# PROPUESTA PEMEX EN LA REVISIÓN DE LA NOM-001-SECRE-2003
# Calidad del Gas Natural

24 de Octubre de 2007

# Introducción

- El 29 de marzo de 2004, se publicó en el DOF la NOM-001-SECRE-2003 (Norma de Calidad).
- En marzo de 2007 la Comisión Reguladora de Energía (CRE) inició la revisión de la Norma de Calidad convocando a un Grupo de Trabajo (GT) en donde participan el IMP, PGPB, la DCO de Pemex, PEP y empresas privadas como: Gas Natural México, Maxigas, Iberdrola, Tractebel, Movilab, Gas del Litoral, Sempra Energy, Shell, IPN y Praxair.
- Al mes de septiembre de 2007, se han llevado a cabo 13 reuniones con el Grupo de Trabajo.
- En la sesión celebrada el día 24 de agosto de 2007, la Comisión Reguladora de Energía presentó una propuesta donde incluye la Tabla 1, Propiedades del gas natural y las conclusiones.
- El presente documento da comentarios y una propuesta inicial de Pemex a las conclusiones expuestas por la CRE, que han sido elaborados internamente por las áreas que participaron en el Grupo de Trabajo.
- Pemex presenta en esta propuesta su posición sobre cuatro puntos:
  - Poder calorífico e Índice wobbe
  - Regulación del etano en el gas seco
  - Disminución en el contenido de inertes
  - Temperatura de rocío apropiada a las condiciones de México

# Norma propuesta

## Tabla 1

| | | NOM-001-SECRE-2003 | | PROPUESTA 2007 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Unidades | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | |
| Preferencia | bar | 0.98067 | | 0.98067 | | Preferencia |
| Treferencia | K (° C) | 293.15 (20) | | 293.15 (20) | | Treferencia |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| PCS (HHV) | MJ/m3 | 35.42 | 41.53 | 35.42 | 39.8 | PCS |
| H2S | mg/m3 | 6.10 | 6.10 | | 6.1 | H2S |
| Azufre | mg/m3 | | 150.00 | | 150 | Azufre |
| Humedad | mg/m3 | | 112 | | 112 | Humedad |
| Intercambiabilidad | | | | | | Intercambiabilidad |
| I Wobbe | MJ/m3 | 45.80 | 50.60 | 47.7 | 50.6 | I Wobbe |
| CO2 + N2 (inertes) | % mol | | 5 | | 4 | CO2 + N2 |
| N2 | % mol | | 5 | | 4 | |
| Oxígeno | | | 0.2 | | 0.2 | Oxígeno |
| C3+ | | | 0.045 | | | |
| Contenido de etano (C2H6) | | | | | * | |
| HDP K (°C) | | | 271.15 (-2) | | 263.75 (-9.4 | TR HC's, K (°C) |
| Temperatura | °C | 10 | 50 | 10 | 50 | Temperatura |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Año 3 | Año 5 | Año 7 | | |
| C2H6 | | 10 % mol | 8% mol | 6% mol | | |

- La CRE presentó el 22 de agosto la propuesta de modificación de los parámetros:
  - Disminución del PCS y límite inferior de índice Wobbe.
  - Regulación del etano en el gas seco.
  - Disminución en el contenido de inertes.
  - Temperatura de rocío.

# Comentarios Generales

***Modificar el concepto de IW, así como su valor debido a que los estudios analizados muestran que el avance tecnológico indica que sí hay efectos indeseables cuando la variación en la composición es significativa y considerando los comentarios de CFE.***

- Desde el punto de vista de Pemex, el cambio del límite inferior en el rango del Índice Wobbe (IW) no se justifica ya que no afecta el desempeño energético de los equipos de combustión.

**5.10 Parámetro de emergencia**

En caso de emergencia operativa en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución, se permite la entrega de gas natural con ±5% del índice Wobbe de los valores indicados en la Tabla 1, por un periodo máximo de 12 horas, previa notificación a los usuarios y autoridades competentes. Los casos de emergencia severa serán notificados inmediatamente a las autoridades competentes, en los términos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas aplicables y, en su caso, en los permisos de los transportistas, distribuidores y almacenistas de gas natural, a efecto que dichas autoridades apliquen las medidas necesarias ante la emergencia".

***Especificar la periodicidad en la determinación de los parámetros de la calidad del gas natural y la periodicidad en el reporte de dichos parámetros.***

- Pemex está de acuerdo en que las determinaciones se reporten como promedio día, tal como se acordó en las sesiones de discusión de la norma y la evaluación de la conformidad, Pemex solicita que el reporte correspondiente deberá continuar presentándose semestralmente.

***Otros puntos***

- Derivado de que no se incluyeron los parámetros: contenido de Sólidos y Líquidos en las presentes conclusiones a revisión, Pemex solicita se permita la negociación con el usuario para resolver afectaciones que en su caso se presenten al recibir sólidos y líquidos en sus instalaciones, lo cual esta referido al concepto "commercially free" discutido en los grupos de trabajo.

# Punto de Rocío

***Atendiendo los problemas relativos a contenido de licuables, se sugiere eliminar esta especificación y dejar la Temperatura de rocío como parámetro de control tanto para el gas nacional como para el gas natural proveniente de GNL, considerando que la temperatura de rocío es a la presión y temperatura de entrega del gas.***

- Pemex cumple en todos sus puntos de inyección con el parámetro de contenido de licuables (C3+) establecido en la NOM, salvo la inyección del LNG.

- Pemex está de acuerdo en la conveniencia de aplicar el parámetro de Temperatura de Punto de Rocío para controlar el contenido de líquidos al usuario final.

- Pemex no está de acuerdo con el valor de -9°C propuesto para la Temperatura de Rocío de hidrocarburos.

- **Pemex propone en éste documento la metodología a aplicar, con la finalidad de determinar la Temperatura de Rocío, considerando entre otras:**
  - **a) Lo práctico de la metodología**
  - **b) La periodicidad de las determinaciones**
  - **c) El costo de la implementación de la infraestructura y que esta sea confiable.**

- El LNG a pesar de su diversidad de origen, deberá estandarizarse a la propuesta Pemex de un punto de rocío mínimo.

# Índice de Wobbe

# Índice Wobbe

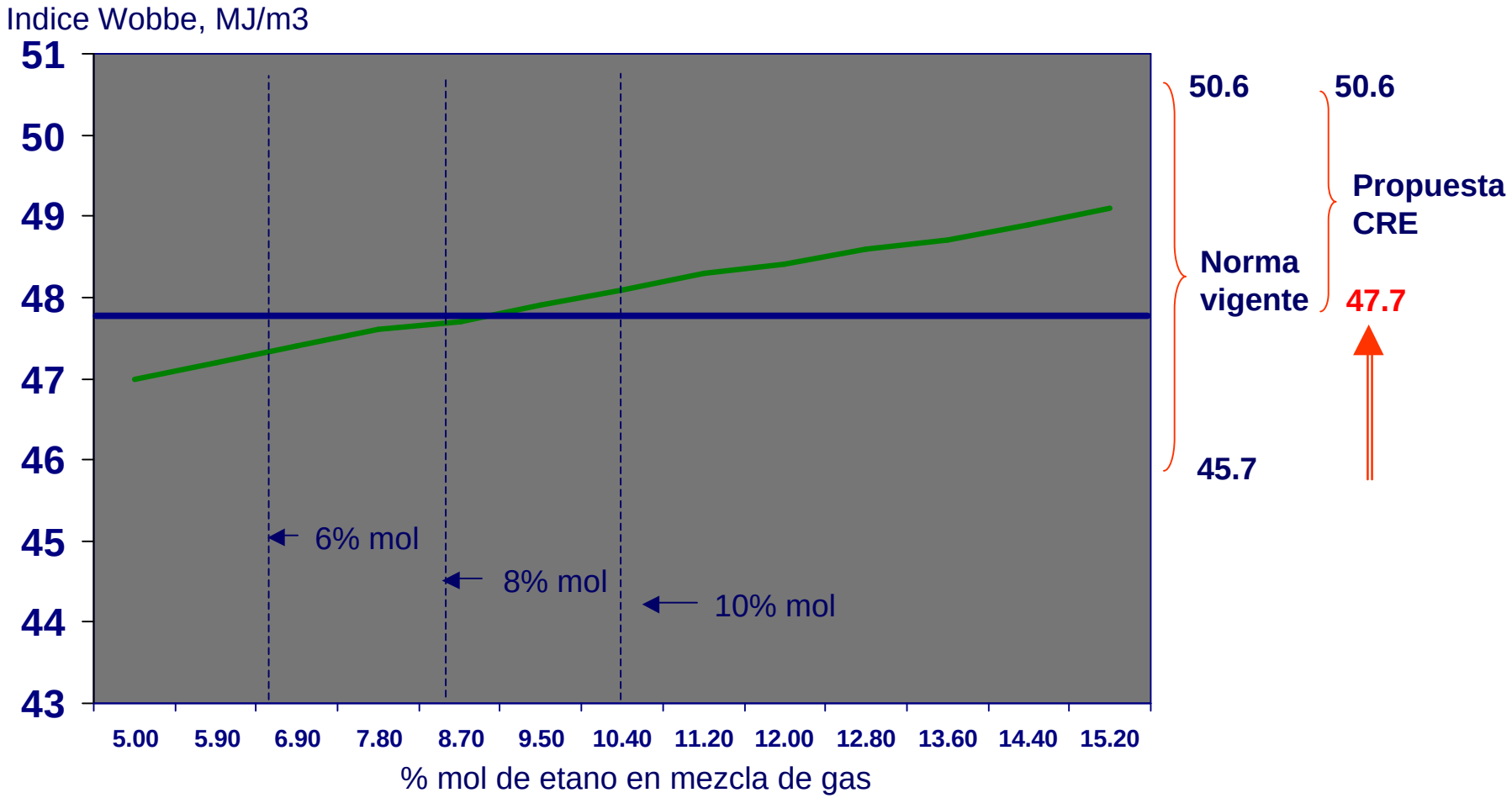
El poder calorífico y el índice Wobbe aplicables para México son en general más restrictivos que en los principales mercados mundiales, destacando que en cuanto al índice Wobbe en México, junto con Canadá tienen la normatividad más restrictiva.

**Comparación de poder calorífico e índice Wobbe aplicables en México y otras regiones, MJ/m$^3$**

| País | México | | USA | | Canadá | | Europa | | Inglaterra | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | máx | min | máx | min | máx | min | máx | min | máx |
| Poder calorífico | 35.42 | 41.53 | 34.67 | 44.78 | 36.02 | 40.27 | 35.01 | 45.23 | | |
| Poder calorífico, CRE | 35.42 | 39.82 | | | | | | | | |
| IW | 45.7 | 50.6 | | | 47.72 | 51.08 | 47.02 | 54.02 | 47.24 | 51.45 |
| IW CRE | 47.7 | 50.6 | | | | | | | | |

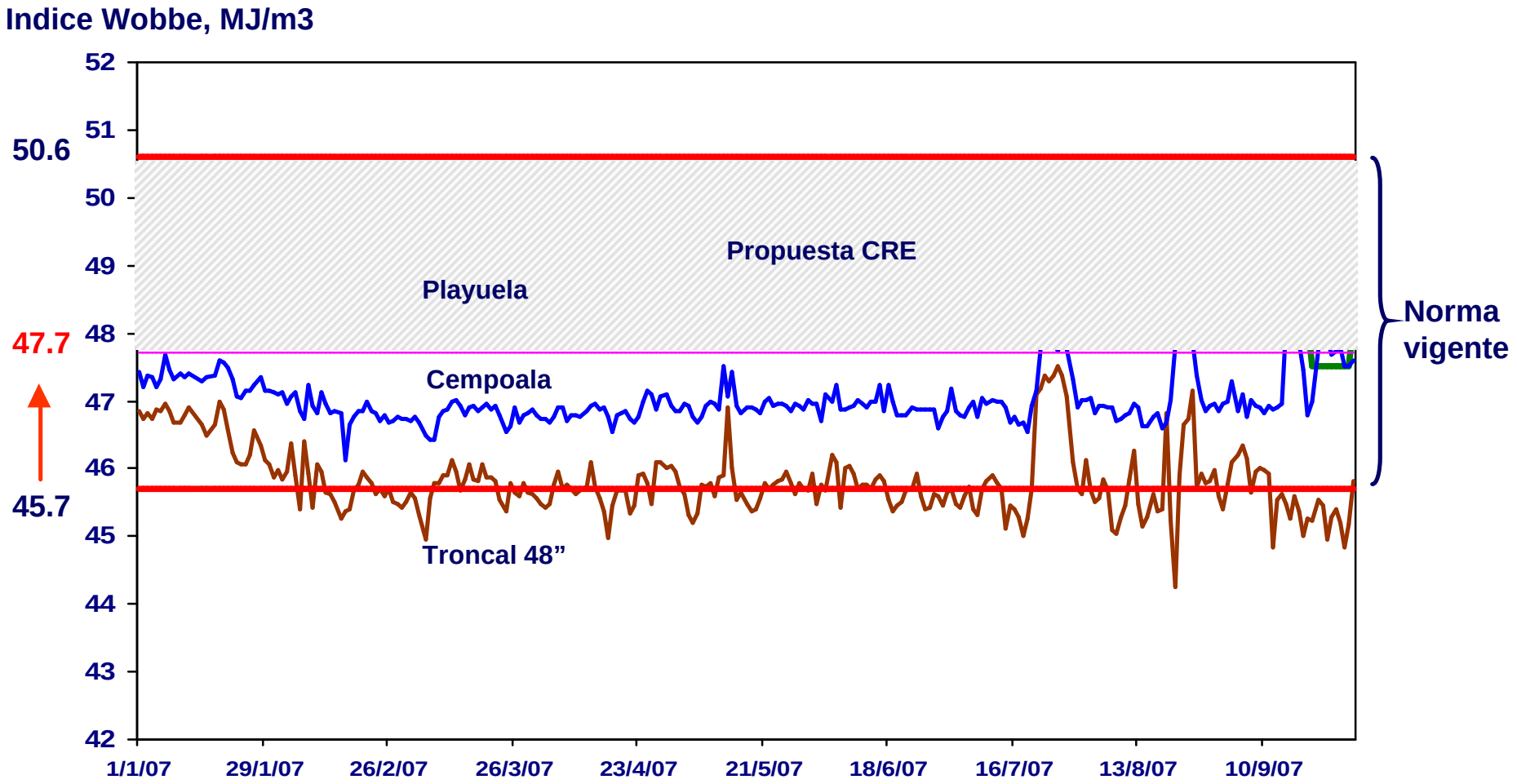
Los mercados más profundos, como son el americano y el europeo mantienen un rango de poder calorífico e índice Wobbe más abierto, para incentivar a mayores participantes en mercados que no pueden ser cubiertos solo con producción nacional e importaciones tradicionales (vía ductos), sino que son crecientes en importaciones vía GNL.

# Índice Wobbe propuesto




- Esta normatividad en conexión con la solicitada para etano no son compatibles, ya que un decremento en etano implica un menor índice wobbe y viceversa.
- Limitar el contenido de etano a 8%, originaría estar fuera del límite inferior del nuevo rango propuesto para el IW.
- Limitar el contenido de etano a 10% estaría cercano al límite inferior propuesto, restando flexibilidad operativa al sistema.

# Comportamiento del IW




- Los límites propuestos son tan restrictivos, que no se podrían cumplir con el gas que actualmente se envía al Centro – Occidente.
- En gas denominado del “Troncal 48” no cumple en algunos periodos la norma actual, pero representa menos del 2% de los clientes nacionales.

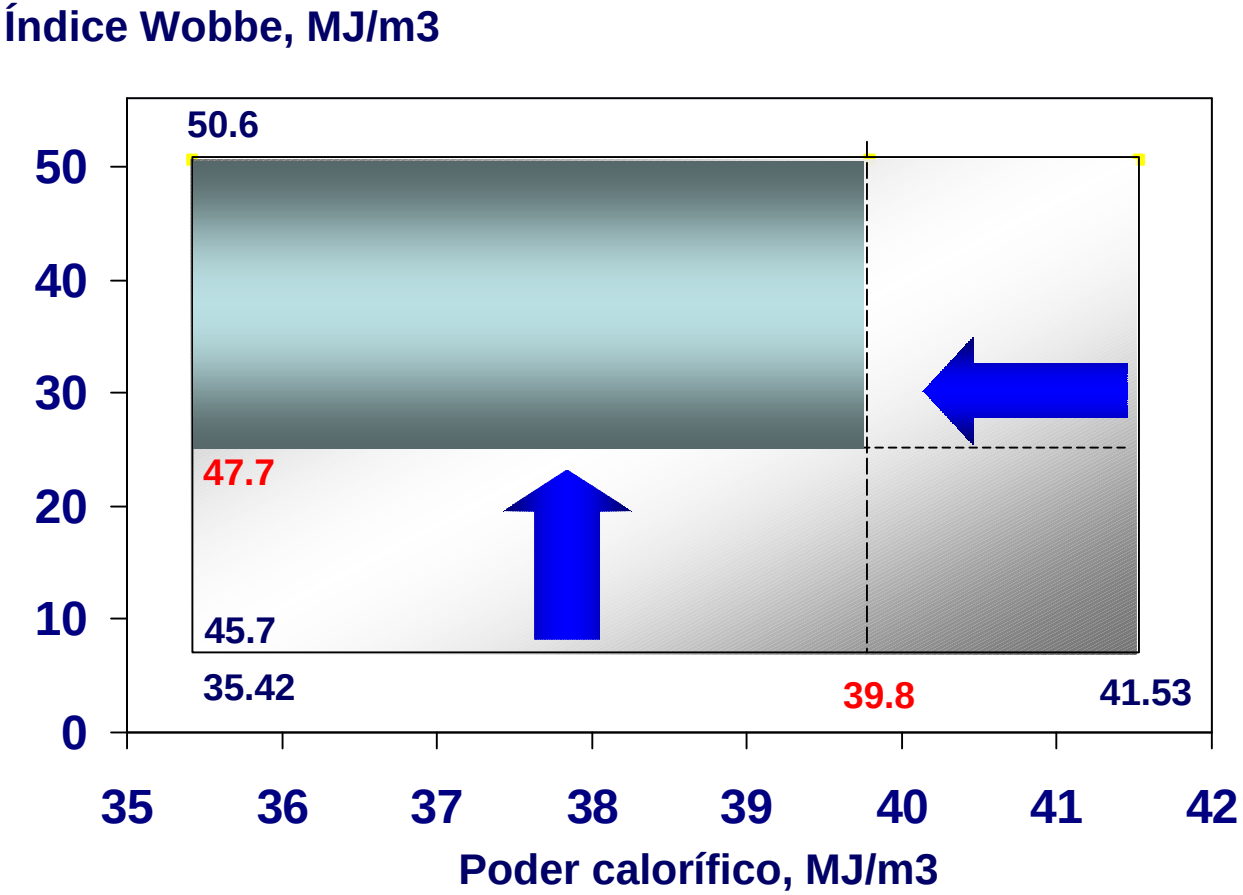
# Estudios internacionales sobre el índice wobbe

- **En el estudio* “LNG interchangeability in land based gas turbines” el personal de Siemens da sus recomendaciones sobre el uso de gas natural licuado en sus turbinas y las principales implicaciones son:**
  - Se pueden tener variaciones bruscas en la composición, producto de diferentes cargamentos de GNL o de la mezcla de este con el gas de los ductos, necesarias por balance, por lo que propone modificaciones mínimas.
  - Estas modificaciones consisten en un sistema que ajusta los controles de la máquina para adaptarse a las características del gas.
  - Con este sistema se ha encontrado que el único efecto notorio es un ligero incremento en la producción de NOx en equipos con control de emisiones.
  - Siemens considera que sus equipos, como el instalado en Mayakán, pueden operar con este control adicional en sus equipos en un rango de índice de wobbe y composiciones tan amplias como la siguiente:

| Característica | Límites |
|---|---|
| Índice de Wobbe | 1288 – 1424 btu/ft3 |
| Metano % Mol | = 80% |
| Etano % Mol | = 16% |
| Propano % Mol | = 5% |
| Butanos + % Mol | = 3% |

* ASME Power 2007, july 17-19, San Antonio, Texas

# Índice Wobbe propuesto




- Los nuevos límites propuestos por la CRE en el índice de Wobbe y en el poder calorífico provocan la pérdida de flexibilidad operativa para Pemex

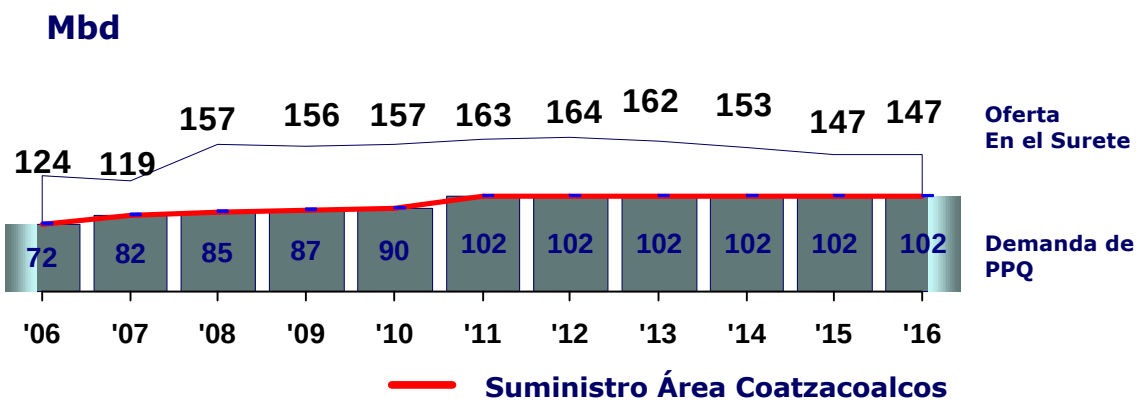
- Reducir el límite superior del poder calorífico e incrementar el límite inferior del IW, disminuyen en un 55 % los límites operacionales de la norma actual.

**La combinación de estos parámetros de la NOM restan demasiada flexibilidad a Pemex y no podrían ser cumplidos, *se solicita, al menos, mantener los límites actuales.***

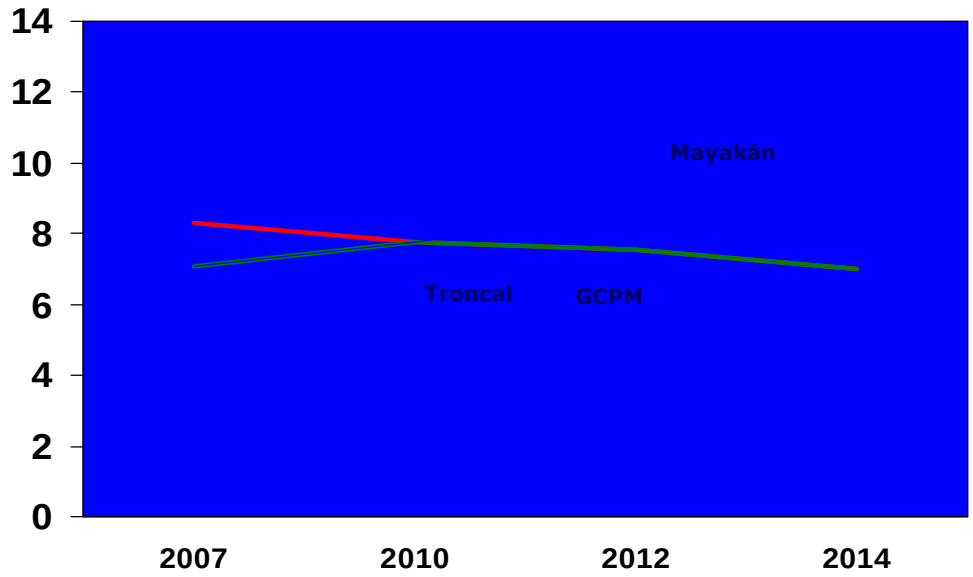
# Contenido de etano

# Balance de etano

## Etano: Revamp de Morelos (2011) + Pajaritos




**% mol de contenido de etano en el gas a ductos**



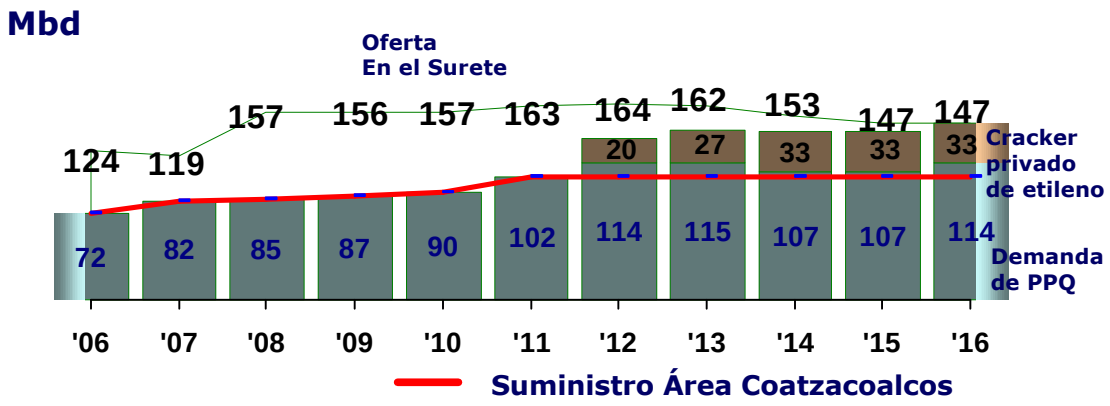

**Para garantizar la entrega de gas con contenido de etano por debajo del 10% mol, Pemex requiere una inversión de:**

- **PGPB - Inversiones en el SNG:**
  - **Proyecto del Km-100: 10 MMUS$ (en espera de multianualidad para su ejecución 2008-2009)**
  - **Mezclado de gas Cd. Pemex-GCPM: 8 MMUS$ (proyecto nuevo)***
- **PPQ: proyecto de ampliación de plantas de derivados: 840 MMUS$**

* Estimados de inversión clase V

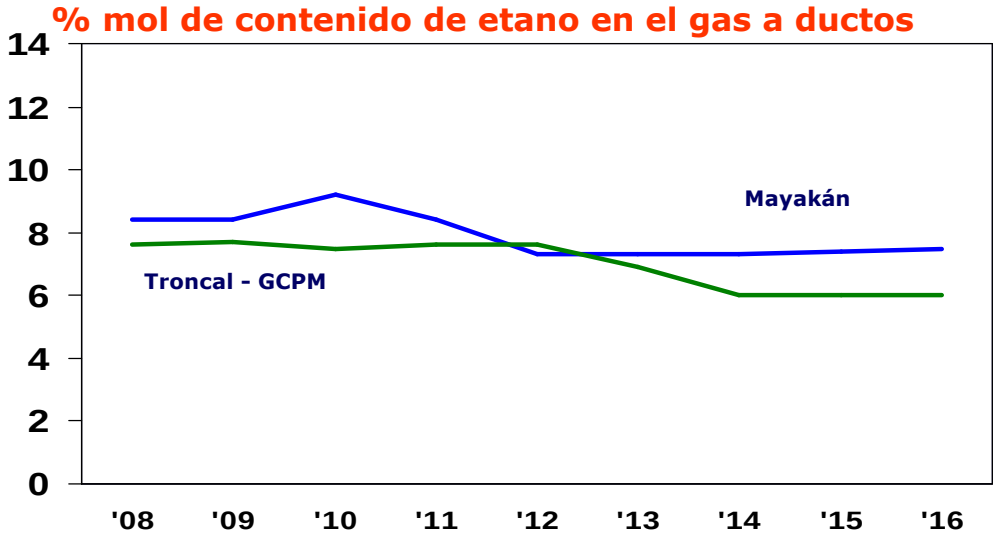
# Balance de etano

## Etano: Revamp de Morelos + Revamp de Cangrejera + Pajaritos f/o a partir del 2011 + Cracker IP (800 MTA) 50% de etano a partir del 2013




**Transporte de etano al Área Coatzacoalcos**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | 34 | 40 | 38 | 38 | 45 |




Para garantizar 10% de etano en el contenido de gas a partir del 2011, adicional de que se garantice la demanda futura de etano de PPQ, Pemex requiere una inversión de:

- PGPB:
  - Proyecto Km-100: 10 MMUS$ (en espera de multianualidad para su ejecución 2008-2009)
  - Mezclado de gas Cd. Pemex-GCPM: 8 MMUS$ (proyecto nuevo)*
  - Revamp de la criogénica 2 de Cd. Pemex: 35 MMUS$ (proyecto nuevo)*
  - Construcción de ducto de 24" x 135 km del área Villahermosa al Área Coatzacoalcos: 120 MMUS$
- PPQ: proyecto de ampliación de plantas de derivados: 840 MMUS$

Adicionalmente se requiere la inversión de la Iniciativa Privada por 2,187 MMUS$

Para lograr este nivel de demanda se está negociando con SHCP un precio de etano que incentive a la industria.

* Estimados de inversión clase V

# Fuentes de GNL

**Gran parte de las principales fuentes potenciales de GNL tienen un alto contenido de etano:**

- **Qatar: 6.2-6.7% de etano**
- **Argelia: 6.7 -8.8% de etano**
- **Australia: 8.3-10% etano**
- **Oman: 7.0 % de etano**
- **Perú: 10% de etano**

| % Mol etano en GNL | Restricción implícita |
|---|---|
| 14 | 3 |
| 12 | 3 |
| 10 | 8 |
| 8 | 20 |
| 6 | 64 |
| 4 | 88 |

**Límite propuesto por la CRE**

**El establecimiento del límite de etano propuesto por la CRE bloquearía el acceso de hasta el 60% de las fuentes mundiales del LNG.**

**Para el caso de la costa del Pacífico se tiene un impacto más negativo, ya que el límite propuesto bloquearía el acceso al 71% de las fuentes potenciales de suministro.**

# Etano

**Propuesta de Pemex a la solicitud de norma para el gas natural procesado en México**

| Variable | Actual | Solicitud CRE | Propuesta Pemex | Inversión Requerida, MMUS$ |
|---|---|---|---|---|
| Etano máximo | No restringido | 10% vol | 12% máximo 2010 | 860 |
| Etano máximo | | 8% vol | 10% máximo 2012 | 3,200 |
| Etano máximo | | 6% vol | | |

Restringir el contenido de etano en el gas natural, sujeto a que se tengan las inversiones adicionales en PPQ, porque, de no hacerlo, se pone en riesgo la seguridad de las instalaciones, ya que actualmente es su destino natural, ante la falta de consumo de PPQ.

Restringir el contenido de etano en el gas natural, **sujeto a que se autorice el presupuesto requerido para las inversiones a PGPB y PPQ.**

El sector petroquímico nacional no se va a reactivar por si mismo, ya que aún cuando se hicieran las fuertes inversiones en PGPB y PPQ, se competiría con productores de bajo precio, mayor escala y mejor eficiencia.

Actualmente se están negociando alternativas de precio de la materia prima entre SHCP y Pemex para determinar esquemas que puedan reactivar la petroquímica en México.

# Contenido de $N_2$ en el gas

# Antecedentes y Resultados del IIE: Impacto a terceros

Petróleos Mexicanos soportó mediante estudios técnicos y económicos el incremento del límite permitido del contenido de nitrógeno del 3% al 5%.

PEMEX, a través del Instituto de Investigaciones Eléctricas, realizó un estudio para la determinación de los impactos técnicos y ambientales, por el incremento de la concentración de gases inertes en la composición del gas natural en los equipos de manejo y en los procesos de combustión. Los alcances del estudio fueron:

***Evaluación del funcionamiento con otra composición de gas natural***

Equipos de manejo y transporte, procesos de combustión en baja presión y procesos de combustión en alta presión.

1. Las pruebas de campo se realizaron en equipos de combustión interna (turbinas y calderas) así como simulaciones en oficinas de los mismos procesos llevados a 3, 5 y 7% de nitrógeno en el gas combustible.
2. En el transporte, los impactos están principalmente relacionados, con el incremento en la potencia (2.54%) de los equipos para manejar un mayor flujo volumétrico (2.13%).
3. Instrumentación, no se encontraron impactos significativos. El aumento del flujo volumétrico esta dentro de los rangos de operación normal de medidores de flujo. El error por cambio de densidad es poco significativo.
4. No se encontraron impactos ambientales por incremento de NOx en las pruebas y modelados de combustión,
5. Prueba experimental con turbina de gas; no se encontraron problemas operativos del sistema de control.
6. La combustión en alta presión, los resultados no mostraron comportamientos distintos a los de baja presión, que indicaran que un ambiente de alta presión coadyuva al proceso de producción de NOx.

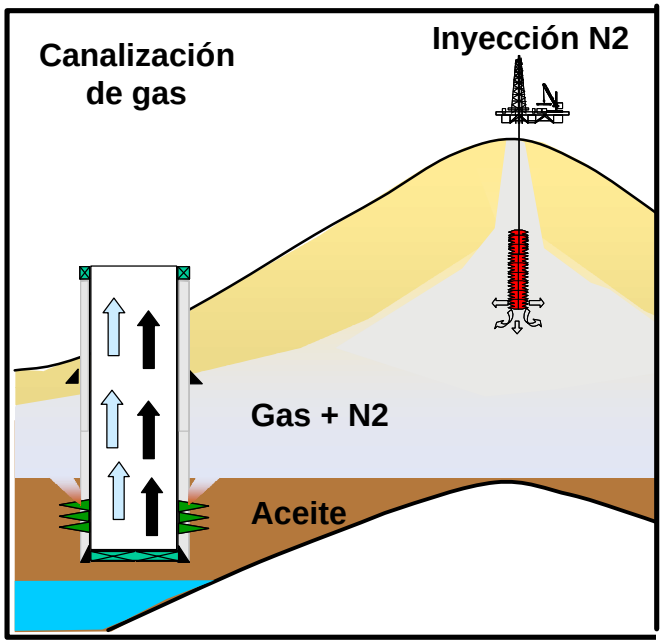
***Estimación económica de los impactos***

Los impactos económicos estimados son por aumento de la energía de compresión y recaerán principalmente sobre las entidades encargadas del servicio de transporte.

# Uso y control de nitrógeno

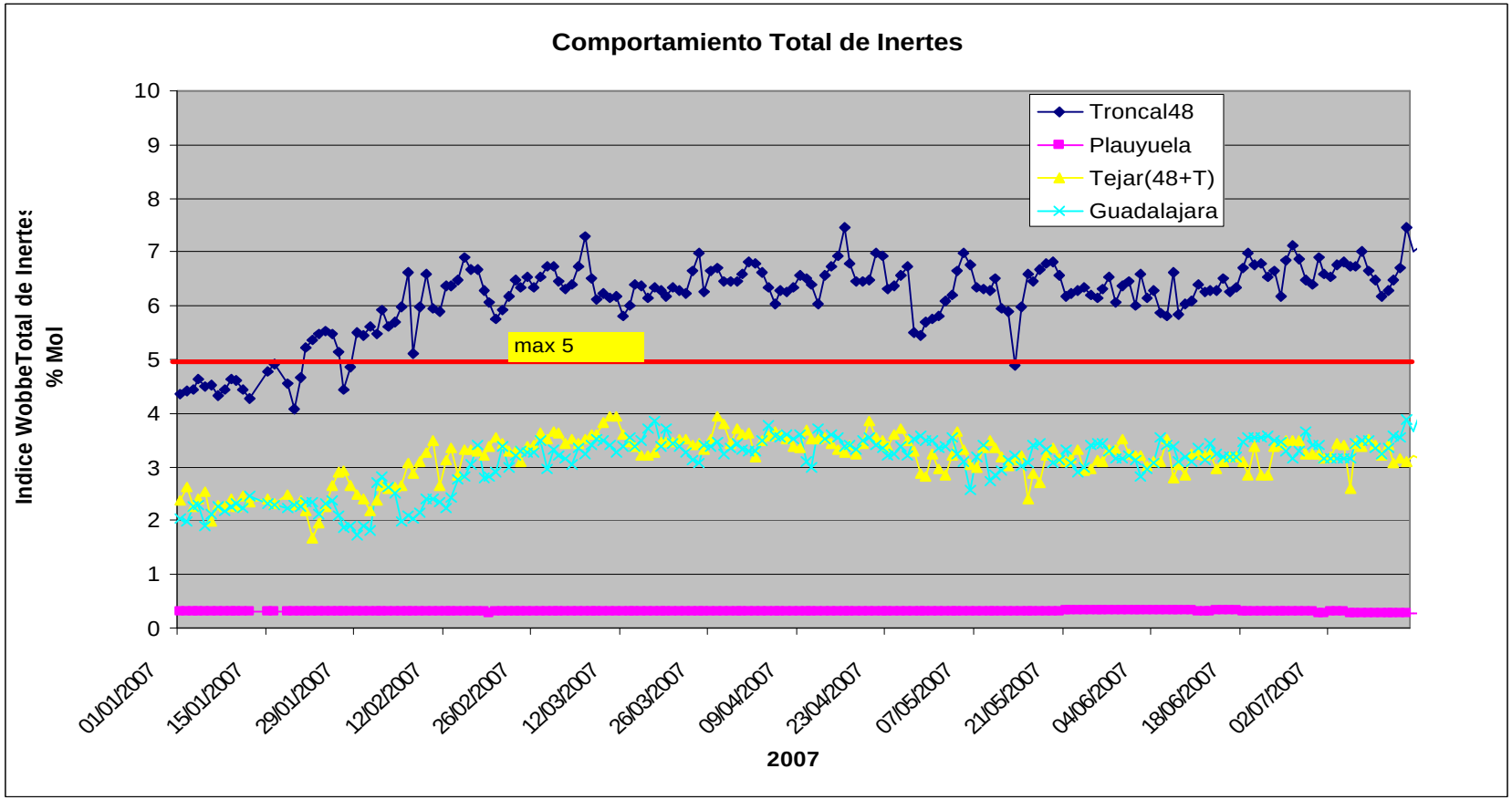
- La inyección de nitrógeno al yacimiento Akal (Cantarell) ha permitido mantener la presión de fondo, incrementando la recuperación de la reserva de hidrocarburos.
- El nitrógeno inyectado se ubica en la zona de gas del yacimiento (casquete de gas) con concentraciones superiores al 40%.
- Los pozos produciendo cercanos al contacto gas-aceite permiten la canalización de gas del casquete con alto contenido de nitrógeno.

- La declinación de producción del campo Cantarell se debe al cierre de pozos por invasión o canalización de gas con alto contenido de nitrógeno para evitar rebasar la especificación a clientes.
- Mantener pozos operando con altos contenidos de nitrógeno se ve reflejado en volúmenes de producción de hasta 120 Mbd.
- Se está trabajando en proyectos para un mayor control de calidad a clientes.
  - Planta de eliminación de nitrógeno (NRU). Inicio de operaciones ene-08.



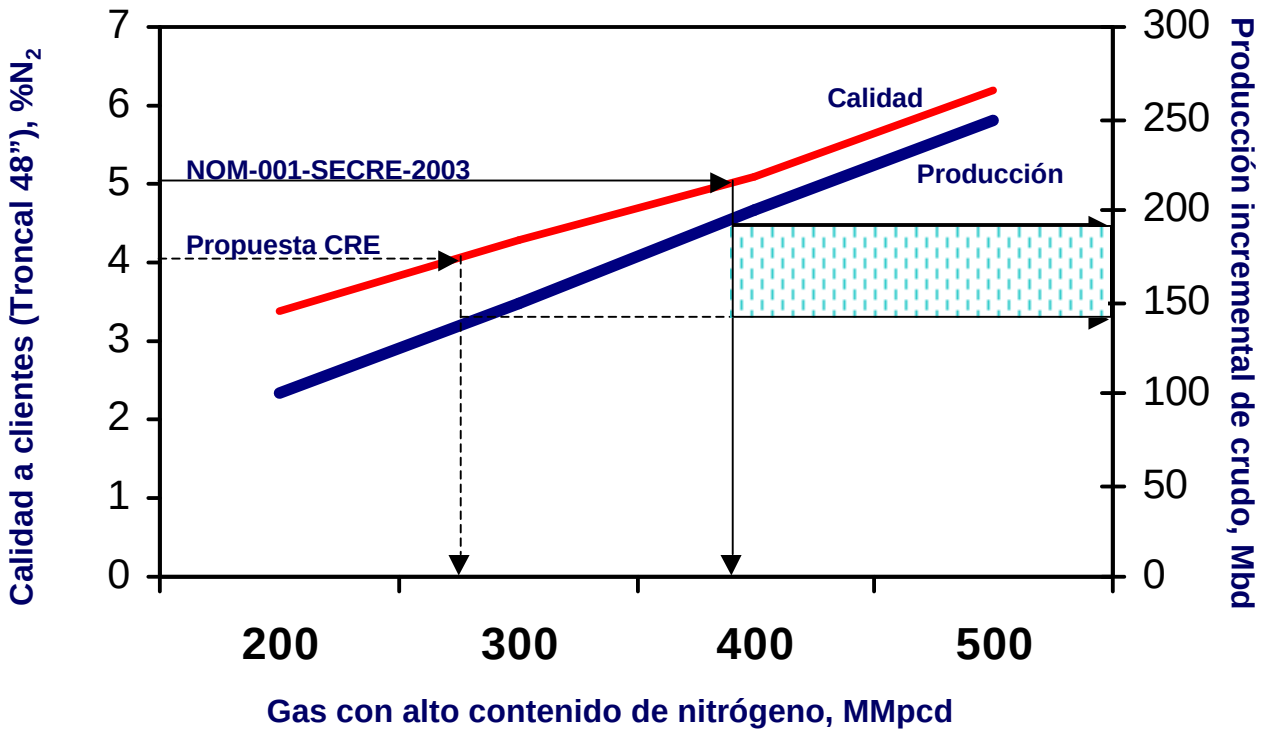
# Calidad histórica de entrega clientes

**% Mol de contenido de N2 en Troncal a centro y occidente**




- Por el arreglo de gas a ductos, Mayakán recibe entre 2 y 3% mol de Nitrógeno.
- En el área Coatzacoalcos el consumo de gas de ductos (con alto contenido de $N_2$) de los sectores diferentes a Pemex es menor al 2% del consumo nacional.
- El grueso de la demanda, ubicada en el Norte, centro y Occidente no tienen problemas por nitrógeno.

# Impactos en la producción de crudo




- Reducir a 4% el límite máximo en el contenido de nitrógeno en la NOM-001-SECRE, representará una reducción en la disponibilidad de crudo a exportación alrededor de 50 Mbd, con su consecuente afectación en los ingresos nacionales.

# Temperatura de Rocío

# Mediciones físicas del punto de rocío (Dewpoint)

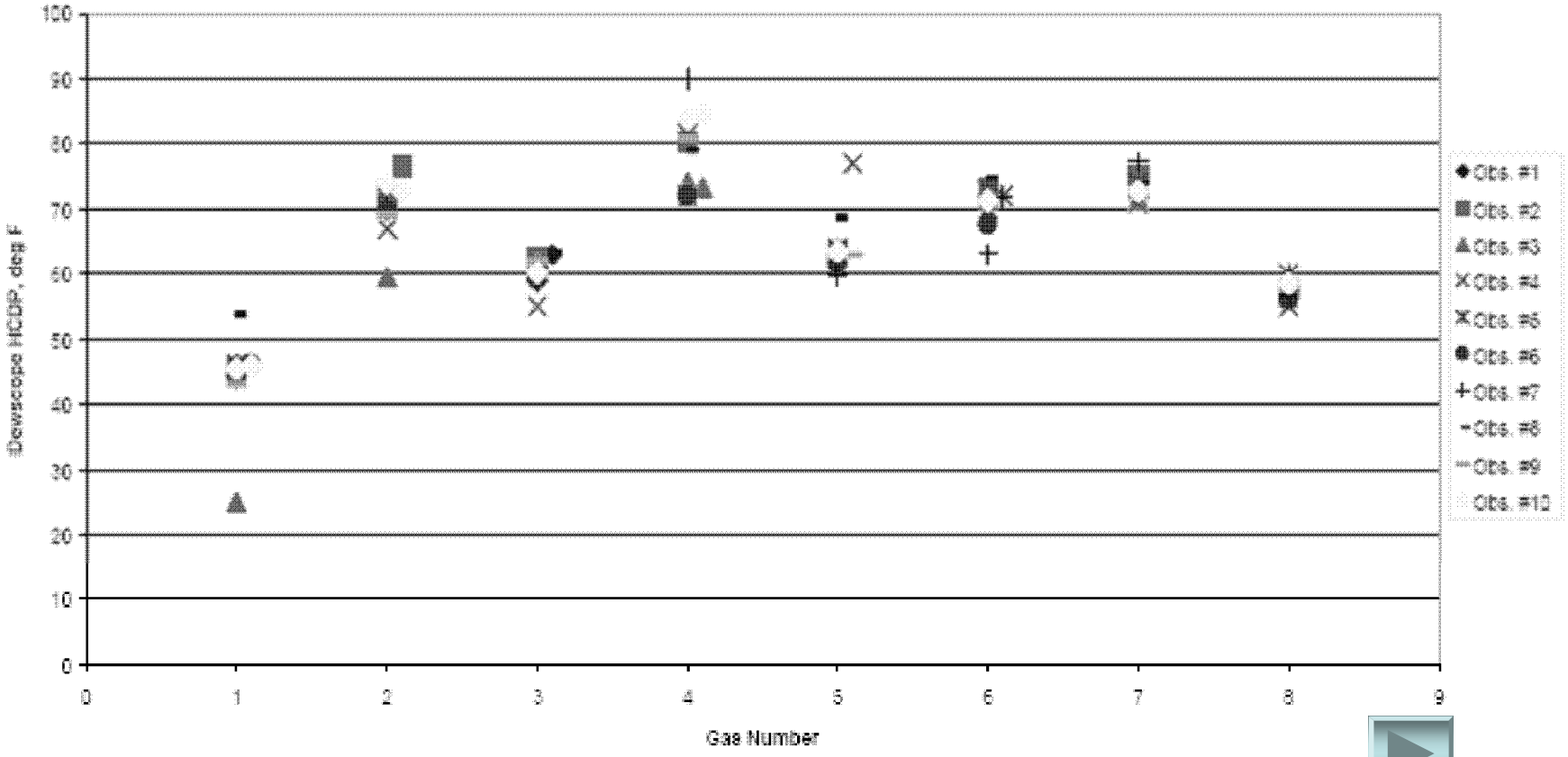



Figure #8 – Summary plot of Dewscope Round Robin Study measurements by Gas Type.

- Las mediciones físicas del punto de rocío utilizando el método del espejo enfriado (Dewscope) tiene un error inherente al equipo y al operador que oscila entre 3 y 6 °f, como fue comprobado en un estudio realizado en los EUA, utilizando 10 laboratorios reconocidos y diferentes mezclas gaseosas, pero es el más exacto.

# Dificultad al incorporar componentes $C_{7+}$

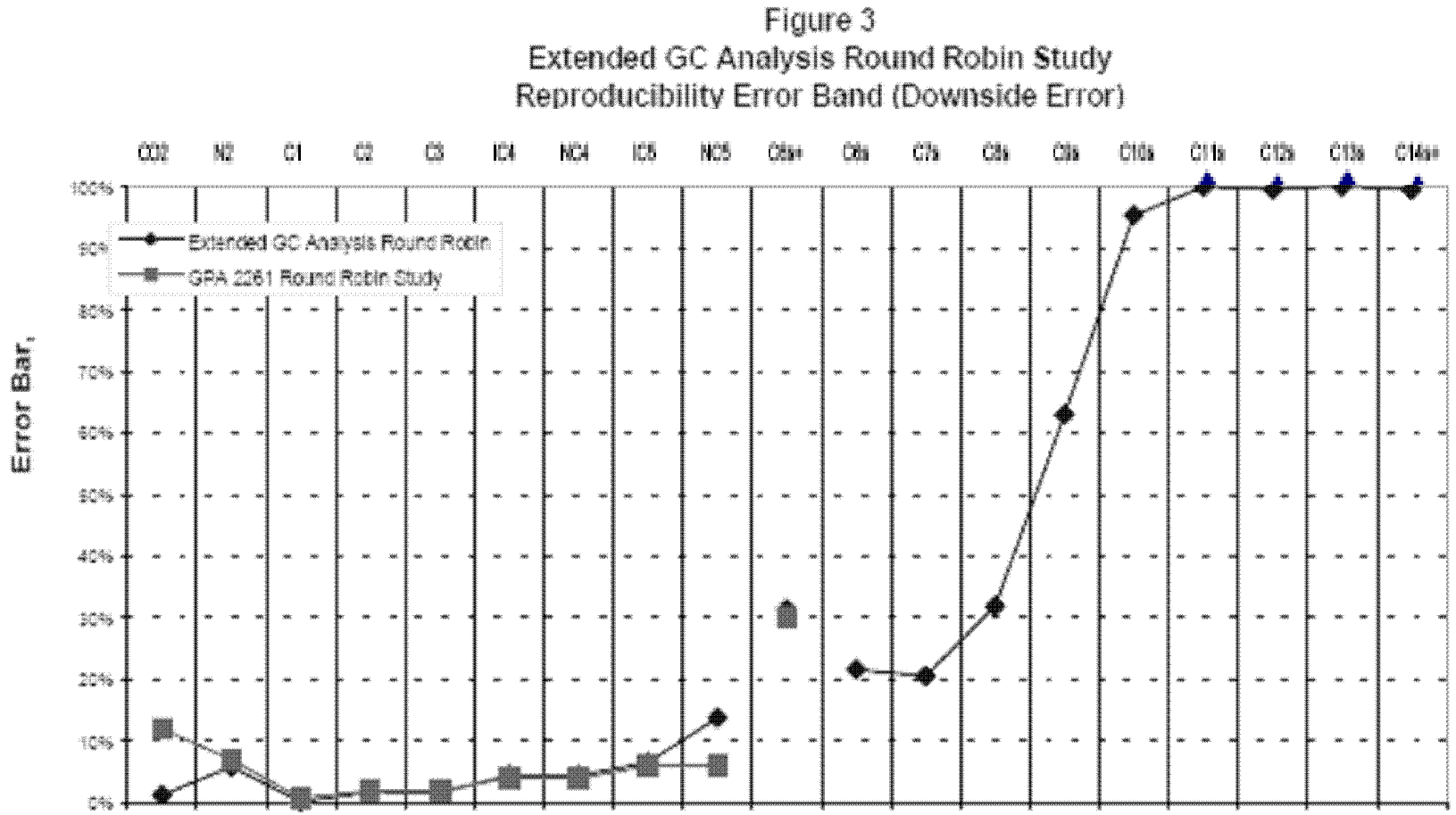



Figure #3 – Downside Reproducibility Band for Extended GC Composition Data.

- En este mismo estudio, partiendo de un gas de composición conocida, se realizaron cromatografías encontrándose que en promedio, a partir de los componentes C9s el error intrínseco de los cromatógrafos y al gas patrón, para las mediciones es muy alto y las concentraciones muy bajas, del orden de PPM

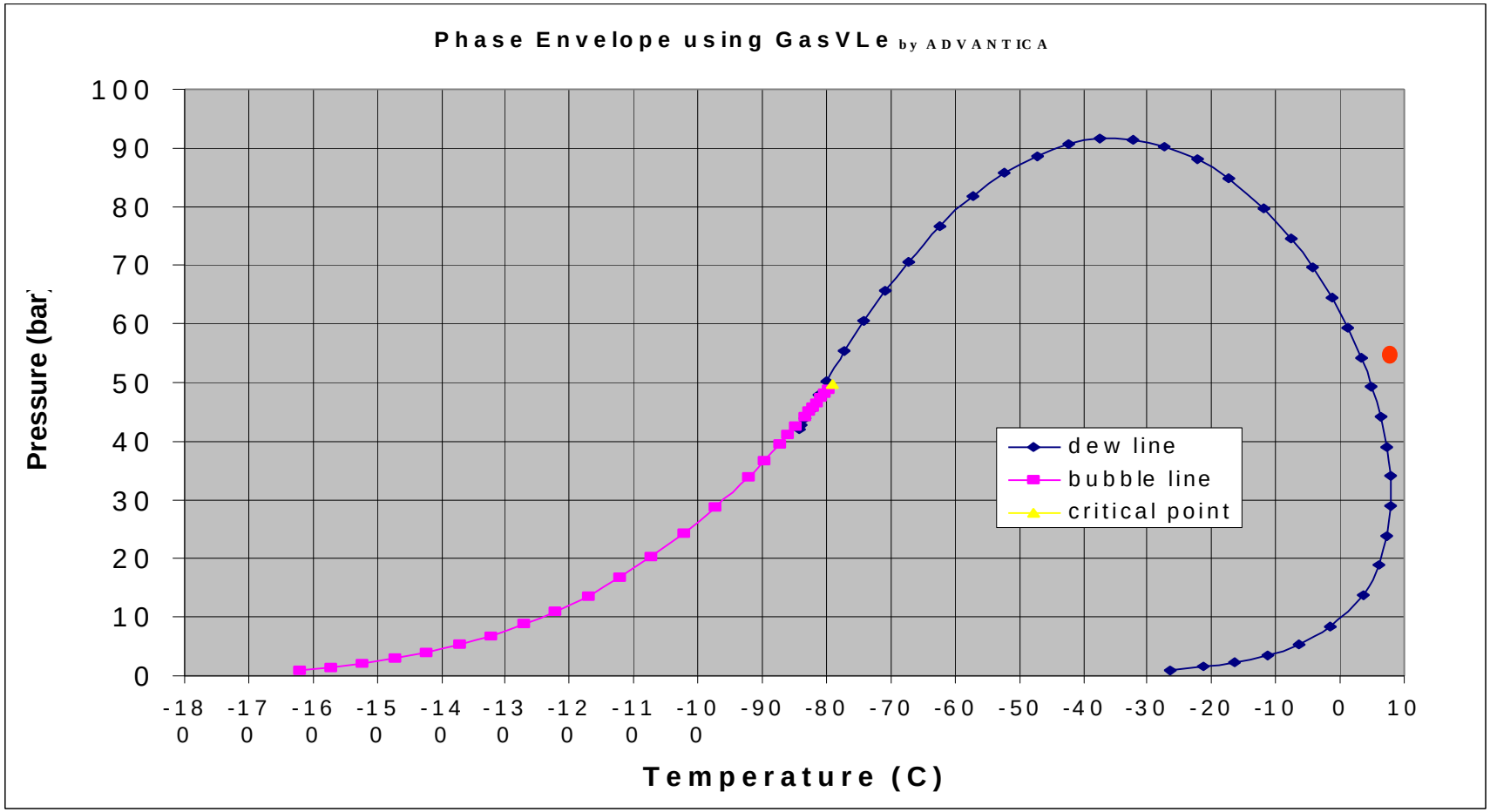
# Propuesta para método de análisis extendidos a C8

| NOMBRE DEL COMPUESTO | % MOL | % MOL | Conversión | Barriles |
|---|---|---|---|---|
| N2 | 3.5000 | 3.5000 | | |
| CO2 | 0.0800 | 0.0800 | | |
| METANO | 91.0952 | 91.0952 | | |
| ETANO | 5.0294 | 5.0294 | | |
| PROPANO | 0.2079 | 0.2079 | 0.00153 | 1.363 |
| ISOBUTANO | 0.0187 | 0.0187 | 0.00128 | 0.146 |
| BUTANO NORMAL | 0.0104 | 0.0104 | 0.00133 | 0.078 |
| ISOPENTANO | 0.0083 | 0.0083 | 0.00115 | 0.072 |
| PENTANO NORMAL | 0.0026 | 0.0026 | 0.00116 | 0.022 |
| CICLOPENTANO | 0.0005 | 0.0005 | 0.00116 | 0.004 |
| 23-DIMETILBUTANO | 0.0004 | 0.0004 | 0.00102 | 0.003 |
| 2-METILPENTANO | 0.0015 | 0.0015 | 0.00102 | 0.014 |
| 3-METILPENTANO | 0.0009 | 0.0009 | 0.00102 | 0.009 |
| HEXANO NORMAL | 0.0008 | 0.0008 | 0.00102 | 0.008 |
| METILCICLOPENTANO | 0.0042 | 0.0042 | 0.00091 | 0.047 |
| c-13-DIMETILCILCOPENTANO | 0.0027 | | 0.00091 | 0.000 |
| t-13-DIMETILCICLOPENTANO | 0.0038 | | 0.00091 | 0.000 |
| t-12-DIMETILCICLOPENTANO | 0.0094 | | 0.00091 | 0.000 |
| HEPTANO NORMAL | 0.0005 | 0.0189 | 0.00091 | 0.208 |
| METILCICLOHEXANO | 0.0025 | | 0.00091 | 0.000 |
| 22-DIMETILHEXANO | 0.0034 | | 0.00082 | 0.000 |
| t-c-124-TRIMETILCICLOPENTANO | 0.0030 | | 0.00082 | 0.000 |
| t-c-123-TRIMETILCICLOPENTANO | 0.0036 | | 0.00082 | 0.000 |
| OCTANO NORMAL | 0.0000 | 0.0204 | 0.00082 | 0.248 |
| 33-DIMETILHEPTANO | 0.0103 | | 0.00075 | 0.000 |
| NONANO NORMAL | 0.0000 | | 0.00075 | 0.000 |
| | 100.0000 | 100.000 | 0.022 | 2.222 |

El método consiste en:

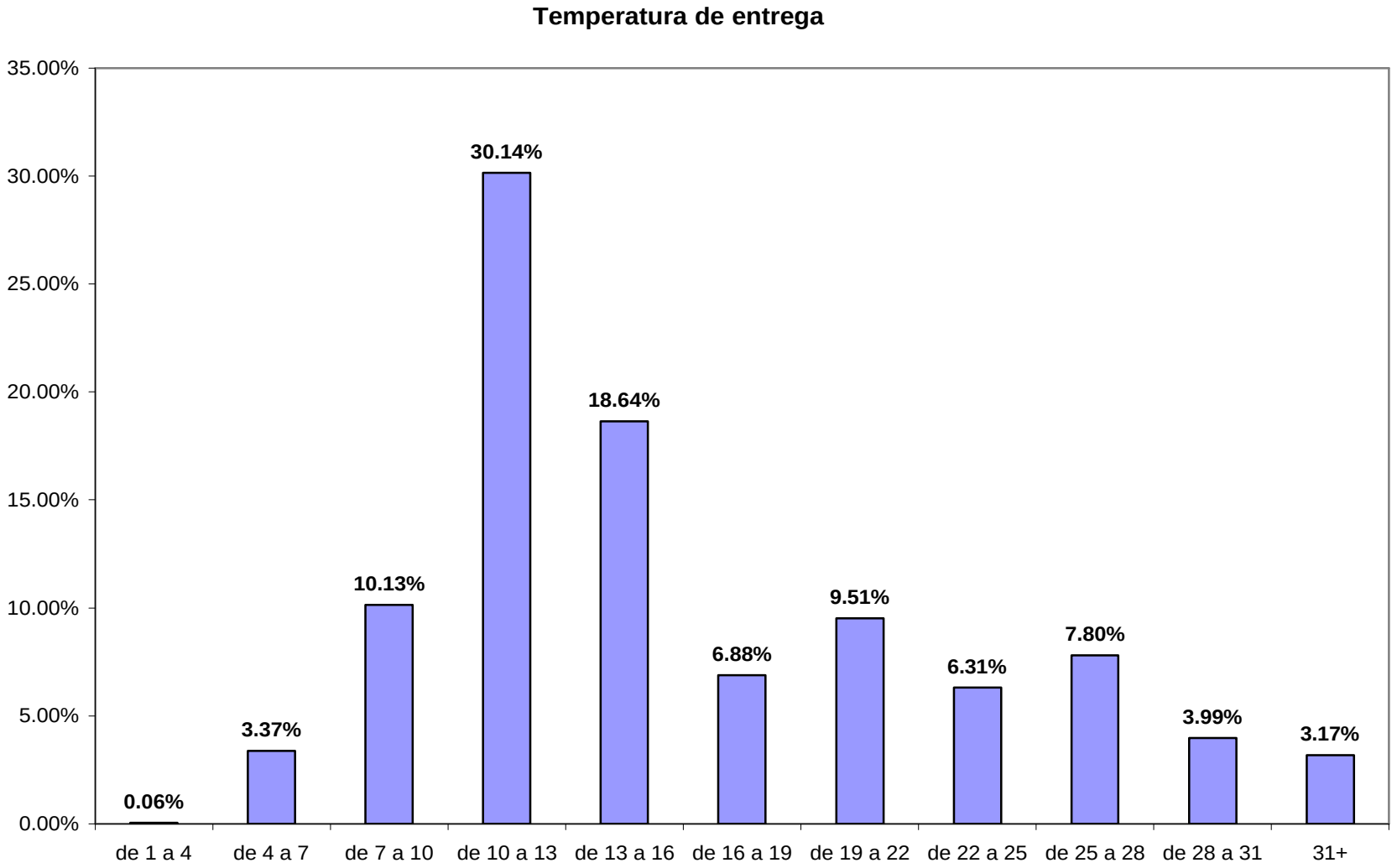
- Realizar cromatografías hasta componentes C9s
- Agrupar los componentes C7's como nC7 y los componentes C8's y C9's como nC8
- Introducir esta composición a un simulador utilizando la ecuación de estado de Peng Robinson.
- Con esta ecuación y esta metodología se han obtenido diferencias entre 1 y 3 °C respecto a las mediciones físicas del punto de rocío.
- Este método es el aceptado por algunos importadores y PGPB para el cálculo de las temperaturas de rocío.

# Aplicación del método




- Pemex posee hasta la fecha más de 200 mediciones física de puntos de rocío en diferentes puntos del sistema y más de 250 cromatografías extendidas realizadas por el IMP y otros laboratorios americanos como Fesco.
- Entre todas las cromatografías extendidas y su correspondiente medición física este método es el que se ha encontrado como el más apropiado

# Temperaturas de entrega a clientes



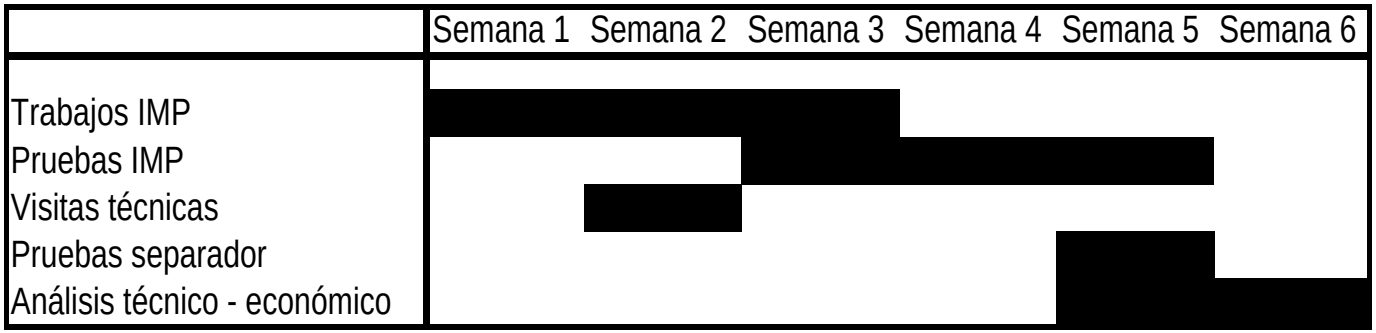

- El análisis estadístico incluyó a los 10 sectores de ductos más representativos del consumo nacional con las mediciones en promedio diario del año 2006.
- En total fueron 3,563 mediciones para el análisis que muestra que a 4°C se cubre al 99.9% de las entregas a clientes.

# Postura de Pemex sobre el punto de rocío

- Es necesario un estudio más profundo de las tecnologías, implicaciones y tiempos de implementación para el tratamiento del gas directo de PEP.
- El gas directo de PEP se considera gas seco con un contenido de licuables de 2 a 7 bls/mmpc, lo que no lo hace económicamente atractivo para ser tratado.
- Se reconoce que en algunos puntos de entrega de gas se tienen temperaturas de rocío de hidrocarburo tales que es posible la condensación, pero también que los niveles de condensación en clientes son menores al 0.2% en volumen.
- El estudio tendría por tanto también que ser económico, para determinar el menor Costo Presente Neto y la aplicación más apropiada.
- Se estima que las inversiones para el control de punto de rocío pueden oscilar entre 80 y 150 mmusd en cada punto y dependerá del nivel de temperatura de control.
- Se propone realizar este estudio, en 6 semanas, en un rango de temperaturas de 1 a 9°C para seleccionar la tecnología, seleccionar un valor asequible y estimar los costos de inversión y operación.
- Se solicita que también los clientes y distribuidores presenten el análisis de los costos e implicaciones que se tengan por la presencia de líquidos en la entrega.

# Programa de trabajo

- Se han iniciado trabajos en diversos frentes para definir una temperatura de rocío concreta, estimar sus costos y tiempos de implementación.
- A mediados de este mes se visitó un sector de ductos en el que se pretende realizar una prueba física con equipo de separación con regulación de presión tipo ciclónico.
- Se iniciaron trabajos con el IMP el día 19 de octubre para proponer pruebas físicas con otras dos tecnologías en sectores de ductos, trabajos que tomarán tres semanas y se programarán las pruebas a finales del mes de noviembre.
- Se programan visitas técnicas a localidades de los EUA en donde se controla el punto de rocío en gas a ductos.
- El programa es el siguiente:



# Resumen

1. En el tema de **poder calorífico e índice wobbe** se solicita mantener los rangos actuales, ya que la propuesta reduce en más de un 55% la flexibilidad actual y el gas que se envía a la zona Centro – Occidente, no cumpliría con la Norma de Calidad.

2. Para el **contenido de etano** se encontró que sólo se puede cumplir la reducción del componentes hasta cierto límite por el manejo de gas en ductos del sureste, dicho cumplimiento estaría sujeto a la autorización presupuestal y puesta en operación de inversiones adicionales tanto en Pemex Gas como en PPQ.

| Variable | Actual | Solicitud CRE | Propuesta Pemex |
|---|---|---|---|
| Etano máximo | No restringido | 10% vol | 12% máximo 2010 |
| Etano máximo | | 8% vol | 10% máximo 2012 |
| Etano máximo | | 6% vol | No es posible |

3. Sobre la **disminución del contenido de nitrógeno** en el gas natural se solicita mantener el nivel actual del 5% por afectar los ingresos del país y la producción de petróleo crudo.

4. La **temperatura de rocío de hidrocarburos** propuesta de -9°C no es congruente con las temperaturas de rocío en puntos de entrega nacionales.

5. Para la determinación de la temperatura de rocío de hidrocarburos se propone el método de cromatografías extendidas y envolventes de fases con la ecuación de estado de *Peng Robinson* como fue descrito en el documento.

6. En este tema se solicita tiempo para realizar un estudio técnico económico y definir una temperatura de rocío, o un rango de esta, que sea práctico.

# Anexos

# Equipo Chandler

- Este es el método físico considerado como base para la calibración de los equipos electrónicos para detección de humedad.
- Opera mediante el principio de saturación del gas, al hacerlo fluir por una cámara a temperatura controlada que contiene el espejo.
- La temperatura se regula al hacer fluir otro gas, usualmente $CO_2$ , que se regula hasta la presión atmosférica.
- Se utiliza tanto para medir la temperatura de rocío de agua como de hidrocarburos, ya que la formación de la condensación es diferente para ambos casos.

CHANDLER ENGINEERING® PROCESS INSTRUMENTS

YOUR NATURAL GAS QUALITY MEASUREMENT SOLUTION!

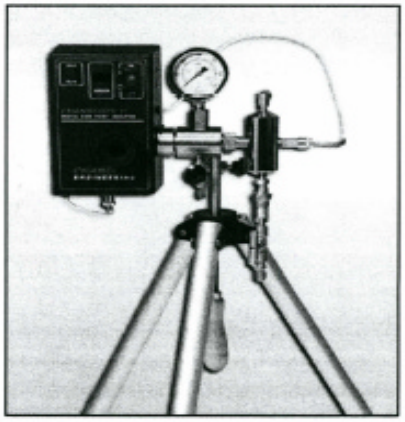
## Chandler Dew Point Testers

Bureau of Mines-Type Dew Point Tester from AMETEK

### BUREAU OF MINES MODEL

The Chandler Bureau of Mines Dew Point Tester is a primary instrument used to measure the dew point temperature of any gas. It is rugged, portable, and can provide very repeatable results. Because of its primary nature, the standard dew point tester requires no calibration. Consequently, it is frequently used to verify results of electronic instruments.

The Chandler Dew Point Tester is a chilled mirror device that operates by achieving the conditions required by the definition of dew point. When a gas is cooled out of contact with liquid water, the humidity or water content remains constant, but the percentage of saturation increases until it reaches 100% and moisture begins to condense. The temperature at this point is known as the dew point or frost point.



*Chanscope II Digital Dew Point Tester*

*Standard Dew Point Tester*

### OPERATION

The Chandler "Bureau of Mines-type" Dew Point Tester consists of a small high pressure chamber through which the gas sample flows. A polished mirror is at one end of the chamber and a viewing window at the other. The operator controls an expandable gas through a valve, cooling the polished mirror until the dew point is observed. The temperature and pressure are then recorded and plotted on a graph to obtain the water content of the sample. Hydrocarbon dew points in natural gas can be obtained using the same method.

### FEATURES

- Meets ASTM D1142.
- Portable and rugged for repeatable results.
- Nothing to calibrate.
- Traceable to NIST.
- Easy to maintain and use.

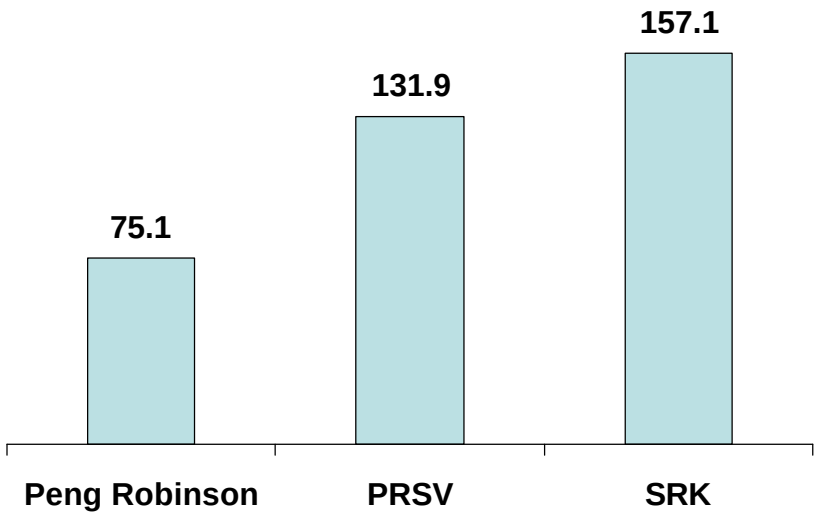
### APPLICATIONS

- **Natural Gas**
  Designed for accuracy in the rugged environment typically found in the gas industry. A special model is available for offshore use.
- **Sour Gas**
  Corrosion-resistant materials are used for $H_2S$ atmospheres.
- **Industrial Gases**
  The tester is ideally suited for the measurement of the dew point of pressurized $N_2$, $O_2$, $H_2$, Ar, air, and other bottled gases.
- **Heat Treating Furnaces**
  Chandler instruments are easy to use and produce reliable, accurate answers. They have been used for years in this application.

# Selección de la Ec. de Estado

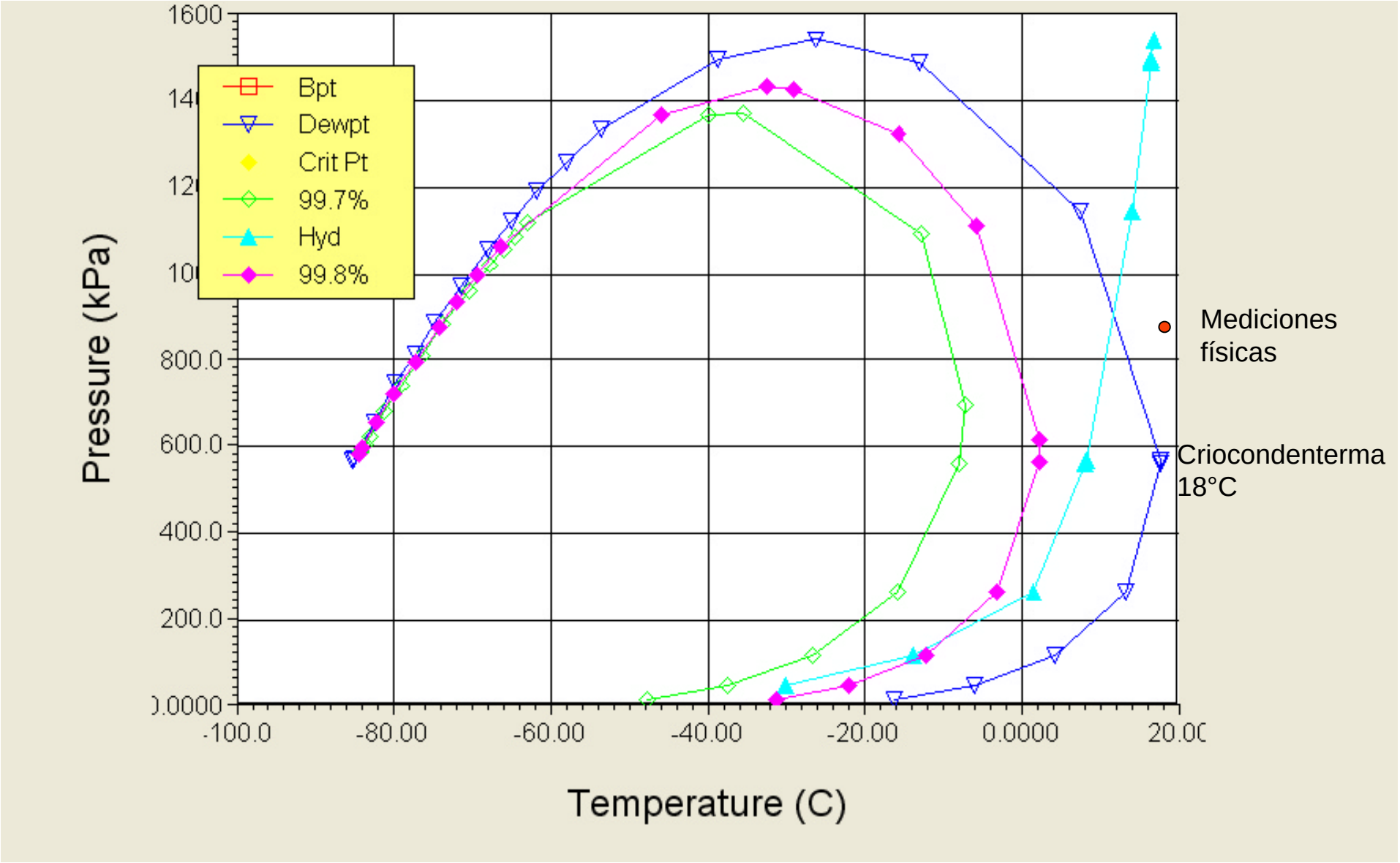
- Se realizó un análisis de las ecuaciones de estado más comunes o recomendadas para los procesos de separación de gases.
- En este proceso de utilizaron 8 puntos de entrega o de suministro del que se tienen al tres o más mediciones físicas del punto de rocío y sus correspondientes muestreos extendidos.
- En todos se utilizó la metodología propuesta de integrar los componentes C7's como n-C7 y los C8's y C9's como n-C8.
- Se encontró que el que genera el menor cuadrado del error, es la ecuación de Peng Robinson.
- Esta ecuación es utilizada ya como base para el cálculo de esta variable entre PGPB y Tennessee.

**Sumatoria del cuadrado del error**

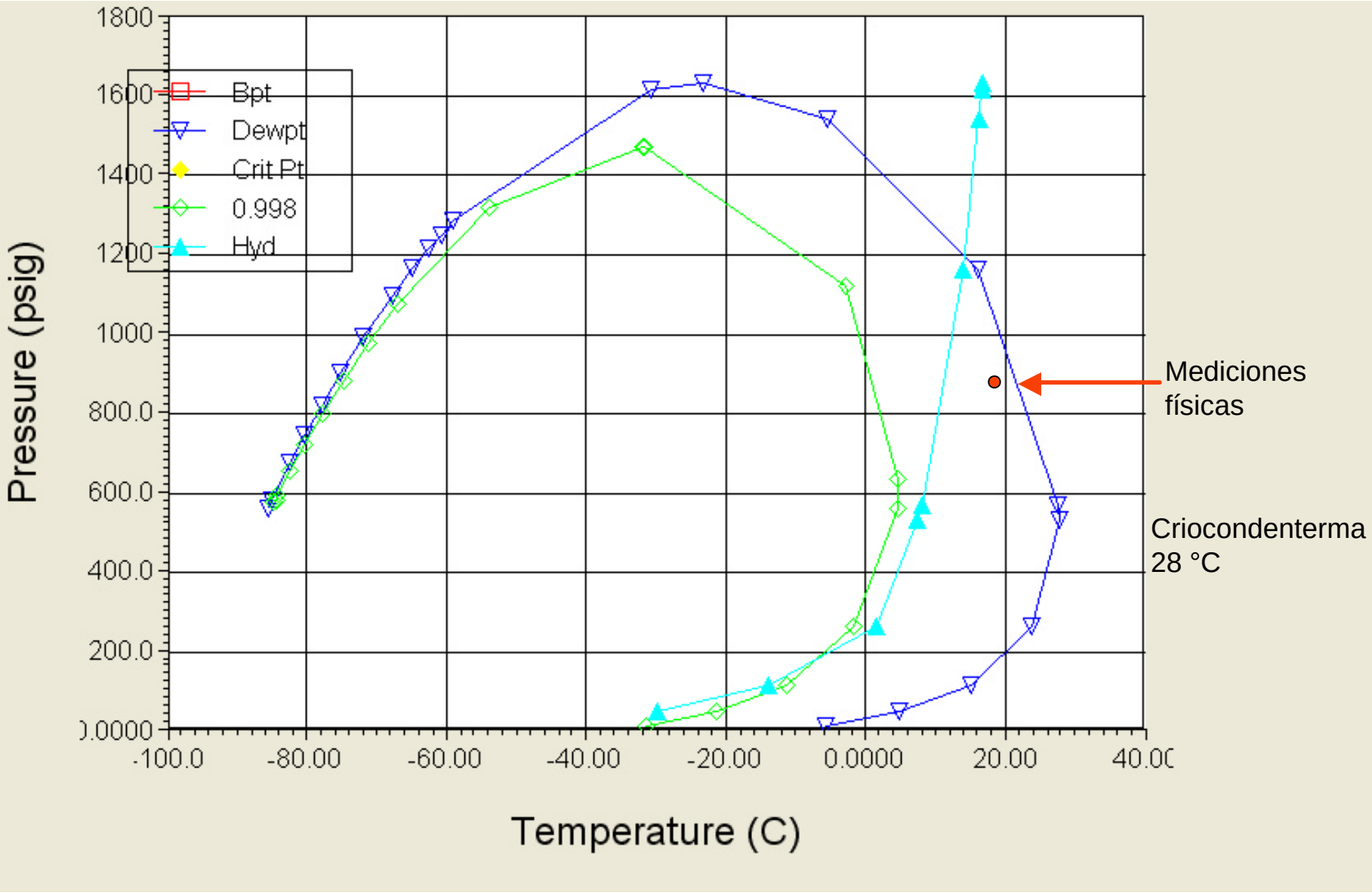



- Se recomienda utilizar un rango de temperaturas de rocío y no un valor absoluto, ya que tanto el método físico como el indirecto presentan diferencias con respecto al valor "real" de este parámetro.

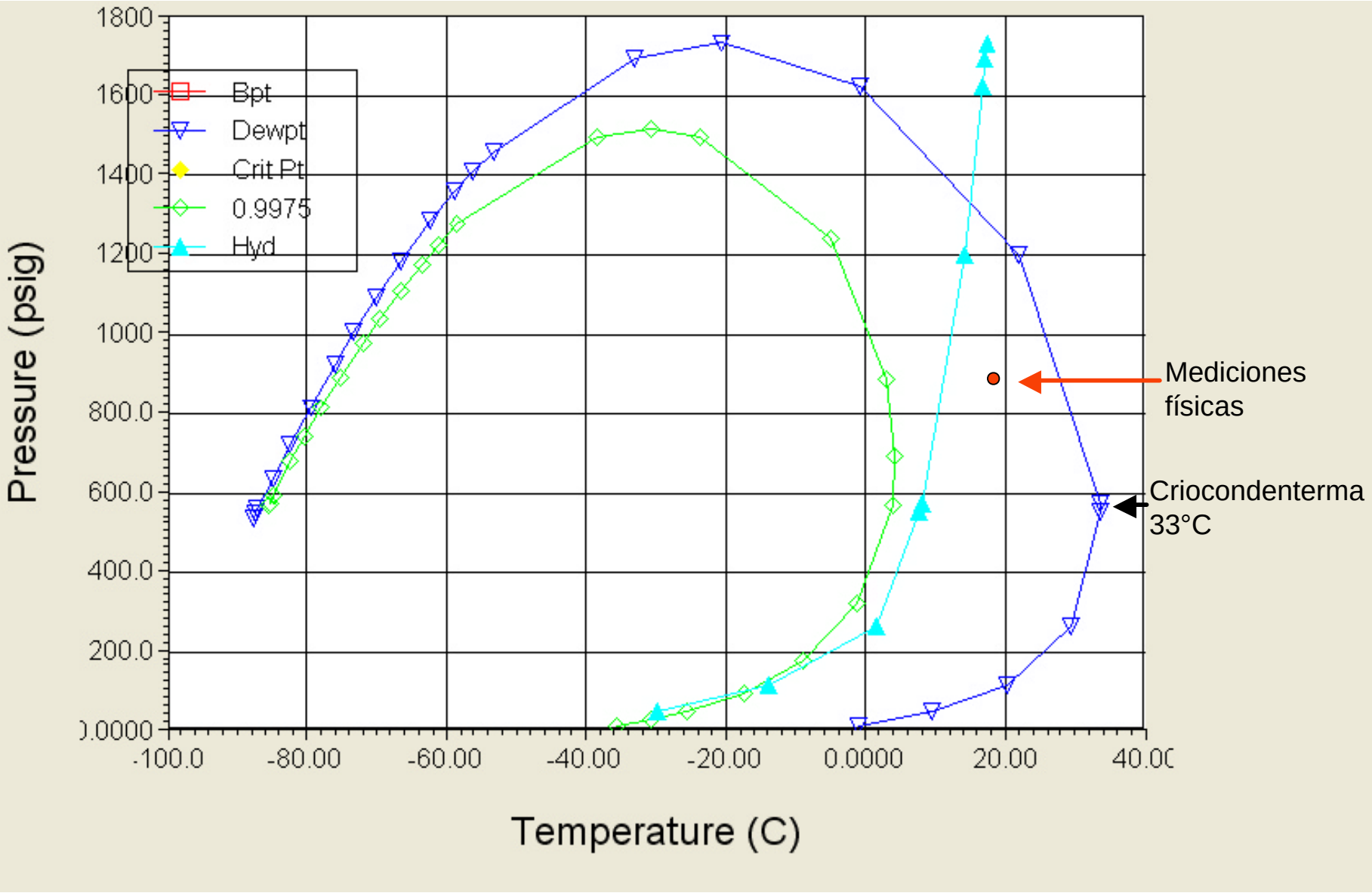
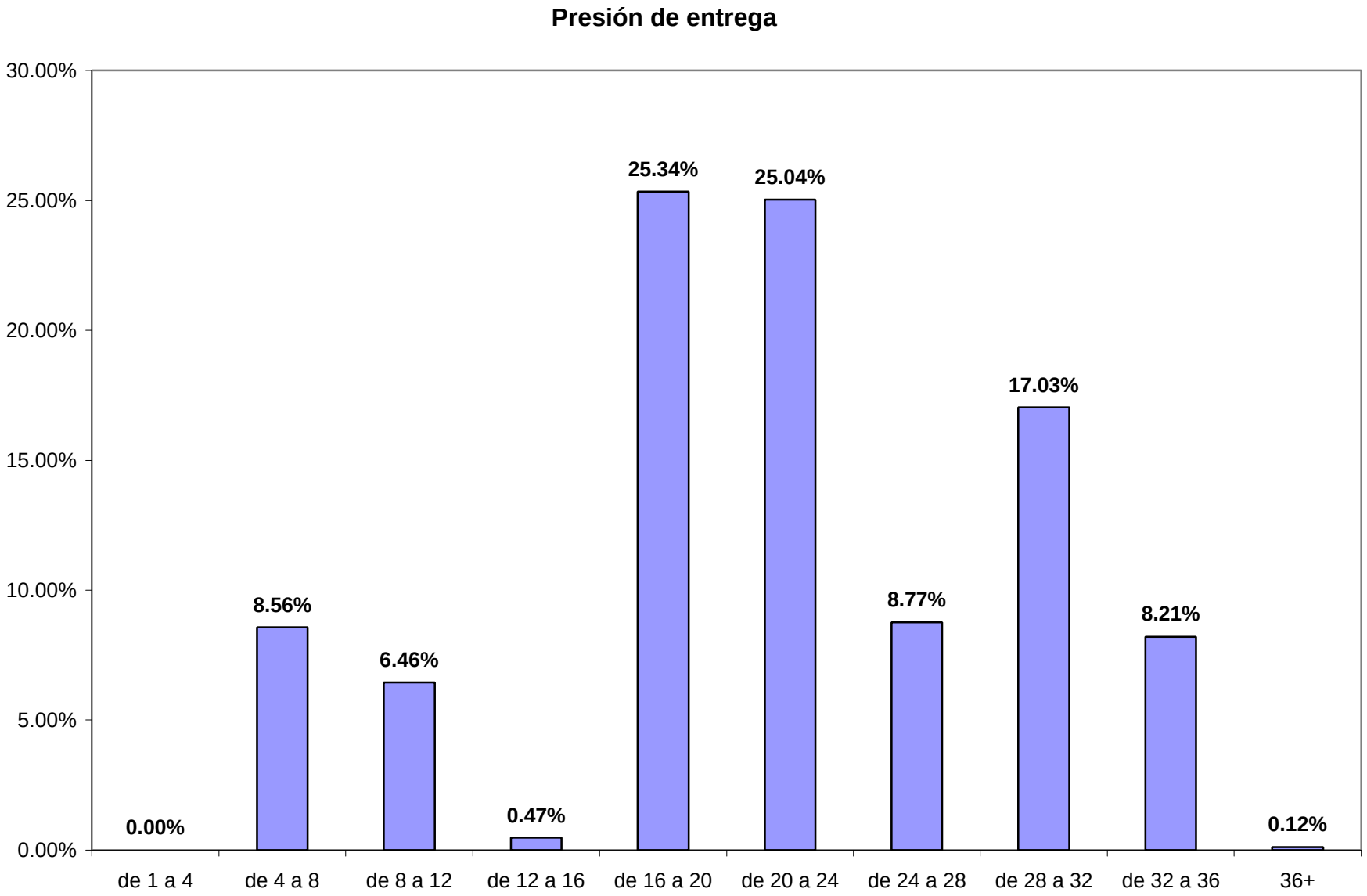
# Determinaciones de envolventes de fase con corte a C7s



# Determinaciones de envolventes de fase con corte a C8s



# Determinaciones de envolventes de fase con corte a C9s



# Presiones de entrega