



TECNOLOGIAS DE SECADO INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGRICOLAS CON APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS

Carlos Ayerbe Gracia

Ingeniero Industrial

APISA S.L.



Tratamiento poscosecha → Secado de productos agrícolas



Secado de cereal



**Deshidratado de forraje, biomasa y
subproductos**



DESARROLLO

- **SITUACION Y EXPECTATIVAS DEL MERCADO**
- **TECNOLOGIAS DE SECADO UTILIZADAS**
- **UTILIZACIÓN DE BIOMASA**
- **TIPOS DE BIOMASA**
- **ANALISIS ECONÓMICOS**
- **TIPOS DE GENERADORES A PARTIR DE BIOMASA**
- **CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE GENERADOR Y ADAPTACION A LOS PROCESOS DE SECADO**
- **COMPLEMENTOS**

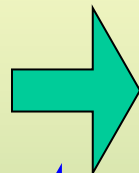


SITUACION Y EXPECTATIVAS DEL MERCADO

SECADO DE PRODUCTOS AGRICOLAS



TRATAMIENTO POSCOSECHA



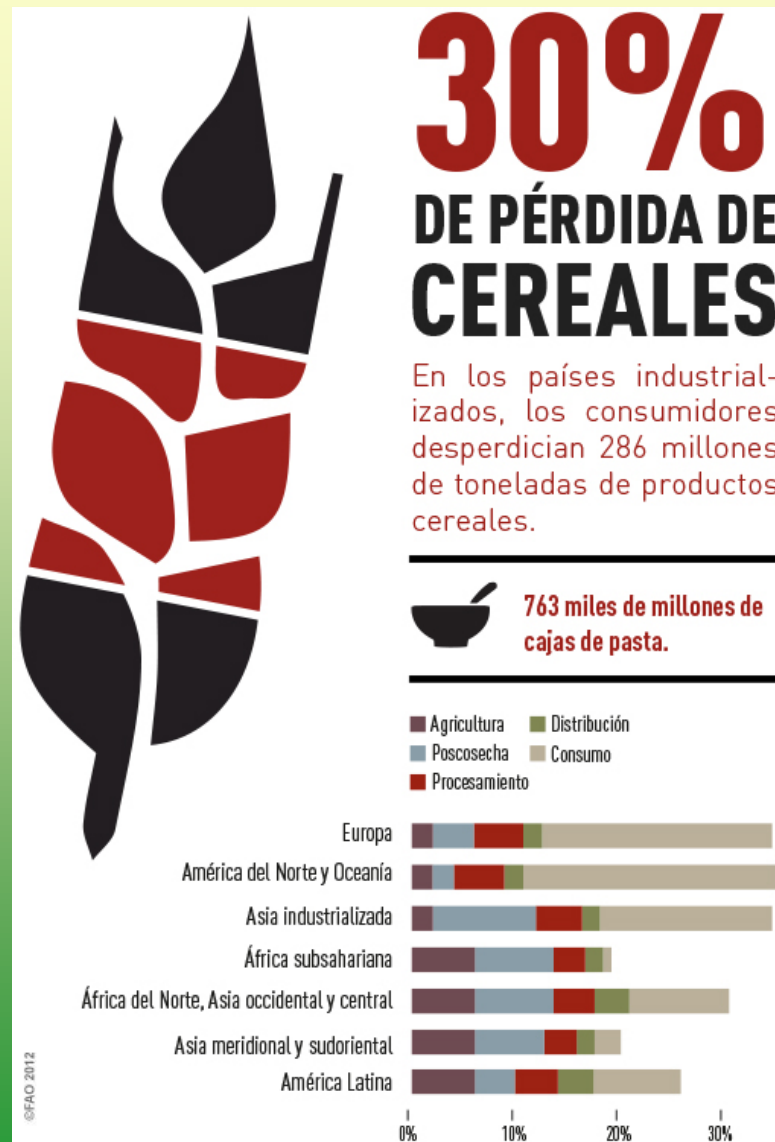
NECESIDAD DE INSTALACIONES EN PAISES EN VIA DE DESARROLLO



EN ESPAÑA SECTOR DESARROLLADO



OPTIMIZACION INSTALACIONES EXISTENTES
COSTES DE SECADO → BIOMASA



SECADO = EVAPORACION DEL CONTENIDO EN AGUA DEL ELEMENTO A SECAR

APORTE DE ENERGIA TÉRMICA

FINALIDAD DEL SECADO

**ALMACENAMIENTO
Y CONSERVACION**

**VALORIZACION DE
SUBPRODUCTOS**

**PRODUCTOS AGRICOLAS
RESIDUOS ORGANICOS
COMBUSTIBLES ORGANICOS**

**RESIDUOS INDUSTRIALES
RESIDUOS ORGANICOS
RESIDUOS FORESTALES**

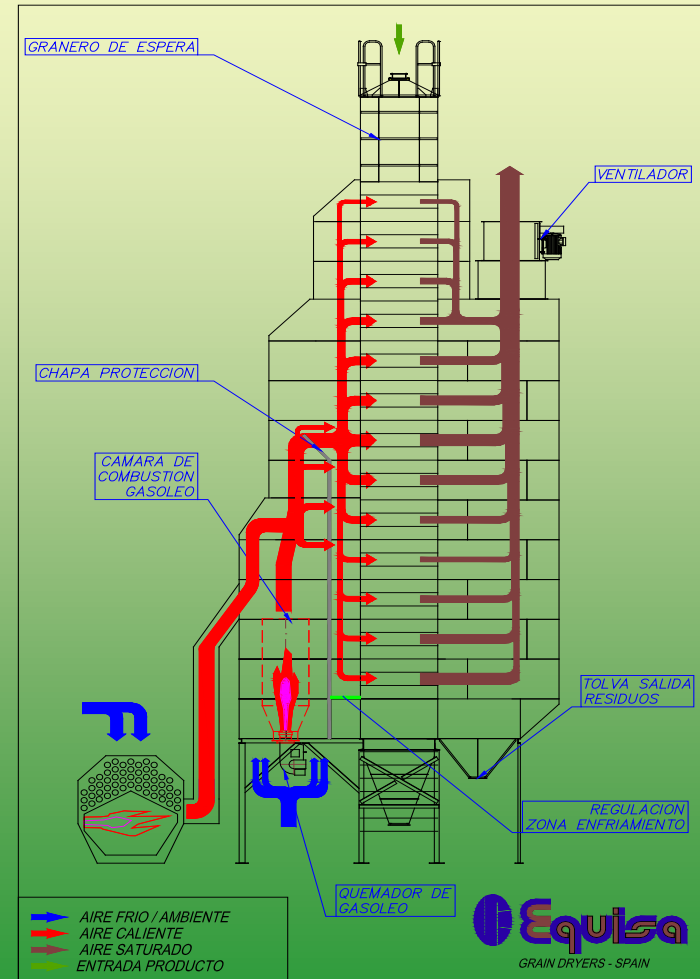
BIOMASA

Tecnologías de secado utilizadas

Secador vertical

Temperatura de aire caliente 140 ° C

Cereales, oleaginosas y productos granulados

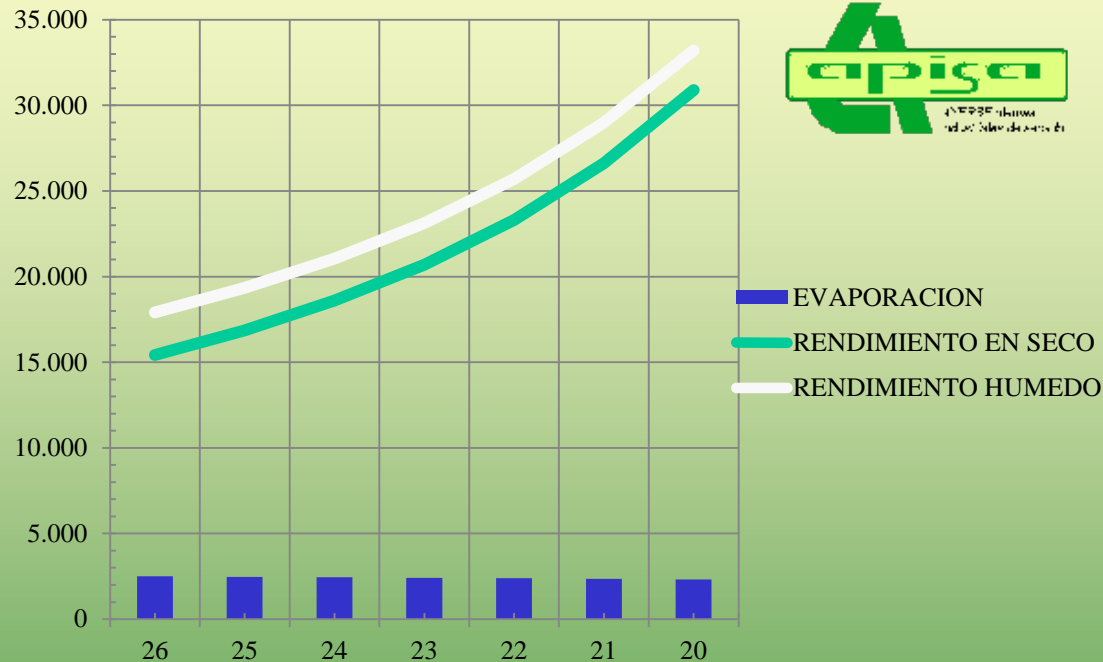


Secador vertical

Tecnologías de secado utilizadas

Temperatura de aire caliente hasta 140 ° C

HUMEDADES HASTA 30 %



HUM. INICIAL	EVAPORACION	RENDIMIENTO EN SECO	RENDIMIENTO HUMEDO	CONSUMO TÉRMICO
26	2.500	15.416	17.916	2.400.000
25	2.474	16.866	19.340	2.374.736
24	2.447	18.600	21.047	2.349.473
23	2.420	20.700	23.120	2.322.807
22	2.390	23.304	25.694	2.294.571
21	2.359	26.622	28.981	2.264.571
20	2.317	30.896	33.213	2.224.571

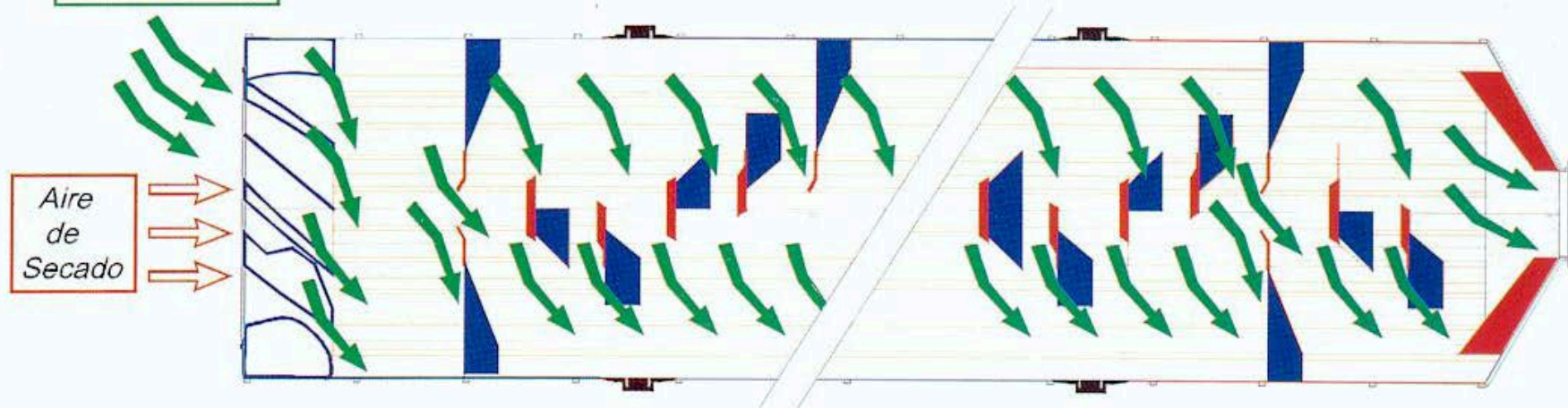
Tecnologías de secado utilizadas

SECADOR ROTATIVO

Temperatura de aire caliente hasta 800 ° C
todo tipo de productos



Alfalfa húmeda

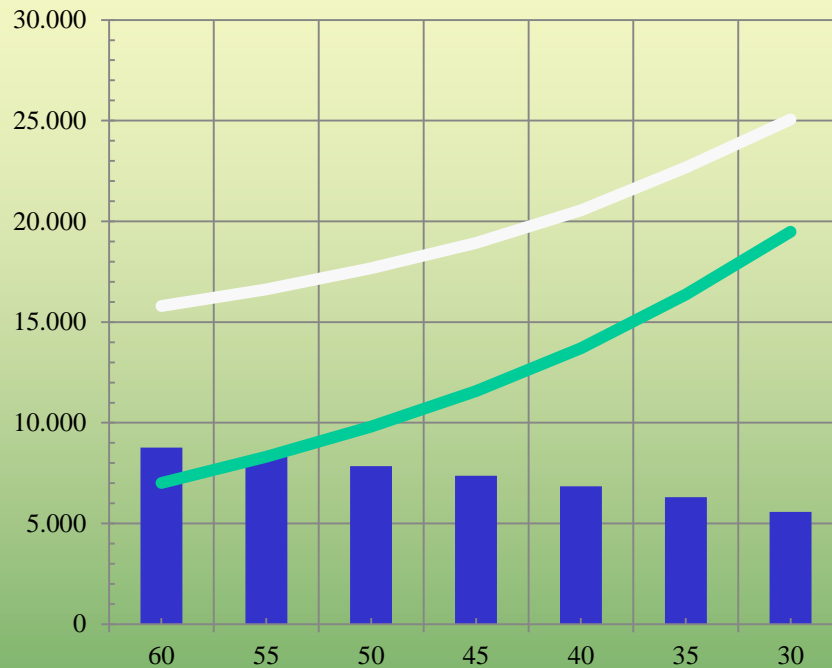


Secador rotativo

Tecnologías de secado utilizadas

Temperatura de trabajo hasta 800 ° C

HUMEDADES HASTA 80 %



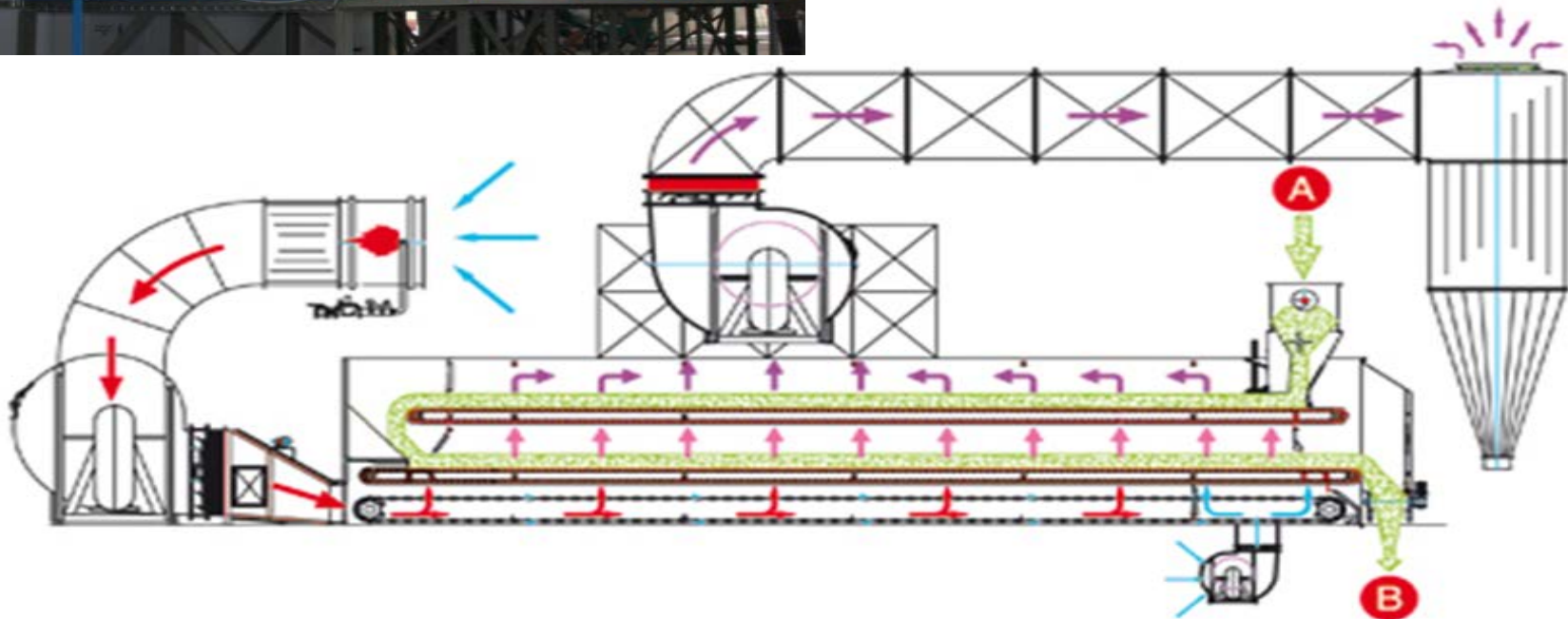
- EVAPORACION
- RENDIMIENTO EN SECO
- RENDIMIENTO HUMEDO

HUM. INICIAL	EVAPORACION	RENDIMIENTO EN SECO	RENDIMIENTO HUMEDO	CONSUMO TÉRMICO
60	8.775	7.020	15.795	8.424.000
55	8.313	8.313	16.626	7.980.631
50	7.851	9.814	17.665	7.537.263
45	7.364	11.571	18.935	7.069.263
40	6.848	13.695	20.543	6.573.733
35	6.299	16.377	22.676	6.047.233
30	5.568	19.487	25.055	5.345.233

Tecnologías de secado utilizadas



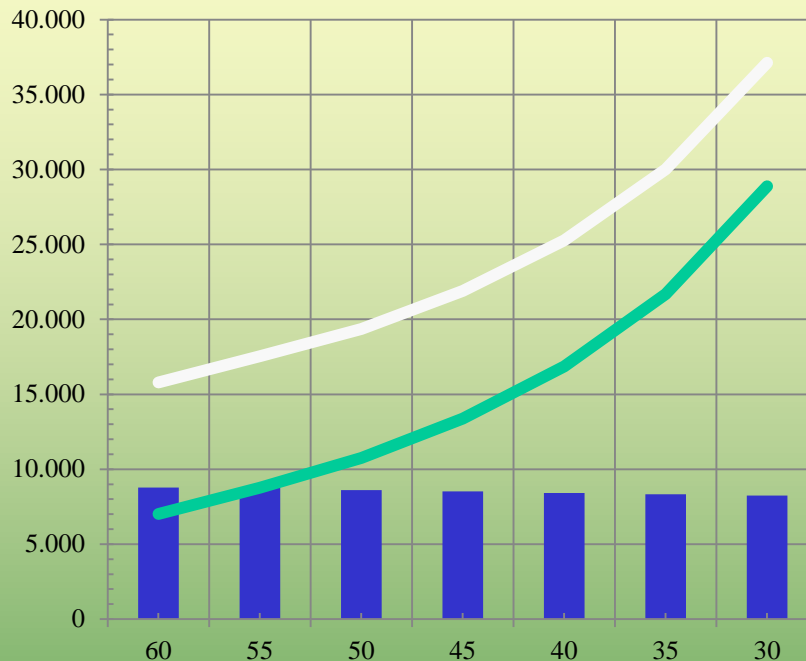
SECADOR DE BANDA
Temperatura de trabajo hasta 140°C
todo tipo de productos $< 40\text{ mm}$



Secador horizontal de banda

Temperatura de trabajo hasta 140 ° C

HUMEDADES HASTA 60 %



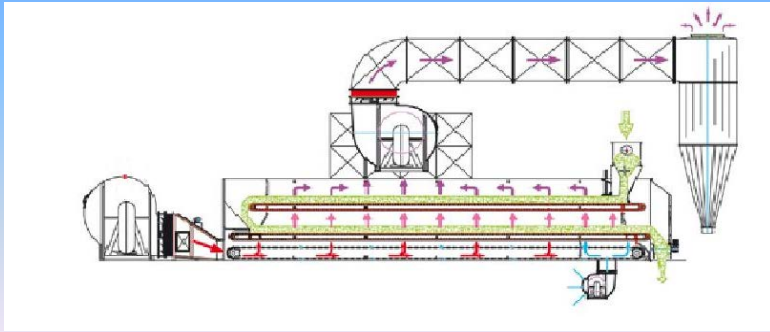
■ EVAPORACION
■ RENDIMIENTO EN SECO
■ RENDIMIENTO HUMEDO

HUM. INICIAL	EVAPORACION	RENDIMIENTO EN SECO	RENDIMIENTO HUMEDO	CONSUMO TÉRMICO
60	8.775	7.020	15.795	8.424.000
55	8.775	8.775	17.550	8.424.000
50	8.600	10.749	19.349	8.255.520
45	8.512	13.375	21.887	8.171.280
40	8.424	16.848	25.272	8.087.040
35	8.336	21.674	30.010	8.002.800
30	8.249	28.869	37.118	7.918.560

Tecnologías de secado utilizadas

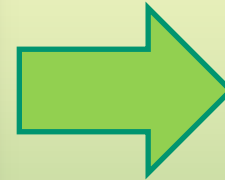
SECADO DE BIOMASA

SECADOR DE BANDA

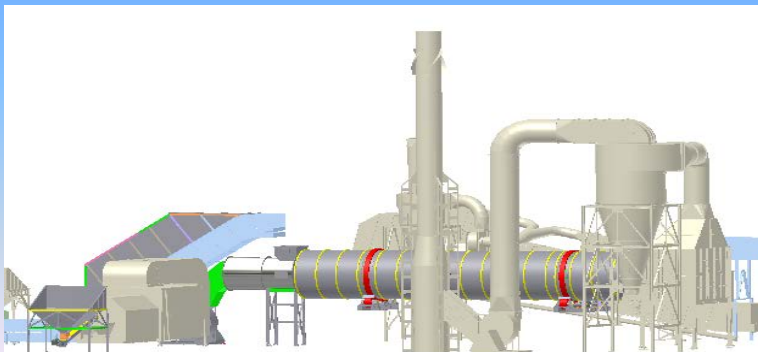


**ALTO
CAUDAL DE AIRE**

**BAJA
TEMPERATURA**



TROMEL ROTATIVO



**BAJO
CAUDAL DE AIRE**

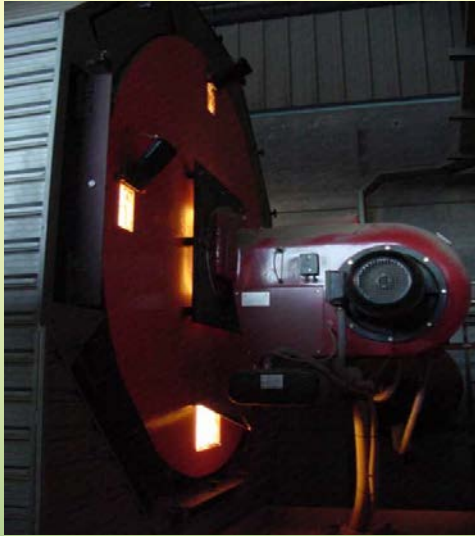
**ALTA
TEMPERATURA**



Tecnologías de secado utilizadas

SISTEMAS DE APORTE DE ENERGÍA TÉRMICA

Quemador de Fuel, Gasoil



Quemador Gas



Cogeneración



Combinado cogeneración



Quemador de BIOMASA



UTILIZACIÓN DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE EN PROCESOS DE SECADO

Ctra.Nacional 330, Km. 576,300
22193 YÉQUEDA (Huesca)
ESPAÑA (SPAIN)
Tel. +34 974 27 11 13 Fax +34 974 271178

BIOMASA

VERSUS

COMBUSTIBLES FÓSILES

Biomasa

- Se regenera
- Es abundante
- Disponible en cada País
- “Cerca de casa”
- Genera puestos de trabajo locales
- Enriquecimiento local
- CO² y CO neutro
- Precio
- Independencia de suministro

Combustibles fósiles

- Se agotan
- Cada vez hay menos
- No hay en España
- El beneficio va hacia el exterior
- Endeudamiento local
- Riesgo de explosiones
- Altas emisiones de CO² y co

RAZONES INTUITIVAS

UTILIZACIÓN DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE EN PROCESOS DE SECADO



Ctra.Nacional 330, Km. 576,300
22193 YÉQUEDA (Huesca)
ESPAÑA (SPAIN)
Tel. +34 974 27 11 13 Fax +34 974 271178

FACTORES DECISIVOS PARA EL USO DE ESTE COMBUSTIBLE

VENTAJAS

ECOLOGÍA

DISPONIBILIDAD

GEOGRÁFICA

PRECIO

**CONDICIONANTE
PRECIO DEL PETROLEO**

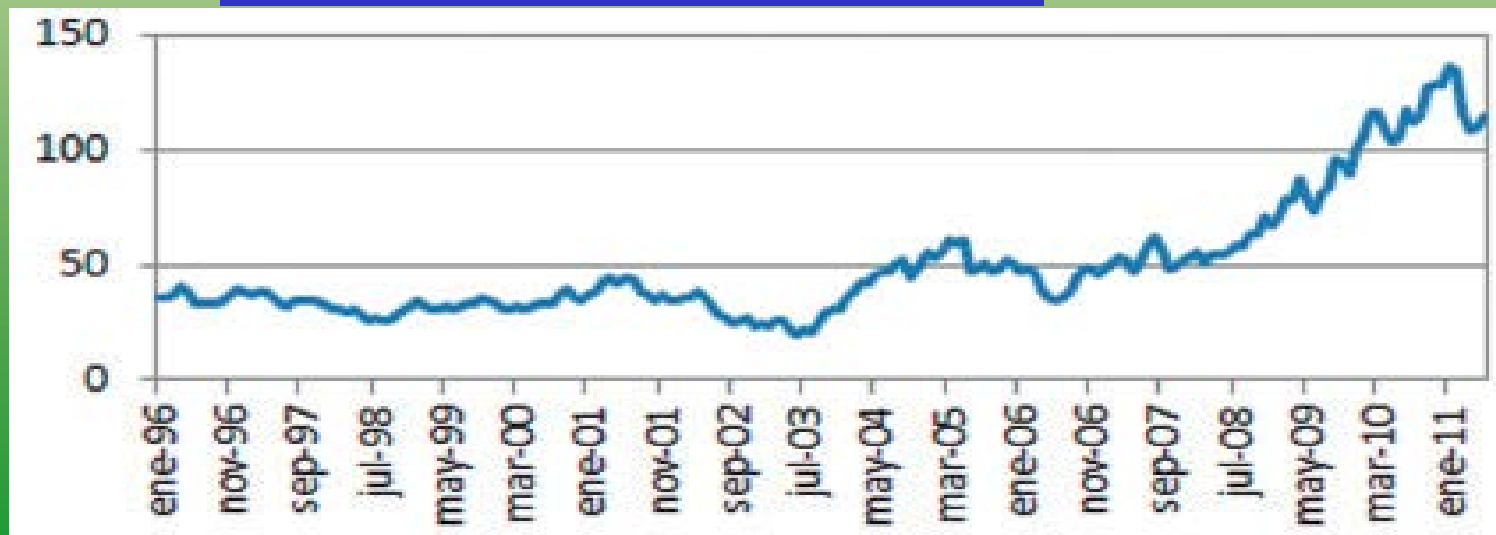
DESVENTAJAS

ALMACENAMIENTO

MANIPULACIÓN

DISTRIBUCIÓN

PRECIO EQUIPOS DE
COMBUSTIÓN





- Zuro de maíz
- Orujillo
- Hueso de aceituna
- Astillas de madera
- Granilla de uva
- Cáscara de almendra
- Cáscara de piña
- Cáscara de piñón
- Hueso de melocotón



GRANULOMETRÍA

HUMEDAD

PESO ESPECÍFICO MÍNIMO

PODER CALORÍFICO INFERIOR

%CENIZAS

FUSIBILIDAD CENIZAS

100% < 50 mm

<15%

250 Kg/m³

>2800 kcal/kg

<4%

>1200° C

EL PELLET UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE



**Biomasa estable
para la combustión y
almacenamiento.**

**Biomasa apreciada en el
mercado tradicional.**

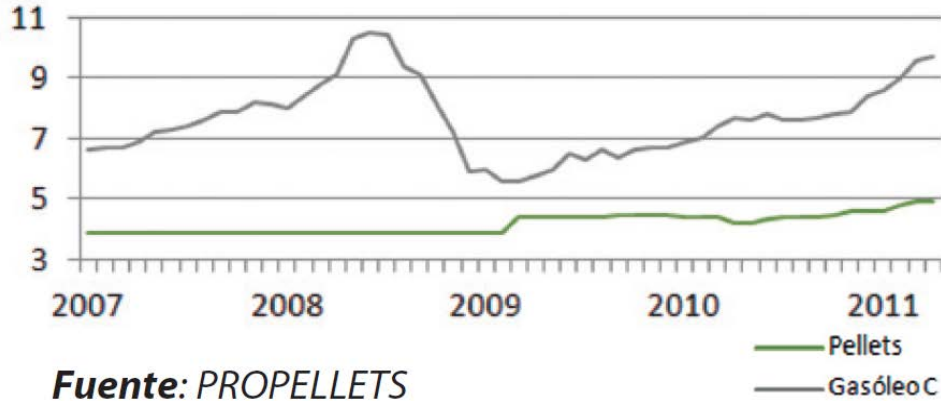
**Posibilidad de utilización
en calefacciones**

**Amplia comercialización
en pequeño envase y a
granel.**

EN PLUS

ALTO PRECIO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

Evolución del precio de combustibles (c€/kWh)



ALAVA	1.005	eur/litro	ALBACETE	0.985	eur/litro
ALICANTE	1.06	eur/litro	ALMERIA	1.039	eur/litro
ASTURIAS	1.058	eur/litro	AVILA	1.059	eur/litro
BADAJOS	0.947	eur/litro	BALEARS, ILLES	1.124	eur/litro
BARCELONA	1.135	eur/litro	BURGOS	1.074	eur/litro
CADIZ	1.12	eur/litro	CASTELLÓ	1.098	eur/litro
CIUDAD REAL	1.004	eur/litro	CORUÑA, A	1.074	eur/litro
GIRONA	1.116	eur/litro	GRANADA	1.085	eur/litro
GUIPUZCOA	1.108	eur/litro	HUESCA	1.081	eur/litro
JAEN	1.039	eur/litro	LEON	1.083	eur/litro
LLEIDA	1.059	eur/litro	LUGO	1.055	eur/litro
MADRID	1.098	eur/litro	MURCIA	1.12	eur/litro
NAVARRA	1.069	eur/litro	PONTEVEDRA	1.089	eur/litro
LA RIOJA	1.103	eur/litro	SALAMANCA	1.113	eur/litro
TARRAGONA	1.078	eur/litro	VALENCIA	1.048	eur/litro
VALLADOLID	1.086	eur/litro	VIZCAYA	1.104	eur/litro
ZARAGOZA	1.059	eur/litro			

TABLA COMPARATIVA DE COMBUSTIBLES

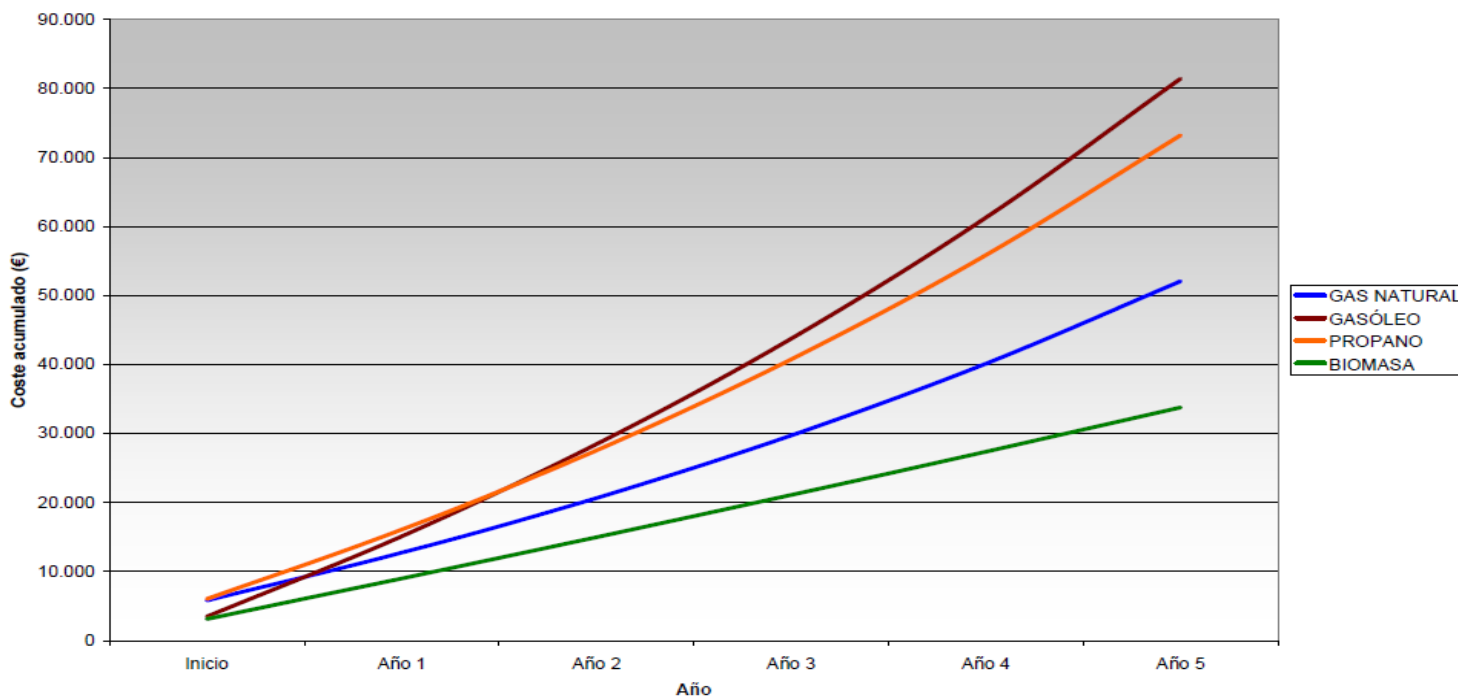
Combustible	GASOLEO	GAS NATURAL	BIOMASA		
			Pellets	Hueso aceituna	Astilla
Poder Calorífico (kcal/kg)	10.000	9.530	4.300	3.750	3.010
Poder Calorífico (kcal/m ³)		9000			
Poder Calorífico (kWh/kg)	11,6	11,1	5,0	4,4	3,5
Precio (€/litro)	1,1				
Precio (€/kg)	0,96	0,4765	0,21	0,165	0,11
Coste (€/kWh)	0,083	0,043	0,042	0,038	0,031

ESTUDIO NOVA ENERGÍA PARA CALDERA DE CALEFACCIÓN INDUSTRIAL

	GAS NATURAL	PROPANO	GASOIL	BIOMASA
PRECIO CALDERA (100 Kw.)	4.120,00 €	4.120,00 €	2.000,00 €	19.540 €
OTROS	350,00 €	+ DEPOSITO	+ DEPOSITO	SIN
PRECIO DEL Kwh.	0,038 €	0,052 €	0,062 €	0 a 0,033 €
PRECIO COMBUSTIBLE ANUAL (144.000 kWh.)	5.472 €	7.488 €	8.928 €	0 a 4.752 €
SUBVENCIONES	0 €	0 €	0 €	Estatal + Autonómicas
INCENTIVOS FISCALES	0 €	0 €	0 €	Varios

GASTO ACUMULADO CALDERA INDUSTRIAL (Con biomasa comprada a distribuidor)

GASTO ACUMULADO EN 5 AÑOS

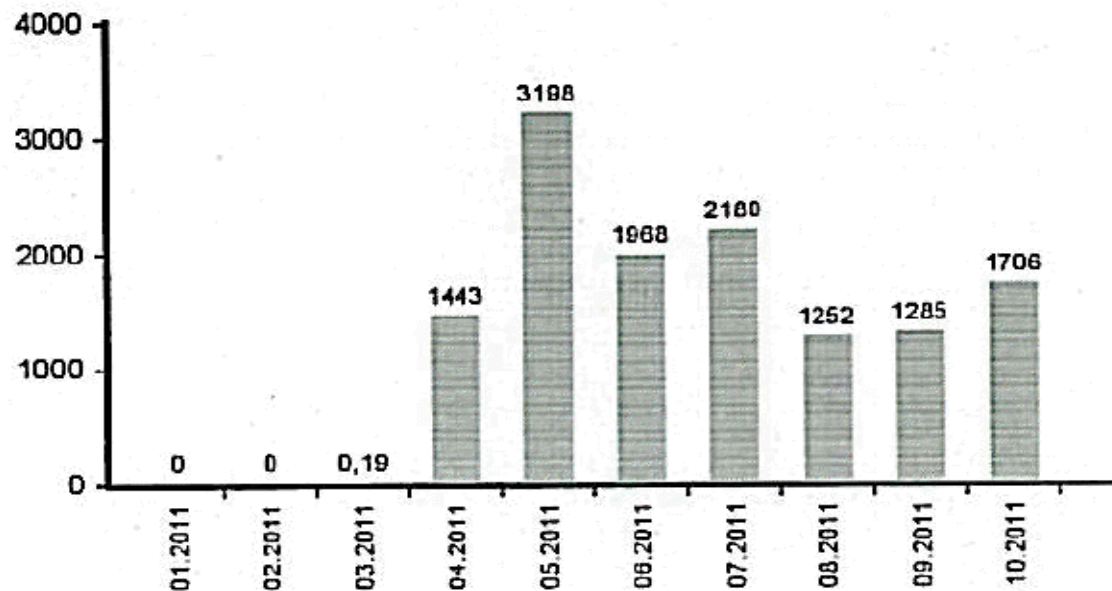


CASO PRÁCTICO CON GAS EN DESHIDRATADO DE ALFALFA

PERIODO				
MENSUAL (01/11 -30/11)				
CONCEPTO	CANTIDAD	MESES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TÉRMINO FIJO	99.370 kWh		0,063307	6.290,82 Eur
TÉRMINO VARIABLE	278.820 kWh		0,035292	9.840,12 Eur
RECARGO TÉRMINO FIJO	99.370 kWh		0,063307	6.290,82 Eur
DTO. TERMINO VARIABLE	278.820 kWh		0,003500	-975,87 Eur

Total Suministro	21.445,89	Eur
Base imponible	21.445,89	Eur
IVA 18%	3.860,26	Eur
Total factura	25.306,15	Eur

HISTÓRICO DE CONSUMOS FACTURADOS (mlles kWh)



**FACTURA MENSUAL
CON TÉRMINOS FIJOS**

**HISTÓRICO DE CONSUMOS
ANUALES**

CASO PRÁCTICO CON GAS EN DESHIDRATADO DE ALFALFA

COSTE DEL GAS

Total sin IVA	21.445,89 €
Consumo facturado	278.820 KWh
Coste en Euros	0,076 €/kw

Para un consumo anual de 13.032 Mw
Con la repercusión del termino fijo
El precio será de **44,17 €/Mw.**

COSTE DE LA BIOMASA

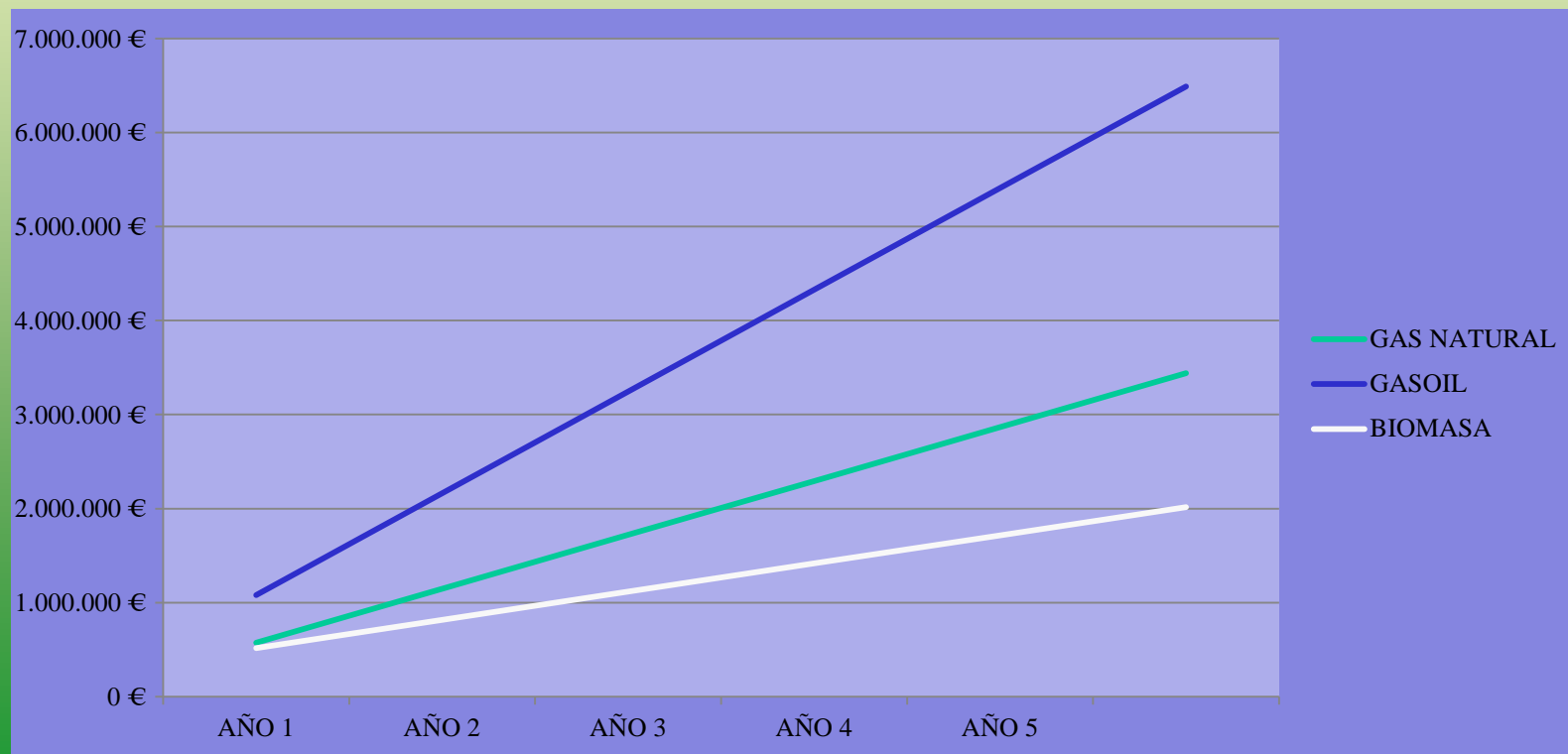
La biomasa de referencia en la zona de esta instalación es la cáscara de almendra con un PCI de 3.500 Kcal/kg,

Para producir un Mw (860.000 Kcal) necesitaremos: $860.000 / 3.500 = 245,7$ kg de cáscara cuyo precio en este momento ronda los 95€/Tm

Con este combustible el coste de un Mw será de $245,7 \times 0,095 = 23,34$ €/Mw.

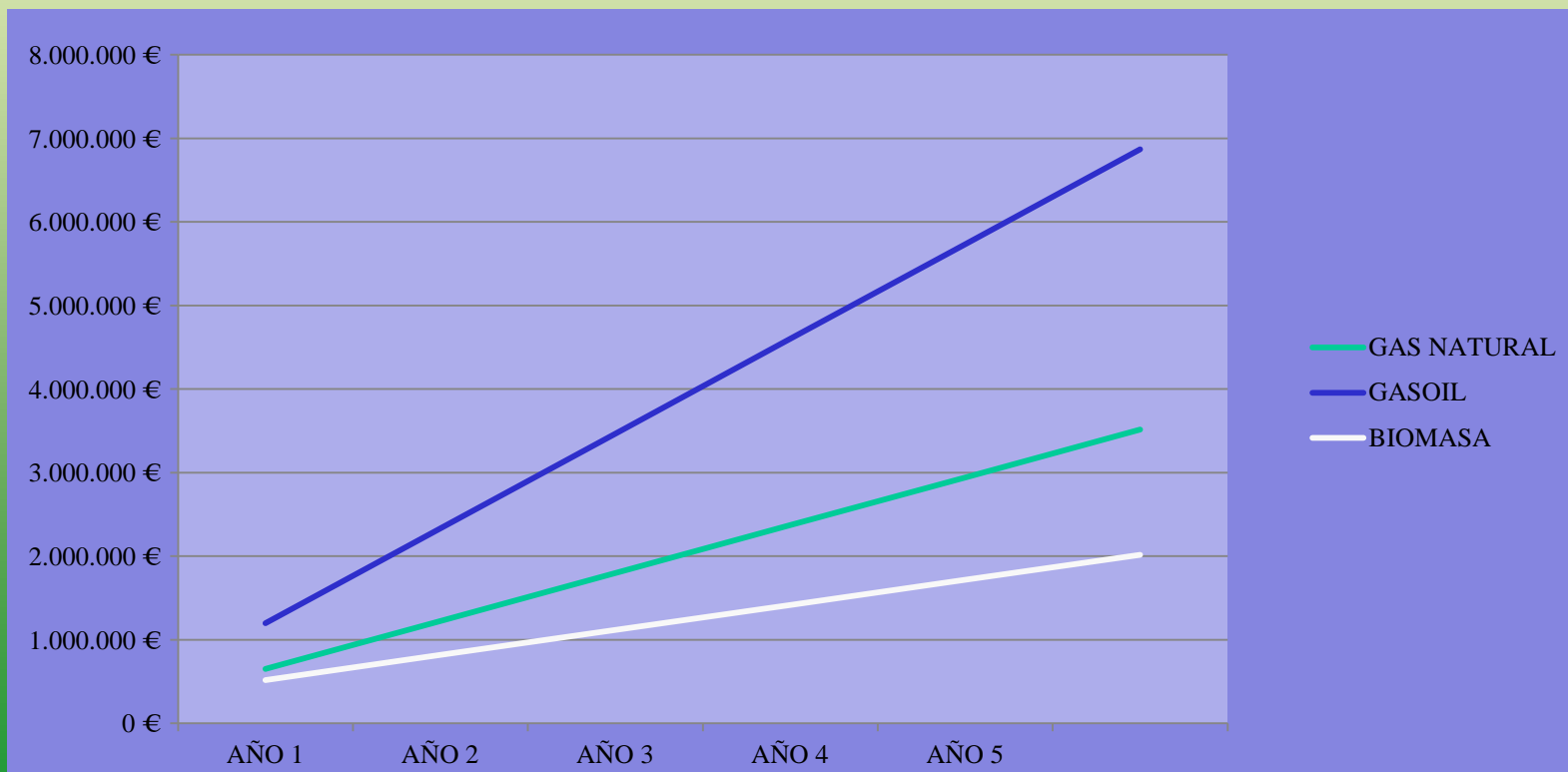
DESHIDRATADORA DE ALFALFA ANÁLISIS DE COSTES DE TRANSFORMACIÓN A BIOMASA

	GAS NATURAL	GASOIL	BIOMASA
EQUIPO COMBUSTIÓN	EXISTENTE	EXISTENTES	217.700
CANALIZACIONES Y/O DEPÓSITOS	EXISTENTES	EXISTENTES	
PRECIO Kwh	0,044	0,083	0,023
Precio COMBUSTIBLE campaña 13.032 Mw	573.408	1.081.656	299.736
COSTES PRIMER AÑO	573.408	1.081.656	517.436



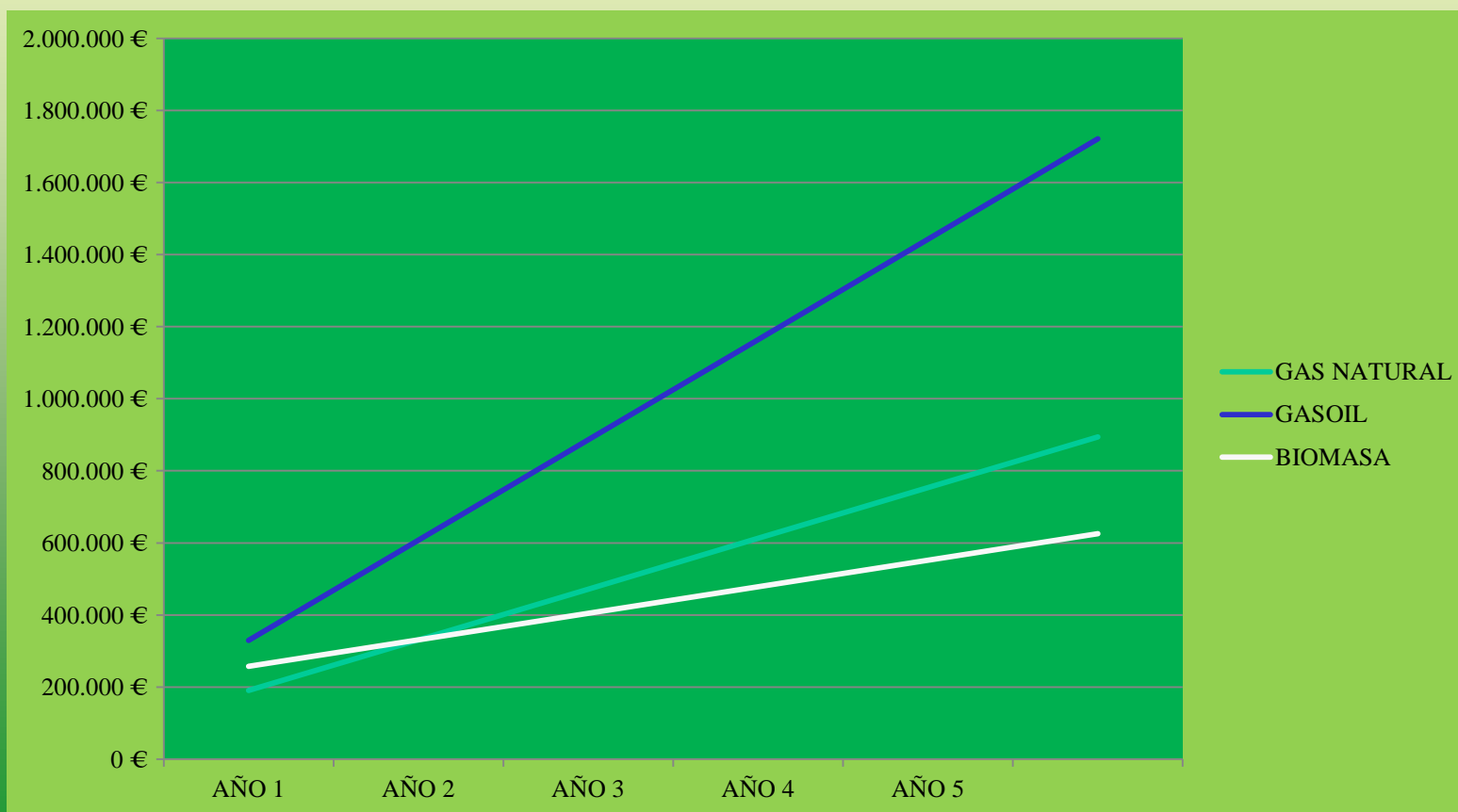
DESHIDRATADORA DE ALFALFA PARA NUEVA INSTALACIÓN

	GAS NATURAL	GASOIL	BIOMASA
EQUIPO COMBUSTIÓN	68.600	48.150	217.700
CANALIZACIONES Y/O DEPÓSITOS	7.600	17.000	
PRECIO Kwh	0,044	0,087	0,023
Precio COMBUSTIBLE campaña 13.032 Mw	573.408	1.133.784	299.736
COSTES PRIMER AÑO	649.608	1.198.934	517.436



SECADOR DE CEREAL PARA INSTALACIÓN NUEVA

	GAS NATURAL	GASOIL	BIOMASA
EQUIPO COMBUSTIÓN	42.000	34.000	184.000
CANALIZACIONES Y/O DEPÓSITOS	7.600	17.000	
PRECIO Kwh	0,044	0,087	0,023
Combustible campaña 3.200 Mw	140.800	278.400	73.600
COSTE TOTAL de una campaña	190.400	329.400	257.600





Generador AYBER

Generador AYBER	
Combustión directa	NO
Intercambiador aire	SI
Granulometría max. combustible	50 mm
Potencia térmica	1.162-2.325 kWt
Tª máxima del aire	140°C

Generador CSD

Generador CSD	
Combustión directa	SI
Intercambiador aire	NO
Granulometría max. combustible	80 mm
Potencia térmica	1.162-10.500kWt
Tª máxima del aire	550°C



Generador QF

Generador QF	
Combustión directa	SI
Intercambiador aire	NO
Granulometría max. combustible	10 mm
Potencia térmica	2.325-8.140kWt
Tª máxima del aire	650°C



SELECCIÓN DEL TIPO DE CÁMARA

TIPO DE SECADOR

- TEMPERATURA DE TRABAJO
- CAUDAL DE AIRE

POTENCIA TÉRMICA

PRODUCTO A SECAR

- HUMEDAD DE ENTRADA
- GRADO DE INFLAMABILIDAD
- TEMPERATURA DE IGNICIÓN

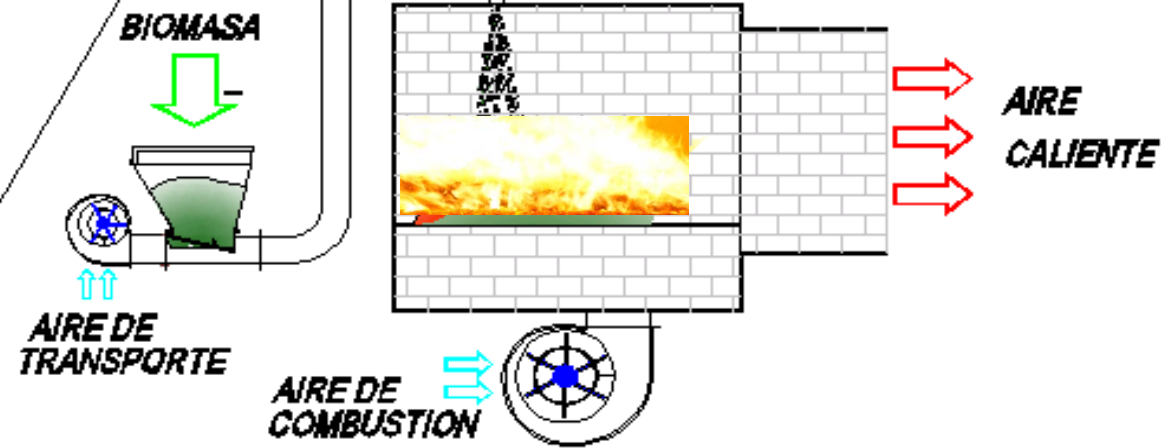
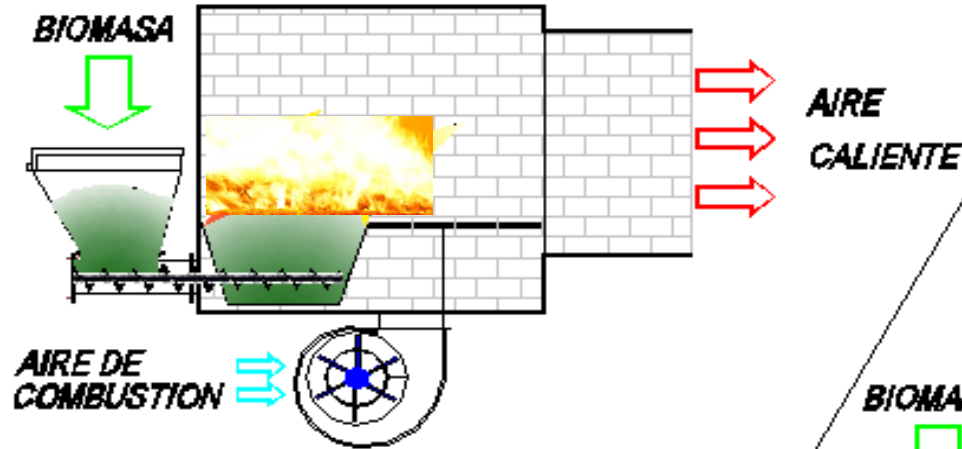
DEPURACIÓN DEL AIRE CALIENTE
SISTEMAS DE REGULACIÓN

COMBUSTIBLE A UTILIZAR

- TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS
- PODER CALORÍFICO

TIPO DE CÁMARA
INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

DOS TIPOS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE



**GENERADOR CON QUEMADOR DE FLORACION,
ALIMENTACION POR SINFÍN
ACOPLAMIENTO DIRECTO A TROMEL DE SECADO
POTENCIA TÉRMICA 3.500 Kw. Temperatura de trabajo 500 ° C**



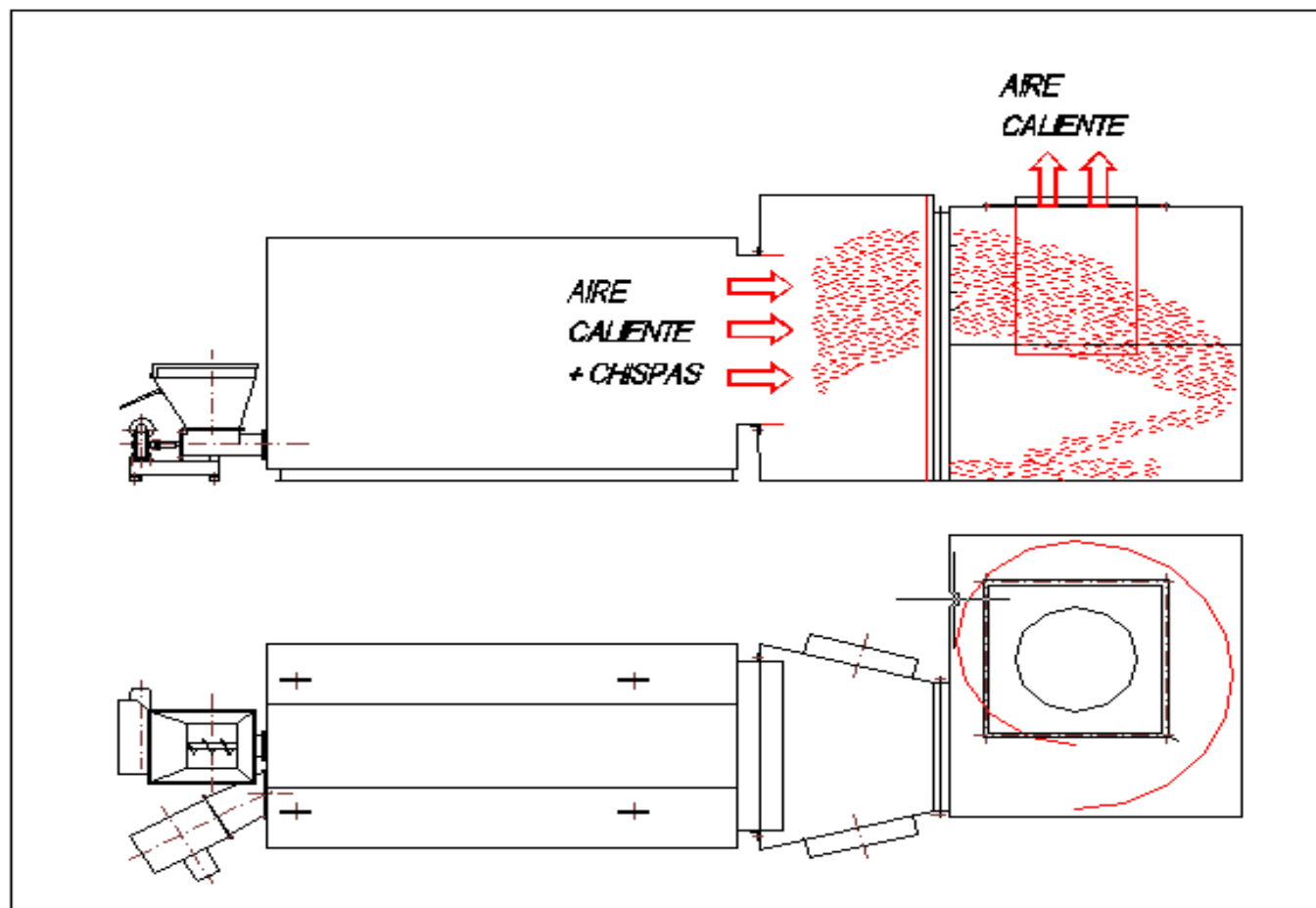
**GENERADOR CON ALIMENTACIÓN POR VENTURI
ACOPLAMIENTO MEDIANTE CHIMENEA TROMEL DE SECADO**

**POTENCIA TÉRMICA 7.000 Kw.
Temperatura de trabajo 400 ° C**



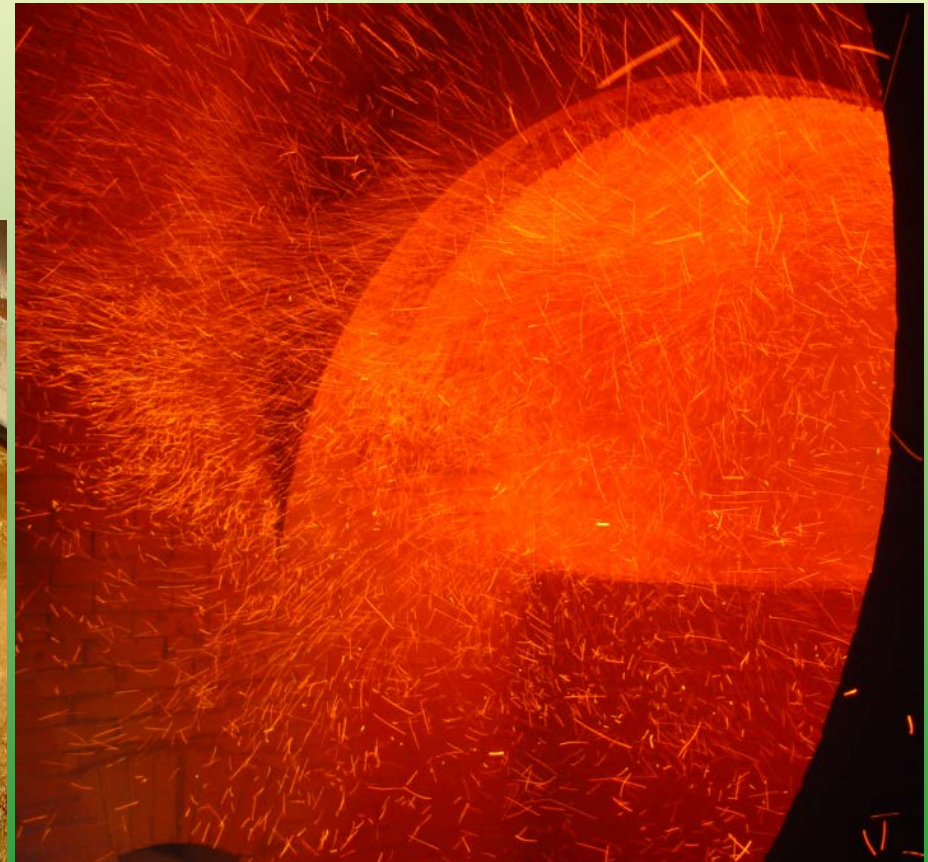
DEPURACIÓN DEL AIRE CALIENTE

COMBUSTIÓN DIRECTA CON CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS Temperaturas de trabajo hasta 600 ° C



**DEPURACIÓN DEL AIRE CALIENTE
NO TODAS LAS COMBUSTIONES SON LIMPIAS,**

**LAS CHISPAS
PUEDEN CAUSAR
INCENDIOS**



EQUIPO COMPLETO PARA SECADOR DE CEREAL



COMBUSTIÓN DIRECTA

SECADOR VERTICAL

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

POTENCIA 5.800 Kw.

Tª trabajo 140 ° C

**Combustible Cáscara de almendra
Orujo
Residuos de alcoholera**

NUEVA INSTALACIÓN

EQUIPO COMPLETO PARA DESHIDRATADOR ROTATIVO

COMBUSTIÓN DIRECTA

TROMEL ROTATIVO (FORRAJE)

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

AIRE IMPULSADO A TRAVÉS DE LA CÁMARA

POTENCIA 5.800 Kw.

Tª trabajo 500 ° C

**Combustible Cáscara de almendra
Orujo
Residuos de alcoholera**

AIRE IMPULSADO



EQUIPO COMPLETO PARA DESHIDRATADOR ROTATIVO



COMBUSTIÓN DIRECTA

TROMEL ROTATIVO (ALFALFA)

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

VENTILADOR INYECCIÓN DE AIRE CALIENTE

POTENCIA 5.800 Kw.

Tª trabajo 400 ° C

**Combustible Cáscara de almendra
Orujo
Residuos de alcoholera**

AIRE ASPIRADO

COMBUSTIÓN DIRECTA

SECADO DE BIOMASA

TROMEL ROTATIVO (SERRIN Y ASTILLAS)

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

VENTILADOR INYECCIÓN AIRE CALIENTE

POTENCIA 7.000 Kw.

Tª trabajo 500 ° C

Combustible Astillas.





COMBUSTIÓN DIRECTA

TROMEL ROTATIVO (BIOMASA)

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

POTENCIA 1.750 Kw.

Tª trabajo 350 ° C

**Combustible Astillas
Pellets**





PLANTA DE SECADO DE BIOMASA

PROCESANDO ASTILLAS DE PINO Y CHOPO

COMBUSTIÓN DIRECTA

TROMEL ROTATIVO (BIOMASA)

CICLÓN DECANTADOR DE CENIZAS

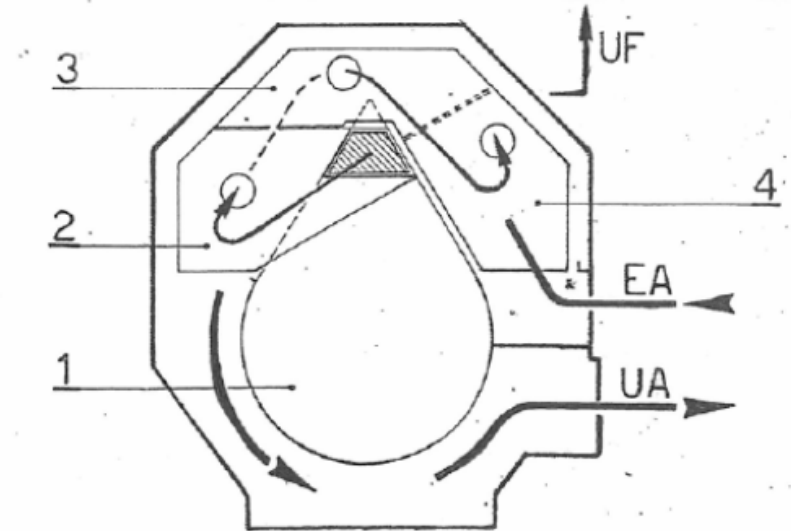
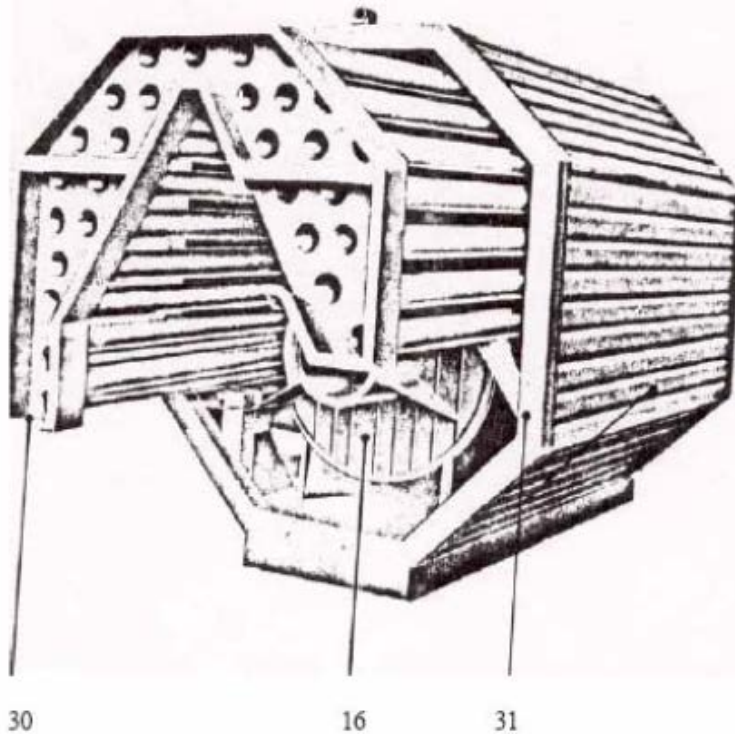
POTENCIA 1.750 Kw.

Tª trabajo 450 ° C

Combustible Astillas



DEPURACIÓN DEL AIRE CALIENTE COMBUSTIÓN INDIRECTA CON INTERCAMBIADOR DE TUBOS AIRE AIRE Temperatura de trabajo 140 ° C



UA – Salida aire caliente
EA – Entrada de aire
UF – Salida de los humos
4 – Tercer pasaje de los humos
3 – Segundo pasaje de los humos
2 – Primer pasaje de los humos
1 – Cámara de combustión

COMBUSTIÓN INDIRECTA

SECADOR VERTICAL (CEREALES)

INTERCAMBIADOR DE TUBOS

POTENCIA 2.300 Kw.

Tª trabajo 130 ° C

**Combustible Astillas
Zuro
Cáscara de almendras**

EJEMPLO



COMBUSTIÓN INDIRECTA

SECANDO SERRÍN

SECADOR HORIZONTAL DE BANDA (SERRÍN)

INTERCAMBIADOR DE TUBOS

POTENCIA 1,200 Kw.

Tª trabajo 130 ° C

Combustible

**Astillas
Pellets**



COMBUSTIÓN INDIRECTA ASOCIADA A COGENERACION SECANDO SERRÍN

SECADOR HORIZONTAL DE BANDA (SERRÍN)

INTERCAMBIADOR DE TUBOS

POTENCIA 2.500 Kw.

Tª trabajo 135 ° C



COMBUSTIBLE

ASTILLAS

MULTIPLES OPCIONES PARA COMPONER TODO TIPO DE INSTALACIONES

COMBINANDO :

- TIPO DE GENERADOR
- TECNOLOGÍA DE SECADO UTILIZADA
- PRODUCTO A SECAR
- COMBUSTIBLES EMPLEADOS
- TEMPERATURAS DE TRABAJO



- Evacuación de cenizas

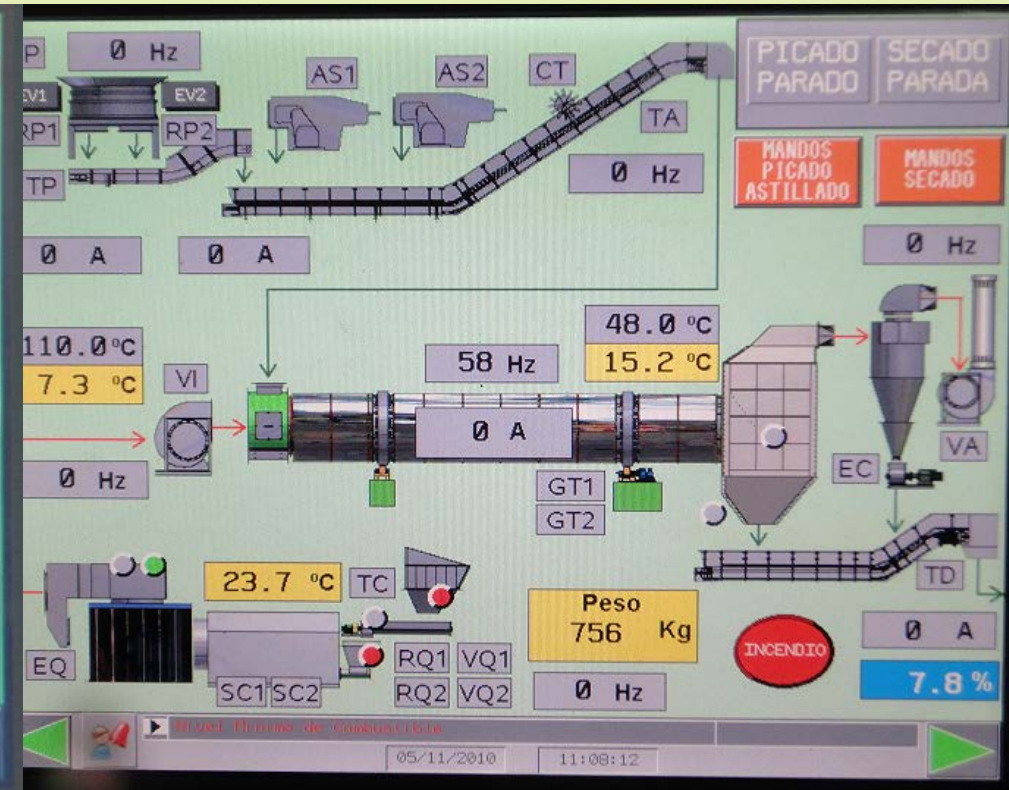
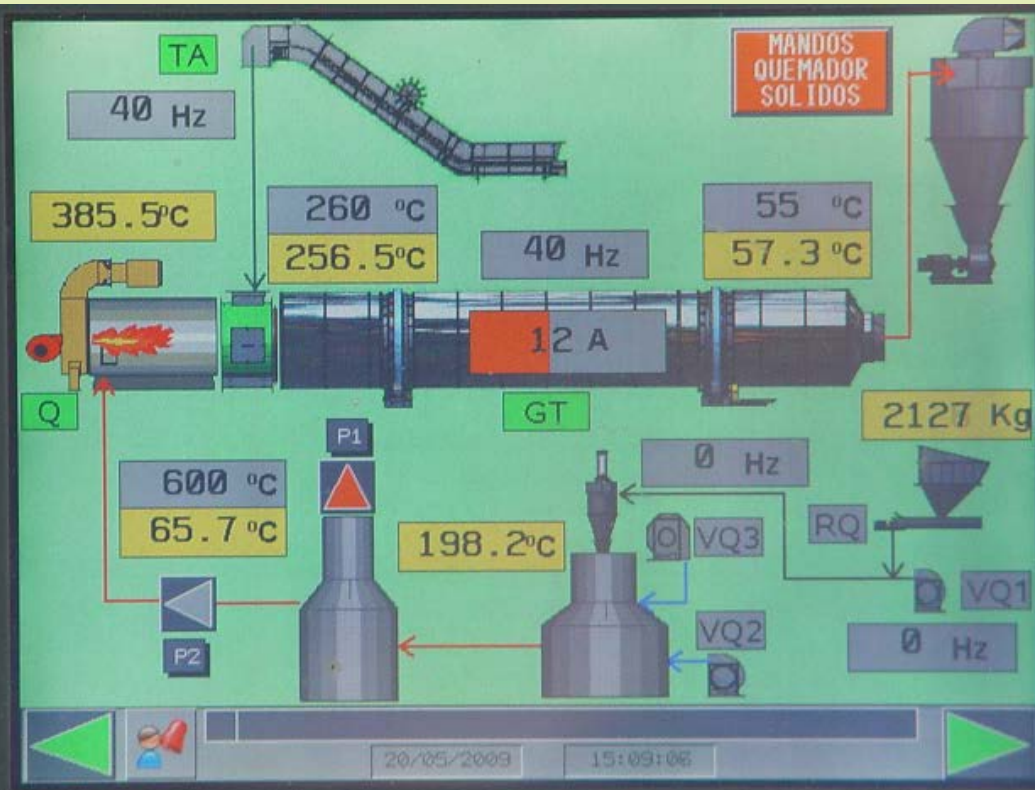


Suplemento altura de obra civil

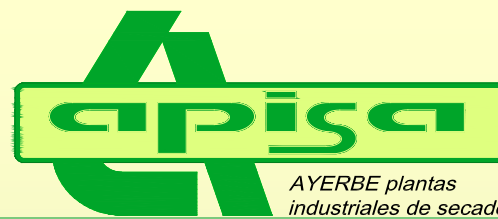


Suplemento de altura metálico

- Sistemas de control integrado en el proceso de secado



40 AÑOS DE EXPERIENCIA



Ctra.Nacional 330, Km. 576,300
22193 YÉQUEDA (Huesca)
ESPAÑA (SPAIN)
Tel. +34 974 27 11 13 Fax +34 974 271178

FIN DE LOS 70 Y PRINCIPIO DE LOS 80

Alto precio del combustible
Aumento del cultivo del maíz

**UTILIZACION DEL ZURO
DEL MAÍZ COMBUSTIBLE**



DECADA DE LOS 90

Bajo precio del combustible

**SÓLO LOS QUE CONOCIERON LA ÉPOCA ANTERIOR
SIGUEN CON LA UTILIZACIÓN DE BIOMASA**

A PARTIR DEL 2000 Y ACTUALMENTE

Descenso de los márgenes comerciales y aumento
del precio de los combustibles fósiles

**CASI TODAS LAS NUEVAS INSTALACIONES
SE PLANTEAN LA UTILIZACIÓN DE
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS**



Un séchoir alimenté par chaudière à biomasse pour la Société Céréalière d'Antin

► L'économie générée par le remplacement du gaz par des plaquettes de bois dépasse 2 000 euros par jour / The savings generated by the replacement of gas with wooden chips is higher than 2,000 euros per day (doc. CFCAI).



BIOMASA = ENERGÍA BIOECONÓMICA



*AYERBE plantas
industriales de secado*

PLANTAS COMPLETAS

SECADO Y GRANULACIÓN

SECADEROS ROTATIVOS

ALFALFA

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

BIOMASA

SECADEROS DE BANDA

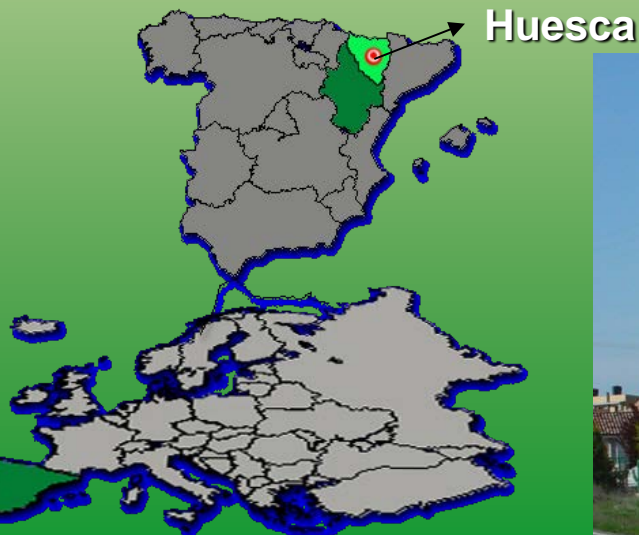
BIOMASA

SECADEROS VERTICALES

TODO TIPO DE CEREALES Y OLEAGINOSAS

BIOMASA = ENERGÍA BIOECONÓMICA

GRANULACIÓN



www.apisa.info
mail@apisa.info