

*Posibilidades tecnológicas y viabilidad
de la generación descentralizada de
electricidad con biomasa*

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA
GENERACIÓN ELÉCTRICA CON BIOMASA EN
ESPAÑA

Madrid, 12 de noviembre 2009

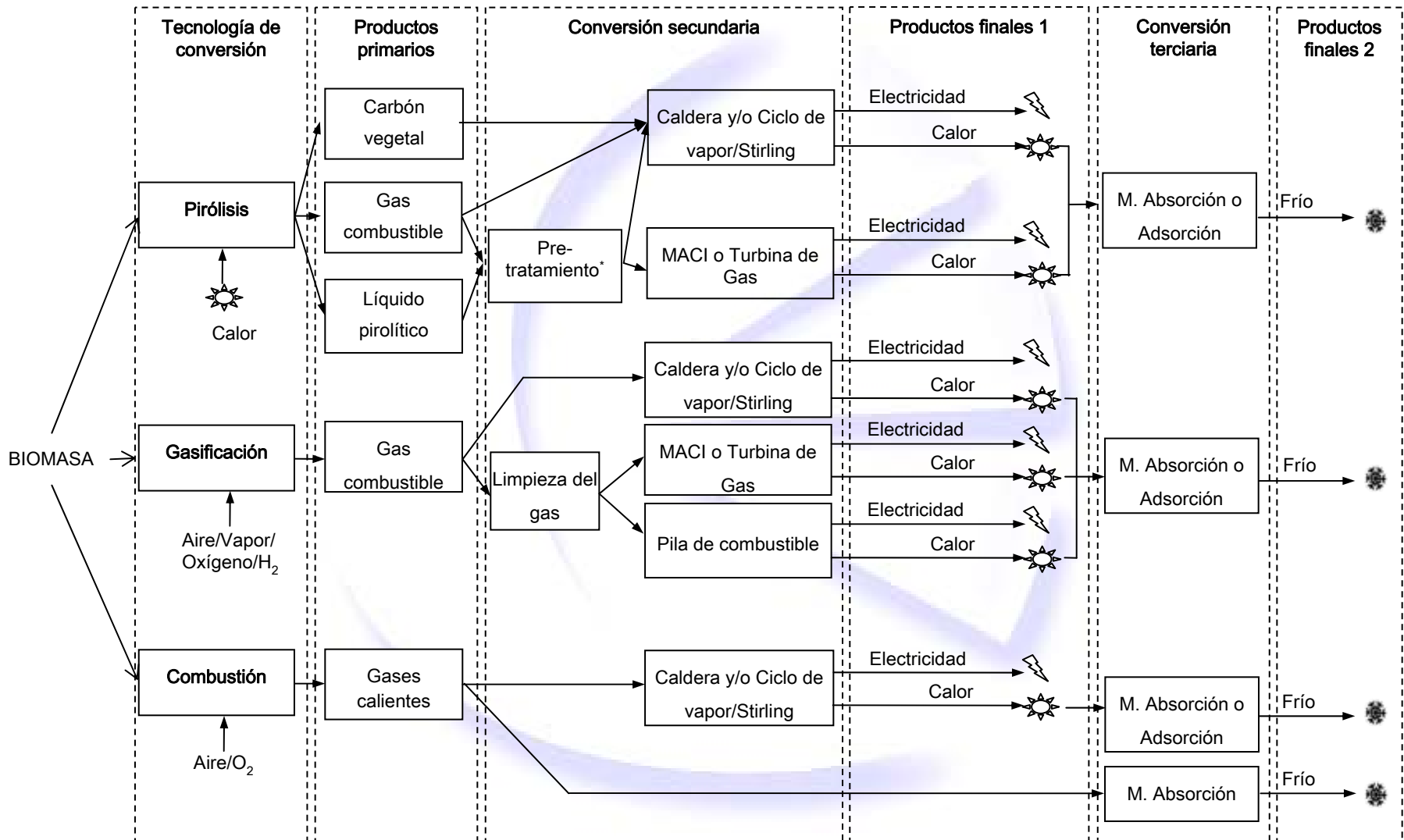
Fundación CIRCE

- Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (Universidad de Zaragoza)
- ≈ 140 investigadores
- División de Recursos Naturales:
 - Evaluación de recursos – Cultivos energéticos
 - Estudios de impacto ambiental - ACV
 - Combustión de biomasa a pequeña escala
 - Co-combustión
 - Evaluaciones tecno-económicas
 - Producción combinada de agua y energía (Poligeneración)
 - Optimización de sistemas energéticos

ÍNDICE

- Generación de electricidad:
 - Generación energética con biomasa
 - Tecnologías aplicables a generación distribuida
- Poligeneración
- Aplicación real: Viabilidad de sistema de trigeneración en Parque Tecnológico WALQA
 - Estudio Tecno-Económico
 - Estudio Medioambiental

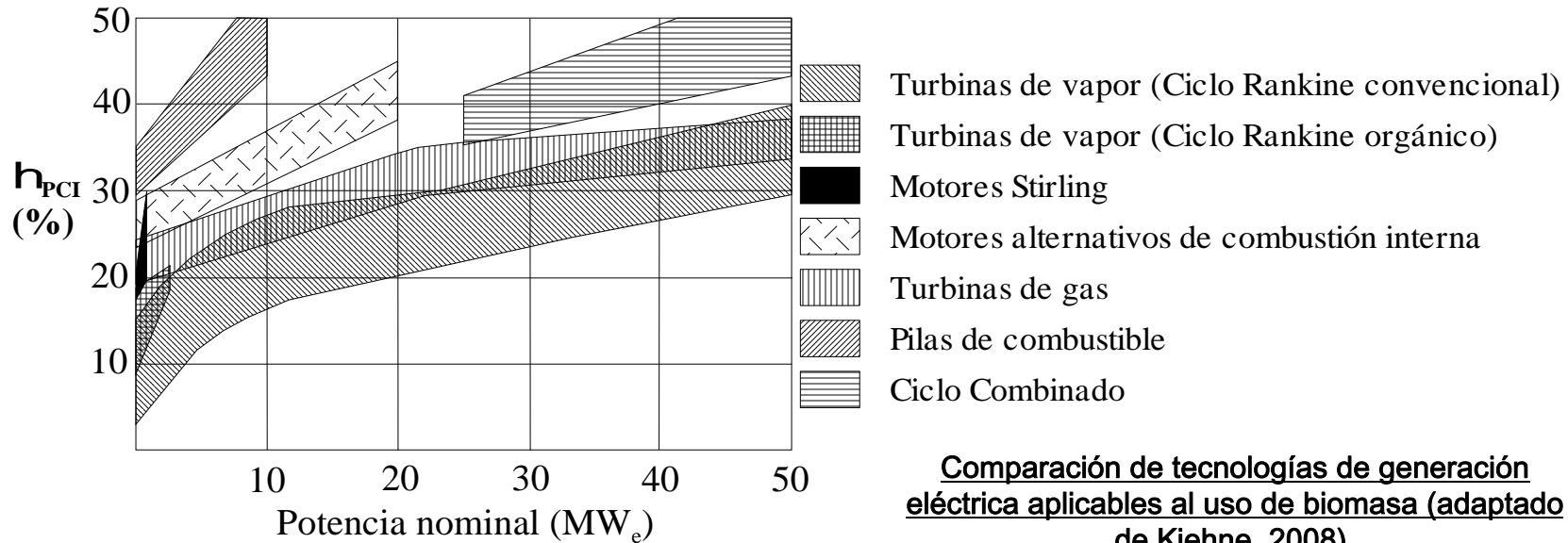
SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA CON BIOMASA



* El pre-tratamiento al que se refiere la figura varía dependiendo de si se trata un combustible gaseosos o líquido.

GENERACIÓN ELÉCTRICA DESCENTRALIZADA

- Comparación de tecnologías de generación eléctrica:



- Generación eléctrica distribuida: generación a pequeña escala en áreas cercanas al consumidor final → Potencias inferiores a $20 MW_e$
 - Uso eficiente de la energía
 - Reducción de costes de transporte y distribución
 - Reducción del impacto ambiental
 - Aumento de la fiabilidad en el suministro eléctrico
 - ...

SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

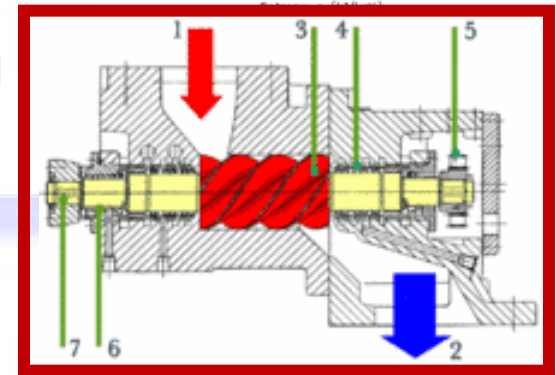
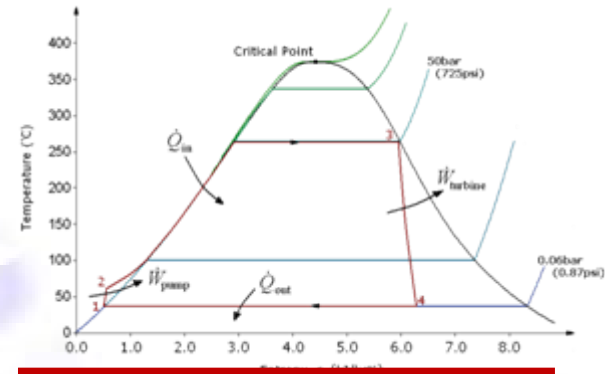
- Las de mayor penetración en el mercado:
 - Sistemas de combustión externa:
 - Ciclos de Vapor (Rankine convencional u Orgánico)
 - Motores Stirling
 - Sistemas de combustión interna (previa Gasificación/Pirólisis):
 - Motores Alternativos de Combustión Interna
 - Turbinas de Gas
- Posible clasificación: Real Decreto 661/2007
 - Pequeña potencia (menor de 500 kWe).
 - Mediana potencia (entre 500 kWe y 2 MWe).
 - Gran potencia (mayor de 2 MWe).



**GENERACIÓN
DISTRIBUIDA**

CICLOS DE VAPOR

- CR Convencional → Aplicación entre 200 – 1.500 kW_e: Sustitución de turbina de vapor por otro tipo de expansor (Motor de pistones o Motor de tipo tornillo):
 - Separación de sistema de combustión y generación de potencia
 - Buen comportamiento a carga parcial (30%)
 - Poco sensibles a variaciones en salida de expansor
 - Bajo mantenimiento



- ORC



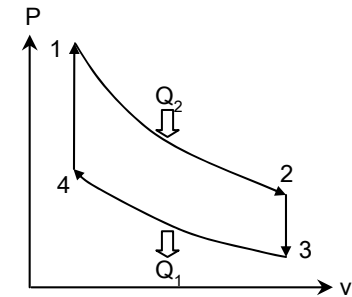
- Limitaciones/Potencial aplicación a potencias inferiores (10 - 200 kW_e) optimización:

ORC de 1 MW_e (TURBODEN, Italia)

ORC de 30 kW_e (Infinity, EE.UU.)

MOTOR STIRLING

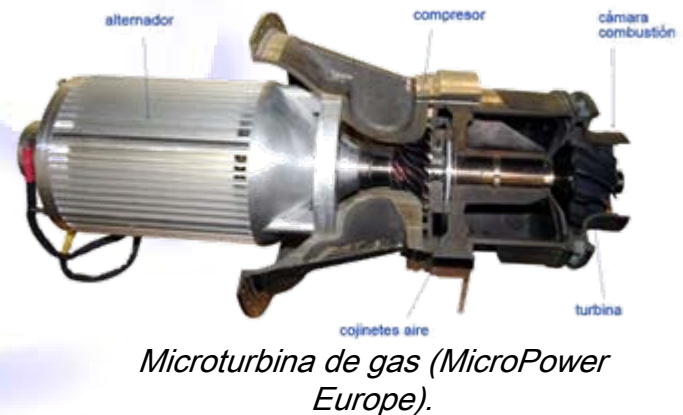
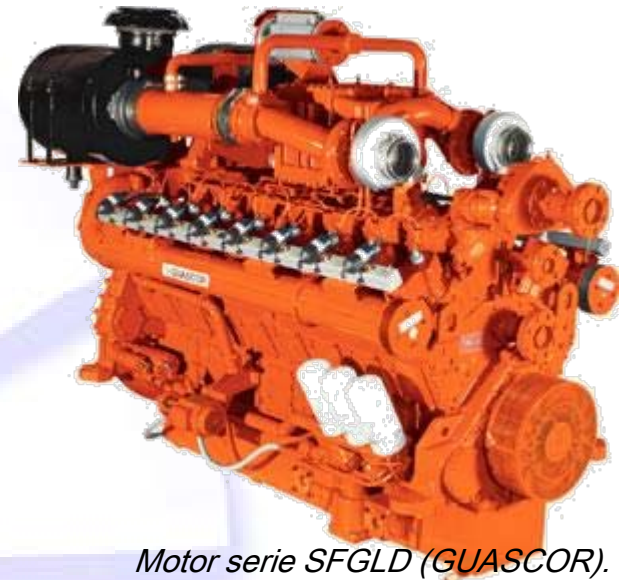
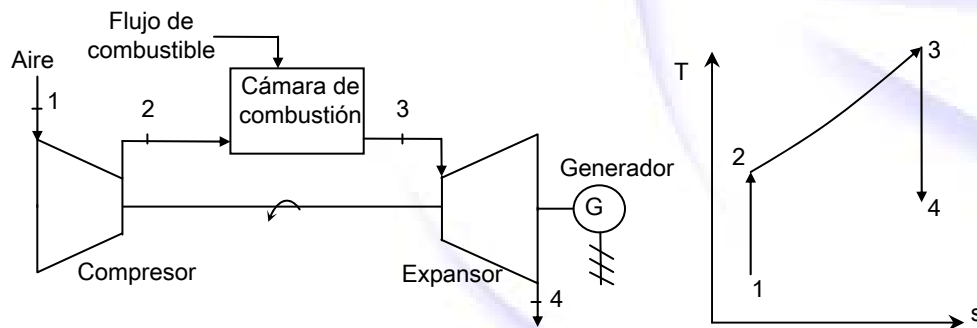
- **Ciclo Stirling:**
 - Ciclo cerrado en el que un gas de trabajo es alternativamente comprimido en un cilindro frío y expandido en un cilindro caliente.
 - Aporte de calor externo
- Aplicación a **generación distribuida con biomasa** : 1 – 1.500 kW_e
 - **Combustión continua:** bajos niveles de emisiones, ruido y bajo consumo de combustible → Elevada eficiencia.
 - Buen funcionamiento a carga parcial.
 - Alto nivel de automatización.
 - Limitaciones/Potencial optimización:
 - Sólo para pequeñas escalas de producción eléctrica.
 - Disponibilidad tecnológica escasa.
 - Arranque lento.



Motor Stirling adaptado a una caldera doméstica de pellets (KWB, Austria).

MOTORES DE COMBUSTIÓN EXTERNA

- MACI: 30 kW_e a 5.000 MW_e
- Turbinas de Gas (500 kW_e a 250 MW_e para turbinas convencionales) →
Microturbinas: 30 a 350 kW_e



- Limitaciones/Potencial optimización:
Calidad del gas/líquido combustible

COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS (orientativa)

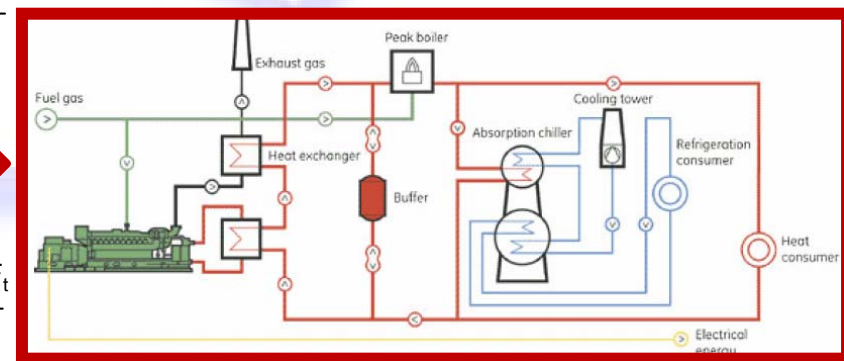
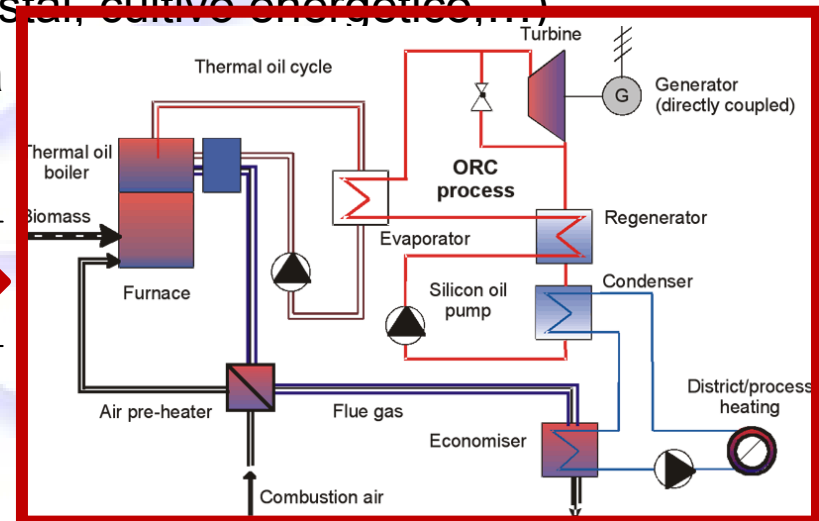
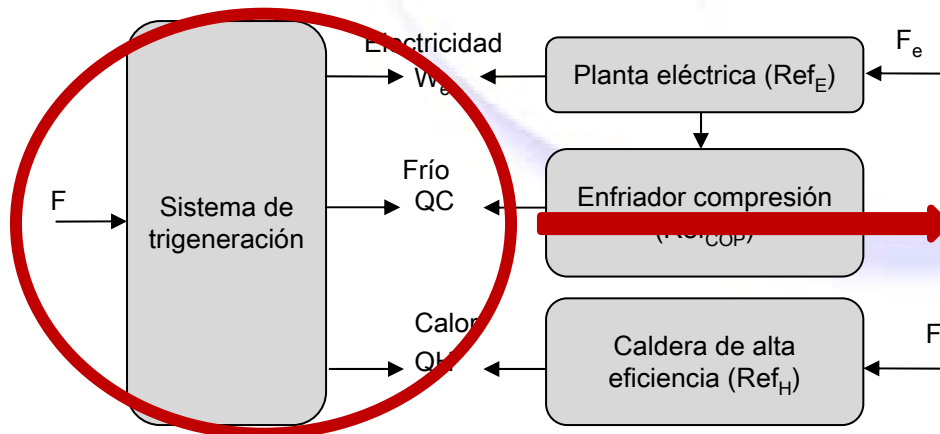
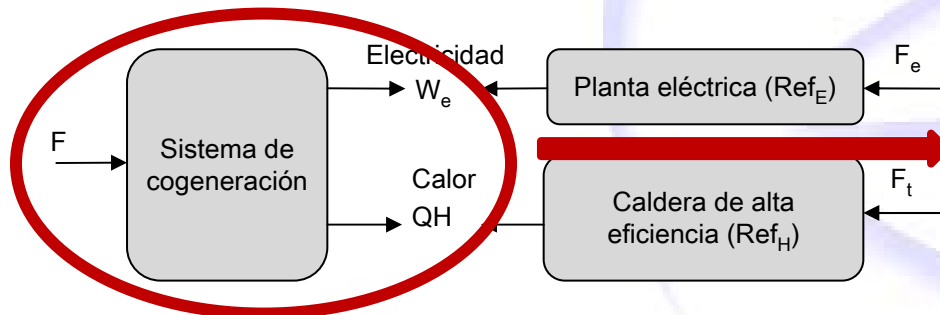
Aplicación actual	
Opción posible de futuro	

Aplicaciones						Características tecno-económicas		
Calefacción de distrito	Industria maderera	Agricultura/Silvicultura/Granjas	Calefacción residencial	Otros sectores industriales	Cogeneración Centralizada	Eficiencia Eléctrica, %	Potencia, MW _e	Costes de Inversión, €/kW _e

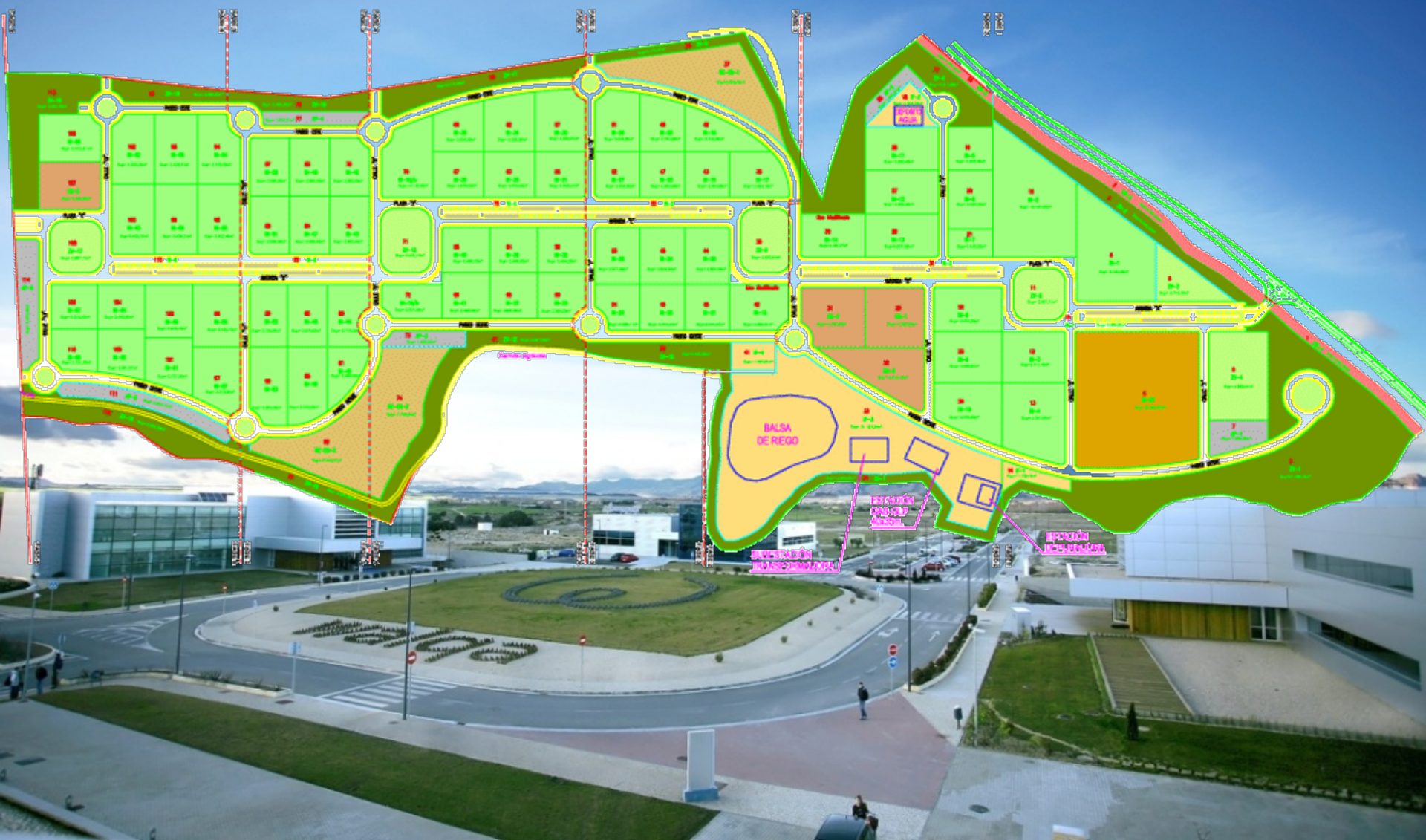
Tecnologías	Sistemas basados en la combustión directa							Eficiencia Eléctrica, %	Potencia, MW _e	Costes de Inversión, €/kW _e			
	Ciclo Rankine Convencional										10-35	0,1-100	2.500-4.000
	Ciclo Rankine Orgánico										10-25	0,05-2	2.500-6.000
	Motor Stirling										12-30	0,001-1,5	3.000-6.000
	Sistemas basados en la gasificación + combustión												
	MACI										20-45	0,03-30	2.000-3.000
Turbina de Gas							15-50	0,025-25	3.000-4.000				

SISTEMAS DE POLIGENERACIÓN

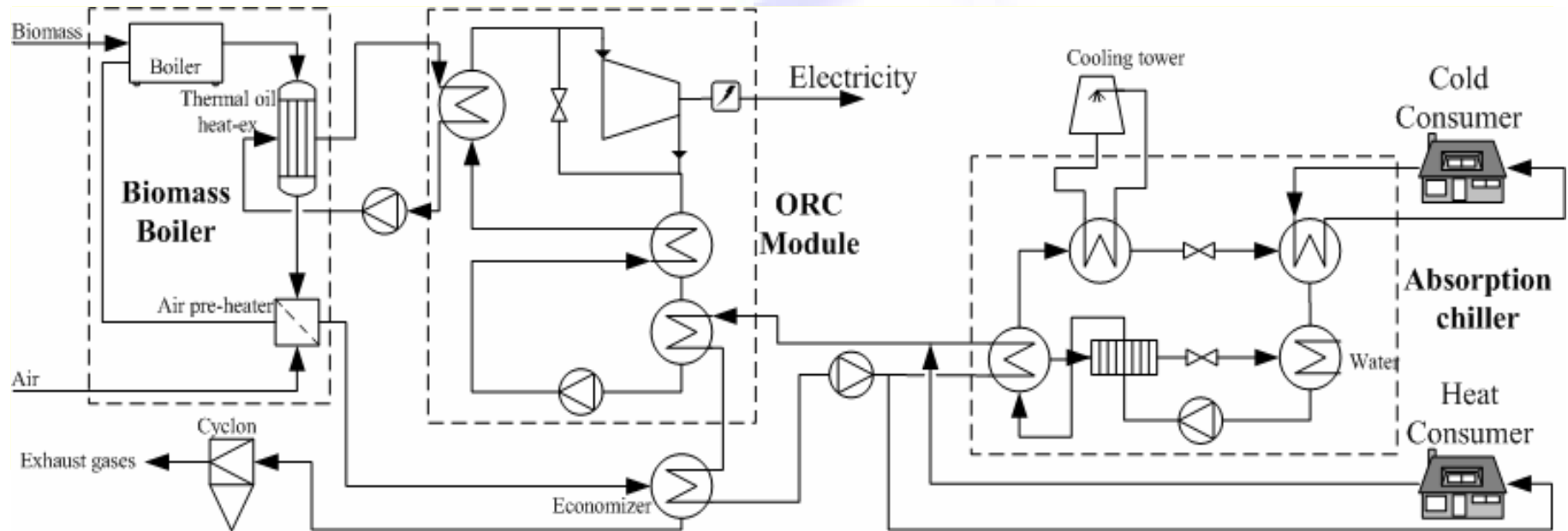
- Producir de forma combinada varios productos (energéticos o no) de forma globalmente más eficiente.
- En España → RD 661:
 - Precio de venta de la electricidad dependiendo del combustible biomásico utilizado (Residuo forestal, cultivo energético, ...)
 - Complemento por eficiencia de la



PARQUE TECNOLÓGICO WALQA



MARCO DEL ANÁLISIS DE VIABILIDAD



S3

Generación
eléctrica

S2

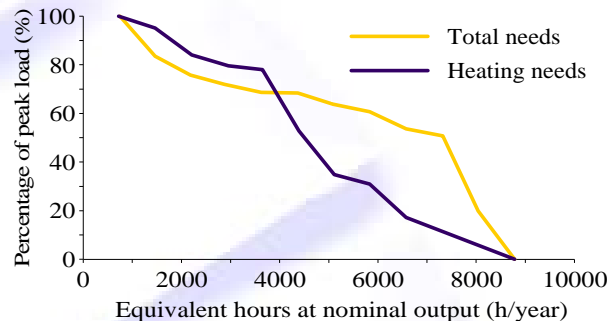
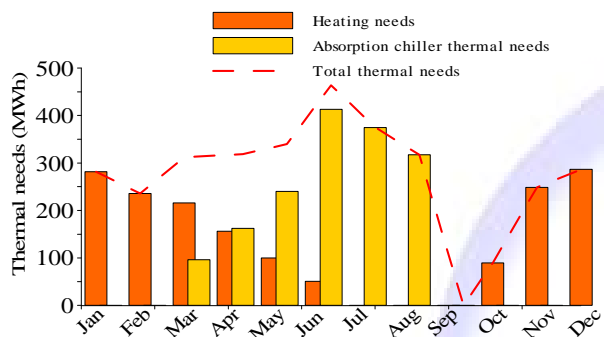
Generación
frío

S1

Generación
calor

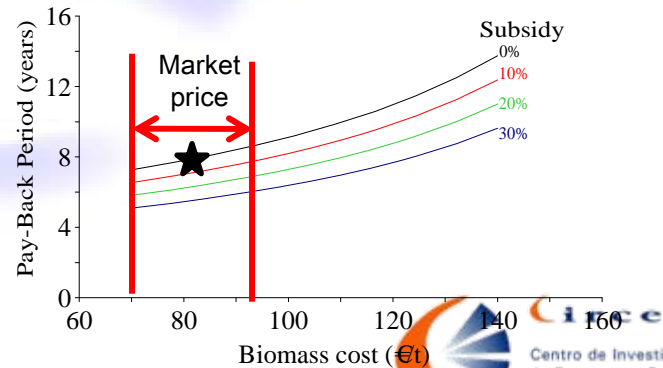
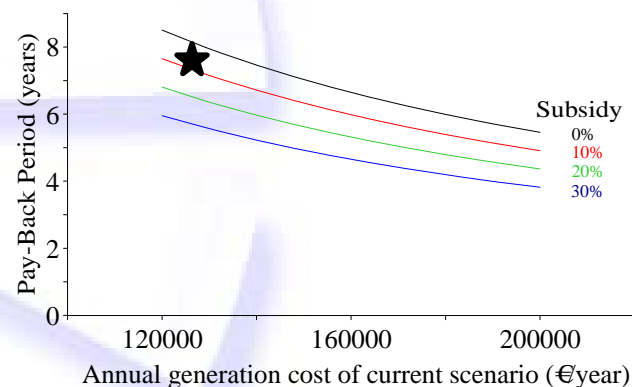
ESTUDIO TECNO-ÉCONÓMICO

• Demandas actuales



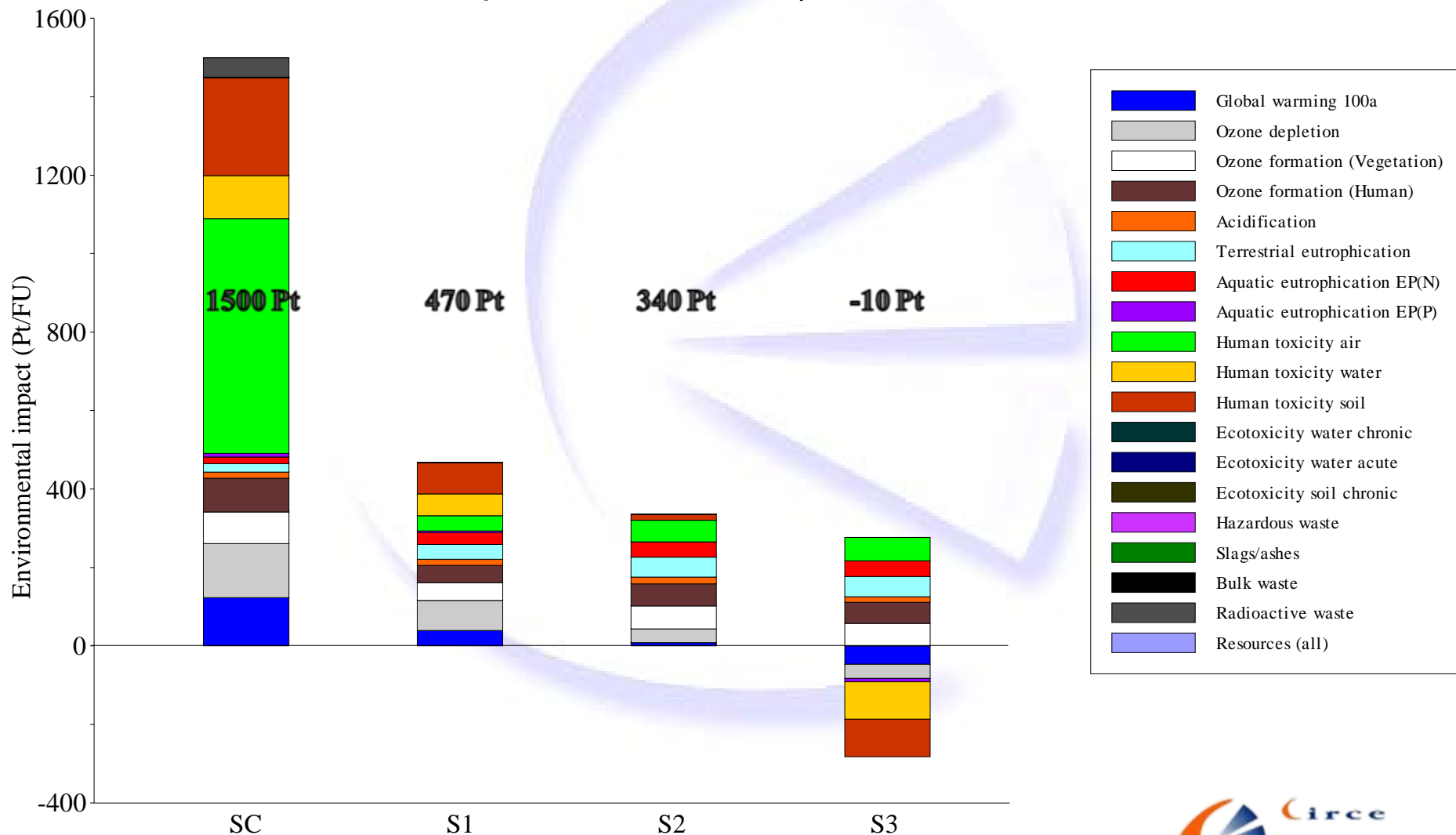
• Resultados

Escenarios	S1	S2	S3
Distancia instalación, km	0.5	0.5	0.5
Carga pico, %	80	80	70
Potencia de caldera, kW _{th}	775	1.235	1.850
Potencia de máquina de refrigeración, kW _{th}	-	665	780
Potencia de ORC, kW _e	-	-	315
Coste de biomasa, €/year	40.000	70.000	115.000
Ahorro anual, €/year	45.000	51.000	156.000
Coste de inversión, M€	0,20	0,52	1,22
REE, %	-	-	47-48
Periodo Retorno, años	4-5	10-11	6-7



ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

- Estudio ambiental: Análisis de Ciclo de Vida (Método de evaluación de impacto EDIP 2003)



CONCLUSIONES

- Gran potencial de la generación eléctrica descentralizada de acuerdo a tecnologías disponibles actualmente.
- Importancia de los sistemas de poligeneración desde el punto de vista:
 - Energético
 - Económico
 - Medioambiental
- Es vital tener una visión general del contexto de cada proyecto:
 1. Optimización de la generación de energía térmica y/o eléctrica dependiendo de las demandas.
 2. Producción y logística de la biomasa.
 3. Características tecnológicas de los equipos
- Líneas de I+D a efectuar en los próximos años acerca de la generación eléctrica distribuida:
 - Poligeneración con biomasa a pequeña escala.
 - Limpieza de gases provenientes de la gasificación/pirólisis.
 - Automatización y control para optimizar en cada momento las instalaciones.
 - Desarrollo tecnológico

Bibliografía

1. *Energía de la Biomasa*. Sebastián, F.; Rezeau, A.; García, D. Prensas Universitarias de Zaragoza. 2009.
2. *Biomass fired Combined Heat and Power Plants (CHP) with Organic Rankine Cycle (ORC) in Europe*. Kiehne, H. Energy from Biomass and Waste, Pittsburgh, PA, USA. 2008.
3. *Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial*. MITYC . 2007.
4. *Electricity from Biomass*. BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH. 2009
5. *ORC Module Technical documentation*. Adoratec, Turboden, Infinity LLC. 2009
6. Working fluids for low-temperature organic Rankine cycles. Saleh, B. et al. 2007
7. *Stirling Engine Technical documentation*. KWB, Stirling Danmark. 2009
8. Technology Characterization: Reciprocating engines. Environmental Protection Agency. 2002.
9. *Producción combinada de electricidad, calor, frío y agua, de forma sostenible en el sector turístico*. Rubio, C. Universidad de Zaragoza. 2009.
10. *Basic Information regarding decentralised plants based on biomass combustion in selected IEA partner countries final report*. Obernberger, I. 2004
11. *Thermodynamic optimization of a trigeneration system based on biomass combustion*. Maraver, D. 2009

¡Gracias por su atención!

Daniel Maraver, Adeline Rezeau, Fernando Sebastián, Javier Royo y el resto del
Área de Biomasa (División de Recursos Naturales) de la Fundación CIRCE



Circe

Centro de Investigación
de Recursos y Consumos
Energéticos