



# FÁBRICA



## IX congreso de STAB

Sociedad de Técnicos azucareros y alcoholeros de Brasil  
Maceio, ALAGOAS BRASIL – 16 -21 noviembre de 2008



# Temas de Fábrica

## Aspectos destacados

- COGENERACIÓN
- BIOMASA COMO FUENTE DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN EVAPORADOR ROBERT SRI

# COGENERACIÓN

---

- Escoger la clase de presión de vapor
- Influencia de la temperatura de vapor
- Cogeneración adicional x inversión
- Adicional de generación proporcionado por colección de cogollo y hojas de caña.

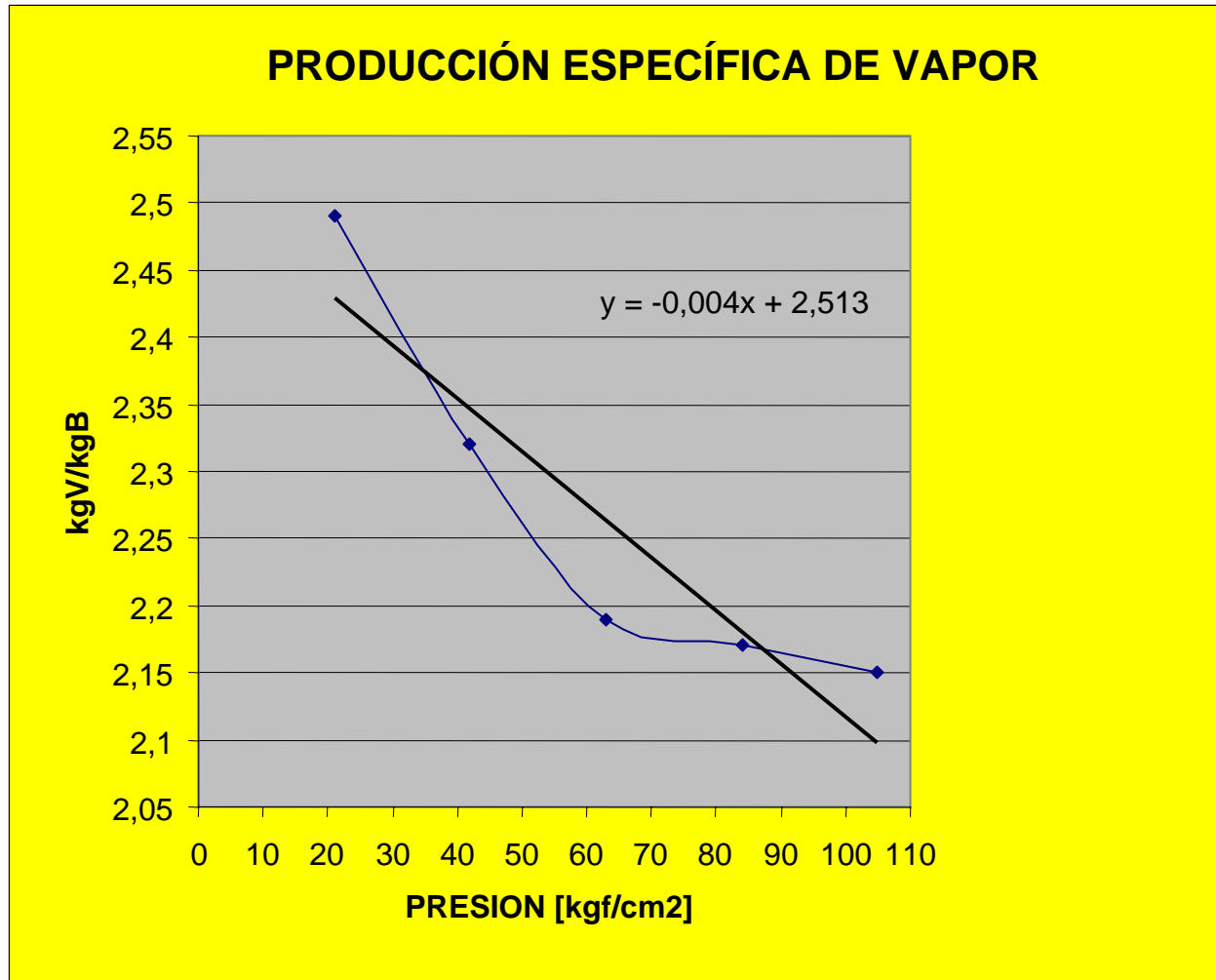
# COGENERACIÓN

---

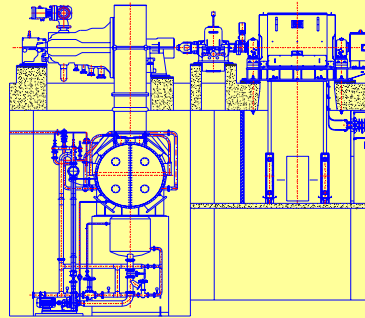
Cual presión escoger ?

- 600 psi (42 kgf/m<sup>2</sup>)
- 900 psi (63 kgf/m<sup>2</sup>)
- 1200 psi (85 kgf/m<sup>2</sup>)

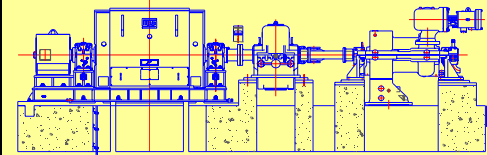
# COGENERACIÓN



**Turbo Gerador de Condensacao**



**Turbo Gerador de Contrapressao**



<b>PRESSAO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b><u>Consumo Especifico</u></b>	<b><u>Consumo Especifico</u></b>
<b>kgf / cm<sup>2</sup></b>	<b>° C</b>	<b>kg<sub>vapor</sub>/kW</b>	<b>kg<sub>vapor</sub>/kW</b>
<b>21</b>	<b>300</b>	<b>5,86</b>	<b>11,69</b>
<b>42</b>	<b>400</b>	<b>4,59</b>	<b>7,74</b>
<b>67</b>	<b>500</b>	<b>3,62</b>	<b>5,54</b>
<b>67</b>	<b>520</b>	<b>3,53</b>	<b>5,35</b>
<b>100</b>	<b>520</b>	<b>3,41</b>	<b>4,84</b>
<b>100</b>	<b>530</b>	<b>3,36</b>	<b>4,76</b>

# Implicaciones de Temperatura de Vapor

---

## *Cuidados a tener en el proyecto*

- La presión del proyecto siempre deberá ser la permitida por la caldera y no la presión de operación de la tubería.
- Compatibilidad de Schedule de las tuberías y accesorios especificados.
- La temperatura de proyecto debe tener en cuenta la tolerancia del control de la temperatura de la caldera.

# DIÁMETRO Y MATERIALES DE LAS TUBERÍAS

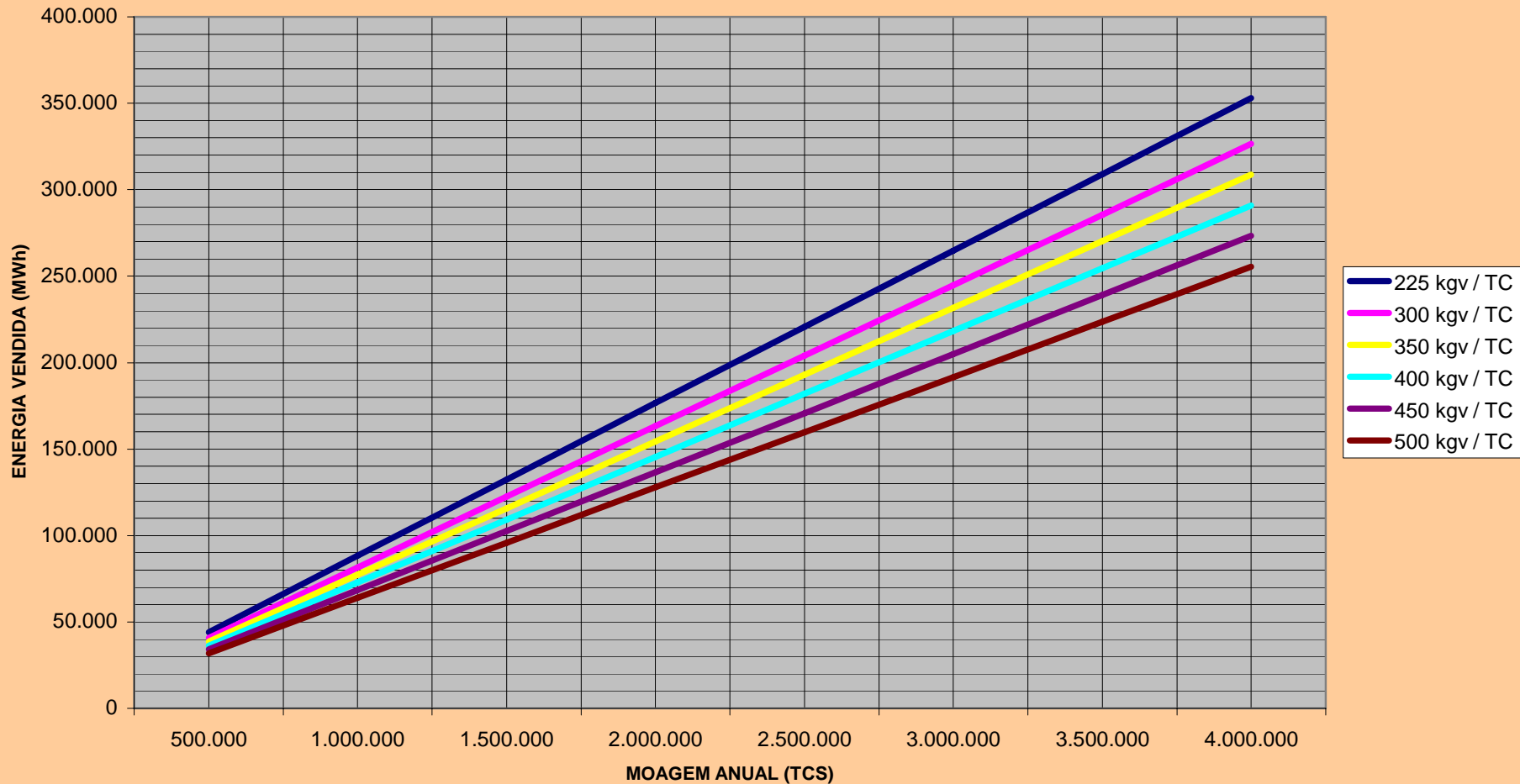
VAZAO : 100 TVH

VELOCIDADE MAXIMA: 35 m/s

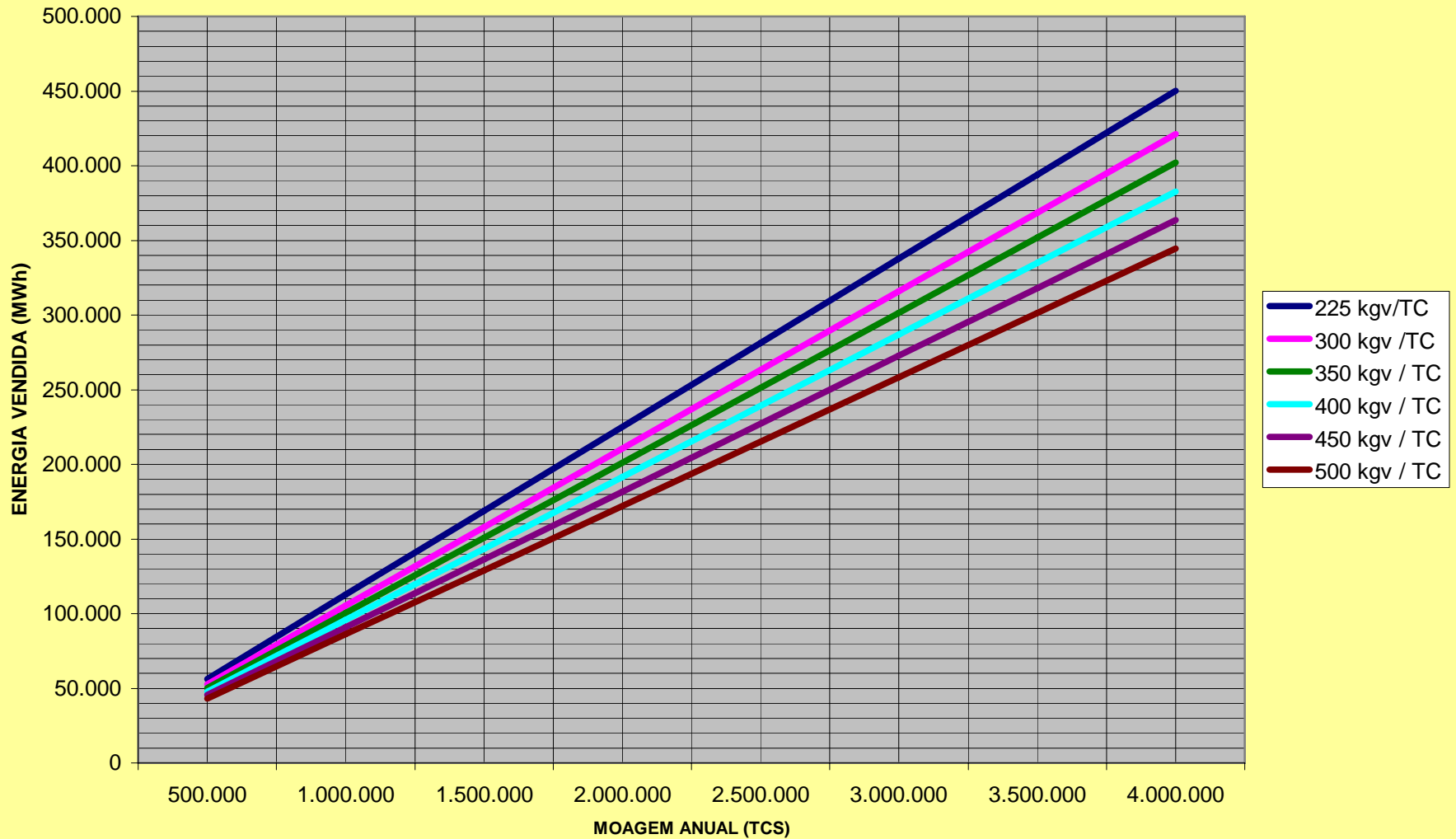
PRESSAO		TEMPERATURA °C						
kgf / cm <sup>2</sup>		300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	520°C	530°C
21	Ø	16"	16"	16"	18"	18"	18"	18"
	SCH	40	40	40	40	40	40	80
	MATERIAL	A106-B	A106-B	A106-B	A335-P11	A335-P22	A335-P22	A335-P22
42	Ø	10"	10"	12"	12"	12"	14"	14"
	SCH	40	40	80	40	80	80	80
	MATERIAL	A106-B	A106-B	A106-B	A335-P11	A335-P22	A335-P22	A335-P22
67	Ø	8"	8"	10"	10"	10"	10"	10"
	SCH	80	80	120	80	80	80	80
	MATERIAL	A106-B	A106-B	A106-B	A335-P11	A335-P22	A335-P91	A335-P91
100	Ø	6"	8"	8"	8"	10"	10"	10"
	SCH	80	120	120	120	120	120	120
	MATERIAL	A106-B	A106-B	A106-B	A335-P11	A335-P22	A335-P91	A335-P91

# COGENERACIÓN ADICIONAL X INVERSIÓN

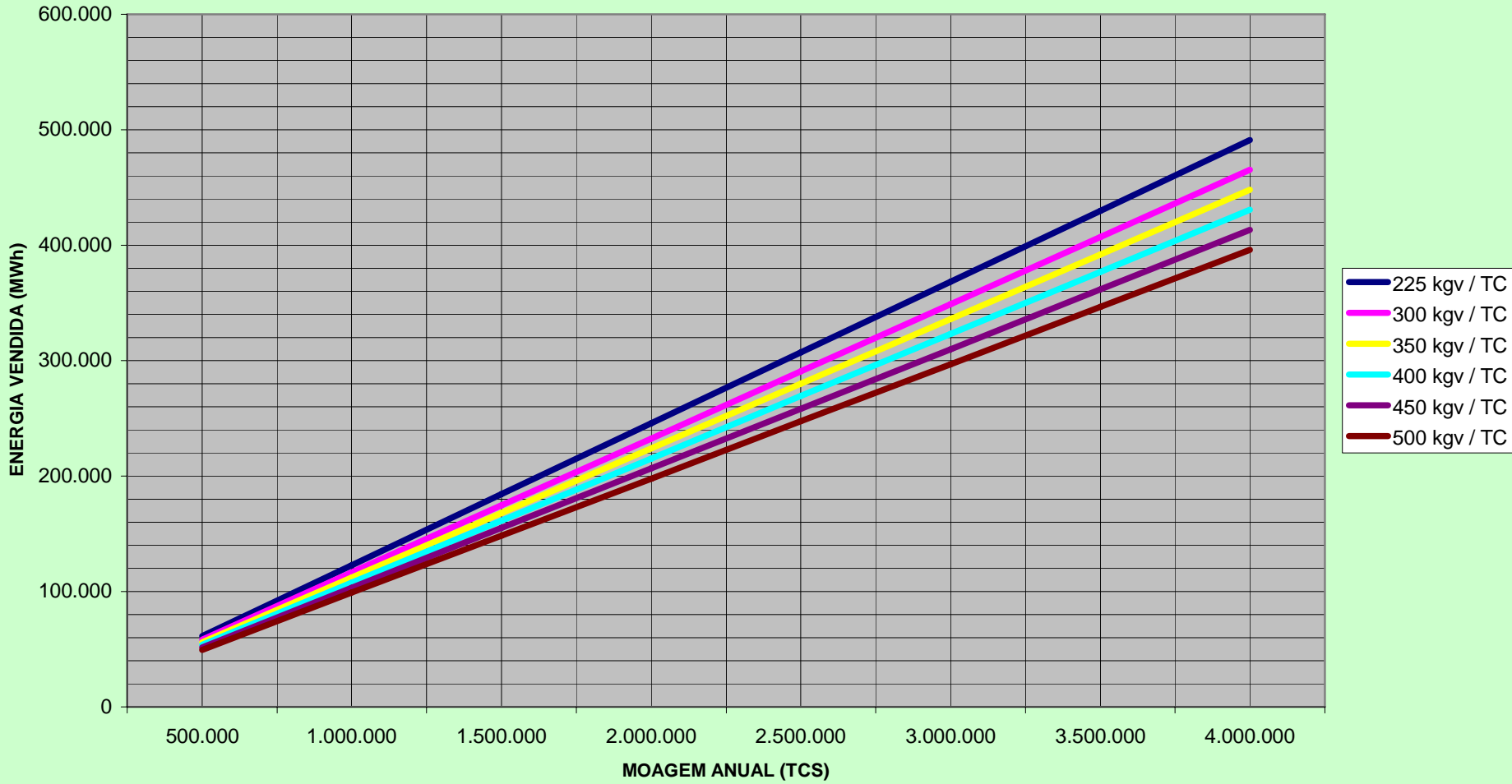
EXPORTAÇÃO DE ENERGIA x CONSUMO ESPECÍFICO DE PROCESSO  
POTENCIAL SEM UTILIZAÇÃO DE PONTA E FOLHA  
CICLO EM 42 kgf/cm<sup>2</sup>g - 400°C



EXPORTACAO DE ENERGIA x CONSUMO ESPECIFICO DO PROCESSO  
POTENCIAL SEM UTILIZACAO DE PONTAS E FOLHAS  
CICLO EM 67 kgf/cm<sup>2</sup>g - 520°C



EXPORTAÇÃO DE ENERGIA x CONSUMO ESPECÍFICO DE PROCESSO  
POTENCIAL SEM UTILIZAÇÃO DE PONTAS E FOLHAS  
CICLO EM 100 kgf/cm<sup>2</sup>g - 520°C



# Composición típica de costos de inversión de una central en ciclo a vapor.

					% Invers. Total
Directos [ 70 % ]	Equipos Electromecánicos [ 60 % ]	Caldera	45	%	18,9
		Casa de Fuerza	35	%	14,7
		Tuberías y Accesorios	10	%	4,2
		Sub estación	5	%	2,1
		Otros equipos	5	%	2,1
	Montaje de Equipos. [ 12 % ]				8,4
	Construcción [ 21 % ]	Obras civiles	71	%	10,4
		Circuito de agua	29	%	4,2
Otros [ 7% ]	Terreno, mejoras	43	%	2,2	
	Proyecto, organización	57	%	2,8	
Indirectos [ 30 % ]					30
					<b>100</b>

# Escoger la Presión x Inversión

AUMENTO DE INVERSIÓN EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE PRESION				
PRESIÓN	TEMPERATURA	EQUIPOS		
kgf / cm <sup>2</sup>	° C	CALDERA	TURBINA	TUBERÍAS
21	300	100	100	100
42	420	115	110	112
67	520	135	135	140
94 a 100	520	159	145	195
Fracción de Equipos en Inversión.		45%	20%	10%

AUMENTO EN EL TOTAL DE LA INVERSIÓN			
PRESIÓN	TEMPERATURA	% de AUMENTO	R\$ / KW
kgf / cm <sup>2</sup>	° C		
21	300	-----	2.737
42	420	6,97%	2.928
67	520	18,73%	3.250
94 a 100	520	31,54%	3.600

---

### Adicional de Energía x Clase de Presión

PRESIÓN	TEMPERATURA	Eficiencia del ciclo	kg <sub>bagazo</sub> / kW
kgf / cm <sup>2</sup>	° C		
21	300	20,02%	2,36
42	400	23,73%	1,99
67	520	28,64%	1,64
100	520	30,27%	1,55

Potencial de generación de energía eléctrica proporcionado por cogollos y hojas de Caña



**POTENCIAL DE GERANERACIÓN DE ENERGIA ELÉTRICA CON COGOLLOS Y HOJAS**

**PREMISAS:**

MOLIENDA ANUAL	2.000.000	TC
PRODUCCIÓN MÉDIA DE CAÑA	80	TC/Hec
ÁREA PLANTADA	25.000	Hec

COLECTA REALIZADA ACTUALMENTE	9	Ton/Hec
HUMEDAD DE LA HOJA	20	%
PCi DE LA HOJA	3.280	kcal/kg
Pci DEL BAGAZO	1.800	kcal/kg

VOLUMEN ANUAL POSIBLE DE SER COLECTADO	225.000	Ton
EQUIVALENTE EN BAGAZO	410.000	Ton

Potencial de generación de energía eléctrica proporcionado por cogollos y hojas de Caña



**CICLO TERMICO ANALIZADO:**

<b>PRESION DE VAPOR</b>	<b>67</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>
<b>TEMPERATURA DE VAPOR</b>	<b>520</b>	<b>°C</b>
<b>CONSUMO ESPEC. DE VAPOR EN EL PROCESO</b>	<b>400</b>	<b>kgv/TC</b>
<b>CONS ESPECIFICO DE ENERGIA ELÉTR.</b>	<b>30</b>	<b>kWh/TC</b>
<b>ENERGIA ELETR PRODUCIDA PARA VENTA</b>	<b>166.100</b>	<b>MWh</b>
<b>EXCEDENTE DE E. ELECT. POR TON CAÑA</b>	<b>83,05</b>	<b>Kw/TC</b>
<b>E. EL ADICIONAL EN CICLO DE CONDENSACIÓN</b>	<b>250.000</b>	<b>MWh</b>
<b>EXCEDENTE DE E. EL POR TON CAÑA</b>	<b>208,05</b>	<b>Kw/TC</b>

Potencial de generación de energía eléctrica proporcionado por cogollos y hojas de Caña



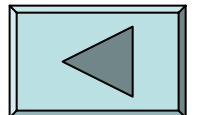
### FACTURAMIENTO ADICIONAL PREVISTO

EXCEDENTE PRODUCIDO SIN HOJA	166.100	MWh
EXCEDENTE PRODUCIDO CON HOJA	416.100	MWh
PRECIO DE ENERGIA ELÉCTRICA	160,00 71	R\$/MWh USD\$/MWh
COSTO DE HOJA PUESTO EN EL INGENIO	45,00 20	R\$/Ton USD\$/Ton
FACTURAMENTO INICIAL	26.576.000,00 11.787.758,22	R\$ \$USD
FACTURAMENTO FINAL sin contar coste de la hoja	56.451.000,00 25.038.784,6	R\$ \$USD
ADICIONAL DEBIDO A COGOLLOS Y HOJAS	29.875.000,00 13.251.026,38	R\$ \$USD
ADICIONAL POR TONELADA DE CAÑA	14,94 7	R\$/TC \$USD/TC

# Comentarios Finales

---

- Actualmente las diferentes técnicas de recolección de residuos se encuentran en desarrollo. Aun no se sabe cual es más adecuado.
- Algunos Ingenios que ya disponen de ciclo de condensación comenzaron a aumentar el período de operación de termoeléctrica y en algunos casos se está operando por encima de 8.000 horas/ año, debido a la incorporación de la hoja.
- El valor considerado en el análisis de 9 t/ha, es aproximadamente 50% de la disponibilidad de cogollos y hojas.
- En el futuro la quema de caña no será permitida por razones ambientales y económicas.



# BIOMASA COMO FUENTE DE GENERACION DE ENERGÍA ELECTRICA

---

- Objetivos del Trabajo

- Considerar la biomasa como fuente de combustible renovable para la generación de energía eléctrica.
- Ubicar el trabajo en la primera etapa de transformación en la cual la energía contenida en la biomasa es transformada en energía térmica en el generador de vapor.
- Mostrar la biomasa como fuente de generación eléctrica distribuída, utilizandola cerca de la fuente de producción.

# Proyecto Rigesa

El proyecto en cuestión se instaló en Rigesa Celulose, Papel y Embalagens Ltda, localizada en el municipio de Tres Barras, estado de Santa Catarina.



# Proyecto Rigesa

---

## Características originales de la planta

- Caldera de recuperación: 850 TSS – 140 t/h, 64 Kg./cm<sup>2</sup>, 470 °C;
- Caldera de fuerza: 65 t/h, 43 Kg./cm<sup>2</sup>, 370 °C (biomasa);
- Turbo generador de extracción y condensación de 7,5 Mwh, atendiendo solamente a 36% del consumo industrial.

## De biomasa:

Residuos industriales propios y de terceros;

Granulometría variada;

Humedad entre 53 y 60%;

## De combustión:

Tecnología de quema de biomasa del año 1970;

Limitaciones de quema de biomasa con alto nivel de humedad;

Importante responsabilidad ambiental

# Proyecto Rigesa

---

A mediados del 2004, Rigesa decidió sustituir la caldera de fuerza, estableciendo los siguientes pre-requisitos para el proyecto:

- Sistema de combustión de biomasa en estado del arte, habilitado para quemar biomasa con alta humedad, alta heterogeneidad granulométrica, impurezas minerales y residuos metálicos industriales
- Generación de vapor con presión y temperatura compatible con la caldera de recuperación química
- Bajo nivel de emisiones de polución atmosférica emitida por la chimenea
- Alto nivel de automatización
- Bajo nivel de impacto ambiental al área industrial adyacente
- Aumentar la auto-generación eléctrica para 80% del consumo total, por la adición de un nuevo conjunto de turbo-generador.

# Proyecto Rigesa

---

## Equipos seleccionados:

**Tecnología e Ingeniería:** HPB / B&W;

**Fabricante:** Sermatec Indústria y Montagens Ltda

**Tipo:** Caldera suspendida por la estructura

Paneles membranados en el horno;

Sobrecalentador tipo radiante/convectivo;

Economizador y calentadores de aire como recuperadores de calor.

**Datos de la caldera:** 135/160 t/h, 43/64 Kg/cm<sup>2</sup>, 370/470 °C;

**Combustible principal:** Residuos de biomasa con 60% de humedad

**Combustible auxiliar:** Óleo de Xisto

**Tipo de combustión:** Lecho fluidizado burbujeante de fondo abierto

**Material inerte:** Arena seleccionada

**Quemadores de partida:** 04

**Quemadores de carga:** 03

**Control de emisiones particuladas:** ESP.

# Proyecto Rigesa

---



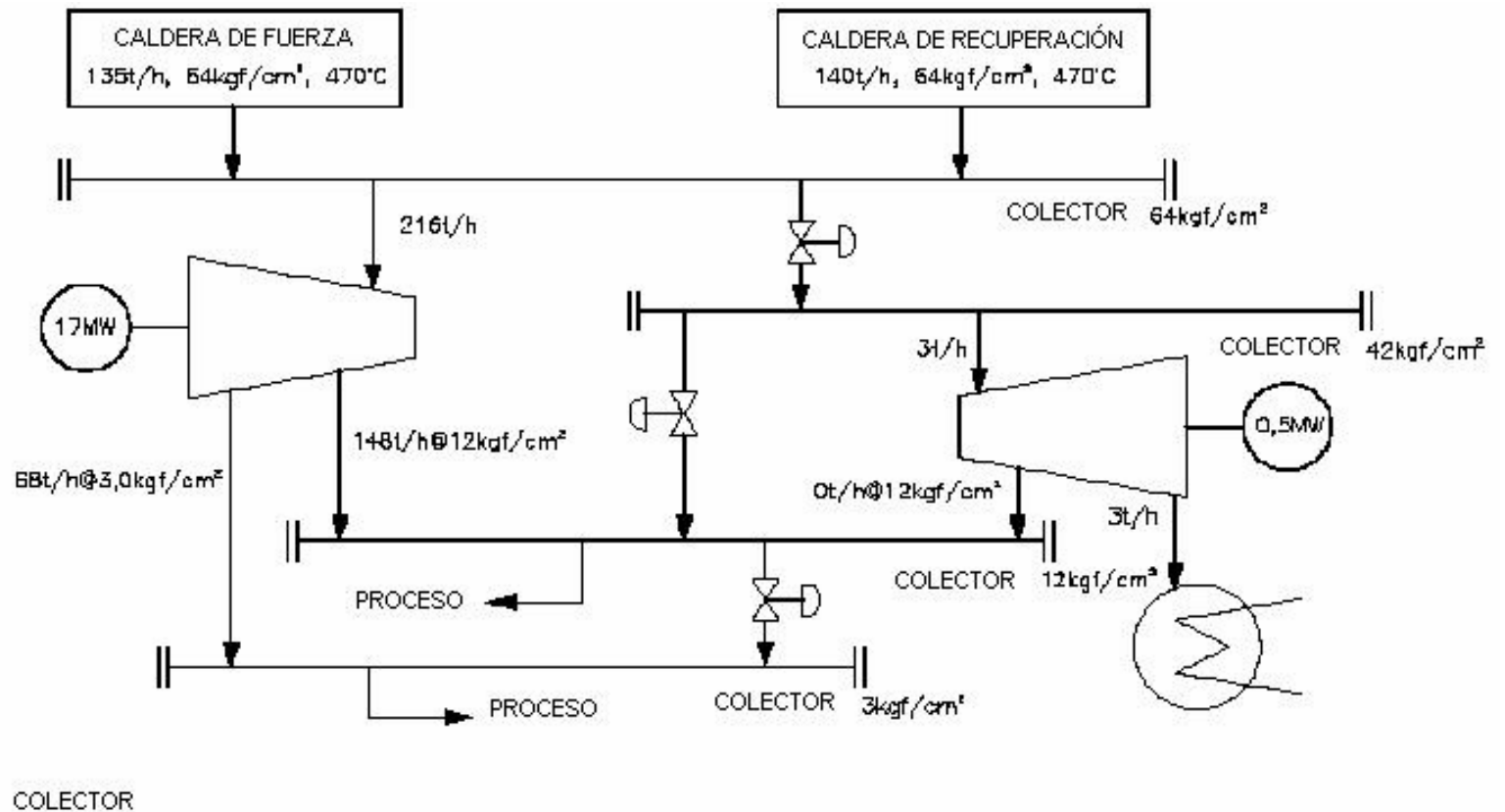
# Proyecto Rigesa

---



*Detalle del lecho fluidizado burbujeante de fondo abierto*

# Proyecto Rigesa



# Proyecto Rigesa

---

## Resumen de datos técnicos finales previstos en el proyecto

Turbina y Generador Existentes	Unidades	Proyecto	Referencia
Tipo de Turbina	-	Extracción y Condensación	
Flujo del Vapor	kg/h	3000	----
Presión de vapor en la entrada	kg/cm <sup>2</sup>	42	----
Temperatura de vapor en la entrada	°C	365	----
Flujo de Vapor en la extracción	kg/h	0	----
Presión de Vapor en la extracción	kg/cm <sup>2</sup>	11	----
Flujo de Vapor en la condensación	kg/h	3000	----
Capacidad de generación	Mwe	0,5	----

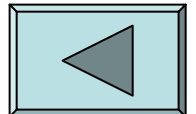
# Proyecto Rigesa

Turbina y Generador Nuevos	Unidades	Proyecto	Referencia
Tipo de Turbina	-	<b>Extracción y Contrapresión</b>	
Flujo del Vapor	kg/h	216.000	----
Presión de vapor en la entrada	kg/cm <sup>2</sup>	62	----
Temperatura de vapor en la entrada	°C	460	----
Flujo de Vapor en la extracción	kg/h	148.000	----
Presión de Vapor en la extracción	kg/cm <sup>2</sup>	12	----
Temperatura de vapor en la extracción	°C	258	----
Flujo de vapor en contrapresión	kg/h	68.000	----
Presión de vapor en contrapresión	kg/cm <sup>2</sup>	3	
Temperatura de vapor en contrapresión	kg/h	153	----
Capacidad de generación	Mwe	25	----

# Proyecto Rigesa

---

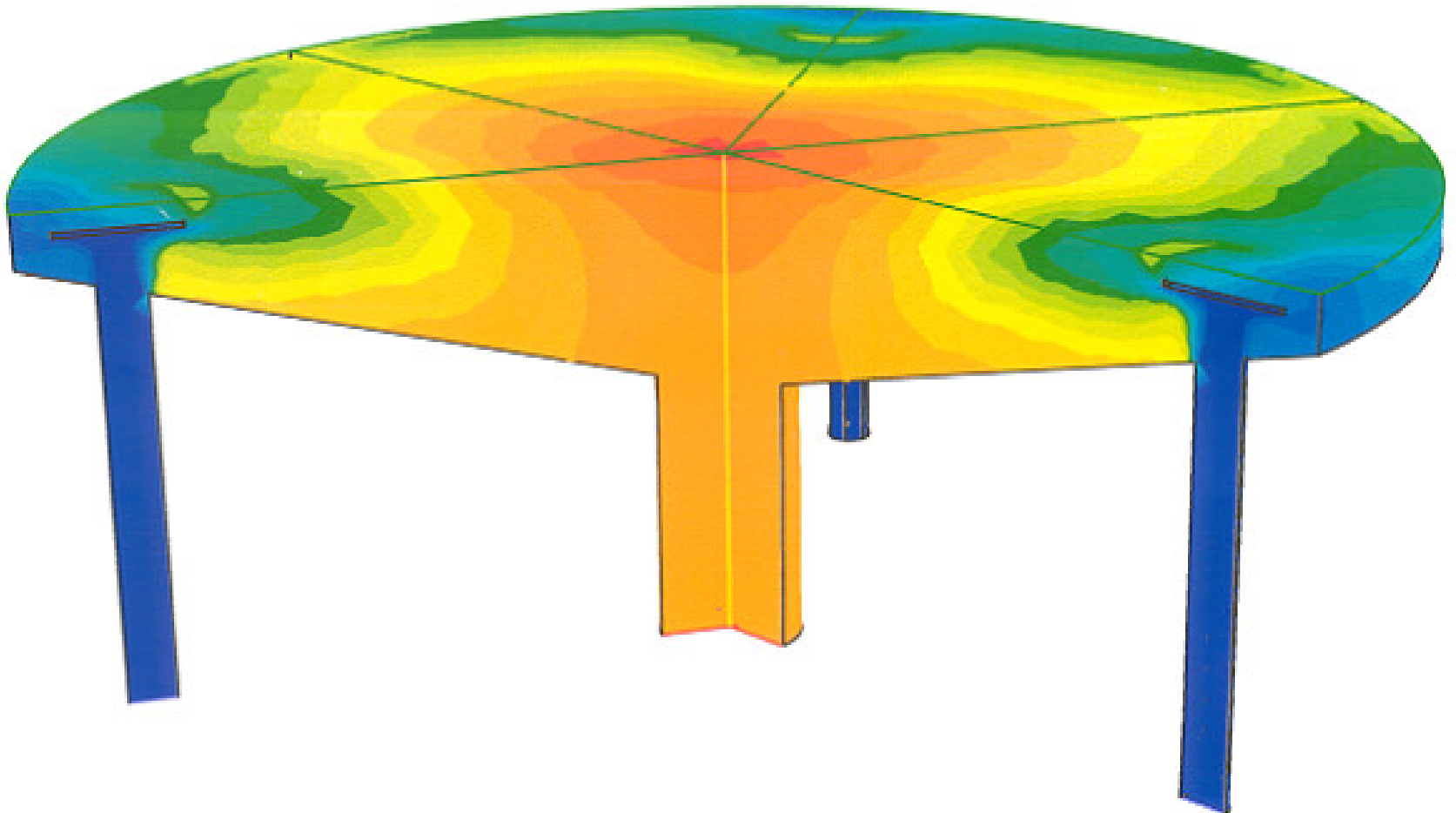
Caldera	Unidades	Proyecto	Referencia
Flujo de Vapor con biomasa, MCR	kg/h	135.000	150.000
Flujo de Vapor con biomasa y oleo de xisto	kg/h	160.000	160.000
Temperatura de Vapor sobrecalentado - 1° Fase	°C	370 $\pm$ 5	370 $\pm$ 5
Temperatura de Vapor sobrecalentado - 2° Fase	°C	480 $\pm$ 5	-0-
Humedad de Biomasa - Medida Máxima	%	54,5	56
Eficiencia de Caldera para poder calorif inferior	%	85,1	87,0
Pérdida de combustible por inquemados	%	1,0	0,5
Emisiones de partículas por las chimeneas	mg/Nm3	50,0	30,0
Emisiones de CO <sub>2</sub>	ppm	170	135
Emisiones de NOx	ppm	300	183



# DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO DEL EVAPORADOR ROBERT SRI

---

- Modelamiento por CFD mostró deficiencias en el diseño de evaporadores Robert convencionales



# Proyecto de evaporador SRI

---

- Tubo central para salida de jugo
- Varios pequeños tubos de circulación
- Alimentación periférica de jugo
- Alimentación de vapor vía cámara anular
- Salida central de condensado y gases incondensables

## **Instalaciones de Evaporadores Robert SRI desde la puesta en marcha inicial en el 2001**

---

<b>País</b>	<b>Número de instalaciones</b>	<b>Superficie de Calentamiento del Evaporador (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Australia</b>	<b>7</b>	<b>2.500- 2 x 3.000- 3.500- 4.000 2 x 5.000</b>
<b>Brasil</b>	<b>1</b>	<b>2.500</b>
<b>Colombia</b>	<b>1</b>	<b>2.400</b>
<b>Nicaragua</b>	<b>2</b>	<b>2 x 5.300</b>

# Evaporador Robert SRI en el Ingenio Roçadinho (2.500 m<sup>2</sup>)

---



# Evaporador Robert SRI

---

Beneficio:

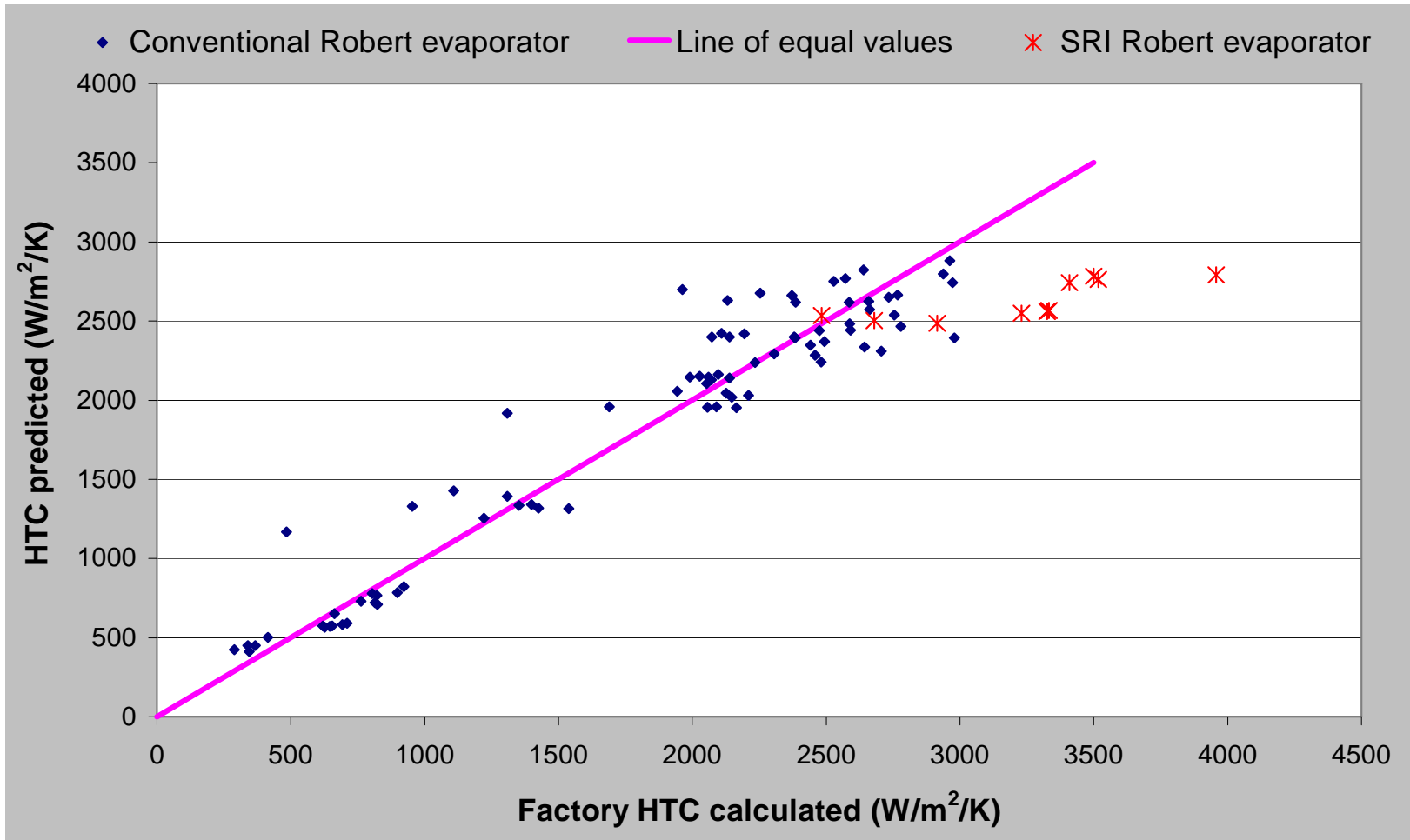
Coeficiente de Transferencia de Calor (HTC) ha demostrado ser 10% a 25% mas elevado que el del evaporador Robert convencional, debido al mejor flujo de vapor y jugo dentro del evaporador.

---

**Evaporador Robert  
SRI en el Ingenio  
Roçadinho  
(2.500 m<sup>2</sup>)**



# COMPARACIÓN ENTRE VALORES DE CTC (HTC) DE UN EVAPORADOR ROBERT CONVENCIONAL Y UN SRI



# Evaporador SRI Robert en #1 efecto

---

- Diferencial efectivo de temperatura de  $5.9^{\circ}\text{C}$  cuando está limpio es de  $6.8^{\circ}\text{C}$ ; después de 2 semanas de operación.
- CTC (HTC) de  $3.300\text{ W/m}^2/\text{K}$  cuando está limpio;  $2.850\text{ W/m}^2/\text{K}$  después de 2 semanas de operación.

---

**GRACIAS**