



ASESORÍA ENERGÉTICA

SISTEMAS DE MICROCOGENERACIÓN

Ricard Vila A E, S.A.
rvila@aes.net





estudios de viabilidad



Análisis de la demanda

Tiene por objeto definir los datos básicos de partida a tener en cuenta para el diseño de la instalación de microcogeneración. Este análisis pretende determinar la demanda de calor útil y la forma en que es utilizado. Se debe determinar

- **Tipología de la demanda**: agua caliente, agua sobrecalentada, agua fría...
- **Características de la demanda**: Temperatura de consumo, Presión de consumo, temperatura de retorno...
- **Modelización de la demanda**: perfil diario, semanal y mensual.
- **Equipos de producción de la demanda**: Caldera de agua caliente (rendimiento), chiller eléctrico (COP).....

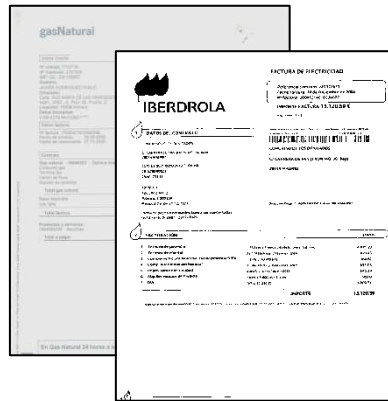
Mediante la definición de los apartados anteriores se pretende definir y modelizar la demanda para obtener el **consumo cronológico** (hora a hora), mediante el cual establecemos la monótona (curva cronológica ordenada) mediante la que se diseñará y evaluarán las diferentes alternativas.

Sistemas de cogeneración.



1. Estudios de viabilidad. Calculo de la demanda de Calor

Facturas de combustible y electricidad



Equipos de Generación

- Rendimiento de los equipos
- Características de la demanda**
- Imp: Temperatura, Presión....
- Ret: Temperatura, % condensados

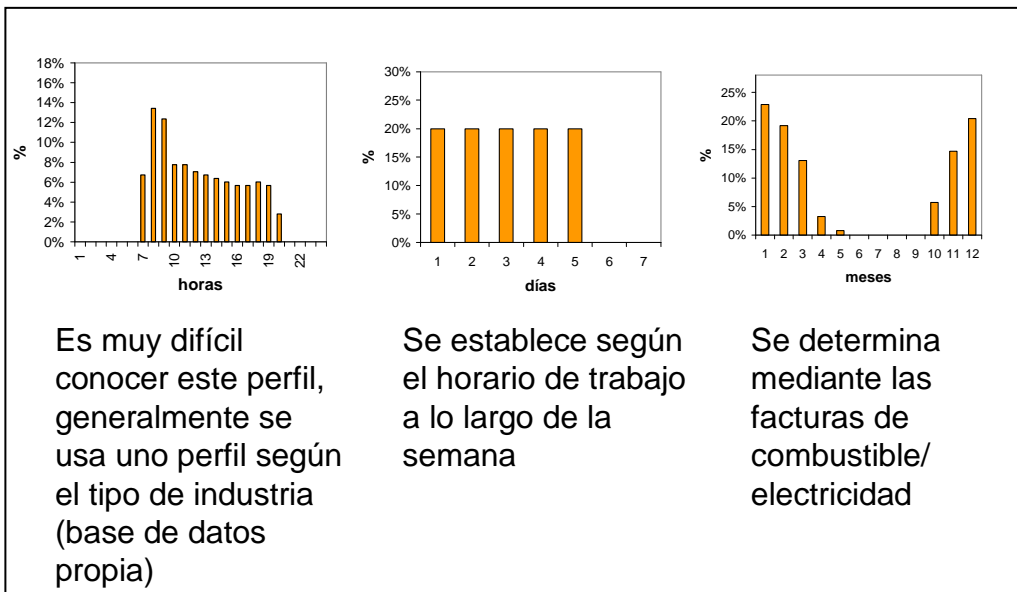
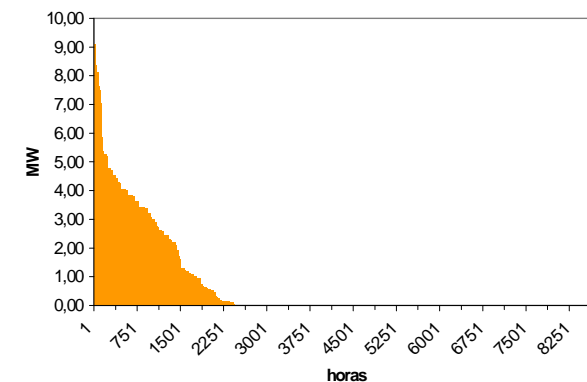


Consumo Energético

- en MWh/a
- Características de la demanda**
- Calidad de la demanda (Temperatura)



Monótona de Calor Calefacción

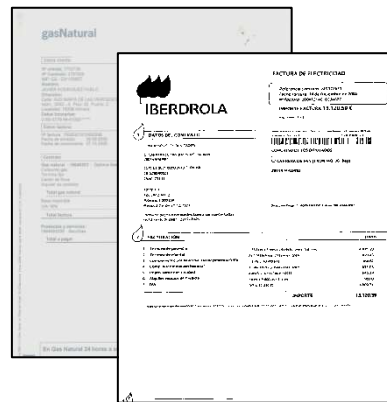


Sistemas de cogeneración.

1. Estudios de viabilidad. Calculo de la demanda de frío



Particularidades en el calculo de la demanda frigorífica



Equipos de Generación

- Rendimiento de los equipos
- Características de la demanda**
- Imp: Temperatura, Presión....
- Ret: Temperatura, % condensados

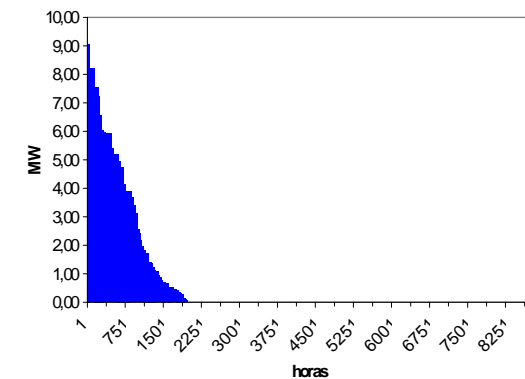
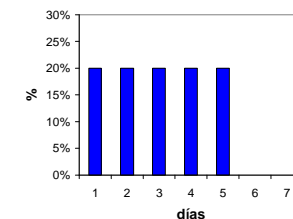
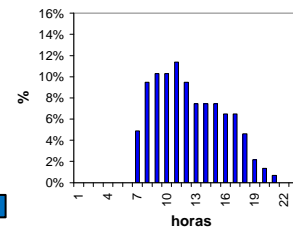
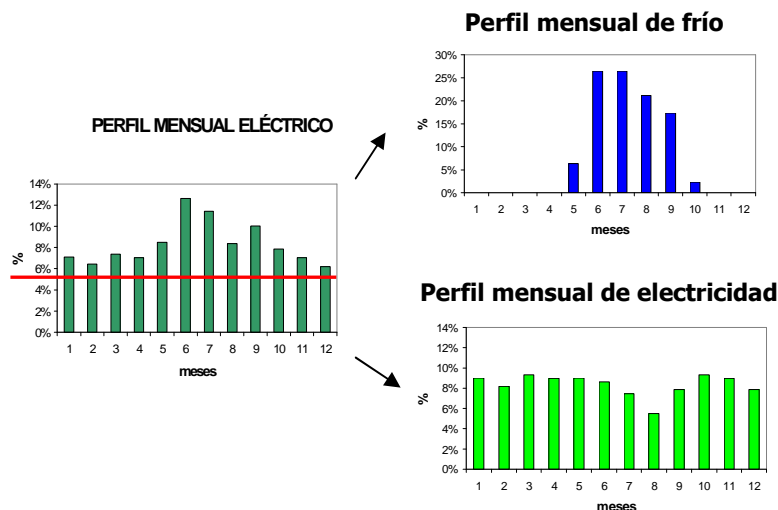


Consumo Energético

- en MWh/a
- Características de la demanda**
- Calidad de la demanda (Temperatura)



Monótona de frío para Climatización

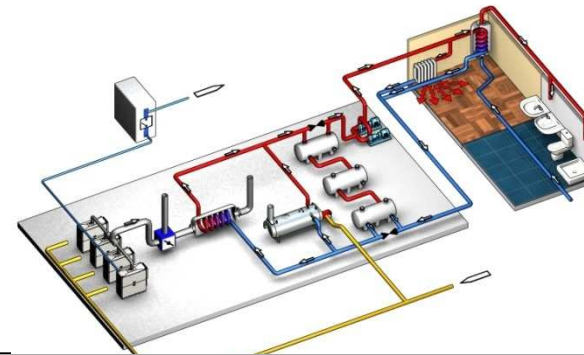


Selección de Alternativas

Las selección de alternativas tiene por objetivo determinar el rango de potencia a estudiar y la necesidad o no de evaluar acumulación.

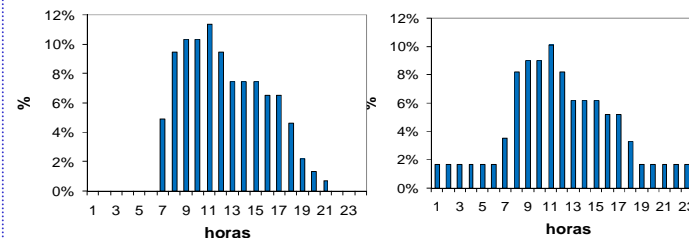
Según demanda atendida

- Cogeneración (Calor)
- Trigeneración (Calor y Frío) (1)



Según horario de trabajo

- Según el horario a la demanda.
- 24 h/d, acumulación (2)



Según Sistema de acumulación

- Calor (agua caliente)
- Frío (agua fría)

- (1) Generación de frío mediante máquinas de absorción de BrLi calidad baja y Amoniaco calidad media
- (2) El horario de acumulación puede ser inferior a 24 h/día

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad



- Determinación de la potencia térmica a estudiar

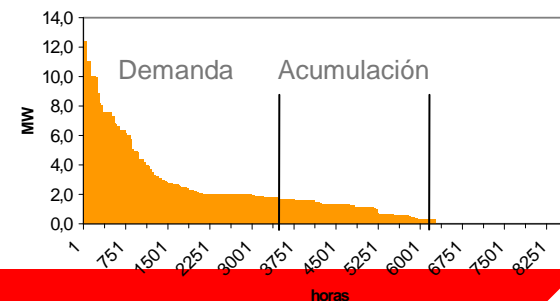
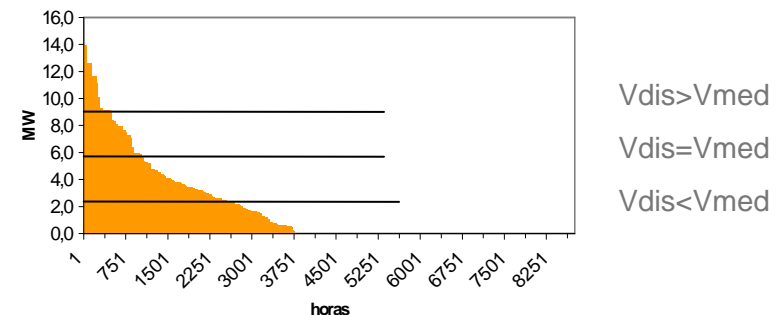
- Parámetros de diseño de una planta de cogeneración:

- **Cantidad** de demanda de calor => Determina la **potencia** de la planta
- **Temperatura** de dicha demanda => Determina la **tecnología** a seleccionar

- La potencia térmica se dimensiona en base a las necesidades térmicas anuales y su comportamiento anual hora a hora, o **curva monótona**

- En el sector terciario para aumentar el horario de la micro se emplean sistemas de acumulación

Planta demasiado pequeña	Planta demasiado grande
Desaprovechamiento del potencial térmico,	Eficiencias bajas y con alto riesgo de obtener resultados negativos.
Menores ahorros energéticos frente una alternativa de mayor tamaño	Es sensible a las variaciones de los precios de mercado (combustible y electricidad)
Mayor coste unitario del proyecto (€/KWe)	Una inversión mayor tiene asociado un mayor riesgo económico





Bases de diseño.

Todas las alternativas a estudiar se diseñan según las siguientes bases:

- Rendimiento global de la instalación **RG = (E+V)/Q** según el Anexo II la Directiva 2004/8/CE. RG=75%.
- En operación, consecución de un **PES** superior 0% según el Anexo III de la Directiva o, en España, un **REE** > 49,5 ó 53% (micromotores o microturbinas).
- En las plantas del sector terciario, destinadas a calefacción y climatización, se considerará que siempre una parte de la electricidad generada cumple con los requisitos de eficiencia, y por lo tanto, tiene derecho prima al considerarse electricidad de cogeneración. Se contabiliza la Electricidad de cogeneración **Ecog=CxV** según la Directiva 2004/8/ce y en España la **Eree** según el RD661.

La determinación de la planta a instalar es, por lo tanto, un proceso con múltiples soluciones y debe plantearse como una selección entre diversas alternativas, tanto de tamaño como de proceso.



Estudio de las Diferentes alternativas

Una vez modelizada la demanda y preseleccionado un rango de tecnologías y un rango de potencias, se evaluarán los siguientes aspectos de cada una de ellas.

- **Evaluación energética y medioambiental**: calculo de las energías producidas, suministradas y consumidas durante un periodo anual y los índices energéticos REE, RG, PES, AEP.... resultantes.
- **Evaluación económica del negocio** (ingresos y gastos) según el marco legal vigente RD661 y evaluación de las inversiones. Resultados económicos VAN, TIR, Pay-back...
- **Evaluación de la seguridad de suministro**. Tan importante como los resultados económicos y medioambientales es evaluar la cobertura y garantía el suministro energético al usuario.
 - Calor. Prever fallo de equipos convencionales o fallo de cogeneración.
 - Electricidad. Prever fallo de red o fallo de cogeneración.



caso práctico



DATOS DEL PROCESO INDUSTRIAL

- Hotel de 92 habitaciones
- Superficie climatizada: 4.500m²
- Programa de trabajo: continuo todo el año 365 días
- Consumo de agua caliente a 90 °C para calefacción y acs y agua fría a 7 °C para refrigeración.
- Consumo de combustible anual 562 MWhpci/a.
- Consumo eléctrico anual 1.000 MWh/a potencia promedio de 115 KWe, potencia contratada 200 KWe
- Instalaciones: Calor 300 kWt. Frío 200 kWf



¿ES FACTIBLE INSTALAR UNA CENTRAL DE COGENERACIÓN?

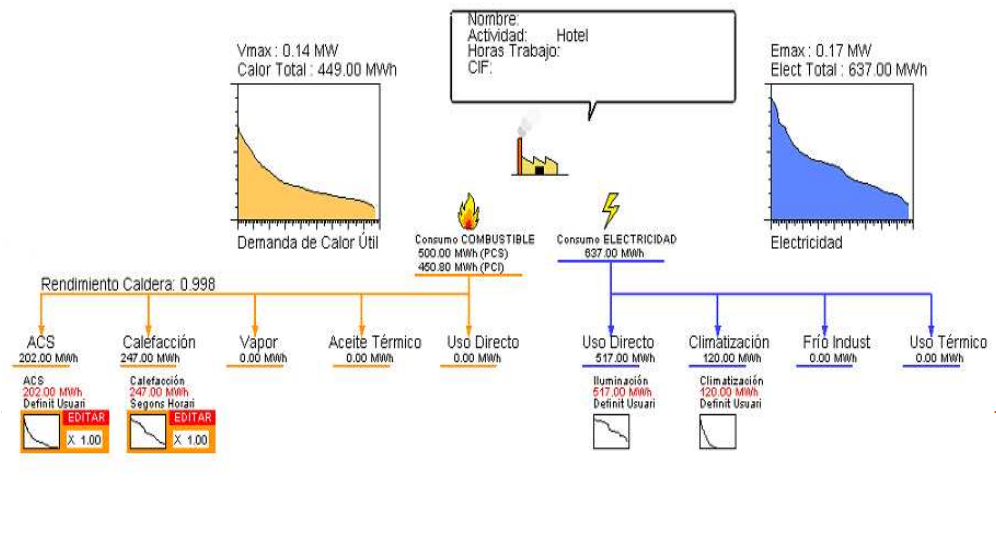
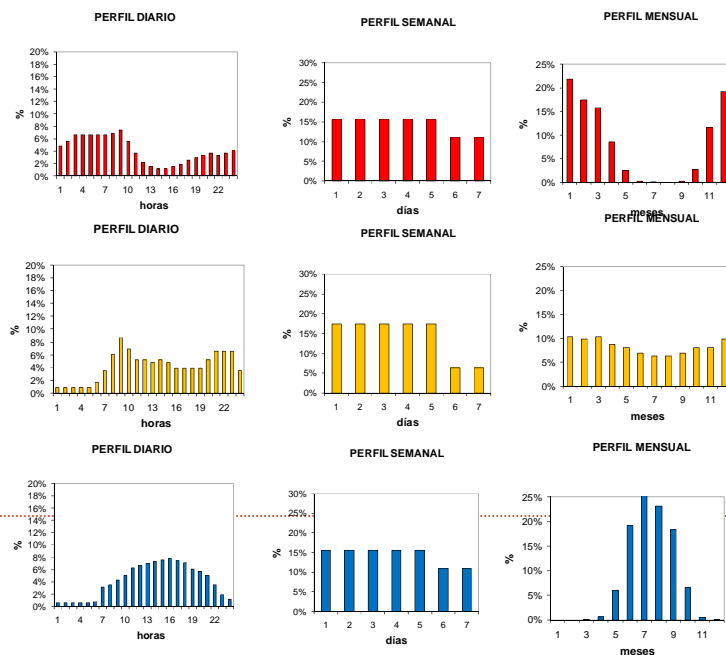
Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I



Análisis de la demanda

- Consumo anual de 450 MWh/a
- Agua caliente para calefacción 247,5 MWh/a
- Agua caliente para acs 202,5 MWh/a
- Electricidad para climatización 120 MWh/a





Selección de Alternativas

- Se plantea trigeneración para dar cobertura a la demanda térmica y frigorífica.
- Por la larga utilización de la demanda no es necesaria la acumulación

Diseño de las alternativas

- Siguiendo los criterios expuestos a continuación se diseñan ejemplos de diseño.
 - RG superiores 75% para el resto
 - REE superiores al 53,1% (caso turbinas de gas) y el PES positivo aunque la importancia de estos valores radica en el resultado anual.

Tipo de ciclo

- Generación de agua caliente a 90°C para el calor demandado y máquina de absorción de simple efecto para generar agua fría a 7°C (mediante el agua caliente a 90°C).

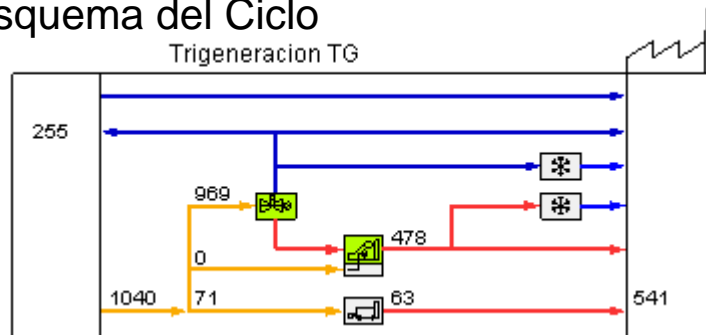
Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I

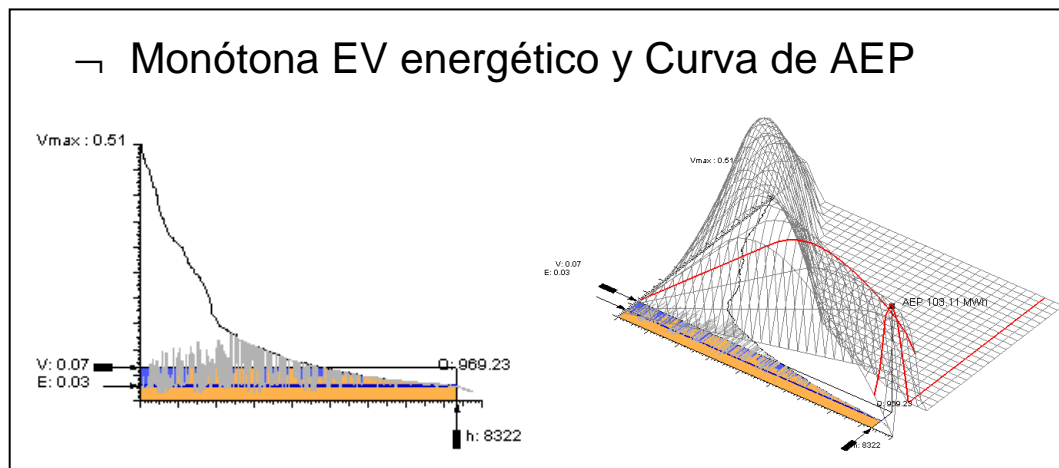


Resultados energéticos

Esquema del Ciclo



Monótona EV energético y Curva de AEP



		microturbinas 30 KW Trigeneración (MASE)	microturbinas 65 MW Trigeneración (MASE)
DEMANDAS ENERGÉTICAS			
Consumo eléctrico (alumbrado y fem)	MWh/a	880	880
Vapor Calefacción y labandería	MWh/a	450	450
Fria Climatización	MWh/a	360	360
PRODUCCIONES			
Electricidad TG/Motore (E)	MWh/a	242	484
Generación Calor	MWh/a	450	450
por recuperación (V)	MWh/a	386	440
por calderas convencionales	MWh/a	64	10
Generación Agua frio	MWh/a	360	360
en máquinas absorción (F)	MWh/a	60	300
en chillers eléctricos	MWh/a	300	60
CONSUMOS			
Gas natural para motores	MWh/a	931	1.729
Gas natural para calderas	MWh/a	71	11
Electricidad respaldo	MWh/a	0,4	0,7
Autoconsumos eléctricos cogen	MWh/a	7	15
Electricidad a usuario	MWh/a	0	0
Electricidad a chillers	MWh/a	60	12
BALANCE ELÉCTRICO			
E importación	MWh/a	0	1
E exportación	MWh/a	235	470
RENDIMIENTOS			
REE = E / (Q - (V+F)/0,9)	%	55,6%	53,4%
RG = (E + Vtotal) / Q	%	75,1%	70,9%
RE = E / Q	%	26,0%	28,0%
Ahorro energía primaria s/D. Europea	MWh _{PC}	89	250
Ahorro emisiones de CO ₂	t/a	18	50
Electricidad de REE	MWh/a	252	487
Porcentaje ahorro en. Primaria s/DE	%	8,7%	12,6%

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I



Evaluación económica

- Escenario energético: 70 \$/bbl
- Precio de la CMP: 20 €/MWh_{pcs}
- Precio del combustible: 42 €/MWh_{pci}
- Tarifa de venta según actual RD661 (se ha considerado venta a tarifa)
- Coste de las energías terciarias (agua caliente): 52,5 €/MWh
- Coste de las energías terciarias (agua fría): 36,7 €/MWh
- Costes adicionales:
- mantenimiento de los equipos generadores: 10,0 €/MWh
- personal de operación: 2 €/MWh
- mantenimiento general: 1% precio inversión
- seguros y varios: 1,5% sobre la inversión +1 €/MWh.
- Las inversiones se han determinado mediante la estimación de los diferentes subsistemas y en referencia a la experiencia de AESA.

		microturbinas 30 KW Trigeneración (MASE)	microturbinas 65 MW Trigeneración (MASE)
INGRESOS		56.807	102.653
Ventas de calor a usuarios @ 52,5 €/MWh	€/a	20.265	23.100
Ventas de frío a usuarios @ 36,7 €/MWh	€/a	2.200	11.000
Prima por eficiencia	€/a	483	834
Electricidad de exportación	€/a	33.860	67.719
GASTOS		42.320	77.694
Combustible @ 42 €/MWh _{pci}	€/a	39.092	71.326
Mantenimiento motores/turbinas	€/a	1.210	2.420
Mantenimiento de equipos @ 1% inv Física	€/a	660	1.300
Operación Cogeneración @ 2 €/Mwhe	€/a	484	968
Electricidad de respaldo @ 110 €/MWh	€/a	40	80
Seguros @ 1% inv Física 1,2% cash-flow	€/a	834	1.600
CASH-FLOW	€/a	14.487	24.959
INVERSIÓN (PRELIMINAR)	€	66.000	130.000
PERIODO RETORNO INVERSIÓN	años	4,6	5,2
Coste financiación a 10 años al 6%	€/a	8.967	17.663
Cash-flow libre (después costes financieros)	€/a	5.520	7.296
TIR del proyecto (a 10 años antes de impuestos)	%	17,6%	14,0%



PROPUESTA

- Tecnología: **Microturbinas** en ciclo simple
- Potencia eléctrica **de 65 MW_e**
- Inversión **130 K€**
- Resultados energéticos
 - Ahorro de energía primaria. De 90 a 105 GWhpci/a
 - REE entre el 68 y 70%, valor 10 puntos superior al exigido en el actual RD661
 - PES aproximadamente del 16,5% muy superior al 10% del Anexo III, para considerar la cogeneración de alta eficiencia
- Resultados energéticos
 - Pay back entre 5 años
 - TIR a 10 años después de impuestos aproximadamente un 14%
 - VAN a 10 años después de impuestos unos 10 M€
 - Cash flow libre (cash flow – costes de capital del 100% de la inversión a 10 años al 6% de interés) de 17,7 k€

Sistemas de cogeneración.

8. Estudios de viabilidad. Caso I

