



# Methane to Markets

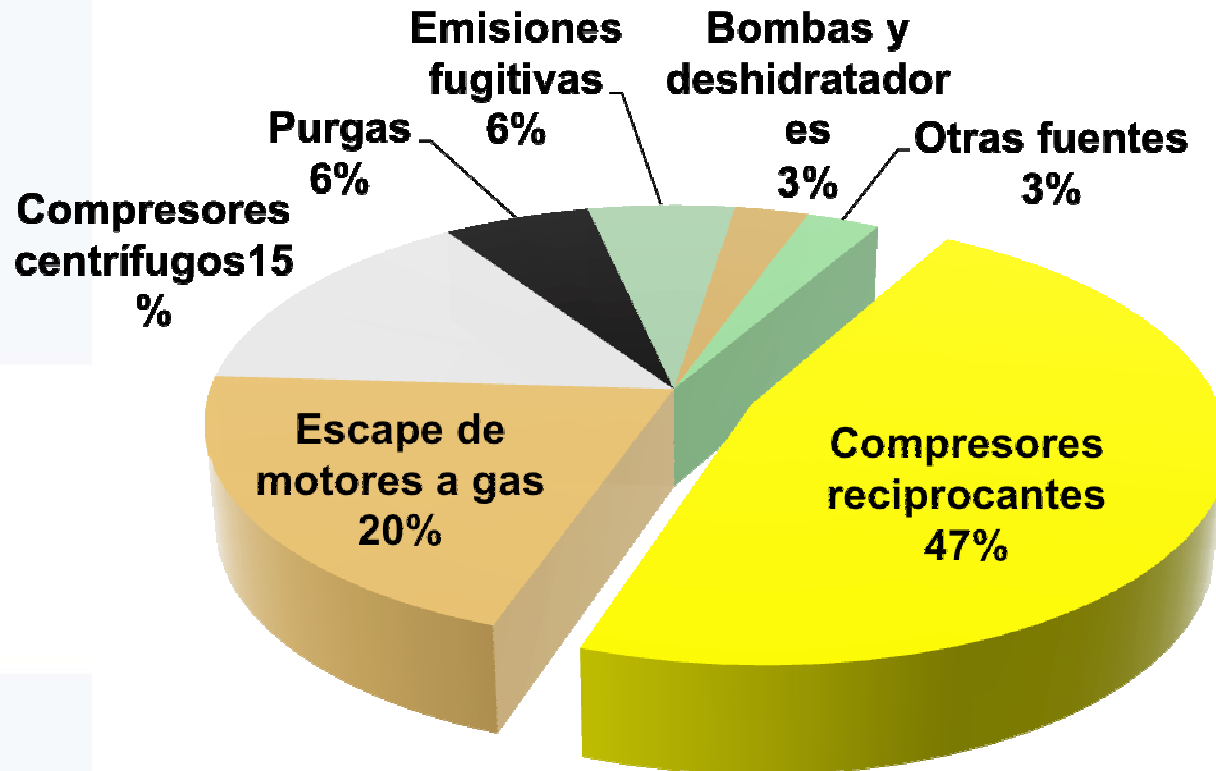
---

Reducción de Emisiones de Metano en  
Compresores: Reemplazo Económico del  
Empaque del Vástago

Taller de Transferencia de Tecnología  
IAPG & US EPA

Noviembre 5, 2008  
Buenos Aires, Argentina

# Emisiones de Metano del Sector Procesamiento en EUA

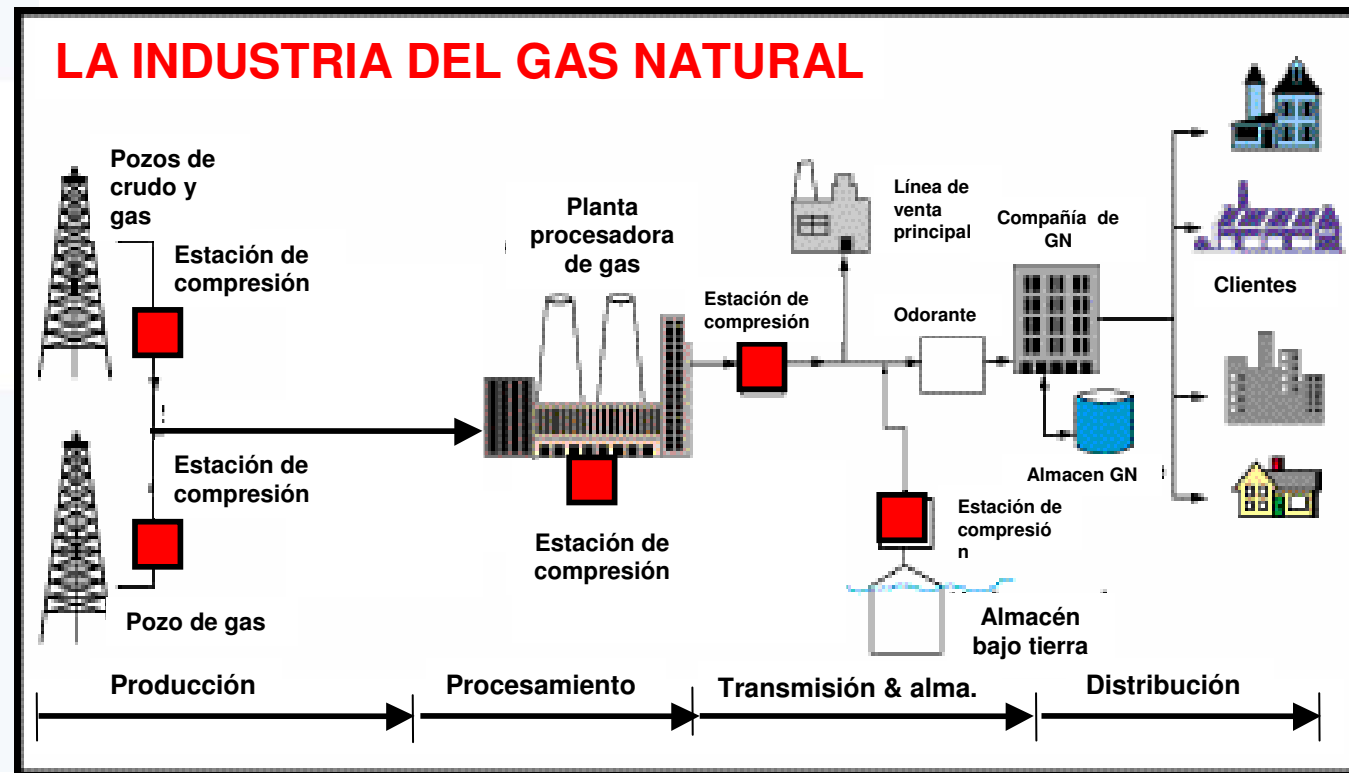


EPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990 – 2006*. Abril de 2008. Disponible en la red en: [epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html](http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html)

Nota: Las reducciones de las operaciones de exploración y compresión de Natural Gas STAR se reflejan en el sector productivo.

# Emisiones de Metano en Compresores, ¿Cuál Es el Problema?

- Se estima que las emisiones de metano de los compresores en la industria del gas natural contribuyen con alrededor de un cuarto de todas las emisiones de metano de la industria



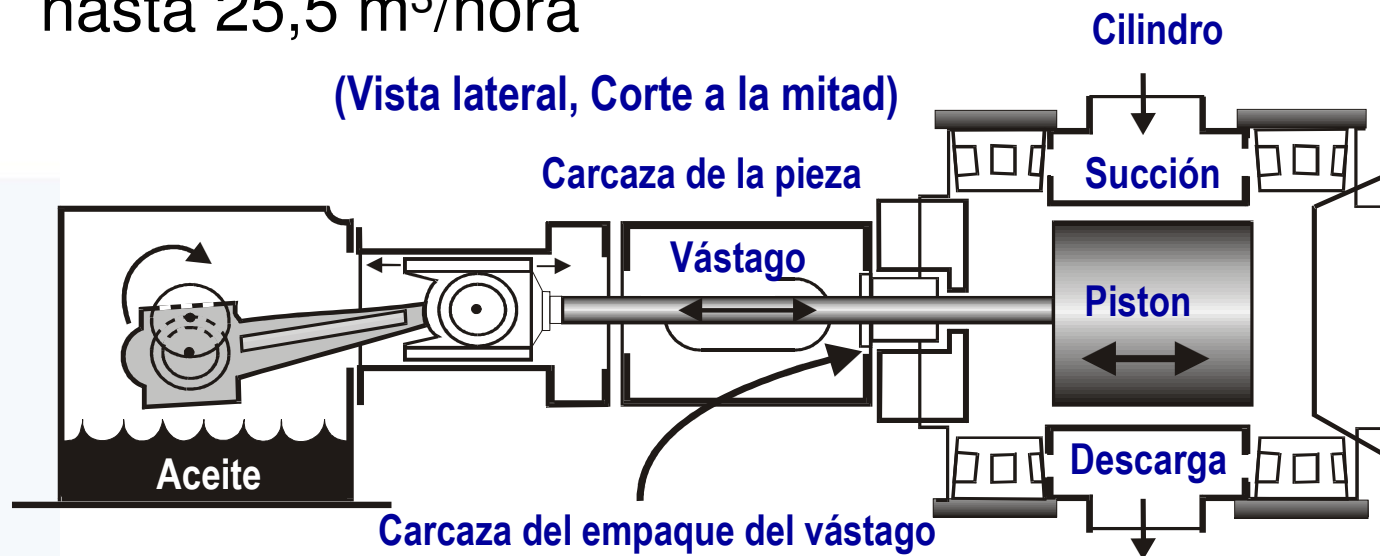
# Recuperación de Metano de los Compresores: Agenda

---

- Compresores Reciprocantes
  - Pérdidas de Metano
  - Recuperación de Metano
  - Experiencia de la Industria
- Discusión

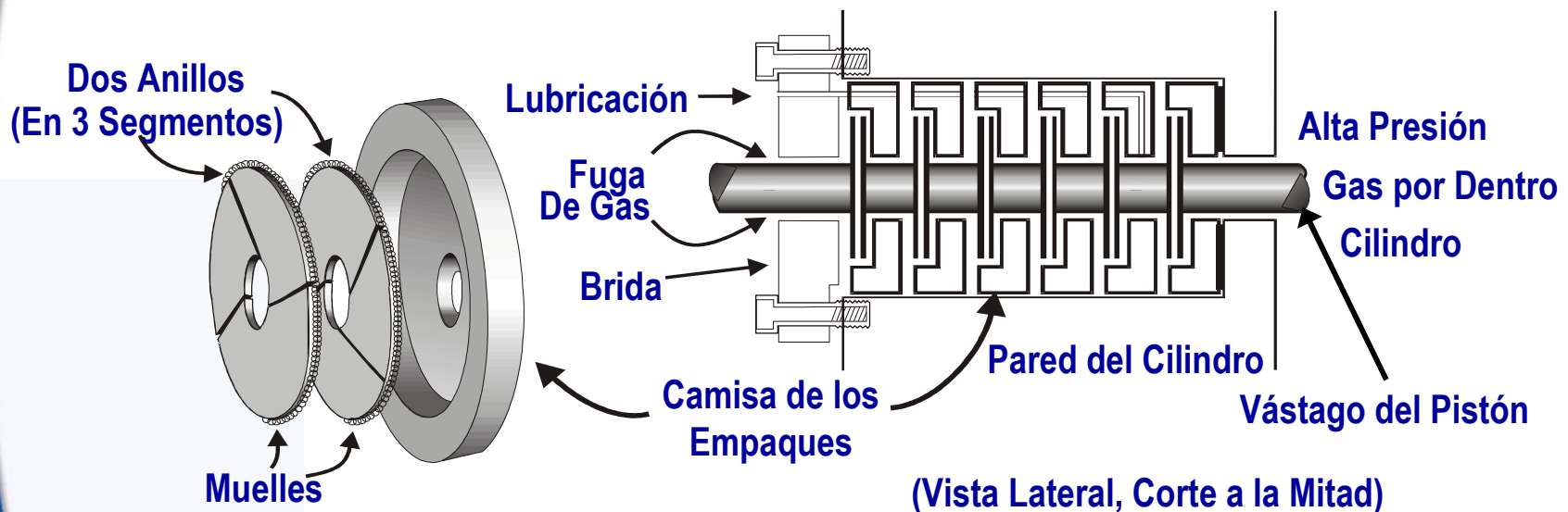
# Pérdidas de Metano en los Compresores Reciprocantes

- Los empaques de los vástagos de los compresores reciprocantes fugan una cantidad de gas por diseño
  - Un empaque nuevo puede fugar 1,70 m<sup>3</sup>/hora
  - Se han reportado empaques usados con fugas de hasta 25,5 m<sup>3</sup>/hora



# Empaque del Vástago del Compresor Reciprocante

- Una serie de anillos flexibles se fija alrededor del eje para prevenir las fugas
- Aún así la fuga puede darse a través de la junta, entre la camisa del empaque, alrededor de los anillos y entre los anillos y el eje.



# Impedimentos para un Sellado Adecuado

La forma en que puede fugar la carcaza del empaque

- Junta (sin ruptura)
- Empaque del vástago (acabado superficial)
- Camisa del empaque (superficie pulida)
- Empaquetadura del empaque (sucia/lubricada)
- Camisa a camisa (fuera de tolerancia)

¿Qué hace fugar al empaque?

- Materia extraña (basura)
- Uso del vástago (0,0015 mm/mm Ø)
- Lubricación insuficiente/excesiva
- Camisa del empaque fuera de tolerancia ( $\leq 0,051$  mm)
- Arranques o paros inapropiados
- Líquidos (diluyen el aceite)
- Incorrecta instalación del empaque (retrazado estilo/tipo incorrecto)

# Pérdidas de Metano en los Empáques del Vástago

Emisiones de Compresores en Marcha	2,80	m <sup>3</sup> /hr-empaque
Emisiones de Compresores Presurizados/Vacío	4,11	m <sup>3</sup> /hr-empaque
Fuga de la Camisa del Empaque (Compresor de Vacío)	2,24	m <sup>3</sup> /hr-empaque
Fuga de la carcaza del vástago (Compresor de Vacío)	0,96	m <sup>3</sup> /hr-empaque

## Fugas de Empaques de Vástago de Compresores en Marcha

Tipo de Empaque	Bronce	Bronce/Acero	Bronce/Teflón	Teflón
Tasa de Fuga (m <sup>3</sup> /hr)	1,98	1,78	4,25	0,68

## Fugas de Empaques de Vástago Compresores Presurizados/Vacío

Tipo de Empaque	Bronce	Bronce/Acero	Bronce/Teflón	Teflón
Tasa de Fuga (m <sup>3</sup> /hr)	1,98	N/A	4,16	0,62



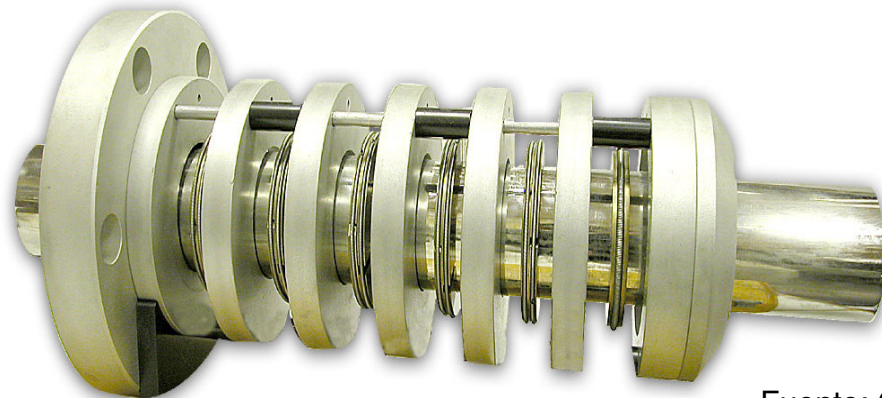
## Pazos para Determinar el Reemplazo Económico

---

- Medir la fuga del empaque del vástago
  - Cuando se instala un nuevo empaque – después de usarlo
  - Posteriormente periódicamente
- Determine el costo del reemplazo del empaque
- Calcule los ahorros por reducción de la fuga
- Reemplace el empaque cuando la reducción en la fuga reembolse el costo

## Costo del Reemplazo del Empaque

- Estimar el costo de los reemplazos (US\$)
  - Un juego de anillos: US\$135 a US\$1.080  
(con camisa y carcaza) US\$1.350 a US\$2.500
  - Vástagos: US\$ 2.430 a US\$13.500
    - Recubrimientos especiales como cerámicas, carburo de tungsteno, o cromo pueden incrementar el costo del vástago



# Calcule la Reducción Económica de la Fuga

- Determine el Tope máximo del reemplazo económico
  - Los Socios pueden determinar los precios máximos de todos los reemplazos
  - Este es un cálculo vital del reembolso económico

$$\text{Tope Máximo del Reemplazo Económico (m}^3\text{/hr)} = \frac{CR \times A / P \times 1,000}{(H \times GP)}$$

Donde:

**CR = Costo del reemplazo (US\$)**

**A/P = Factor de reembolso de capital a *un interes i* y *n años de periodo de recuperación***

**H = Horas de operación del compresor al año**

**GP = Precio del gas (US\$/Mm<sup>3</sup>)**

## Tope Máximo de Reemplazo

- Ejemplo: Cálculos de reembolso para el cambio de anillos y vástago nuevos

CR = US\$1.620 por anillos  
+ US\$9.450 por vástago  
CR = US\$11.070

H = 8.000 horas al año

GP = \$70,63/Mm<sup>3</sup> (US\$ 2/Mcf)

A/P @ i = 10% , n = 1 año = 1,1

A/P @ i = 10% , n = 2 años = 0,576

Reembolso de dos años:

$$ER = \frac{US\$11.070 \times 0,576 \times 1.000}{(8.000 \times US\$70,63)}$$
$$= 11,28 \text{ stdm}^3 / \text{hour}$$

## ¿Es Rentable el Reemplazo de Empaques de Vástago?

- Reemplace el empaque cuando la reducción de la fuga reembolse el costo
  - “Reducción de la fuga esperada” es la diferencia entre la tasa de fuga actual y la tasa con anillos nuevos

### Sólo Anillos

Anillos:	US\$1.620
Vástago:	US\$0
Gas:	US\$70,63/Mm <sup>3</sup>
Operación:	8.000 hr/año

Reducción de fuga Esperada (m <sup>3</sup> /hr)	TIR (%)
2,27	74
1,70	52
1,42	40
1,13	28

### Anillos y Vástago

Anillos:	US\$1.620
Vástago:	US\$9.450
Gas:	US\$70,63/Mm <sup>3</sup>
Operación:	8.000 hr/año

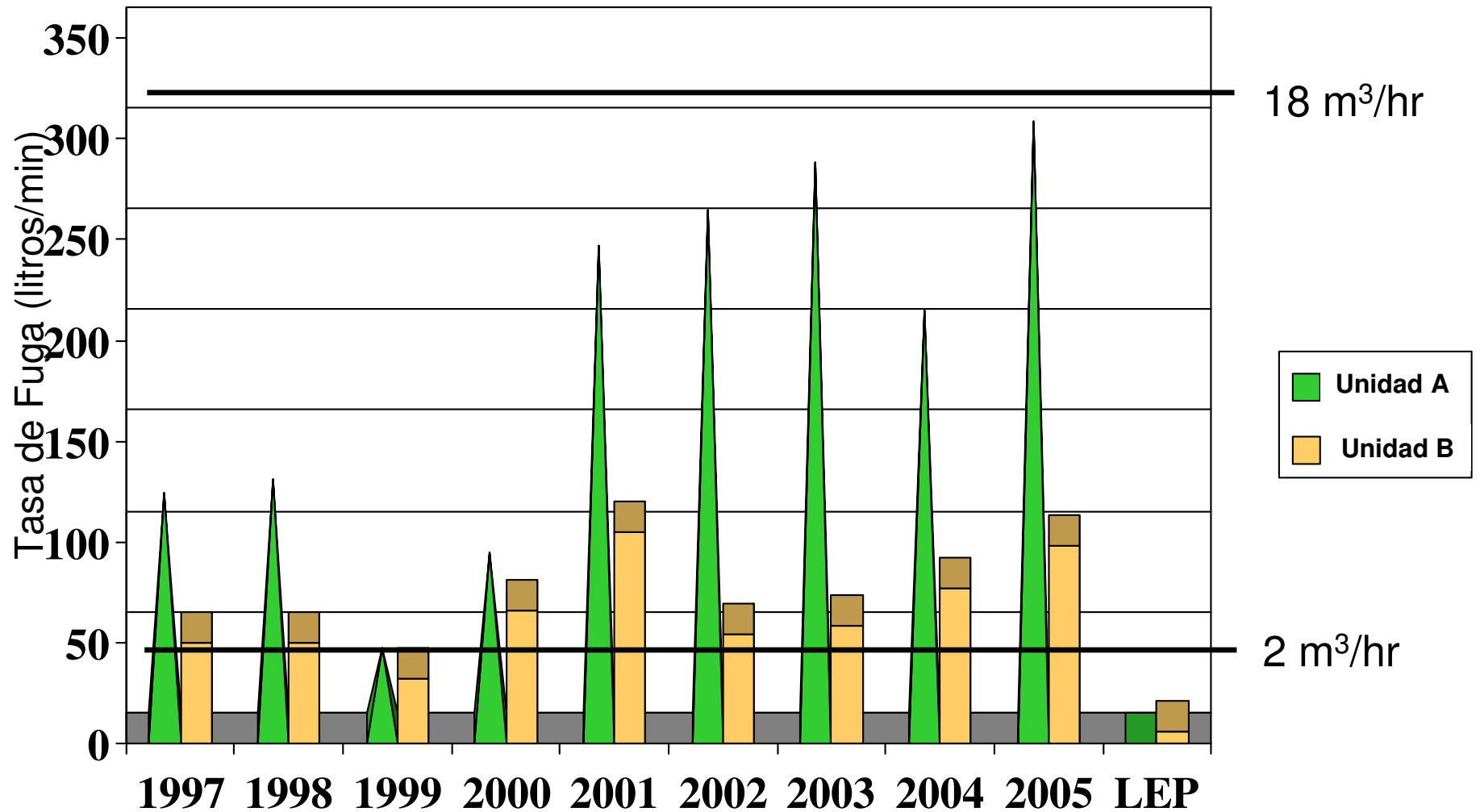
Reducción de fuga Esperada (m <sup>3</sup> /hr)	TIR (%)
12,74	58
9,91	42
7,08	24
5,66	14

## Experiencia de la Industria – Northern Natural Gas

---

- Monitoreo de emisiones en dos sitios
  - Unidad A, fugas máximas de 0,301 litros/min (640 cf/hr)
  - Unidad B, fugas máximas de 105 litros/min (220 cf/hour)
- Instaló empaques de baja emisión (low emissions packing - LEP)
  - Después de 3 meses, la tasa de fuga no mostró incremento alguno

# Northern Natural Gas – Tasas de Fuga



## Estudio de Caso: Fugas del Empaque de un Socio, Punto Económico de Reemplazo

---

- El costo aproximado del reemplazo del empaque es de US\$3.000 por vástago de compresor (partes/mano de obra)
- Asumiendo un precio del gas de US\$70,63/Mm<sup>3</sup> (\$2/Mcf):
  - 50 litros/minuto =
  - 50 x 60 minutos/hr= 3.000 litros/hr
  - 3.000 x 24/1.000 = 72 m<sup>3</sup>/día
  - 72 x 365 días= 26.280 m<sup>3</sup>/año
  - 26.280/1.000 x US\$70,63/Mm<sup>3</sup> = US\$1,900 por año de fuga
  - Este reemplazo se paga en <2 años



## Experiencia de la Industria – Un Socio de Natural Gas Star

Un estudio de medición de fugas se realizó para cuantificar las pérdidas actuales de gas y determinar el potencial de reducción de la fuga en un compresor de gas natural de 4 cilindros

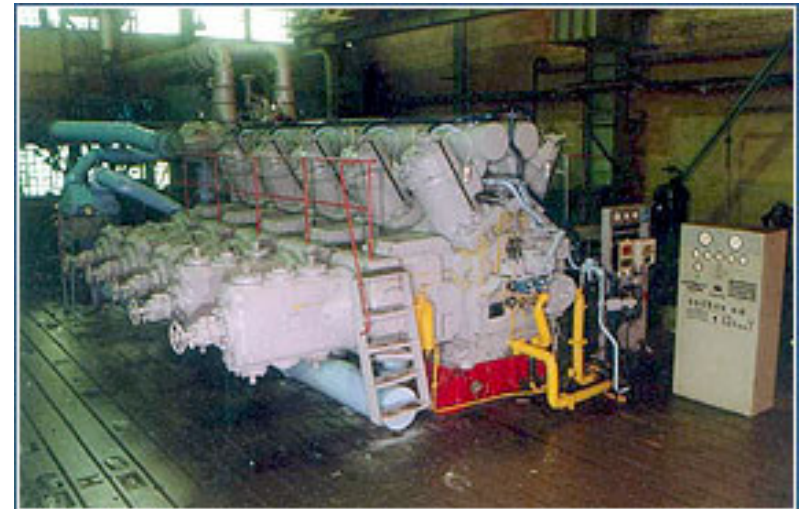
- Tasa de fuga actual: 76.3 m<sup>3</sup>/h (668 Mm<sup>3</sup>/year)
- Contenido de metano de la fuga: 78%
- Recuperación potencial de metano: 59.5 m<sup>3</sup>/hr (522 Mm<sup>3</sup>/year)
- Costo de implementación (empaques y vástago): US\$ 56.000<sup>1</sup>
- Ahorros (@ US\$ 70,63/Mm<sup>3</sup>): US\$ 37.000/año
- Retorno: 19 meses

*1: Precio considerado de US\$ 7.500 por vástago y US\$ 2.500 por conjunto de empaques para cada uno de los 4 cilindros con un costo de instalación de US\$4.000 por cilindro*

# Emisiones de Compresores Reciprocantes

## Emisiones esperadas:

- Estación de compresión típica:  
3 x 3-etapas 1.100 hp,  
compresores de 60 kg/cm<sup>2</sup>
- Emisiones típicas:  
50 Mm<sup>3</sup>/año/compresor para un  
total de 150 Mm<sup>3</sup> of de gas  
emitido por estación
- Emisiones afectadas por:
  - Material del vástago/empaques y su instalación
  - Frecuencia de mantenimiento
  - Velocidad de rotación



**Opciones de Reducción:**  
Optimizar la frecuencia de  
reemplazo del vástago/anillos de  
empaques usados



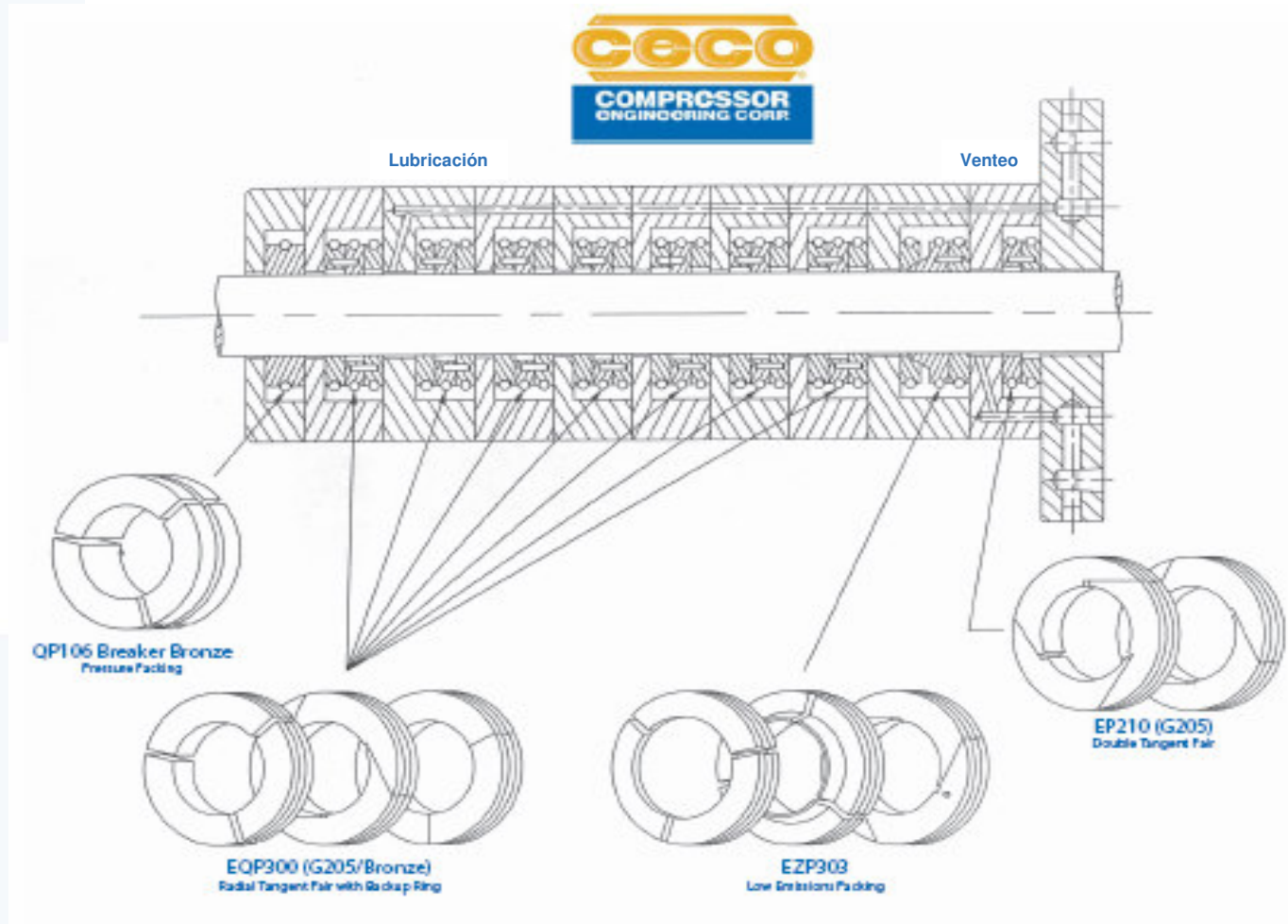
## Empaque de Baja Emisión

---

- Los Empaques de Baja Emisión (LEP) compensan la baja presión para prevenir fugas
- El lado de la carga elimina los huecos y mantiene el sello positivo en el lado de la camisa
- Los empaques de baja emisión hacen un sello estático, no dinámico. No se requiere presión para activar el empaque
- Este diseño funciona en la carcasa del empaque convencional y no se requieren modificaciones (a veces se requieren modificaciones mínimas)

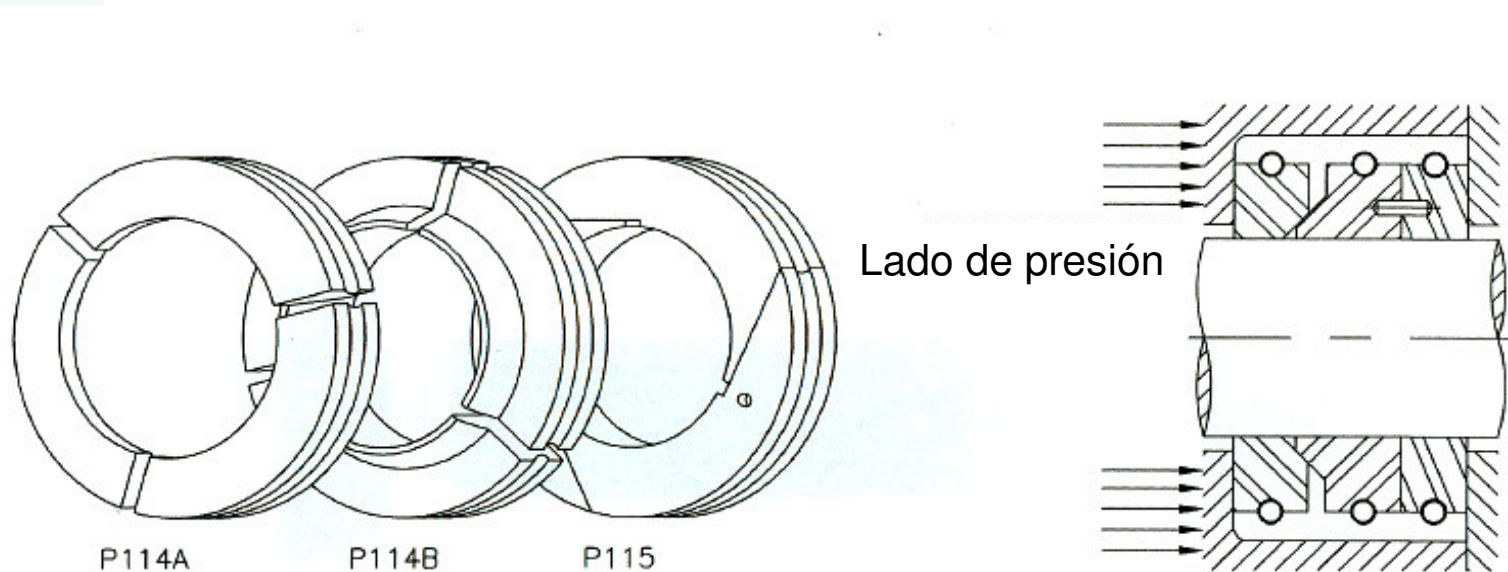


# Configuración del Empaque de Baja Emisión





# Orientación en la Camisa



Empaque de Baja Emisión  
Orientación de Anillos P303

## Razones para Usar Empaques de baja Emisión

---

- El cambio no cuesta mucho
- El mayor beneficio es la reducción significativa de los gases efecto invernadero
- Las plantas de refinación, petroquímicas y separación de aire han usado este diseño por muchos años para minimizar las emisiones fugitivas
- A un precio de gas de US\$ 70,63/Mm<sup>3</sup> (US\$2/Mcf), muchas aplicaciones de empaques de baja emisión son rentables



## Discusión

---

- Experiencia de la industria aplicando estas prácticas y tecnologías
- Limitaciones para la aplicación de estas prácticas y tecnologías
- Beneficios y costos actuales