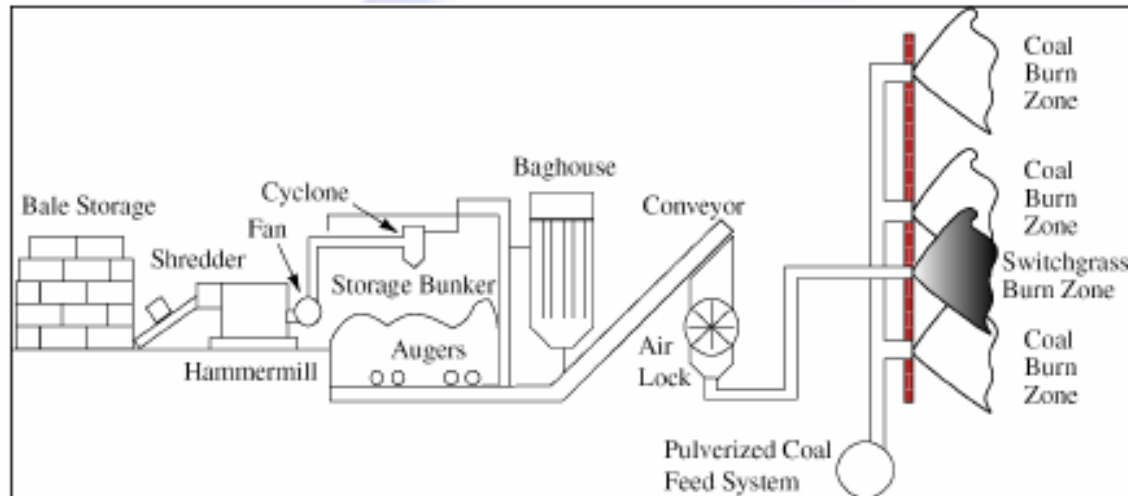


Co-Combustión



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

Madrid, 12 de noviembre 2009

Eva López Hernández-Javier Royo Herrer

Fundación CIRCE

ÍNDICE

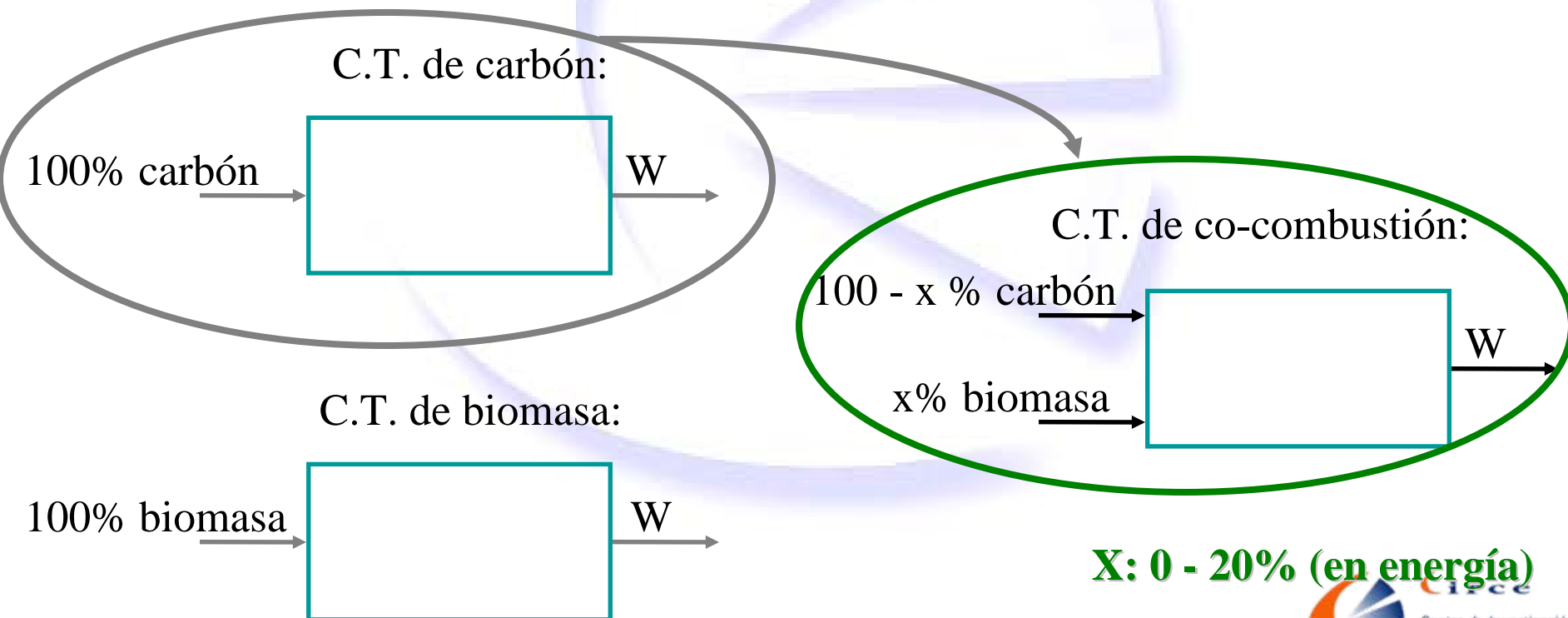
- **Co-combustión**
 - ¿Qué es la co-combustión?
 - Ventajas y desventajas de la co-combustión
 - Tipos de co-combustión
 - Influencia sobre la operación
 - Viabilidad económica
 - Experiencia central térmica de Strudstrup

ÍNDICE

- **Co-combustión**
 - *¿Que es la co-combustión?*
 - Ventajas y desventajas de la co-combustión
 - Tipos de co-combustión
 - Influencia sobre la operación
 - Viabilidad económica
 - Experiencia central térmica de Strudstrup

¿Que es la Co-combustión?

Combustión combinada de varios combustibles, generalmente **carbón y biomasa** en una misma caldera (C.T. principalmente).



¿Que es la Co-combustión?

¿Por qué **X** no es mayor?

- Disponibilidad de biomasa
- Eficiencia de la caldera
- Problemas de corrosión, aglomeración y ensuciamiento

ÍNDICE

- **Co-combustión (general)**
 - ¿Que es la co-combustión?
 - ***Ventajas y desventajas de la co-combustión***
 - Tipos de co-combustión
 - Influencia sobre la operación
 - Viabilidad económica
 - Experiencia central térmica de Strudstrup

Ventajas de la co-combustión

frente a la combustión exclusiva de *carbón*

- **Las propias de una energía renovable.** Cabe destacar:
 - Balance neto de CO₂ prácticamente nulo
 - Reducción de las emisiones de SO₂ (% S muy bajo)
 - Combustible autóctono:
 - Reducción de la dependencia energética con terceros países
 - Creación de puestos de trabajo (generalmente rurales)
 - Ayuda a mejorar el estado de las masas forestales (biomasa forestal)
 - Evita el abandono de tierras (cultivos energéticos)
 - ...

Ventajas de la co-combustión

frente a la combustión exclusiva de *biomasa*

- Utilización de **instalaciones ya existentes** con sólo pequeñas modificaciones:
 - Co-combustión: 300 – 1.500 €/kWe sustituido
 - C.T. biomasa exclusiva: 1.500 – 3.000 €/kWe instalado
- **Rendimiento superior:**
 - Co-combustión: 32-40% (1,2 kWh/kg)
 - Biomasa exclusiva: 18-30% (0,8 kWh/kg)
- No esta sujeta a fluctuaciones estacionales (% de biomasa variable)
- Efecto sinérgico entre carbón y biomasa para la reducción de NO_x

Desventajas de la co-combustión

frente a la combustión exclusiva de *biomasa*

- Tratamientos más costosos de la biomasa
- Incertidumbre en la cuantía de las primas
- Dependencia del carbón

ÍNDICE

- **Co-combustión**
 - ¿Que es la co-combustión?
 - Ventajas y desventajas de la co-combustión
 - ***Tipos de co-combustión***
 - Influencia sobre la operación
 - Viabilidad económica
 - Experiencia central térmica de Strudstrup

Tipos de co-combustión

- Según la caldera de carbón:

- Caldera de parrilla
- Caldera de lecho fluido

- ➔ • Caldera de carbón pulverizado

- Según el lugar de transformación de la biomasa:

- ➔ • Co-combustión directa

- La biomasa se alimenta directamente a la caldera de carbón

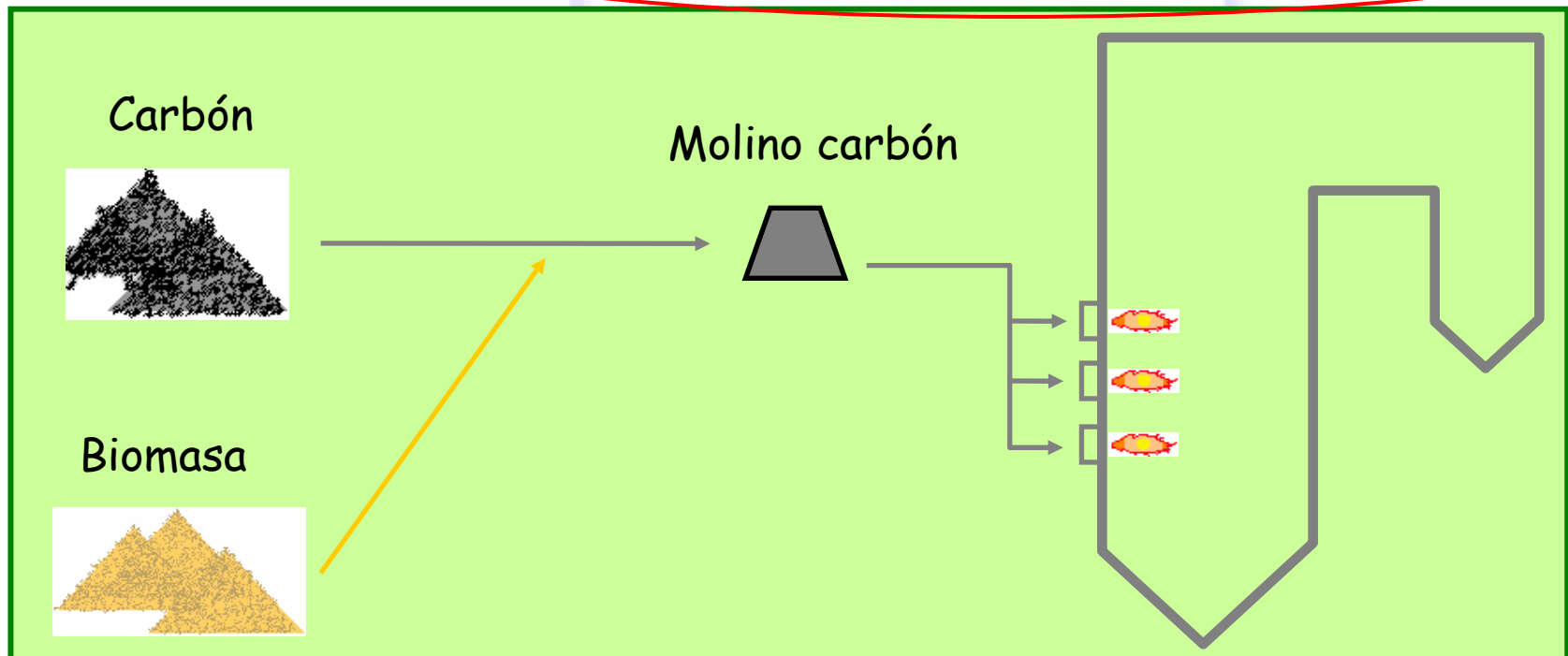
- Co-combustión indirecta

- La biomasa se transforma previamente en un equipo independiente de la caldera de carbón (caldera de biomasa o gasificador).

Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa mezclada con el carbón en el parque de combustibles

- Inversión: muy baja
- Pretratamiento previo: nulo
- Inconvenientes
 - Riesgo de **malfunciones, atascos o explosiones en molinos**

Se limita su uso a casos especiales y bajos porcentajes de biomasa (máximo 2% en energía)



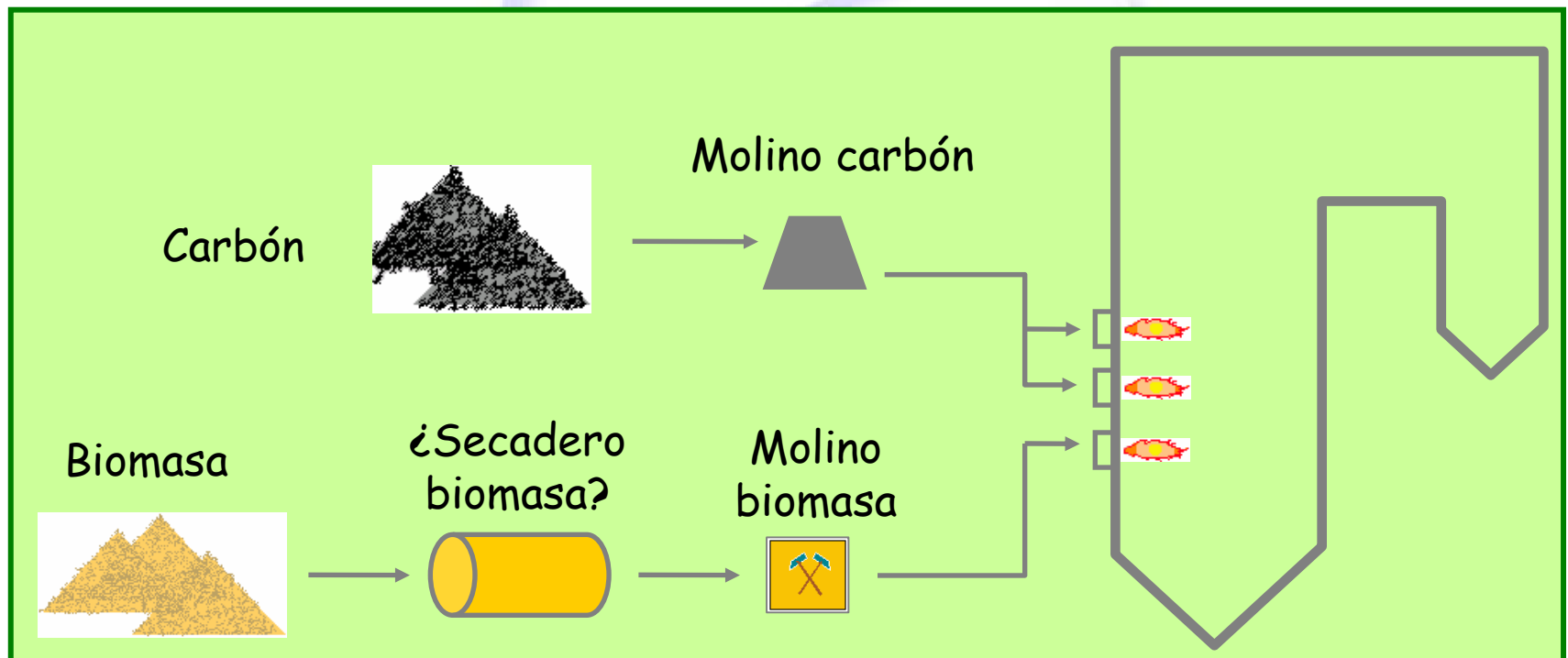
Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa mezclada con el carbón en el parque de combustibles



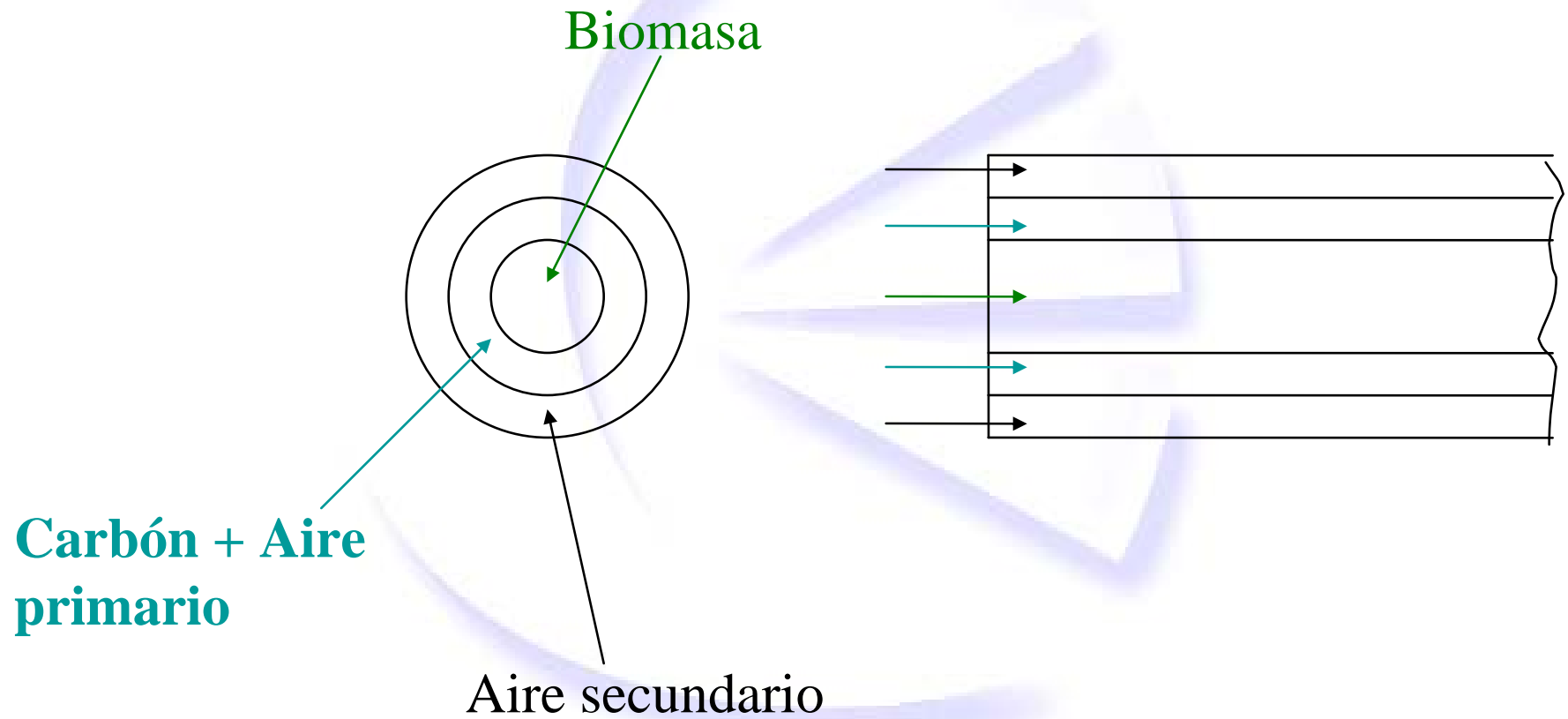
Co-combustión de carbón-astillas (Delta Electricity, Australia)

Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa introducida en quemadores de carbón u otros conductos

- Inversión: baja
- Pretratamiento previo: alto ($\phi = 1-8$ mm; $w < 25\%$)

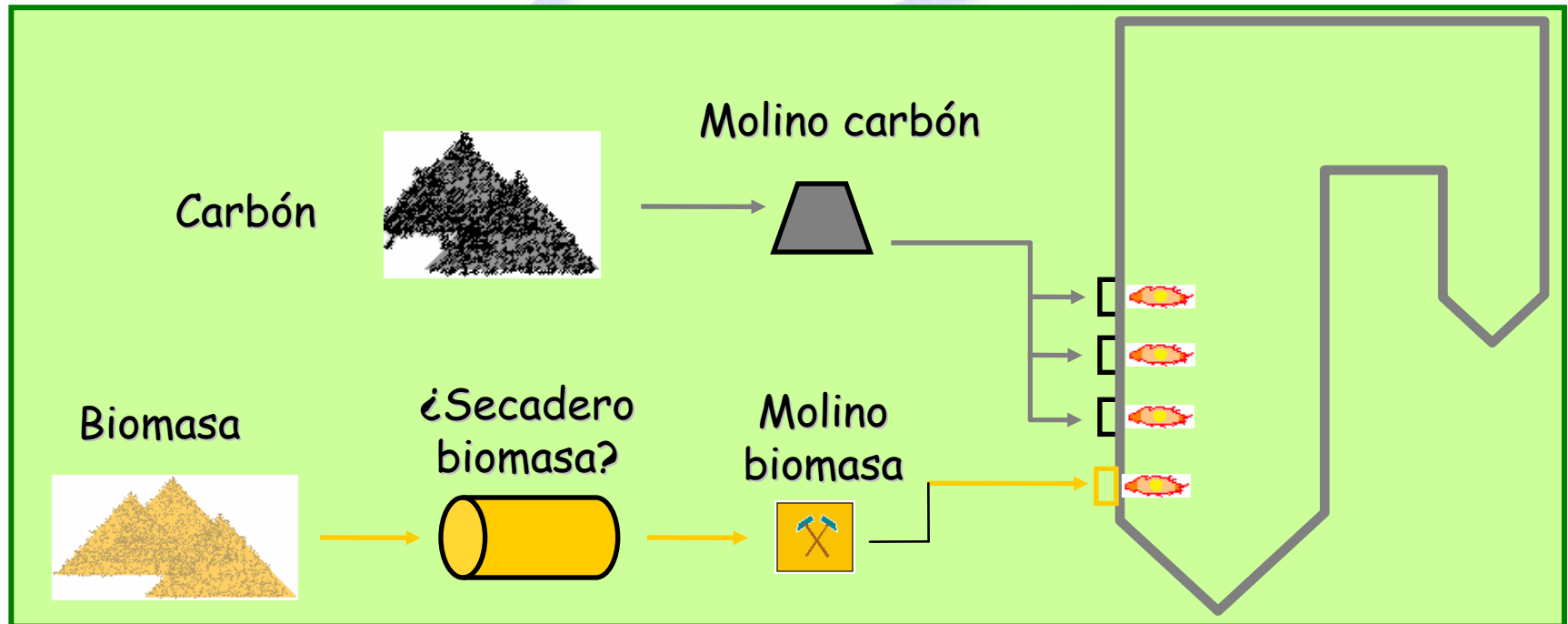


Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa introducida en quemadores de carbón u otros conductos



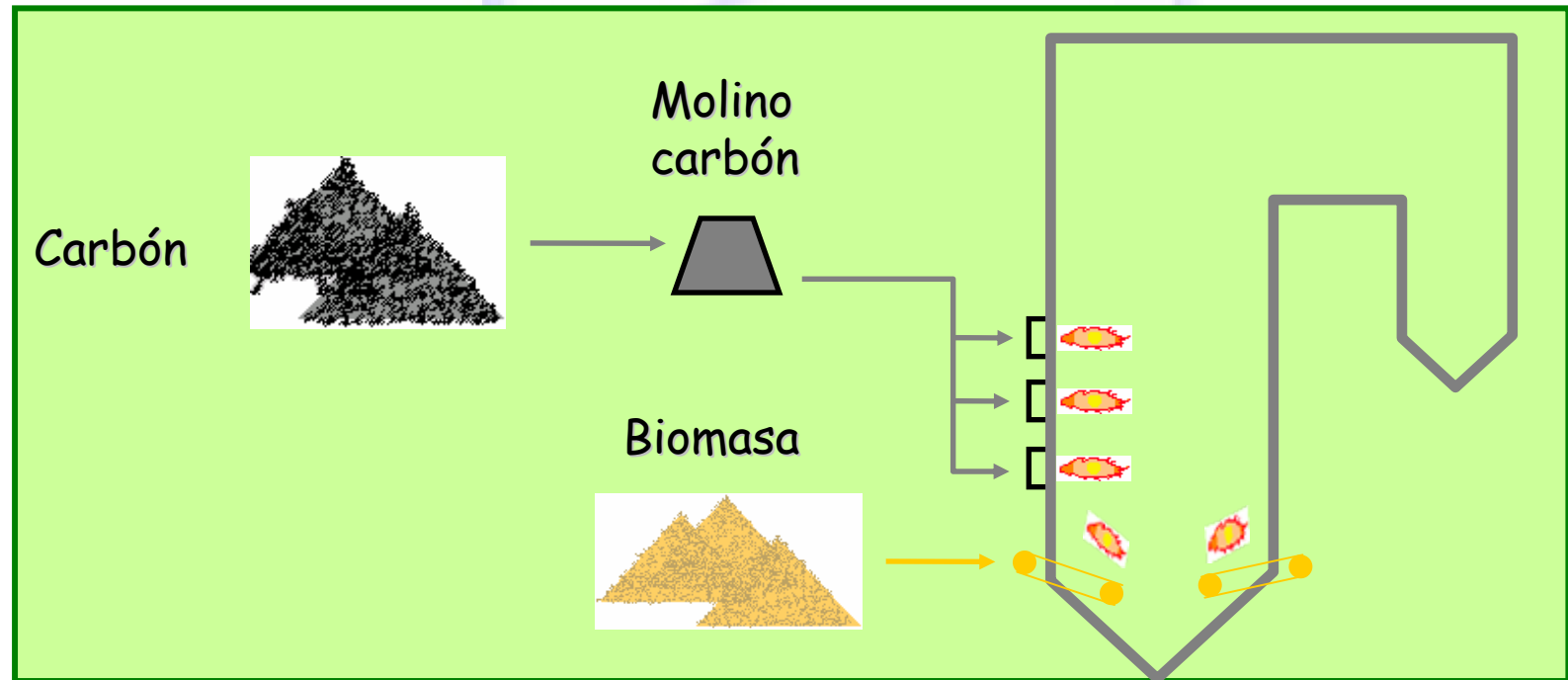
Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa introducida en quemadores específicos

- Inversión: alta
- Pretratamiento previo: bajo ($\phi = 5-30$ mm; $w < 35\%$)



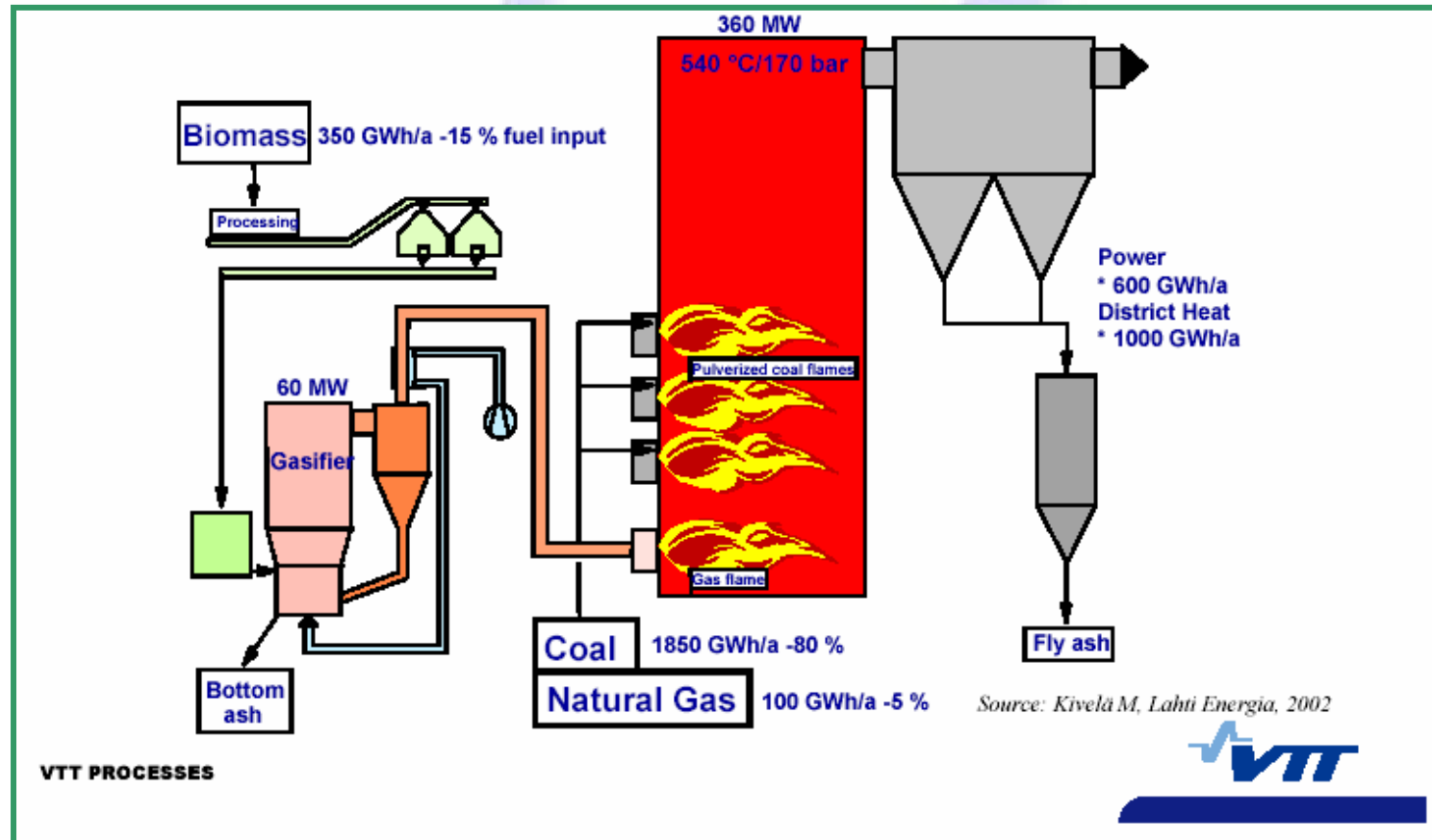
Co-combustión directa en caldera de carbón pulverizado: Biomasa en parrilla

- Inversión: **muy alta**
- Pretratamiento previo: prácticamente nulo
- Otros:
 - Consumo eléctrico para accionamiento de la parrilla
 - **No siempre es posible (espacio disponible)**



Co-combustión indirecta

- Inversión: **muy alta**
- Pretratamiento previo: prácticamente nulo
- Alto rendimiento



Tipos de co-combustión

(Caldera de carbón pulverizado)

Resumen

TIPO CO-COMBUST.	COSTE		OTROS
	Inversión	Operación	
Mezcla con el carbón	Muy bajo	Nulo	Problemas operación
Utilización de conductos	Bajo	Alto	←
Quemadores biomasa	Alto	Bajo	←
Parrilla biomasa	Muy alto	Bajo	No suele ser rentable
Co-comb. Indirecta	Muy alto	Bajo	Casos especiales

ÍNDICE

- **Co-combustión**
 - ¿Que es la co-combustión?
 - Ventajas y desventajas de la co-combustión
 - Tipos de co-combustión
 - ***Influencia sobre la operación***
 - Viabilidad económica
 - Experiencia central térmica de Strudstrup

Influencia sobre la operación

(Directa en caldera de carbón pulverizado)

- **La influencia de la co-combustión depende de:**
 - Diseño de la caldera
 - Condiciones de operación
 - Composición del combustible

Composición del combustible

	Coal	Wheat straw	Poplar	Brassica
Proximate Analysis (%wt d.b.)				
Fixed Carbon	61.41	17.71	12.49	16.1
Volatile matter	24.54	75.27	84.81	76.2
Ash content	14.05	7.02	2.70	7.7
Ultimate Analysis (%wt d.b.)				
Carbon	75.03	44.92	50.18	46.3
Hydrogen	4.32	5.46	6.06	6.1
Oxygen	2.70	41.77	40.43	38.3
Nitrogen	1.30	0.44	0.60	0.7
Sulphur	2.27	0.16	0.02	0.49
Chlorine	0.11	0.23	0.01	0.41
Ash	14.05	7.02	2.70	7.7
HHV(MJ/kg)	27.99	17.94	19.02	18.5
Ash elemental analysis (%wt)				
SiO ₂	47.1	55.32	5.90	8.1
Al ₂ O ₃	26.0	1.88	0.84	1.3
TiO ₂	0.9	0.08	0.30	-
Fe ₂ O ₃	20.3	0.73	1.40	0.5
CaO	1.0	6.14	49.92	25.0
MgO	0.6	1.06	18.40	2.2
Na ₂ O	0.2	1.71	0.13	0.7
K ₂ O	2.2	25.60	9.64	16.0
SO ₃	0.5	4.40	2.04	16.0
P ₂ O ₅	1.2	1.26	1.34	3.8
CO ₂ /otros	-	0.00	8.18	18.0

partículas ?

NOx ?

SO₂ ?

corrosión

Manejo y sistema de alimentación

Capacidad de caldera

ensuciamiento

aglomeración

Temperatura de fusión cenizas:

Biomasa: 750-1000 C

Carbón: >1000C

Influencia sobre la operación

(Directa en caldera de carbón pulverizado)

- La co-combustión puede afectar a la caldera.

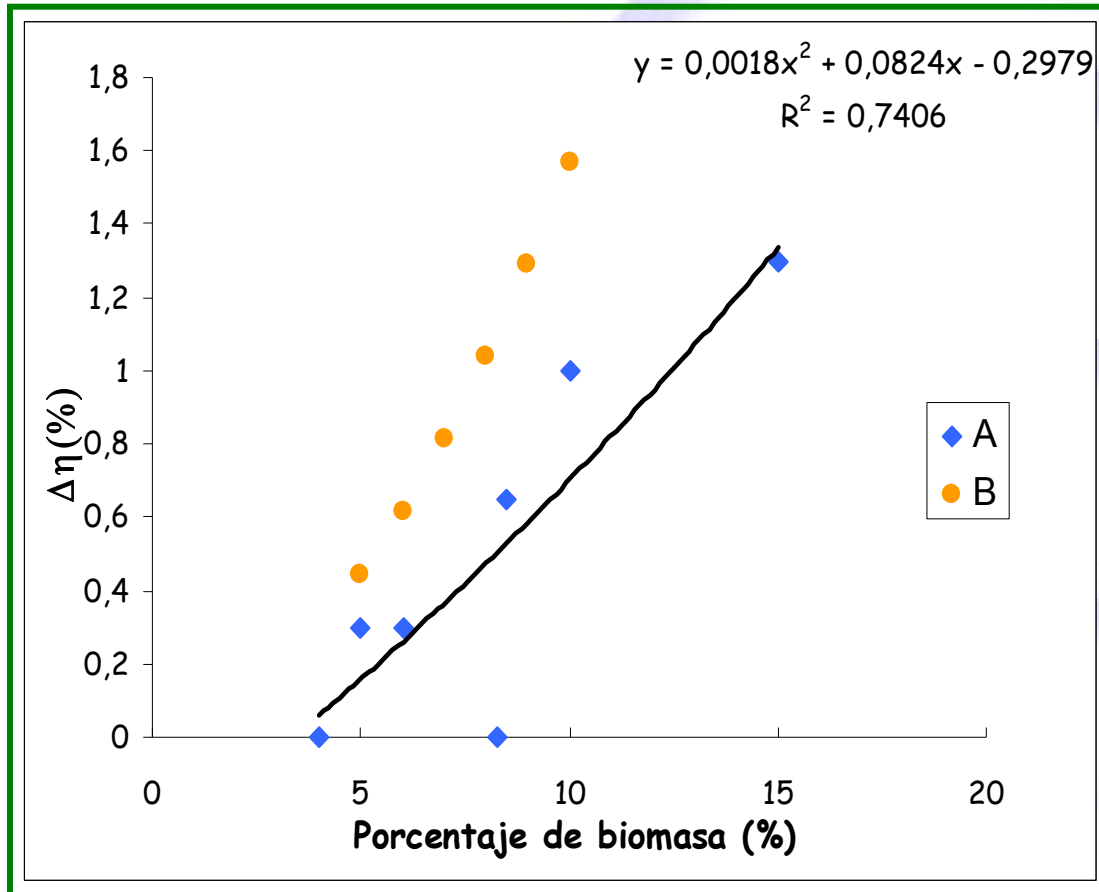
Principalmente:

- Rendimiento
- Emisiones:
 - CO
 - NO_x
 - SO₂
 - Partículas
- Ensuciamiento y corrosión

Influencia sobre la operación

(Directa en caldera de carbón pulverizado)

- Influencia sobre el rendimiento



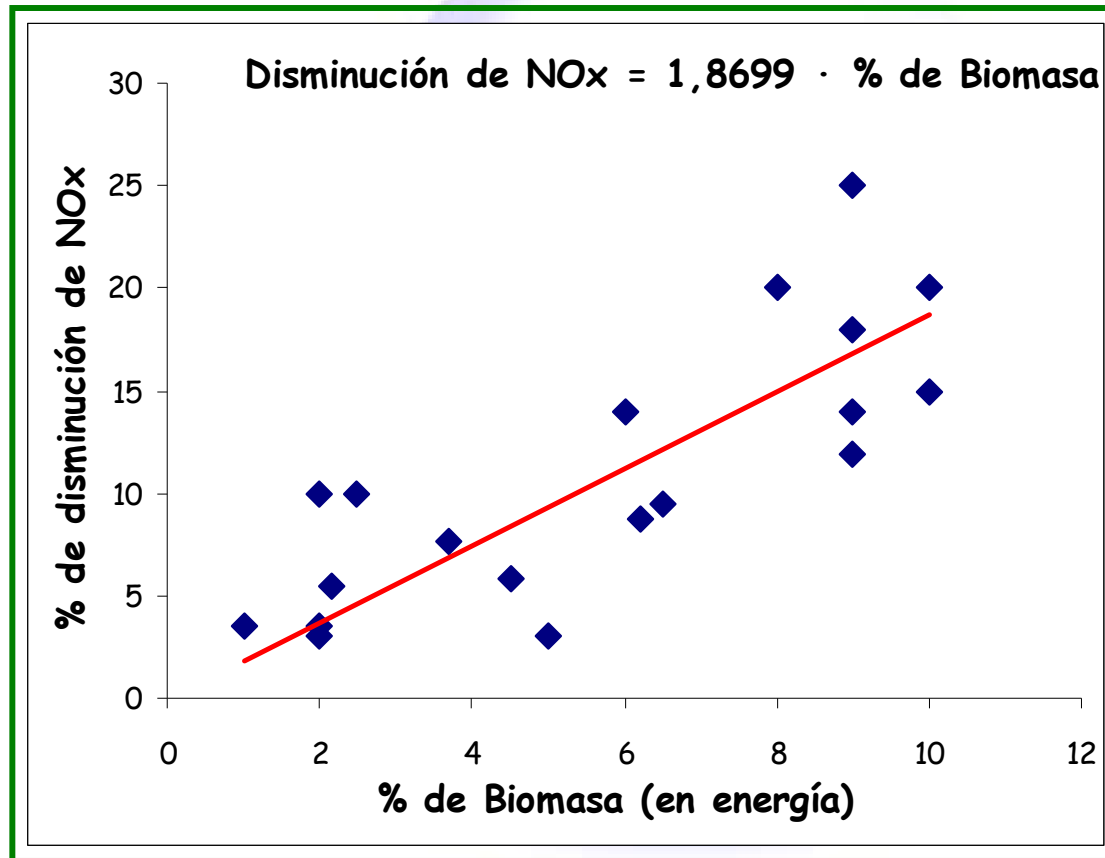
$$\Delta\eta = (\eta_{\text{carbón}} - \eta_{\text{co-comb}}) / \eta_{\text{co-comb}}$$

Fuente: resultados de diversas experiencias

Influencia sobre la operación

(Directa en caldera de carbón pulverizado)

- Influencia sobre las emisiones de NO_x



Fuente: resultados de diferentes experiencias

ÍNDICE

- **Co-combustión**

- ¿Que es la co-combustión?
- Ventajas y desventajas de la co-combustión
- Tipos de co-combustión
- Influencia sobre la operación
- ***Viabilidad económica***
- Experiencia central térmica de Strudstrup

Viabilidad económica

- Garantía de suministro: precio y cantidad
- Costes de inversión
- Costes de operación
- Ingresos: derechos de emisión y primas

ÍNDICE

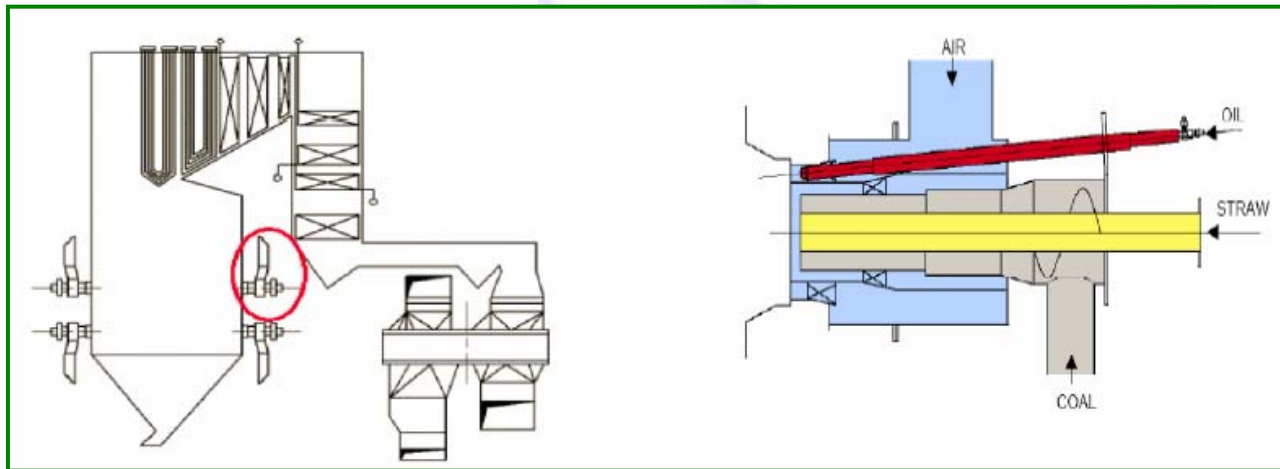
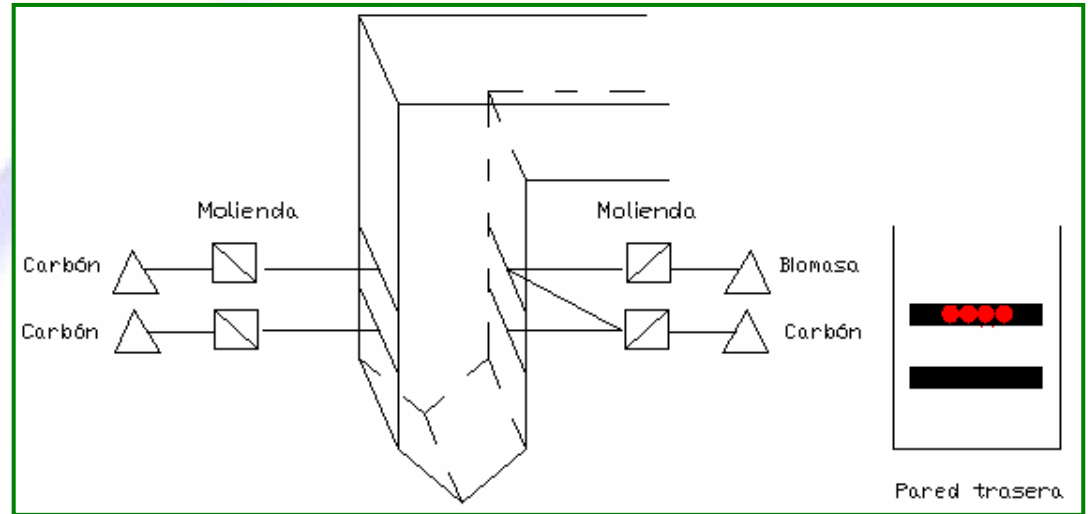
- **Co-combustión**
 - ¿Que es la co-combustión?
 - Ventajas y desventajas de la co-combustión
 - Tipos de co-combustión
 - Influencia sobre la operación
 - Viabilidad económica
 - ***Experiencia central térmica de Strudstrup***

Experiencias de co-combustión directa en calderas de combustible pulverizado con quemadores frontales

Planta	País	Potencia (MWe)	Porcentaje de sustitución (% energía)	Tipo combustión
Studstrup Power St. 4	Dinamarca	350	10	Quemadores mixtos
Seward Generation St.	EE.UU.	32	7	Quemadores mixtos
Blount. Generation St.	EE.UU.	50	8	Quemadores de biomasa
Vestkraft Power St. 1	Dinamarca	150	10	Quemadores de biomasa
Gelderland Power Plant	Holanda	635	3	Quemadores de biomasa
Lakeland Electricity	EE.UU.	165	5	Quemadores de biomasa
Ferrybridge Generation St.	UK	500*4	10	Quemadores de biomasa

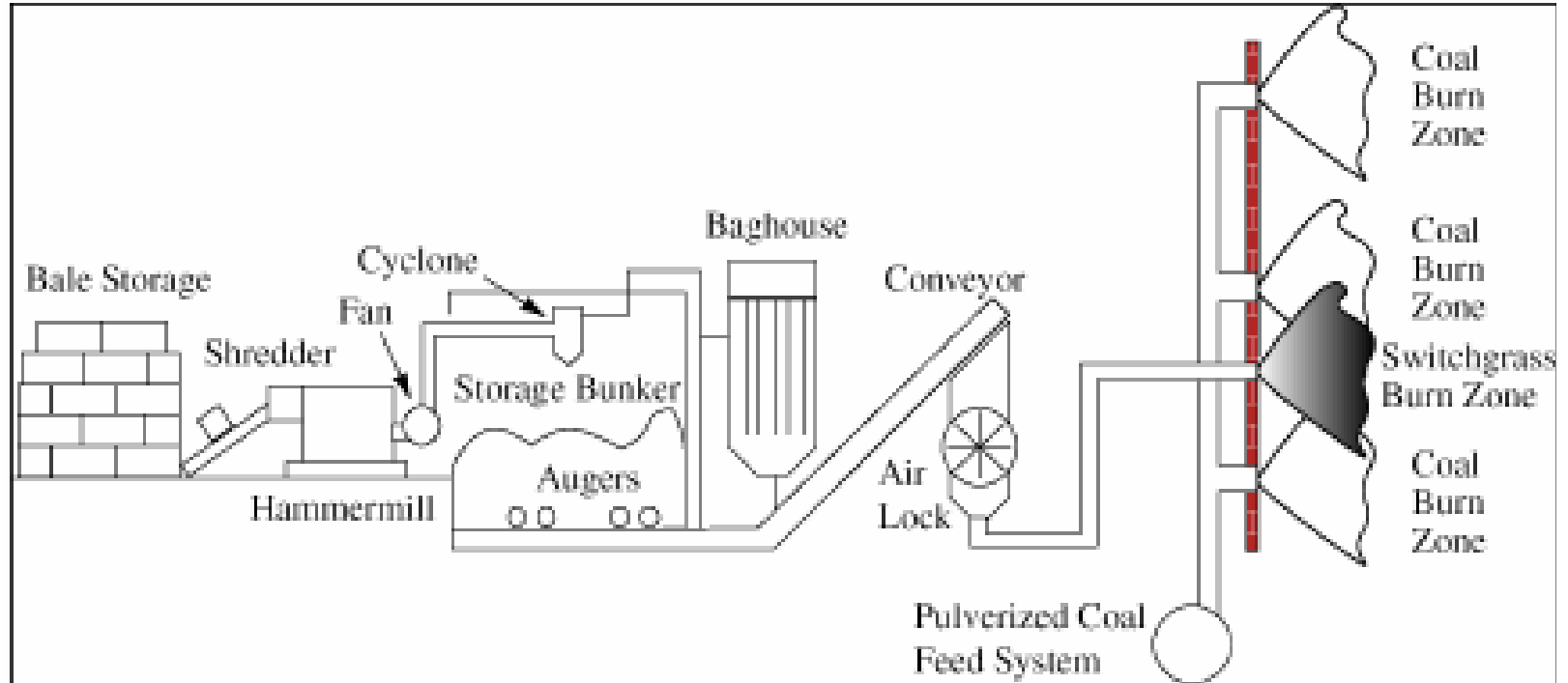
Studstrup Power St. 4

Porcentaje de sustitución:
10% energía (35 MWe)
Biomasa introducida: paja



Detalle quemador de la central térmica de Studstrup 4 (NETBIOCOF (2006))

¡Gracias por su atención!



evalohe@unizar.es