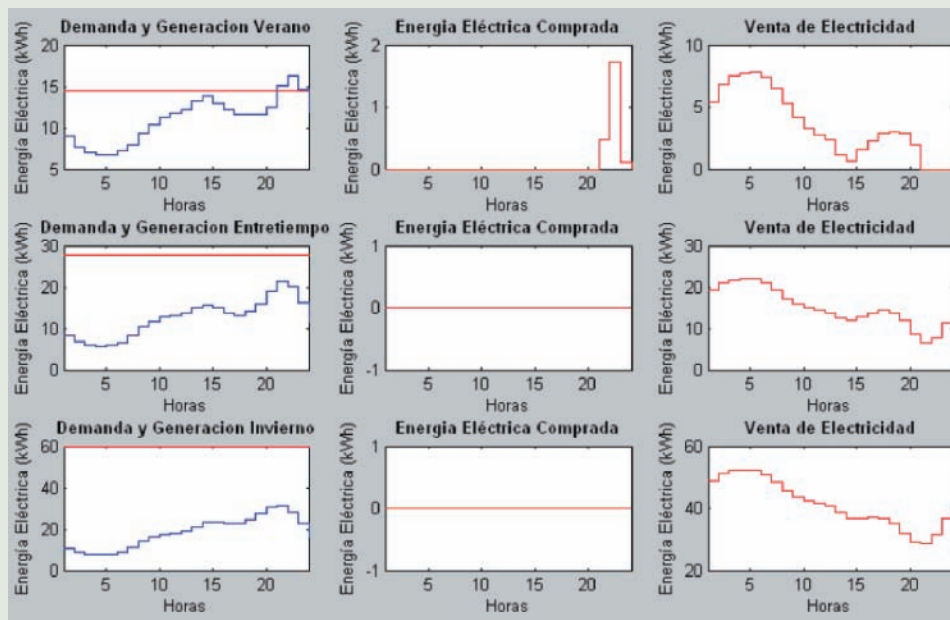
suministradoras, se calculan de acuerdo al sistema tarifario español [OITC60] y [OITC61]. Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 6.

Una vez obtenidos los resultados económicos por edificio y año asociados a la compra y venta de energía, se analizan los otros costes a tener en cuenta para el desarrollo del negocio de la ESE, esto es: la inversión necesaria en equipos (217.303.- €) que representa una amortización anual de 21.834 €/año por edificio; el personal necesario y las labores que debe desempeñar (116.178.- €/año) para el desarrollo de todo el plan de negocio; y los gastos de ejercicio de la actividad (24.424.- €/año) de la ESE durante todo el plan de negocio.

La rentabilidad del negocio se analiza de acuerdo con el siguiente plan de negocio. En el primer año la ESE instala el sistema de poligeneración propuesto en 5 edificios, en el segundo año en 9 edificios más, y en el tercer año y sucesivos abastece un total de 35 edificios, todos ellos similares en tamaño y características energéticas al estudiado. El estudio se hace para un periodo a 10 años. El flujo neto de caja obtenido se muestra en la Figura 6.

Con estos flujos netos de caja anuales se valora la rentabilidad de la inversión,

**Figura 5. Perfiles de compra-venta de electricidad (azul son demandas y rojo generación)**

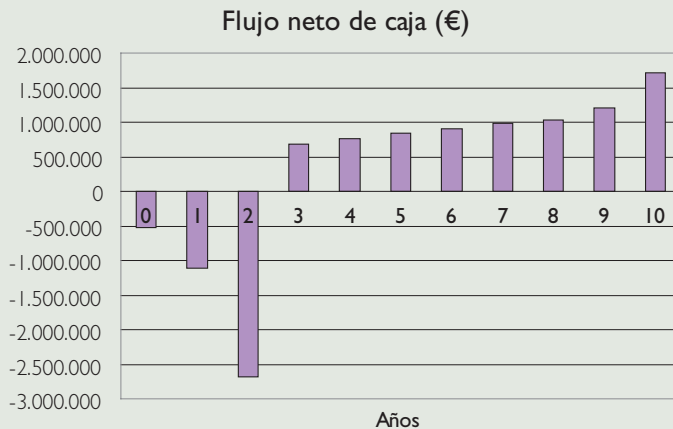




**Tabla 6. Resultados económicos anuales de la compra-venta de energía por edificio**

Concepto		Ingresos (+) / Pagos (-), €
Pagos	Compra de energía eléctrica en el OMEL	- 5.911
	Tarifa de acceso del edificio (45 viviendas)	- 6.297
	Compra de gas natural	- 35.253
Ingresos	Venta de electricidad al edificio (45 viviendas)	+ 16.475
	Incentivo por energía reactiva	+ 1.552
	Venta de electricidad vertida a la red	+ 40.069
	Venta de energía térmica para ACS	+ 8.490
	Venta de energía térmica para calefacción	+ 15.457
	Venta de energía térmica para refrigeración	+ 7.053
<b>TOTAL</b>		<b>+ 41.635</b>

**Figura 6. Flujo neto de caja de la ESE en el periodo de 10 años (año 0 corresponde con inversión inicial)**



obteniendo como resultados un valor actualizado neto (VAN) con una tasa de interés del 8% de 836.339 € y una tasa interna de retorno (TIR) del 12,5%, que confirman la viabilidad del negocio propuesto.

## Conclusiones

Este artículo ha presentado un modelo de negocio para dar viabilidad a una empresa de servicios especializada en el suministro energético integral a edificios de viviendas ubicados en zonas urbanas.

El diseño técnico de las instalaciones requeridas y sus prestaciones de alta eficiencia energética se han abordado en todo detalle y complejidad. Se ha demostrado que un sistema de suministro basado en poligeneración, es decir, motor de combustión interna con máquina de absorción y con acumulación térmica, es un sistema con un rendimiento del 89% y viable económicamente de acuerdo con los costes actuales de estas tecnologías en el mercado.

Además mediante un caso de estudio se ha demostrado la viabilidad financiera de una empresa de servicios basada en una pequeña *startup* que desarrollase un plan de negocio para los primeros 10 años con el objetivo de suministrar energía a un conjunto de 35 edificios ubicados en una zona urbana de una gran ciudad. ■

## Referencias

[BAQUE08] Christian Baquero Yebra. Modelo de negocio de una empresa de servicios energéticos para suministro integral a edificios de viviendas mediante poligeneración. Proyecto fin de carrera. Universidad Pontificia Comillas. Junio 2008.

[COCE545] Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial. Comunicación de la Comisión Europea de 19 de octubre de 2006. Bruselas, 19.10.2006 COM (2006)545 final.

[CTEE10] Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda. Real Decreto 14/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

[DICE08] Directiva 2004/8/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 11 de febrero de 2004, relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 93/42/CEE.

[DICE91] Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

[DICE32] Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y por la que se deroga la directiva 93/76/CEE del Consejo.

[DICE77] Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de septiembre de 2001, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.

[E40812] Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4). Plan de acción 2008-2012.

[EEER09] Proyecto de Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables (Borrador).

[JLI06] Jing Liang, Baizhan Li, Yong Wu, Runming Yao. An investigation of the existing situation and trends in building energy efficiency management in China. Energy and Buildings. Elsevier. December 2006.

[LADE07] Juan María Ladero Núñez-Vilaveirán. Sistematización del diseño de un sistema de poligeneración para el abastecimiento energético de

un conjunto de viviendas. Proyecto fin de carrera. Universidad Pontificia Comillas. Junio 2007.

[MAHI08]. Mark Hinnells Technologies to achieve demand reduction and microgeneration in buildings. Energy Policy. Elsevier. 2008.

[OITC60] Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.

[OITC61] Orden ITC/3861/2007, de 28 de diciembre, por la que se establece la tarifa de último recurso del sistema de gas natural para el año 2008.

[RDRE661] Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

[RDET124] Real Decreto 124/1994, de 28 de enero, por el que se regula el etiquetado y la información referente al consumo de energía y de otros recursos de los aparatos de uso doméstico.

[SAZA06] S.M. Sadegh Zadeh An energy efficiency plan for the Iranian building sub-sector. Energy Policy. Elsevier. April 2006.