



UNION FENOSA

Efecto de la Calidad del Gas en las Centrales de Ciclo Combinado

Carlos Bernardo Torres

18 de Mayo de 2007



UNION FENOSA

INDICE

○ Introducción

○ NOM-001-SECRE-2003

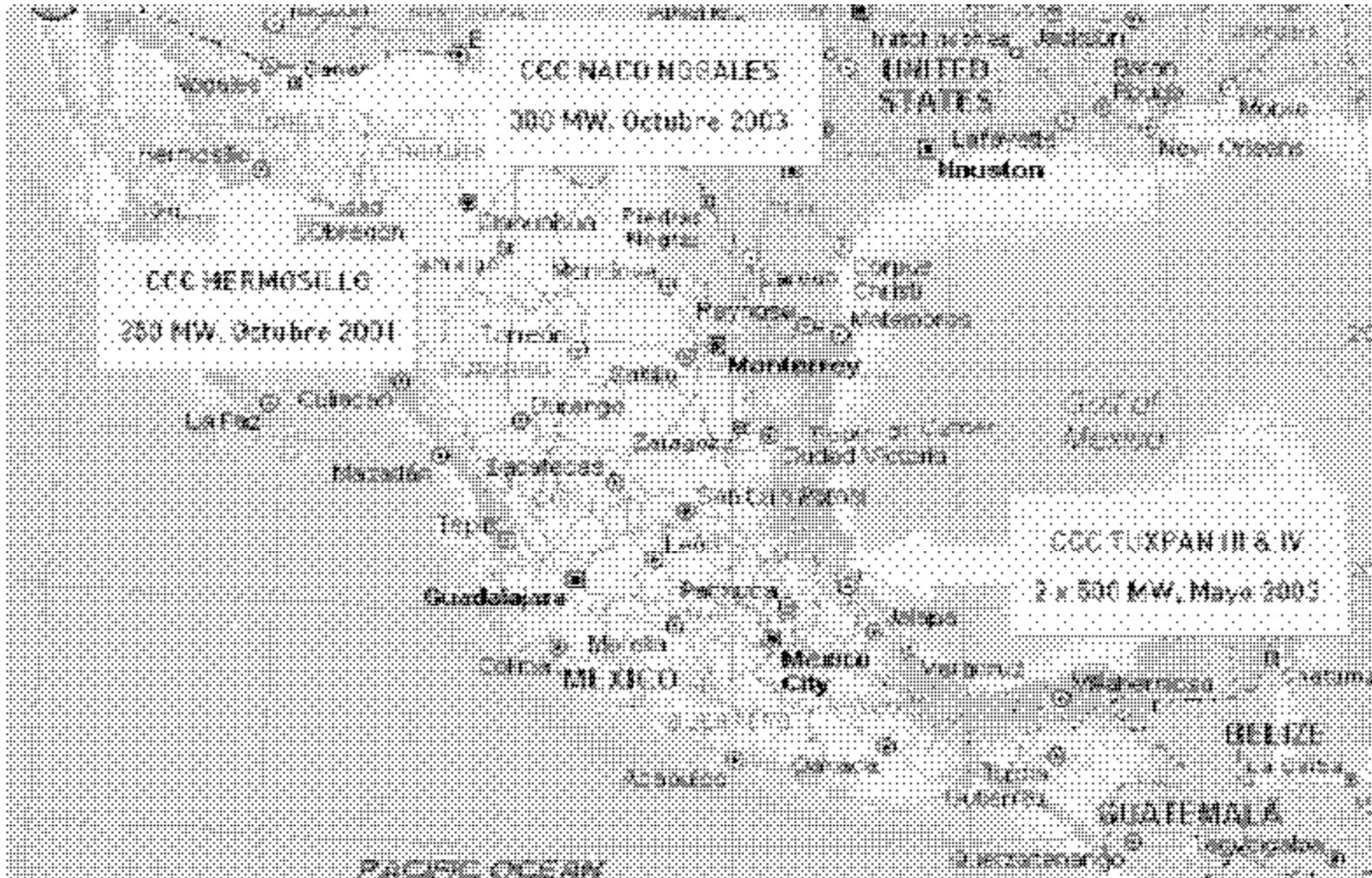
○ Quemadores
Convencionales y de Bajo NOx

○ Especificaciones de las Turbinas
de Gas

○ Efectos de la calidad del
Gas

○ Conclusiones

Centrales de UF de Ciclo Combinado en México



Efectos de la Calidad del Gas en CCC

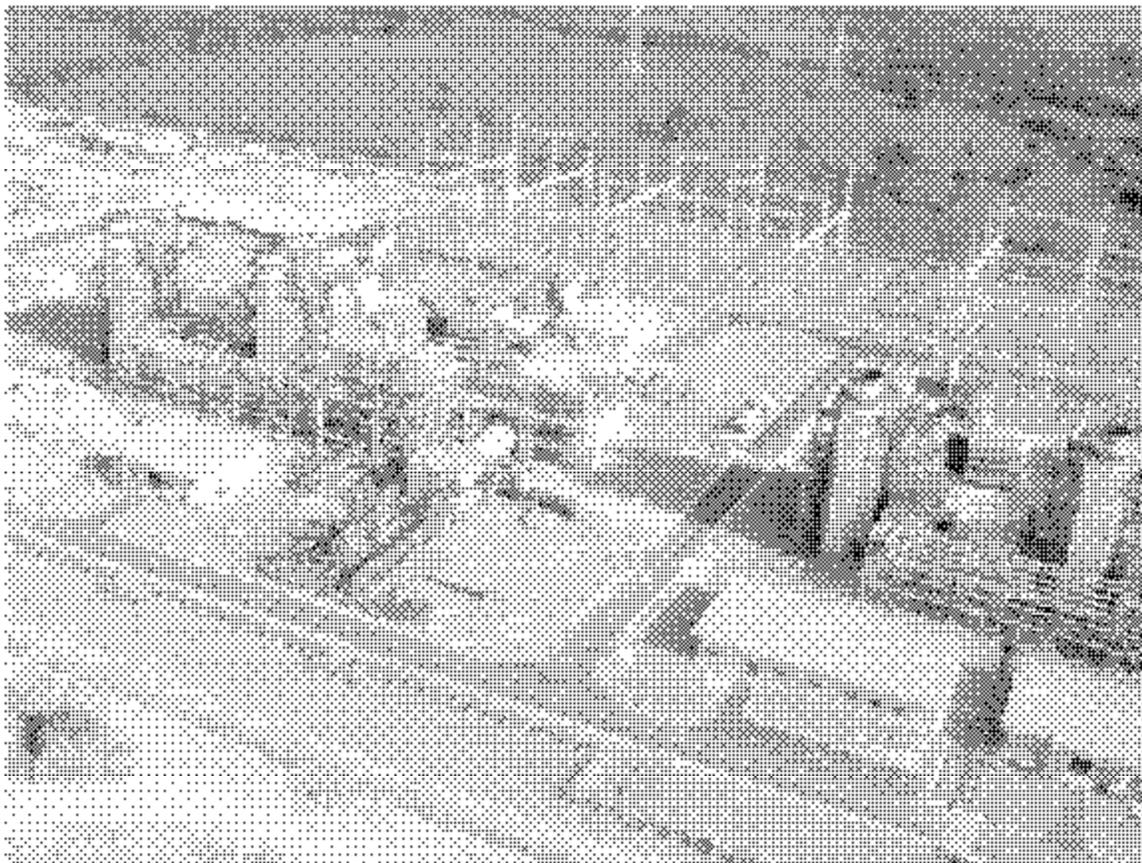
C.C.C. HERMOSILLO - Estado de Sonora - México



Potencia Neta:	280 MW
Combustible:	GN / diesel
Entrada en operación:	01/10/01
Tecnología:	ALSTOM
Modelo:	GT-248
Consumo específico:	6.602 kJ/kWh
Configuración:	1 TG, 1TV, 1G

Efectos de la Calidad del Gas en CCC

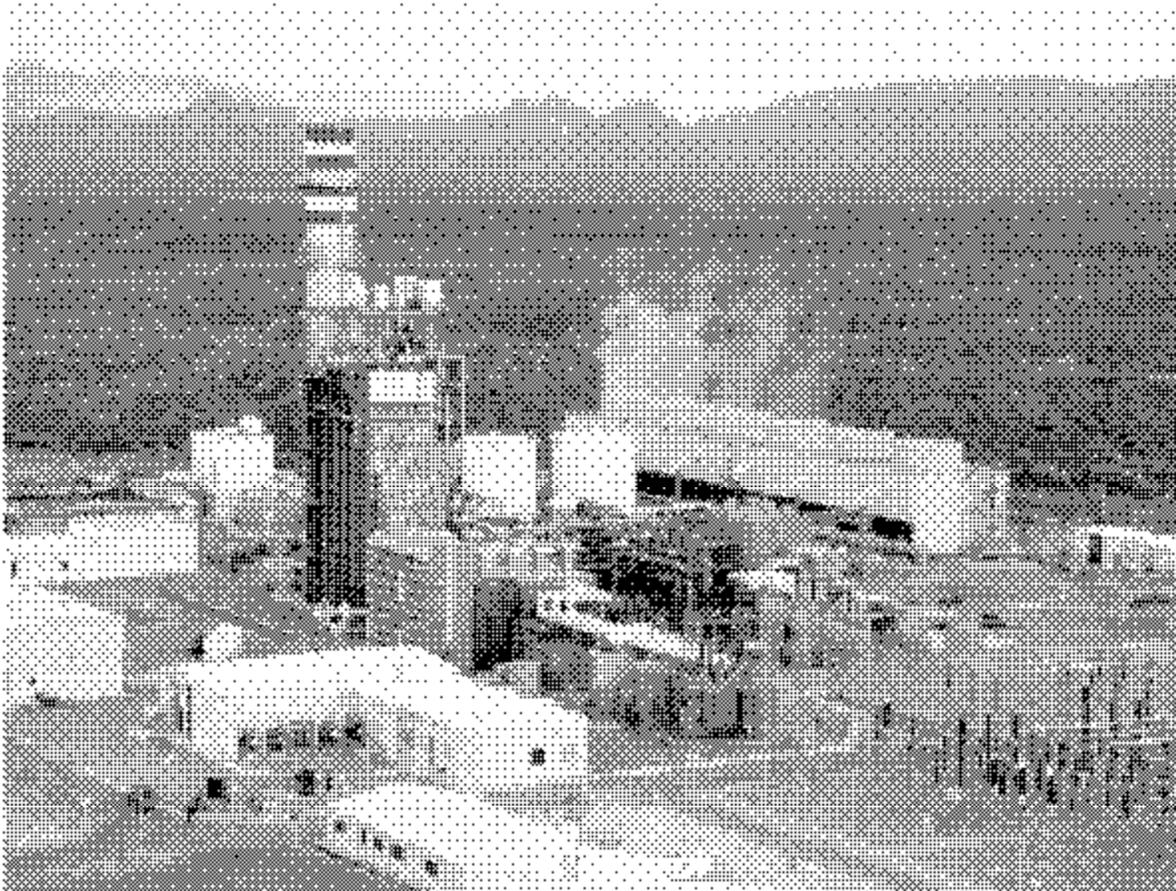
C.C.C.TUXPAN - Estado de Veracruz - México



Potencia Neta:	1,000 MW
Combustible:	GN
Entrada en Op:	23/05/03
Tecnología:	Mitsubishi
Modelo:	501-F
Consumo Esp:	6,537 kJ/kWh
Configuración:	2x {2 TG, 1TV, 3 G}

Efectos de la Calidad del Gas en CCC

C.C.C.NACO NOGALES - Estado de Sonora - México



Potencia Neta:	300 MW
Combustible:	GN
Entrada en Op:	04/10/03
Tecnología:	SW
Modelo:	501-B
Consumo Esp:	6.373 kJ/kWh
Configuración:	1 TG, 1TV, 2G

Tabla 1. Propiedades del gas natural

Propiedad	Unidades	Especificación			
		Mínimo	Máximo	Máximo Dic./2005	Máximo Dic./2007
Oxígeno	% Vol.	---	0,2		
Inertes					
Nitrógeno (N ₂)	% Vol.	---	5,0		
Bióxido de Carbono (CO ₂)	% Vol.	---	3,0		
Total de Inertes	% Vol.	---	5,0		
Contenido de licuables a partir del propano (C ₃ +)	l/m ³	---	0,059	0,050	0,045
O bien, temperatura de rocío de hidrocarburos de 1 a 8000 kPa	K (°C)		271,15 (-2)		
Humedad (H ₂ O)	mg/m ³	---	112		
Poder calorífico superior	MJ/m ³	35,42	41,53		
Índice Wobbe	MJ/m ³	45,8	50,6		
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	mg/m ³	---	6,1		
Azufre total (S)	mg/m ³	---	150,0		
Material sólido	---	Libre de polvos, gomas y cualquier sólido que pueda ocasionar problemas en los ductos y sus instalaciones. Así como en cantidades que provoquen deterioro en los materiales que normalmente se encuentran en dichas instalaciones y que afecten su utilización.			
Líquidos	---	Libre de agua, aceite e hidrocarburos líquidos.			

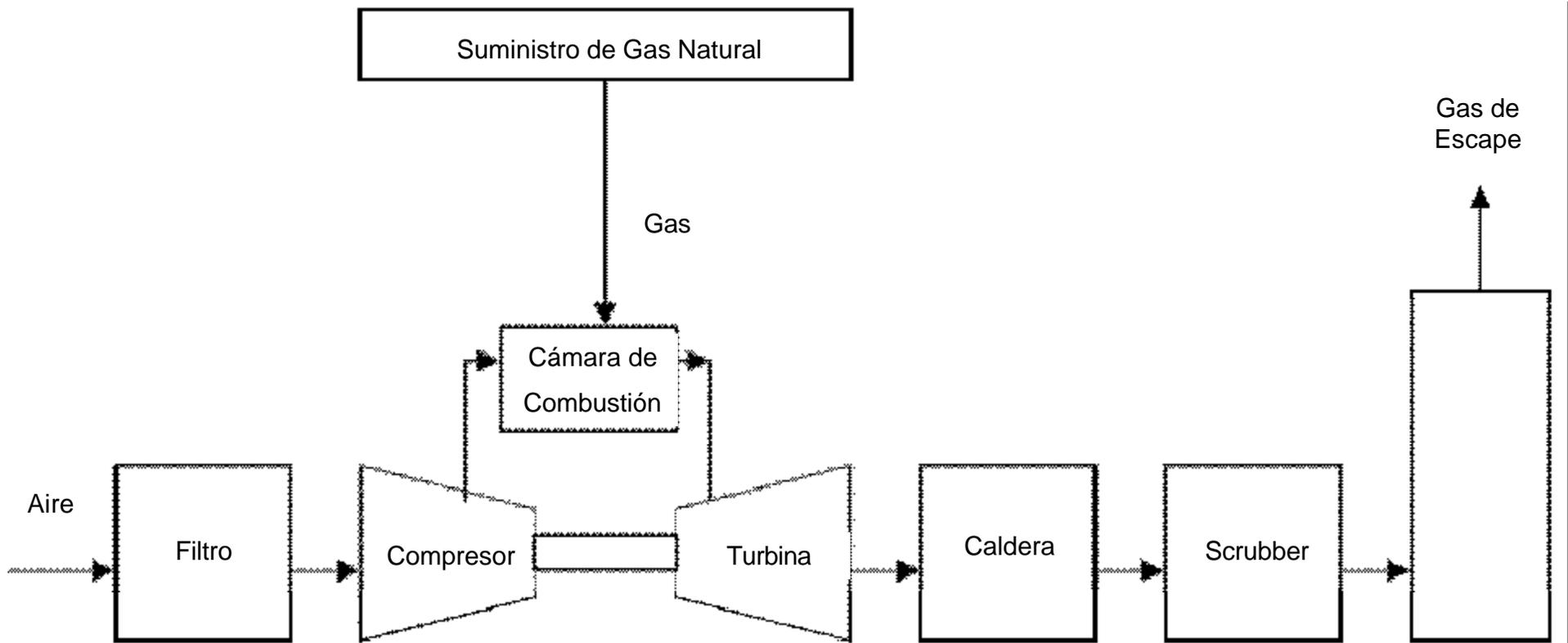
Especificaciones del gas natural

Determinación de	Método	Unidades	Especificación	
			Mínimo	Máximo
Poder calorífico bruto en base seca	ASTM D-1826	MJ/m ³	35.42	---
Acido sulfhídrico (H ₂ S)	ASTM D-4468	mg/m ³ ppm	---	6.1 4.4
Azufre total (S)	ASTM D-4468	mg/m ³ ppm	---	258 200
Humedad (H ₂ O)	ASTM D-1142 Higrómetro	mg/m ³	---	112
Nitrógeno (N ₂) + Bióxido de carbono (CO ₂)	ASTM D-1945	% Vol	---	3
Contenido de licuables a partir del propano	ASTM D-1945	l/m ³	---	0.059
Temperatura	---	K	---	323
Oxígeno	ASTM D-1945	% Vol	---	0.5
Material sólido	---	---	Libre de polvos, gomas y de cualquier sólido que pueda ocasionar problemas en la tubería	
Líquidos	---	---	Libre de agua y de hidrocarburos líquidos	
Microbiológicos	---	---	Libre	

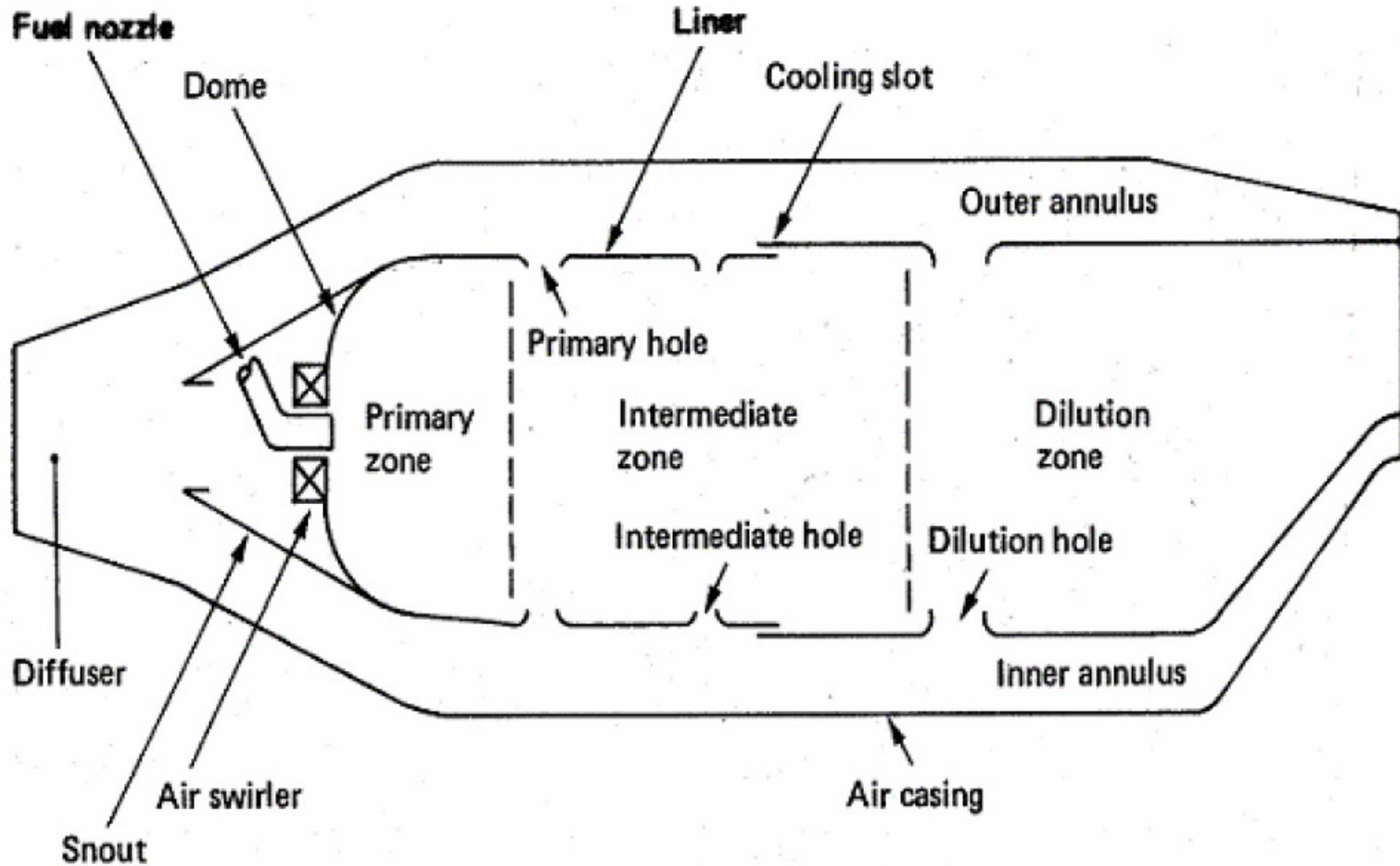
Composición del LNG dependiendo del Origen

ORIGIN	N ₂ Nitrogen	CH ₄ Methane	C ₂ H ₆ Ethane	C ₃ H ₈ Propane	iC ₄ H ₁₀ Iso-butane	nC ₄ H ₁₀ n-Butane	iC ₅ H ₁₂ Iso-pentane	nC ₅ H ₁₂ n-Pentane	LHV Btu/Gcf
Trinidad	0.01	96.73	3.40	0.59	0.04	0.03	0.00	0.00	1045.09
Algeria	0.32	89.57	8.61	1.18	0.13	0.18	0.01	0.00	1102.30
Indonesia	0.03	90.75	6.41	2.38	0.50	0.51	0.02	0.00	1118.00
Nigeria	0.05	90.48	5.05	2.95	0.58	0.87	0.02	0.00	1125.75
Qatar	0.09	89.18	7.07	2.50	0.46	0.69	0.01	0.00	1127.19
Abu Dhabi	0.13	85.82	12.57	1.33	0.06	0.08	0.00	0.00	1133.88
Malaysia	0.01	87.63	6.88	3.98	0.84	0.66	0.00	0.00	1155.70
Australia	0.30	86.71	9.04	3.60	0.42	0.52	0.01	0.00	1161.79
Oman	0.09	86.52	8.31	3.32	0.85	0.85	0.06	0.00	1162.33

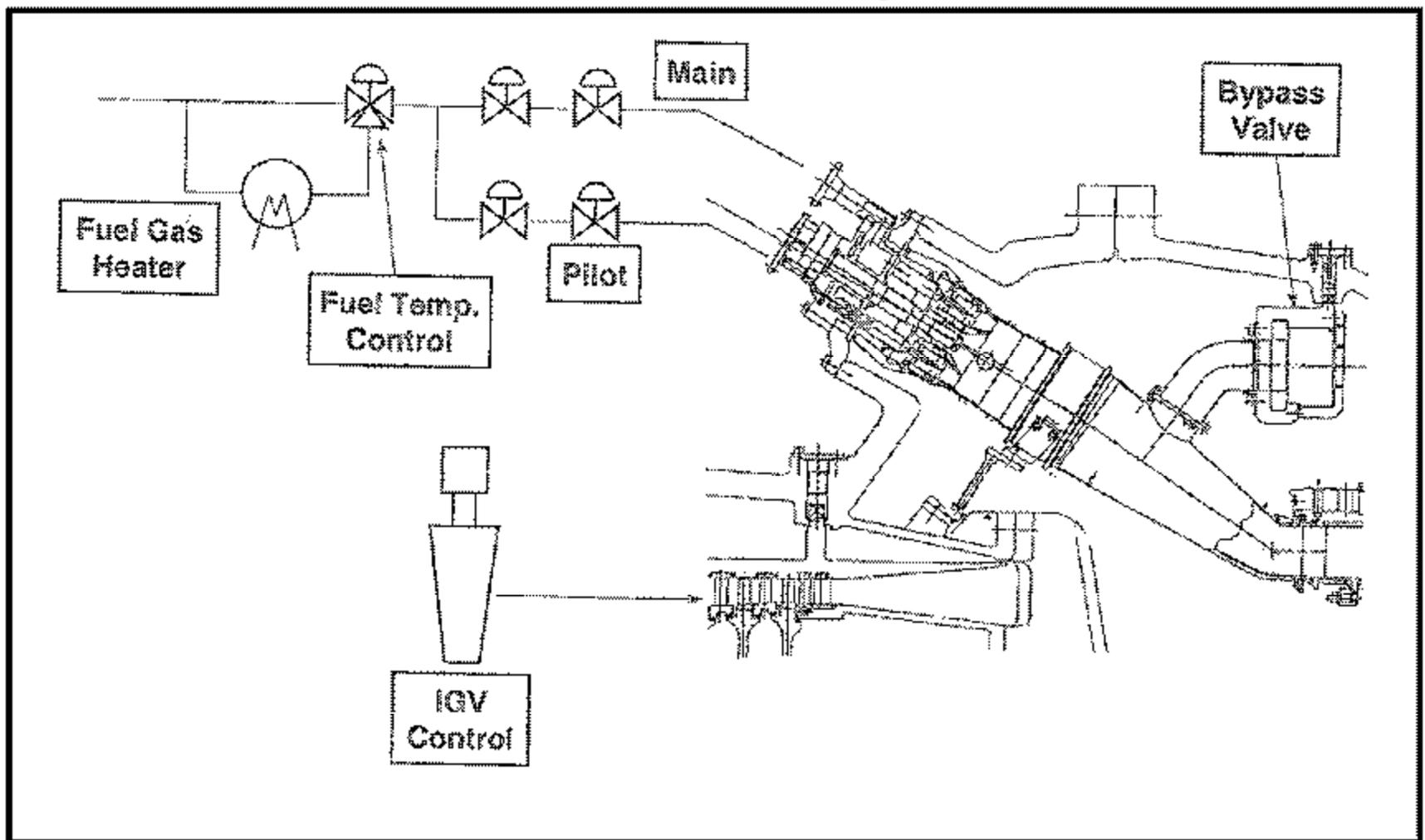
Arreglo de la Turbina de Gas



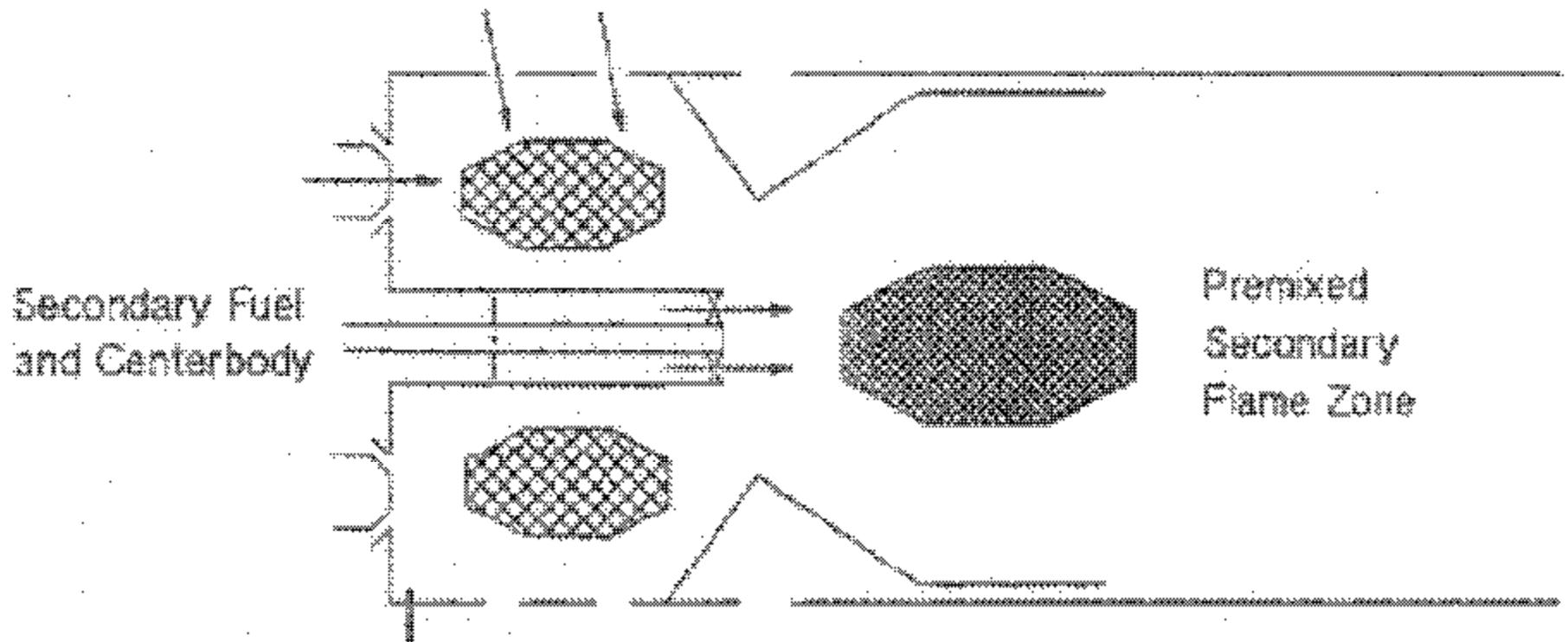
Quemador Convencional



Quemador de Bajo NOx



Quemador de Bajo NOx



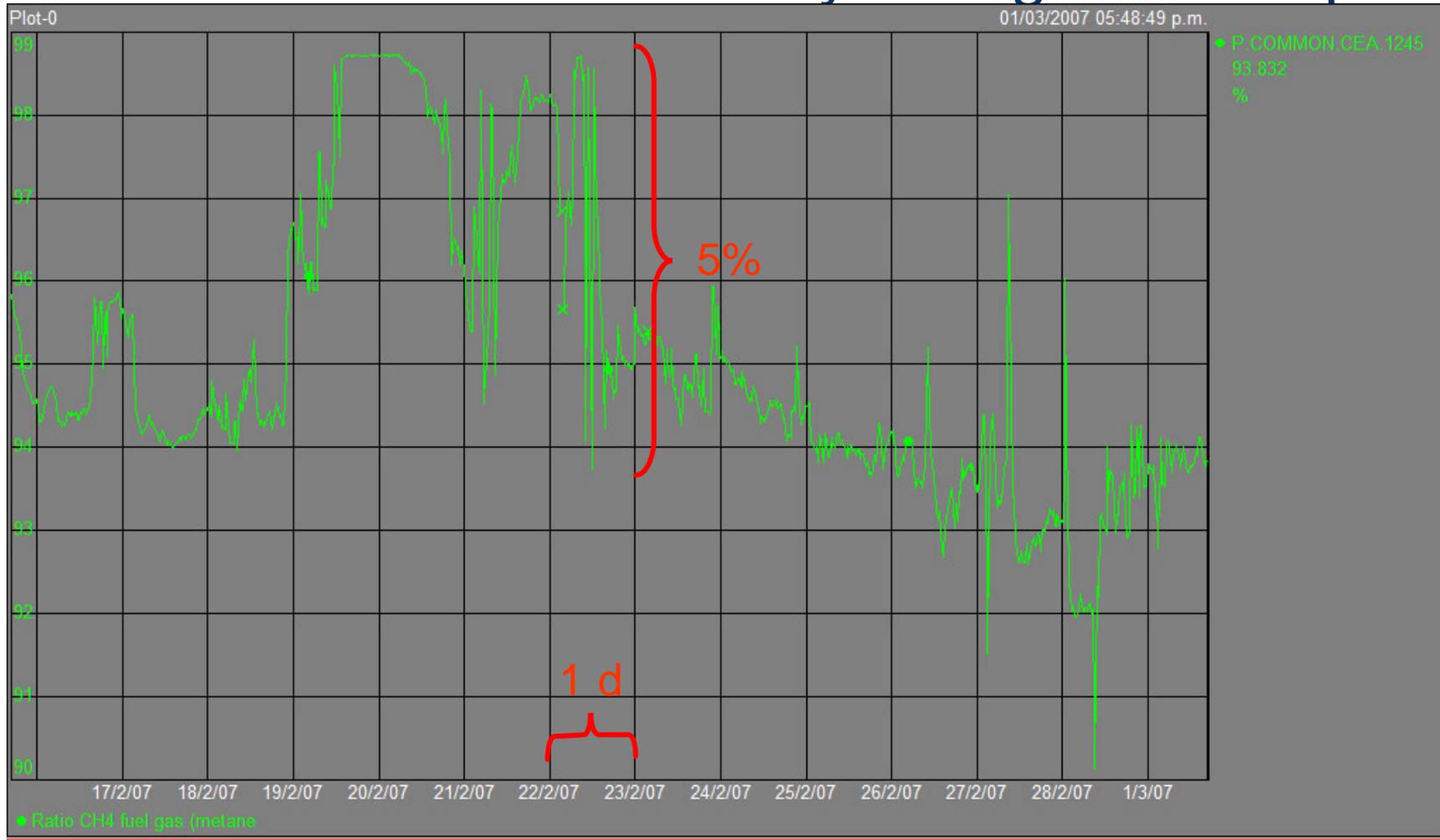
Especificaciones de la Turbina de Gas de Mitsubishi

Propiedades	Unidad	Mínimo	Máximo
Metano	Mol%	89.242	97.473
Etano	Mol%	7.393	1.331
Propano	Mol%	1.20	0.16
I Butano	Mol%	0.114	0.062
N Butano	Mol%	0.201	0.034
I Pentano	Mol%	0.043	0.021
N Pentano	Mol%	0.036	0.014
Hexano	Mol%	0.033	0.052
Nitrógeno	Mol%	1.005	0.098
Dióxido de Carbono	Mol%	0.813	0.755
Presión Mínima	barg	39.2	
Poder Calorífico Inferior	(kJ/kg)	48,490	49,705
Poder Calorífico Superior	(kJ/kg)	53,824	55,172.5
Gravedad Específica		0.621	0.574

Nivel de Metano en Fuerza y Energía de Tuxpan



Nivel de Metano en Fuerza y Energía de Tuxpan



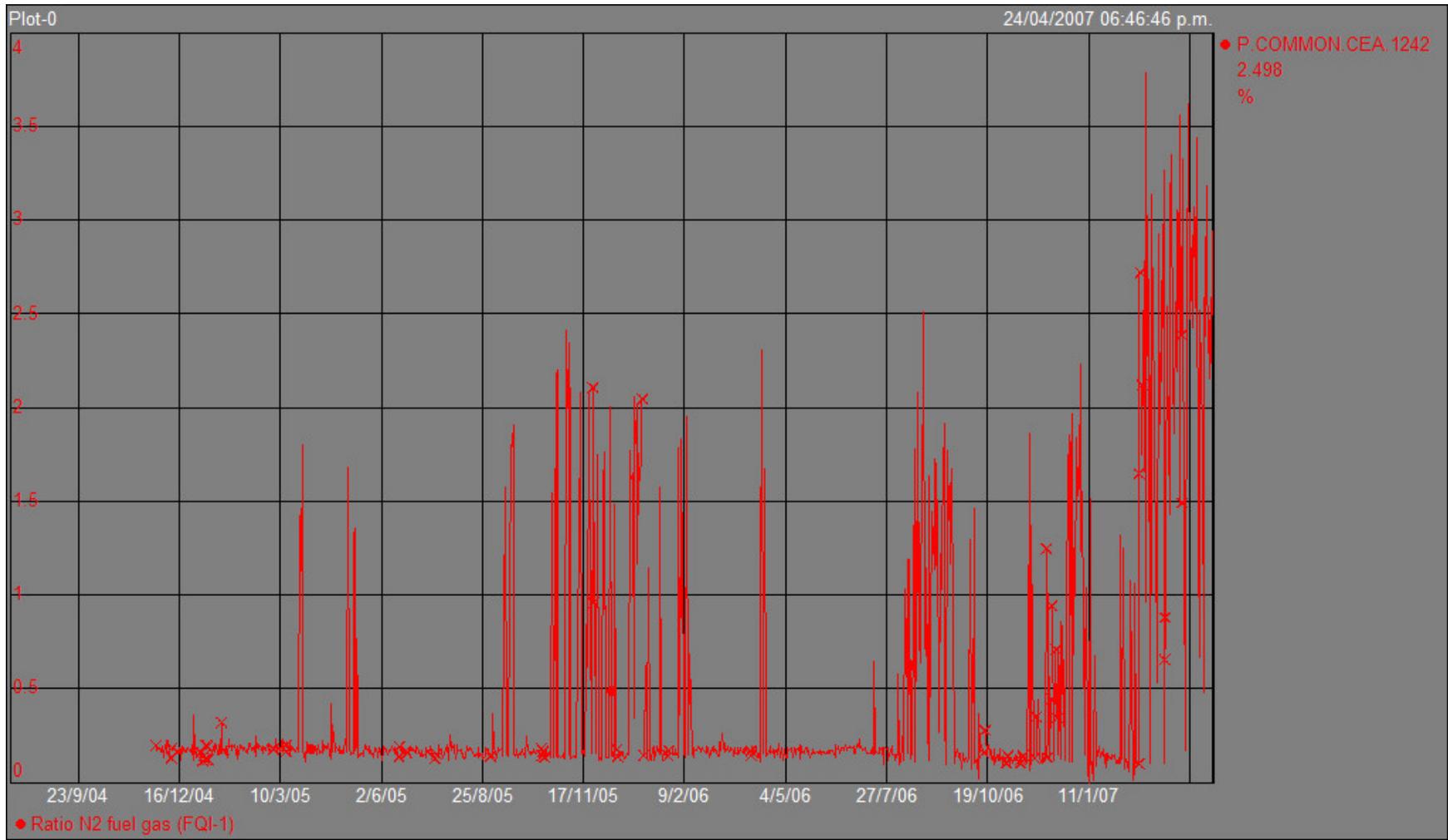
Efectos del Metano

- **NOM no establece un límite máximo** de Metano
- Turbinas actuales están **diseñadas** para soportar **variaciones de $\pm 2\%$** en porcentaje de Metano
- **Inestabilidad de combustión** (oscilaciones en la presión de combustión) ? **desgaste** en sistema de abastecimiento de combustible, preescaldor, la cámara de combustión y la turbina
- Inestabilidad en la combustión puede ocasionar **alarmas o disparos**
- **Emisiones contaminantes** ? aumento de emisiones de NOx y CO se ve afectada

Efectos del Metano

- Combustores deben ser afinados (**Tunning**) **constantemente**
- Tunning = **ajuste de los flujos de gas y aire** para optimizar la operación y al mismo tiempo reducir las emisiones y la dinámica de combustión
- Tunning ? US\$50,000 y varios días.
- Mayor desgaste del equipo y menor eficiencia
- 85% de las turbinas fabricadas después de 1995 son de Bajo NOx

Nivel de Nitrógeno en Fuerza y Energía de Tuxpan



Efectos del Nitrógeno

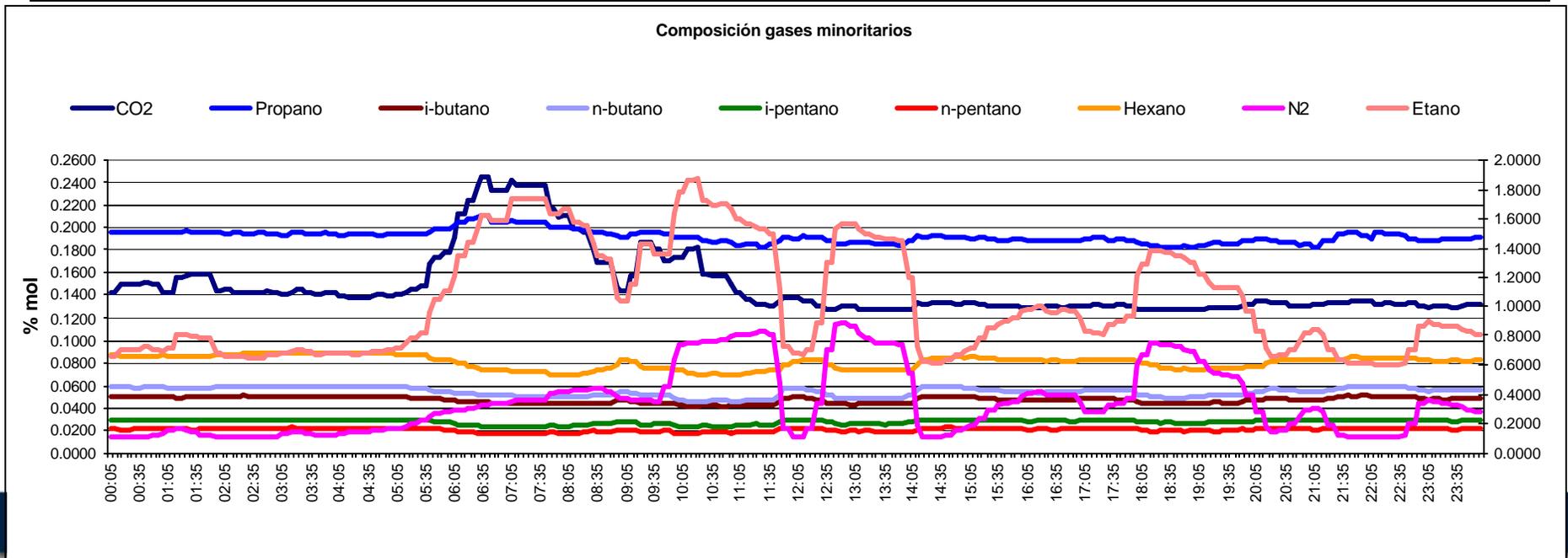
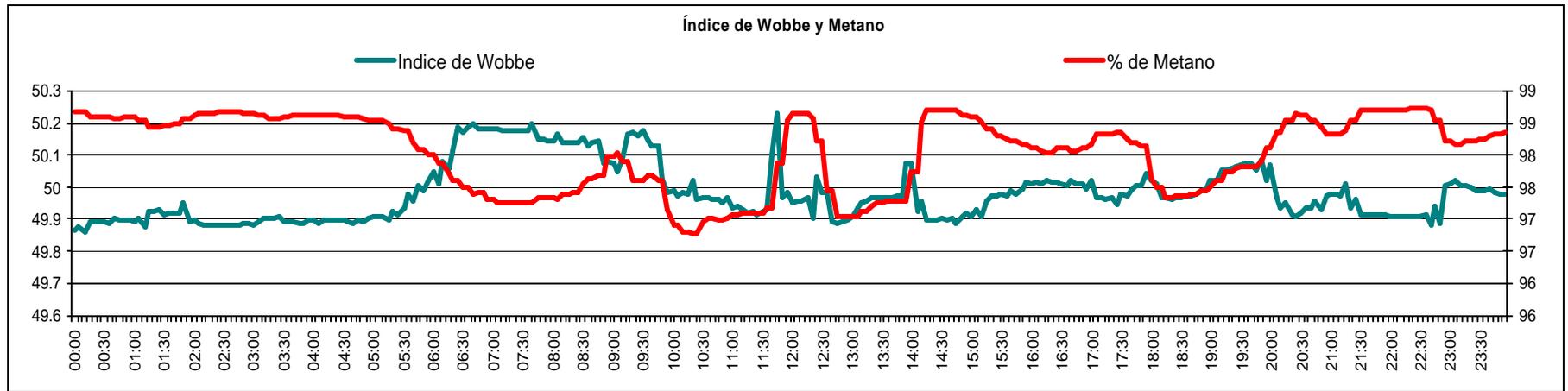
- Nivel de nitrógeno es **mayor al valor** establecido en las **especificaciones** de la turbina (1.005%)
- **Reducción en el Poder Calorífico**

Condensados

- Al reducir la presión del gas a 30 bar se están **generando condensados**
- **Gotas** pueden generar **microexplosiones** durante arranque (ya que el TCA-Cooler no está suficientemente caliente)
- Generan **corrosión en tubería** = pérdida de presión en filtros y se requiere limpieza más frecuentemente
- **Partículas** pueden **tapar quemadores** y erosionar álabes

Efectos de la Calidad del Gas en CCC

Índice de Wobbe



Índice de Wobbe

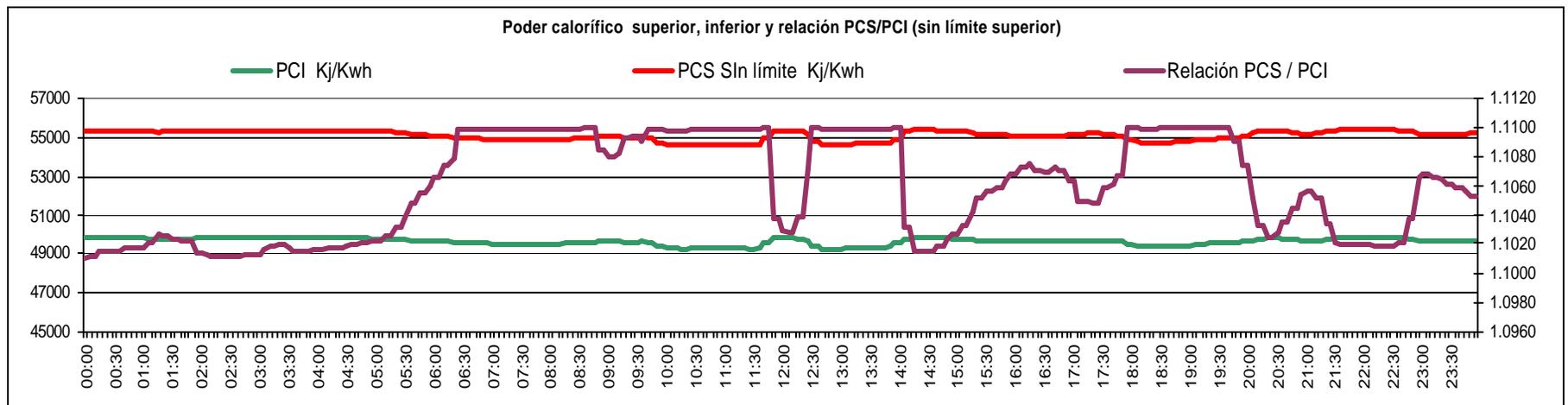
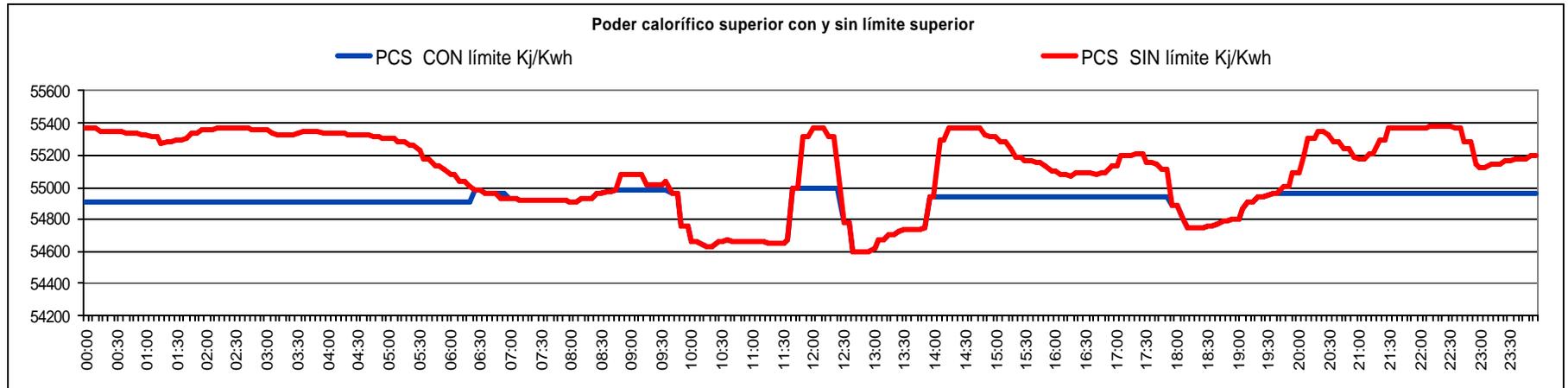
$$W_i = \frac{q_v}{\sqrt{\rho}}$$

q = poder calorífico

? = densidad del gas

- Define la intercambiabilidad de dos gases
- Es un parámetro adecuado para quemadores de difusión
- No sirve como referencia cuando se tienen quemadores de Bajo NOx
- Es necesario incluir otros factores para definir intercambiabilidad: Índice de Weaver (heat release, cambio en aire primario, Flashback, Lifting, Yellow Tip y combustión completa)

Poder Calorífico



Efectos del Poder Calorífico

- Se está rebasando el PCS establecido en las especificaciones de la turbina (55,172 kJ/kg)
- El modelo matemático toma un valor máximo de 55,000 kJ/kg
- Es necesario conciliar mensualmente ~ 15 valores de PCS/PCI
- PCS/PCI afecta el cargo por combustible

$$PG \text{ ? } \begin{matrix} dm \text{ ? } 24 \\ \text{?} \\ d?1 \text{ ?} h?1 \end{matrix} CTP_{gmdh} * \frac{PCS_{mdh}}{PCI_{mdh}} PPG_{md} \begin{matrix} ? \\ ? \\ ? \end{matrix}$$

Conclusiones

- Turbinas de combustión de Bajo NOx requieren gas estable
- Variaciones en el nivel de Metano y Nitrógeno están ocasionando problemas de estabilidad de combustión y problemas asociados a condensados.
- Inestabilidad pone en riesgo la Generación Eléctrica
- Se requiere un Índice adicional al Wobbe para definir la intercambiabilidad del gas para las turbinas con quemadores de Bajo NOx

Gracias por su atención

ctorresd@unionfenosa.com.mx