

Operación de Energía, Eficiencia de Ingenios

Puntarenas, 5 de junio de 2018



Contenido

- ▶ Recuperación de energía
 - ▶ Bagazo
 - ▶ Generación de Vapor
 - ▶ Generación Eléctrica
 - ▶ Uso en Fábrica
 - ▶ ¿Hasta donde?
 - ▶ Recomendaciones
 - ▶ Pérdida Indeterminada
- ▶ Eficacia
- ▶ Puntos Importantes.-



Bagazo

- ▶ Residuo fibroso del proceso de extracción de jugo de la caña de azúcar.
- ▶ Compuesto aproximadamente de:
 - ▶ Agua ($\approx 50.0\%$).
 - ▶ Sólidos solubles ($\approx 2.4\%$).
 - ▶ Cenizas ($\approx 2.0\%$).
 - ▶ Fibra vegetal ($\approx 45.6\%$).
 - ▶ Celulosa ($\approx 47.9\%$)
 - ▶ Hemicelulosa ($\approx 28.1\%$)
 - ▶ Lignina ($\approx 24.0\%$).
- ▶ Poder calorífico bajo $2.07 \text{ MWh/t}_{\text{Bagazo}}$ -



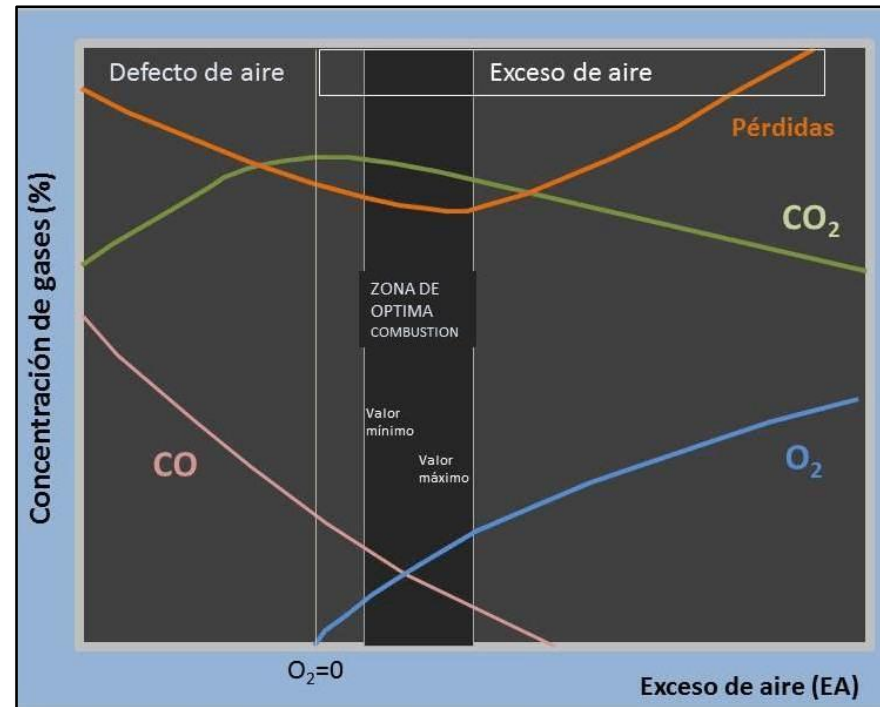
Generación de Vapor

- ▶ Eficiencia de la caldera
 - ▶ Muy buena: 88%/LHV (\approx 70%/HHV).
 - ▶ Normal: 85%/LHV
 - ▶ Comunes: 65-75%/LHV.
- ▶ Producción (@ eficiencia normal y purga de 2%):
 - ▶ 15 Bar(a)/250° C: $2.58 \text{ kg}_{\text{Vapor}}/\text{kg}_{\text{Bagazo}}$
 - ▶ 62 Bar(a)/480° C: $2.18 \text{ kg}_{\text{Vapor}}/\text{kg}_{\text{Bagazo}}$
 - ▶ 83 Bar(a)/540° C: $2.09 \text{ kg}_{\text{Vapor}}/\text{kg}_{\text{Bagazo}}$
 - ▶ 100 Bar(a)/540° C: $2.09 \text{ kg}_{\text{Vapor}}/\text{kg}_{\text{Bagazo}}$
- ▶ Energía útil: $1.76 \text{ MWh}/\text{t}_{\text{Bagazo}}$ -



Generación de Vapor

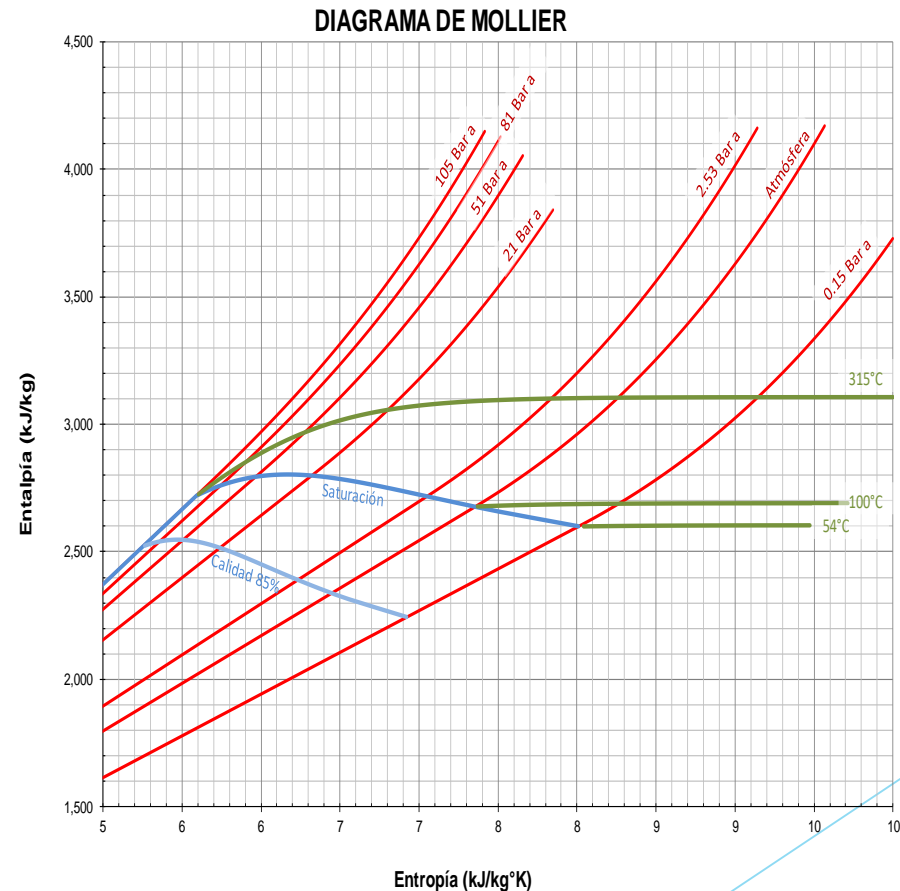
- ▶ Puntos a controlar:
 - ▶ Análisis de gases (atención al contenido de CO y exceso de aire),
 - ▶ Temperatura de gases de chimenea (lo mínimo antes del punto de rocío),
 - ▶ Bagazo no quemado en cenizas,
 - ▶ Pérdidas en aislamientos,
 - ▶ Sistemas de limpieza de gases,
 - ▶ Temperatura de las cenizas
 - ▶ Purga de agua para tratamiento químico,
 - ▶ Limpieza de tubos de la caldera y la parrilla (balance con el vapor usado),
 - ▶ Temperatura del hogar (para controlar óptimo en exceso de aire).-



Muñoz, Mario. Cengicaña, 2012.

Generación Eléctrica

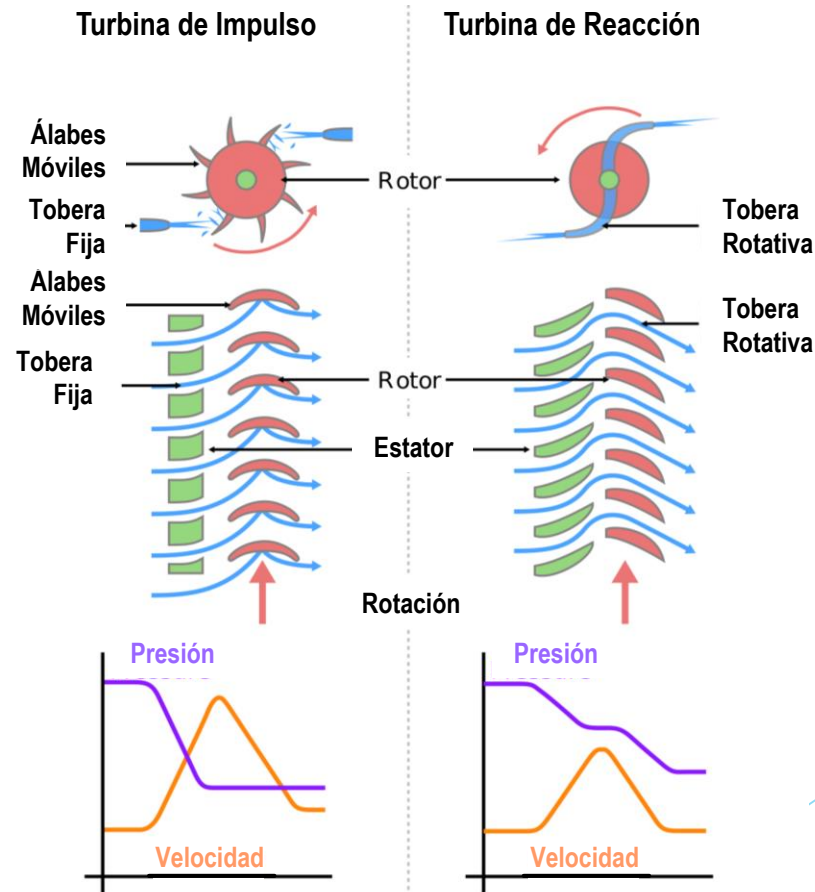
- ▶ Eficiencia de la máquina (ciclo para producir vapor de escape):
 - ▶ Muy buena: 90%.
 - ▶ Buena: 87%.
 - ▶ Comunes: 60-80%.
- ▶ Producción (@ eficiencia buena; para vapor cercano a saturación):
 - ▶ 15 Bar(a)/250 °C (59.5% Ef.): 0.145 MWh/t_{Bagazo}
 - ▶ 62 Bar(a)/480 °C (86.2% Ef.): 0.385 MWh/t_{Bagazo}
 - ▶ 83 Bar(a)/540 °C (87% Ef.): 0.427 MWh/t_{Bagazo}
 - ▶ 100 Bar(a)/540 °C (84.9% Ef.): 0.430 MWh/t_{Bagazo}
- ▶ Si fuera condensación sin extracciones, con 11% de humedad en el escape de 0.15 Bar(a):
 - ▶ 100 Bar(a)/540 °C (84.9% Ef.): 0.643 MWh/t_{Bagazo}



Generación Eléctrica

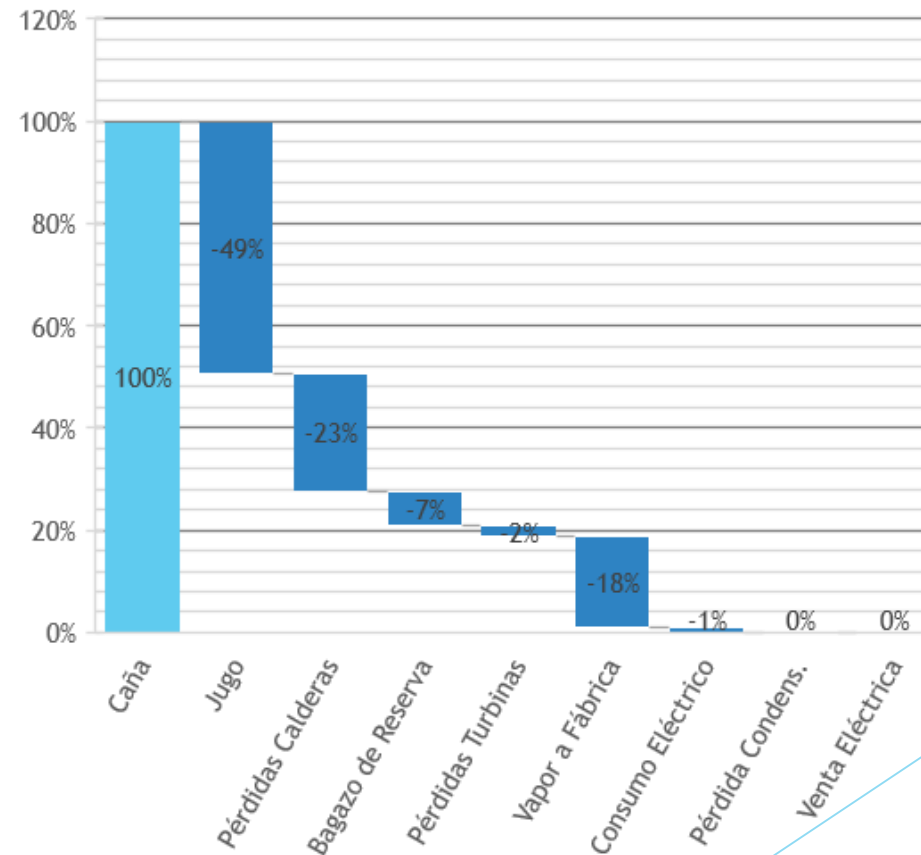
▶ Puntos a controlar

- ▶ Mantener las condiciones de vapor de diseño de la turbina, en su alimentación.
- ▶ Mantener las condiciones de escape de diseño a la salida.
- ▶ Tratamiento de agua de la caldera.
- ▶ Eficiencia de los separadores de arrastre en el domo.
- ▶ Mantenimiento y ajuste mecánico de las turbinas.
- ▶ Control de condiciones de temperatura del generador.
- ▶ Protección adecuada del equipo ante disturbios y fallas (vibraciones, disparos, lubricación, eventos eléctricos, etc.).-



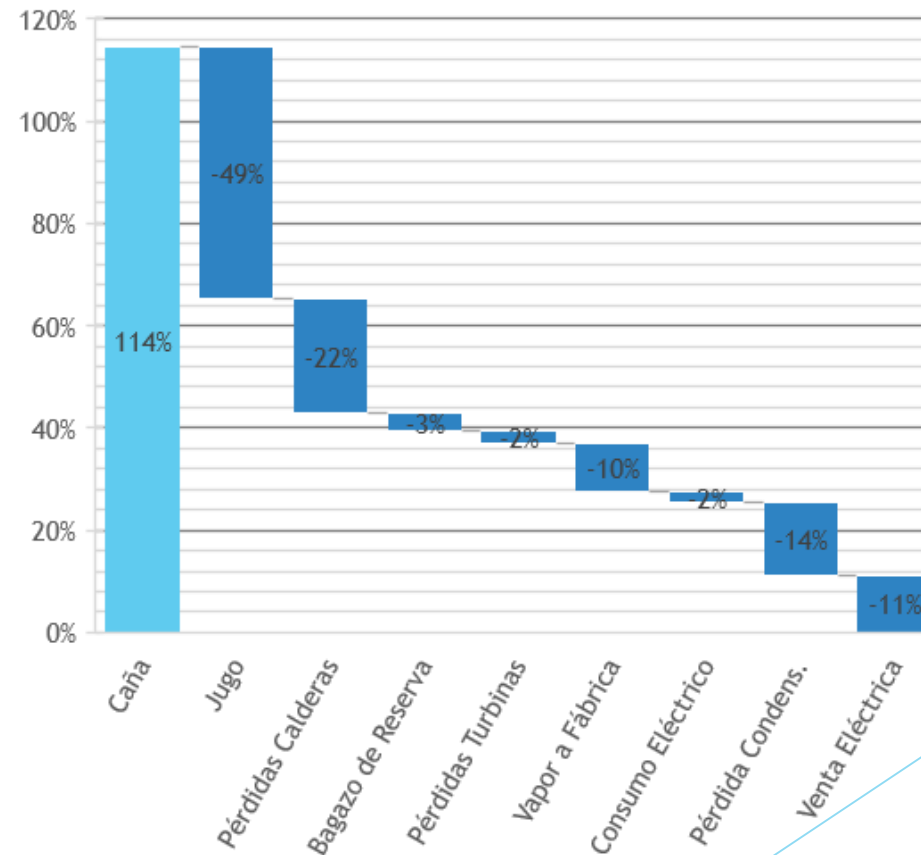
Uso en Fábrica, ¿hasta dónde?

- ▶ Todo lo que se consume para proceso, no se venderá (energía térmica y eléctrica).
- ▶ Seguimiento del uso de vapor en fábrica ($\text{kg}_{\text{Vapor}}/\text{t}_{\text{Caña}}$ ó %/caña).
- ▶ Alcanzable, sin tecnologías muy sofisticadas, 34%.
- ▶ No perder de vista a los fabricantes de azúcar de remolacha (logran 18% incluyendo secado de la remolacha ya extraída).
- ▶ Rentabilidad en función del precio de la energía, el azúcar y otros productos.
- ▶ Considerar los costos en recuperación de azúcar (el problema de dos negocios en uno).
- ▶ El agua que agreguemos en el proceso de azúcar, va en contra de la venta de energía (toca balancear).



Uso en Fábrica, recomendaciones

- ▶ Evaluar la rentabilidad de la cantidad de agua de imbibición y el agua en filtros de cachaza.
- ▶ Dar seguimiento a la calidad de la clarificación de jugo (y meladura si se usa).
- ▶ Verificar el método con el que estamos consiguiendo la calidad del azúcar (agua en centrífugas).
- ▶ Medir y validar la cantidad de agua usada en los tachos para desarrollar las templeas.
- ▶ Mejorar las eficiencias de recirculaciones (jugo filtrado por ejemplo) y agua usada para dissolver (polvillo, terrones, etc.).
- ▶ No usar regulaciones de presión dentro del evaporador (o limitar su uso tanto como sea posible).
- ▶ Atender de cerca la limpieza de los intercambiadores de calor.
- ▶ Evaluar opciones para mejorar la limpieza de la caña.-



Pérdidas “Indeterminadas”

- ▶ Aquí también hay “fantasmas”.
- ▶ Pérdidas de presión por flujo en tuberías (no solo en agua a la caldera y vapor producido por esta).
- ▶ Fugas de agua caliente o vapor.
- ▶ Aislamientos térmicos deficientes o no apropiados.
- ▶ Equipos calculados inadecuadamente (bombas, intercambiadores de calor, motores eléctricos, etc.).
- ▶ Inestabilidad de proceso.
- ▶ Problemas de clarificación.
- ▶ Mejorar condiciones para no salir de los puntos de diseño.
- ▶ Manejo de extracciones del evaporador.
- ▶ Limitar el uso de turbinas pequeñas.-



Eficacia

- ▶ Es conseguir el resultado; lograr los objetivos; cumplimiento.
- ▶ Hacer las cosas correctas.
- ▶ Una cogeneración eficaz, es un trabajo de equipo; la ingeniería del conjunto es muy importante.
- ▶ El trabajo de equipo requiere confianza e interdependencia; en este caso hay restricciones adicionales por tener dos productos asociados a un mismo proceso.
- ▶ Se requiere atención a los detalles de diseño y operación.
- ▶ Usar automatización “inteligente” con más parámetros para tomar mejores decisiones.
- ▶ Buscar siempre mediciones y cálculos apegados a la realidad (exactas).-

La eficiencia es
hacer las cosas
bien; la eficacia
es hacer las
cosas correctas.

Peter Drucker

Puntos Importantes

- ▶ La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Si algo entra y no sale, está en algún punto. Precaución con las explicaciones mágicas.
- ▶ El cuidado de los detalles, hace una gran diferencia. Es peligroso cuando empieza a verse que no se les da importancia.
- ▶ Siempre es posible mejorar (y no siempre es demasiado costoso).
- ▶ Cuando un problema existe, si no se atiende, siempre crece.-

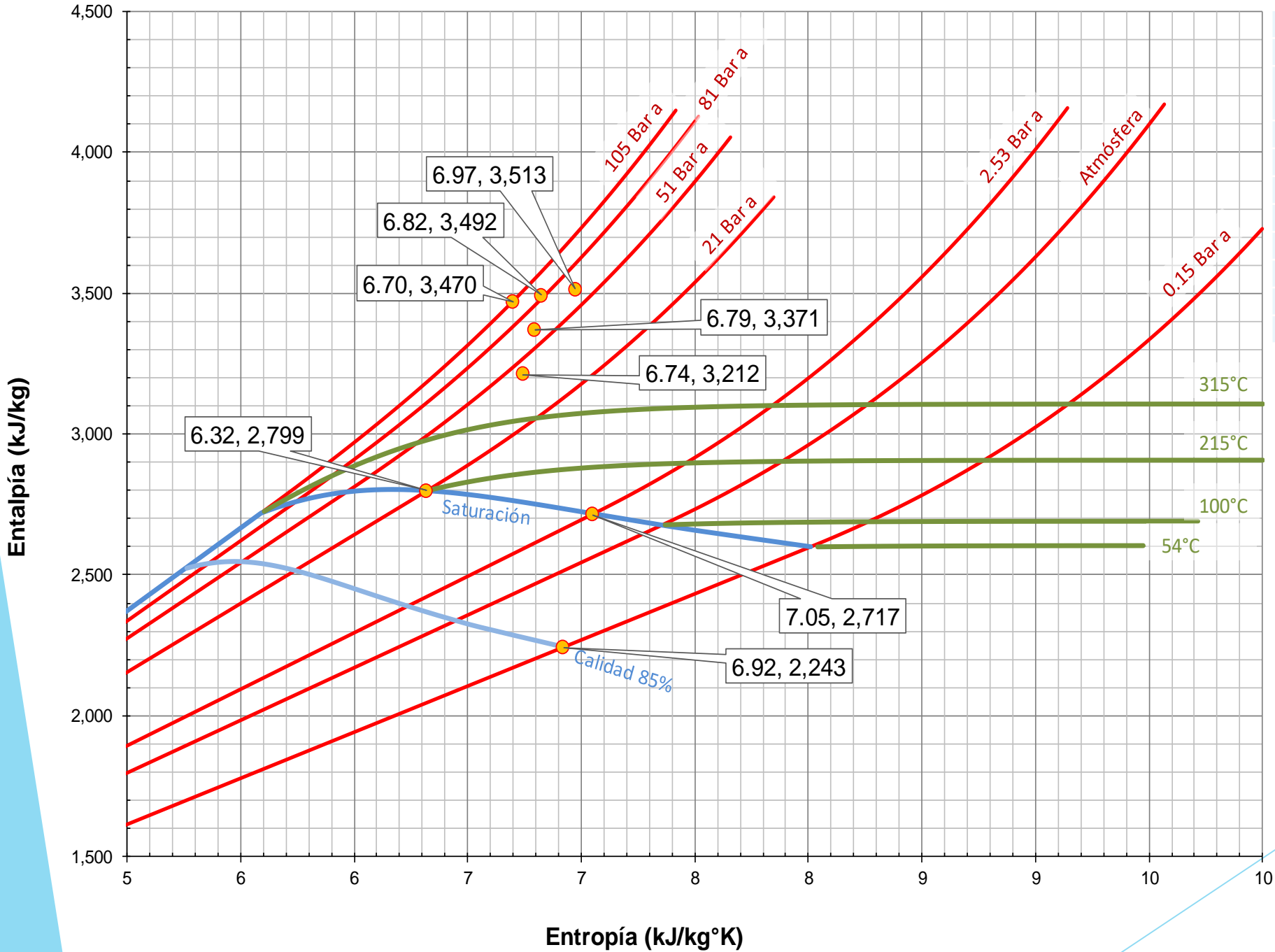


¿Preguntas?



Gracias...

DIAGRAMA DE MOLLIER



Puntos de Operación						
	P		T	s	h	
	(psi g)	(Bar g)	(Bar a)	(°C)	(kJ/kg °K)	(kJ/kg)
1	-12.5	-0.9	0.2	54	6.92	2,243
2	21.8	1.5	2.5	128	7.05	2,717
3	290	20.0	21.0	215	6.32	2,799
4	600	41.4	42.4	400	6.74	3,212
5	900	62.1	63.1	480	6.79	3,371
6	900	62.1	63.1	540	6.97	3,513
7	1,200	82.7	83.8	540	6.82	3,492
8	1,500	103.4	104.4	540	6.70	3,470

ANÁLISIS DE GASES EN FUNCIÓN DE EXCESO DE AIRE

