

# Ensayos de Agua Libre en Oleoductos de gran Diámetro

Plantas Caleta Olivia & Caleta  
Córdova

Autores: D. Puebla, J. Cortada, M. Vilche



## Agenda

- ▶ Servicios de Termap
- ▶ Exposición del tema
- ▶ Alcances y objetivo
- ▶ Marco normativo
- ▶ Propiedades de los crudos
- ▶ Marco operacional (normal y excepcional)
- ▶ Método aplicado en cada instalación:
  - ▶ Dimensiones de las instalaciones
  - ▶ Análisis de posibilidad de fugas o entrapamiento del agua
  - ▶ Plan de ensayos (caudales, concentraciones)
  - ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Comentarios finales

## Servicios de Termap

Proveer el servicio de recepción, almacenamiento y devolución de petróleo a los productores de la **cuenca del Golfo San Jorge** bajo la modalidad de transferencia de custodia, adoptando los estándares internacionales más exigentes en esa materia. Nuestras plantas están ubicadas en las localidades de Comodoro Rivadavia (Chubut), y Caleta Olivia (Santa Cruz).



## Exposición del tema

A fin de determinar correctamente una cantidad de crudo se debe conocer la calidad de la remesa transferida a granel. Esto implica poseer un sistema que obtenga muestras representativas de todo el producto, en todo el rango de concentración y caudales en los cuales el sistema estima operar (condiciones de borde).

Consecuentemente la certificación de los sistemas automáticos de extracción de muestras es concomitante con el requisito de la certificación de una tabla de calibración de un tanque o de un

## Alcance y objetivo

Este trabajo abarcó todos los sistemas automáticos de muestreo en línea que posee Termap para realizar las transferencias de custodia.

El objetivo fue que esos sistemas alcanzaran el grado de precisión requerido en todo el rango esperado de operación (caudal y concentración de



Muestreadores Caleta  
Olivia



Muestreadores Caleta Córdoba



## Marco normativo internacional

- ▶ ISO 3170
- ▶ ISO 3171
- ▶ API MPMS Cap. 8, Secc. 1
- ▶ API MPMS Cap. 8, Secc. 2
- ▶ API MPMS Cap. 8, Secc. 3
- ▶ ASTM D4928
- ▶ ASTM D4807
- ▶ ASTM D5002



## Propiedades de los crudos

### Escalante

- Densidad (a temp. obs.):
  - 888 a 917 kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad:
  - 285 (±100) mPa.s @ 40°C
  - 1500 (±900) mPa.s @ 20°C

### Catad≤n Seco

- Densidad (a temp. obs.):
  - 882 a 905 kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad:
  - 110 (±8) mPa.s @ 40°C
  - 350 (±10) mPa.s @ 20°C

Marco operacional (normal y excepcional)

## Escalante

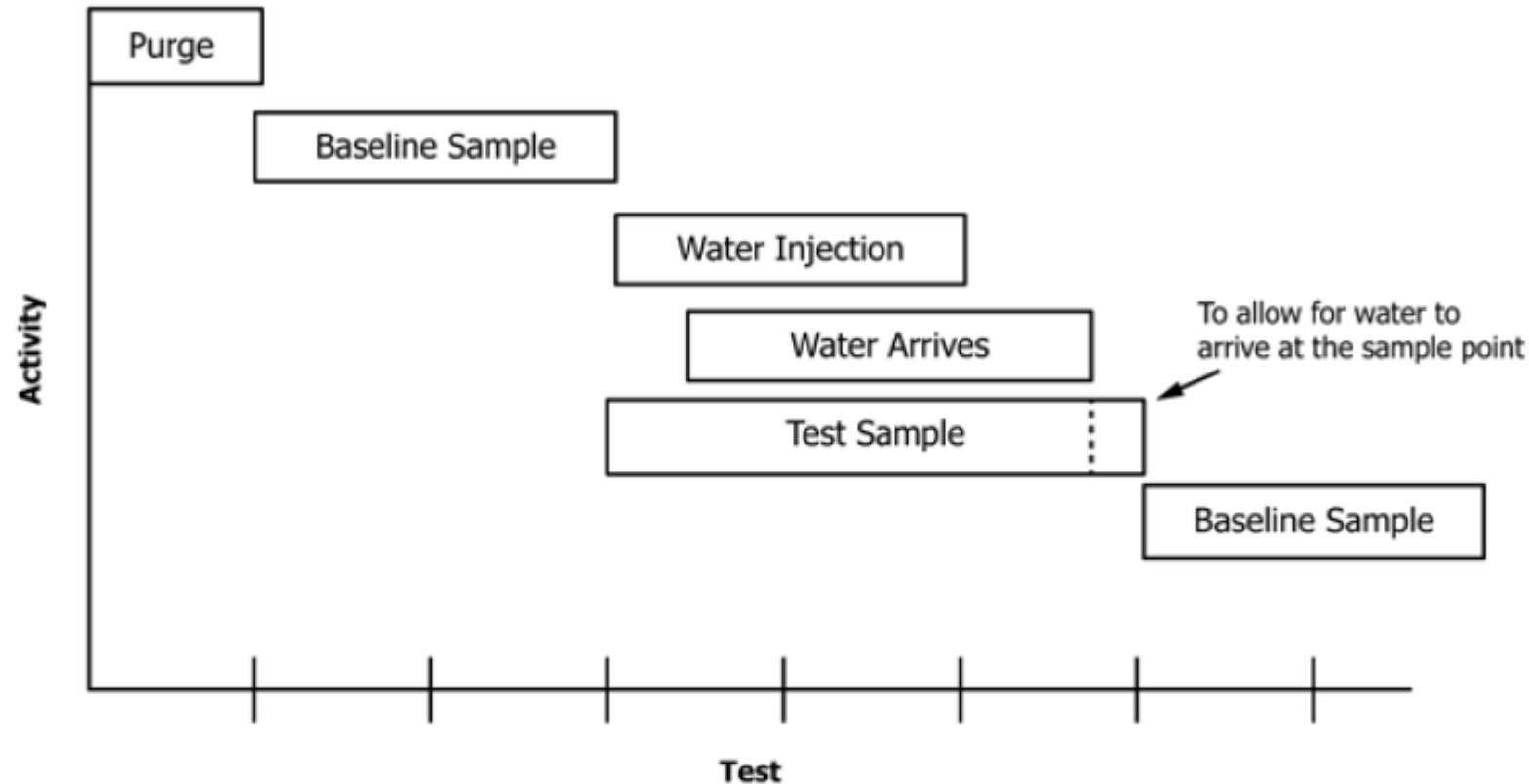
- ▶ Caudal:
  - ▶ 1888 a 3980 m<sup>3</sup>/h (devolución)
  - ▶ ca. 55 m<sup>3</sup>/h (recepción)
- ▶ Concentración agua:
  - ▶ 0,10% a 0,90% (normal)
  - ▶ 0,10% a 1,15% (devolución)
  - ▶ 0,10% a 2,40%

## Catad<sub>seco</sub>

- ▶ Caudal:
  - ▶ 1888 a 4430 m<sup>3</sup>/h (devolución)
- ▶ Concentración agua:
  - ▶ 0,15% a 0,85% (normal)
  - ▶ 0,10% a 1,15% (devolución)



Extraído de: API MPMS, Chapter 8, Section 2 (August 2022) / ASTM D4177-22



**NOTE**—Times are calculated based on minimum oil flow rate and the distance between the injection and the sample point.

NOTE 1—Times are calculated based on minimum oil flow rate and the distance between the injection and the sample point.

**FIG. 13 Sequence of Acceptance Test Activities**



3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas 

22-23  
AGO

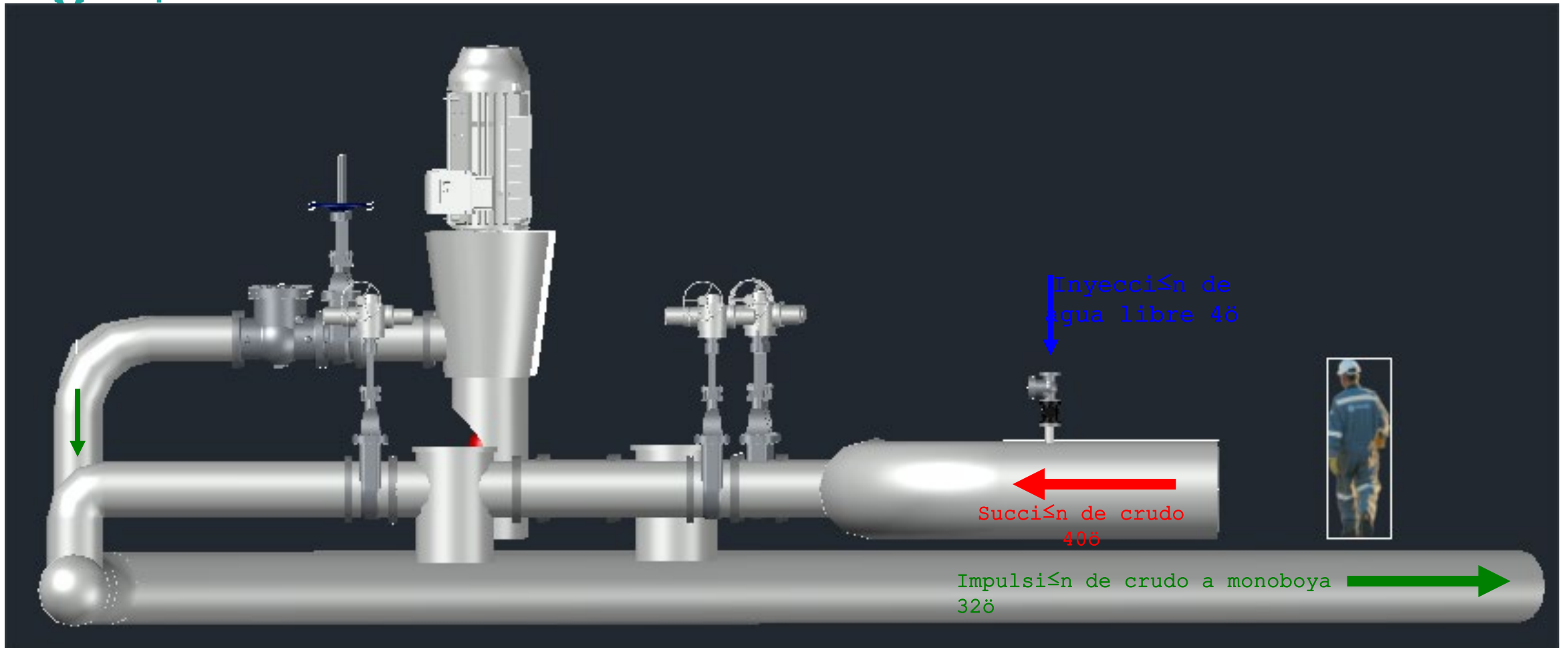


30<sup>1994</sup>  
2024  
ANIVERSARIO

# Terminal Caleta Córdoba

## Muestreadores Marinos

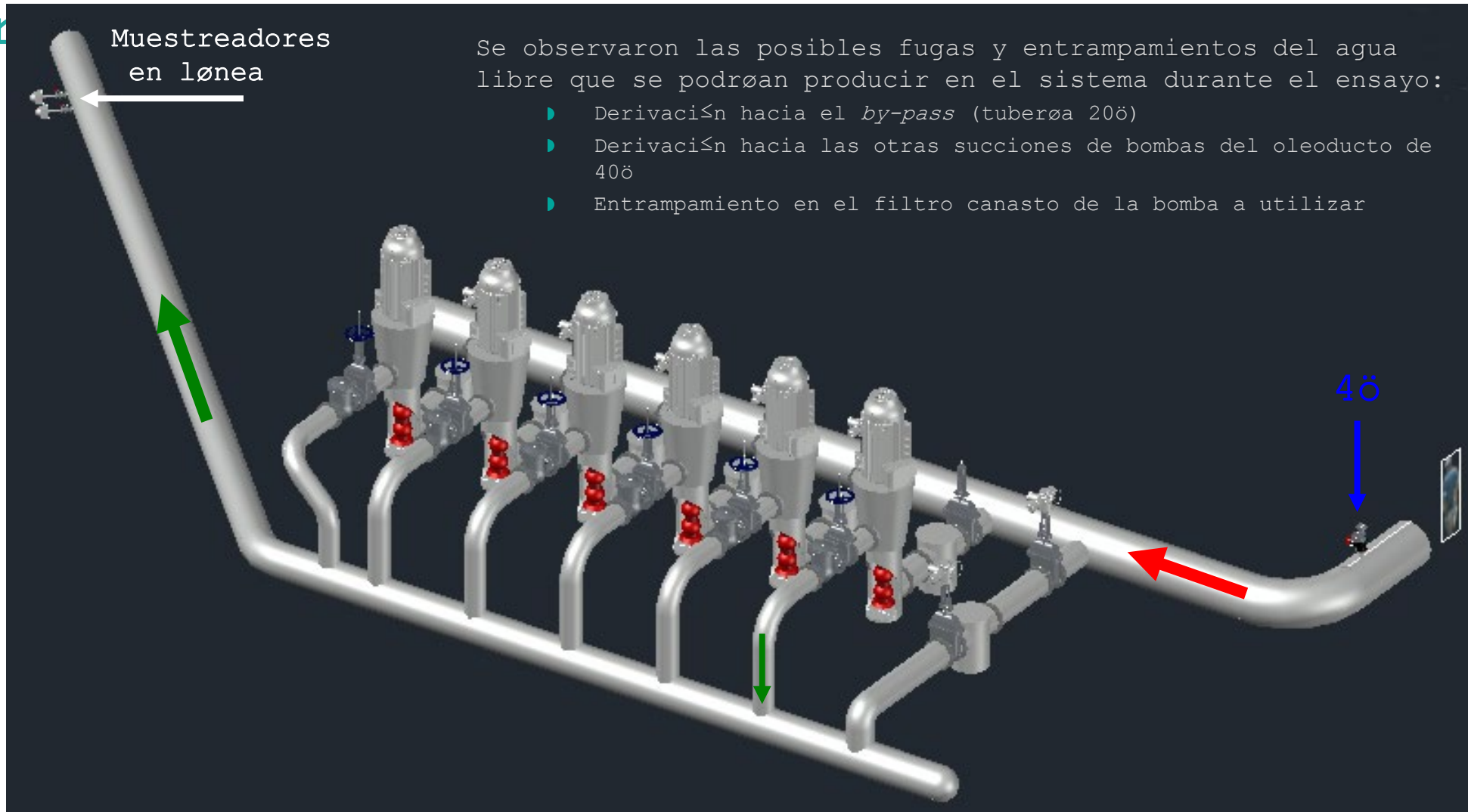
# Método aplicado: Caleta Córdova û Muestreadores



Sala de bombas

# Método aplicado: Caleta Córdova û Muestreadores

Mar



# Método aplicado: Caleta Córdoba y Muestreadores Marinos Crudo Escalante

- ▶ Se comprobó el máximo caudal que podía desarrollar el equipo de inyección de agua libre.
- ▶ En base a lo anterior se programó hacer el ensayo a un caudal entre  $1400 \text{ m}^3/\text{h}$  y  $1450 \text{ m}^3/\text{h}$
- ▶ Se ensayaron dos (2) muestreadores en línea de 32", proporcionales al caudal, con contenedores portátiles de 5 galones, y controlados con un caudalómetro ultrasónico del tipo abrazadera.
- ▶ Se inyectó agua libre durante 40 minutos en cada escalón.
- ▶ Se utilizaron dos (2) tanques de 10.000 m<sup>3</sup> de capacidad nominal:
  - ▶ Uno para despachar el crudo acondicionado: homogeneizado durante 72 horas, y
  - ▶ Uno para recibir el crudo utilizado más el agua libre

## Resultados en Caleta Córdoba û Muestreador

### Marino #1

Diámetro: 320 - Caudal: 1416 a 1445 m<sup>3</sup>/h - Densidad del  
crudo: 0.9133 kg/m<sup>3</sup>

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,11%
- ▶ % agua medido: 1,08%
- ▶ Desv<sub>teo</sub> [med.-teo.]: **-0,030%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>teo</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,152%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,042%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,19%
- ▶ % agua medido: 1,14%
- ▶ Desv<sub>teo</sub> [med.-teo.]: **-0,050%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>teo</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,154%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,044%

## Resultados en Caleta Córdoba $\hat{u}$ Muestreador Marino #2

Diámetro: 320 - Caudal: 1416 a 1445  $\text{m}^3/\text{h}$  - Densidad del  
crudo: 0.9133  $\text{kg}/\text{m}^3$

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,13%
- ▶ % agua medido: 1,10%
- ▶ Desv $\sigma$  [med.-teo.]: **-0,03%**
- ▶ % m $\beta$ x. desv $\sigma$  s/API MPMS Cap. 8.2:  **$\pm 0,152\%$**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,043%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,17%
- ▶ % agua medido: 1,14%
- ▶ Desv $\sigma$  [med.-teo.]: **-0,02%**
- ▶ % m $\beta$ x. desv $\sigma$  s/API MPMS Cap. 8.2:  **$\pm 0,154\%$**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,044%





3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas 

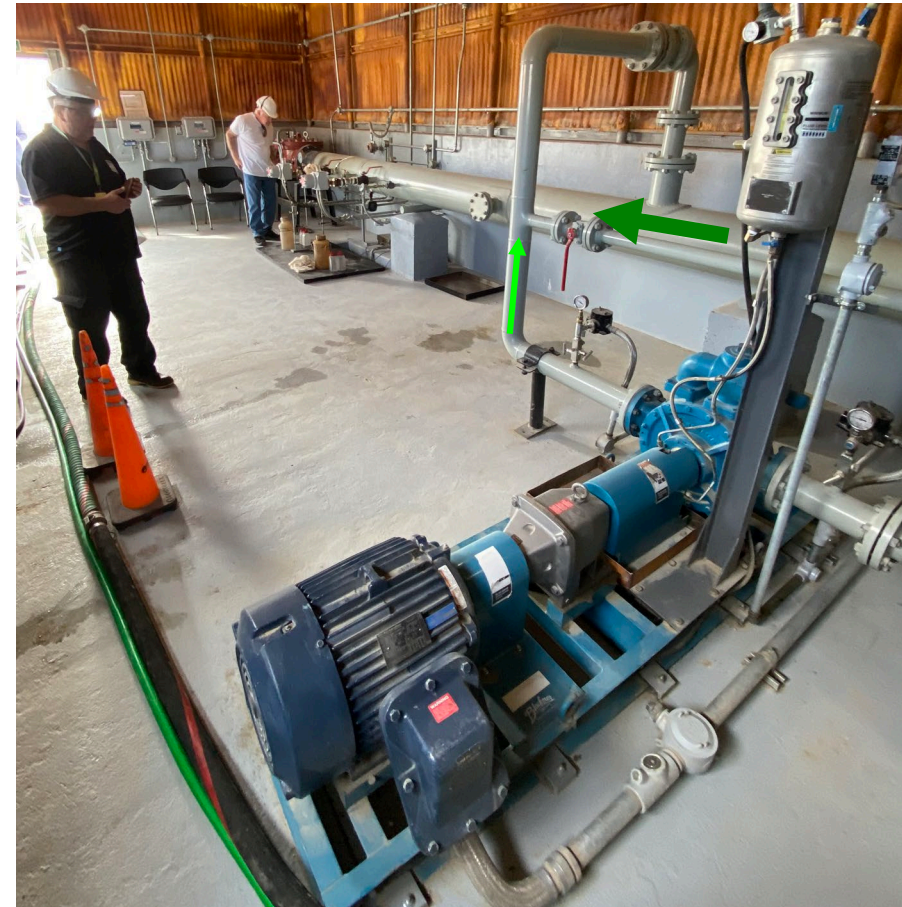
22-23  
AGO



30<sup>1994</sup>  
2024  
ANIVERSARIO

# Terminal Caleta Córdoba Muestreador para recepciones

# Método aplicado: Caleta Córdova ù Muestreador Recepción



Para el primer ensayo (año 2016) el sistema había sido instalado por el proveedor *de acuerdo a Norma*  
*y estaba en garantía*

# Método aplicado: Caleta Córdoba û Muestreador Recepción Crudo Escalante

- No se observaron posibles fugas y entrampamientos del agua libre que se pudiesen producir en el sistema durante el ensayo.
- Se programó hacer el ensayo en dos (2) condiciones distintas:
  - Al caudal correspondiente al mínimo de la linealidad de todos los medidores de desplazamiento positivo conectados a Termap: **56 m<sup>3</sup>/h**
  - A una concentración de agua en crudo muy elevada: mayor al 2.0%
- Se ensayaron dos (2) muestreadores en línea de 14", proporcionales al caudal, con contenedores portátiles de 5 galones, y controlados con un caudalómetro ultrasónico del tipo abrazadera.
- Se inyectó agua libre durante 40 minutos en cada escalón.
- Se utilizaron dos (2) tanques, uno de 10.000 m<sup>3</sup> y otro de 20.000 m<sup>3</sup> de capacidad nominal:
  - El más chico para despachar el crudo acondicionado, homogeneizado durante 72 horas, y
  - El más grande para recibir el crudo utilizado más el agua libre



Método aplicado: Caleta Córdoba û Muestreador

Recepción

El sistema en su totalidad habøa sido certificado en  
el año 2016

ôcon la pelota pegando en el palo y entrandoö en los  
dos escalones

En el año 2022 luego de tres  
intentos consecutivos para  
recertificarlo a  $56 \text{ m}^3/\text{h}$

Fracasamos miseramente !!

El desvío obtenido era mayor a lo permitido por la

Norma.



## Método aplicado: Caleta Córdova • Muestreador Recepción



Entre otros asuntos, la *pseudoboquilla* estaba apuntando sus orificios hacia los muestreadores, que están localizados aguas abajo de mezclador de potencia!



## Método aplicado: Caleta Córdova ù Muestreador



En 22 horas hubo que readecuar toda la instalación del mezclador de potencia (bomba, caterøas, suministros auxiliares, protecciones, etc.) à

Método aplicado: Caleta Córdoba û Muestreador  
Recepción

Luego de las  
adecuacionesà





## Resultados en Caleta Córdoba û Muestreador

### Recepción

Diámetro: 140 - Caudal: **56** m<sup>3</sup>/h û Densidad del crudo:  
0.9115 kg/m<sup>3</sup>

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,45~%
- ▶ % agua teórico: 1,35%
- ▶ % agua medido: 1,25%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,10%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,157%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,049%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,45~%
- ▶ % agua teórico: 1,33%
- ▶ % agua medido: 1,26%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,07%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,151%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,048%

## Resultados en Caleta Córdoba û Muestreador

### Recepción

Diámetro: 140 - Caudal: **94** m<sup>3</sup>/h û Densidad del crudo:  
0.9115 kg/m<sup>3</sup>

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,45~%
- ▶ % agua teórico: 2,44%
- ▶ % agua medido: 2,35%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,09%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,177%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,072%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,45~%
- ▶ % agua teórico: 2,43%
- ▶ % agua medido: 2,40%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,03%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,177%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,072%



3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas 

22-23  
AGO

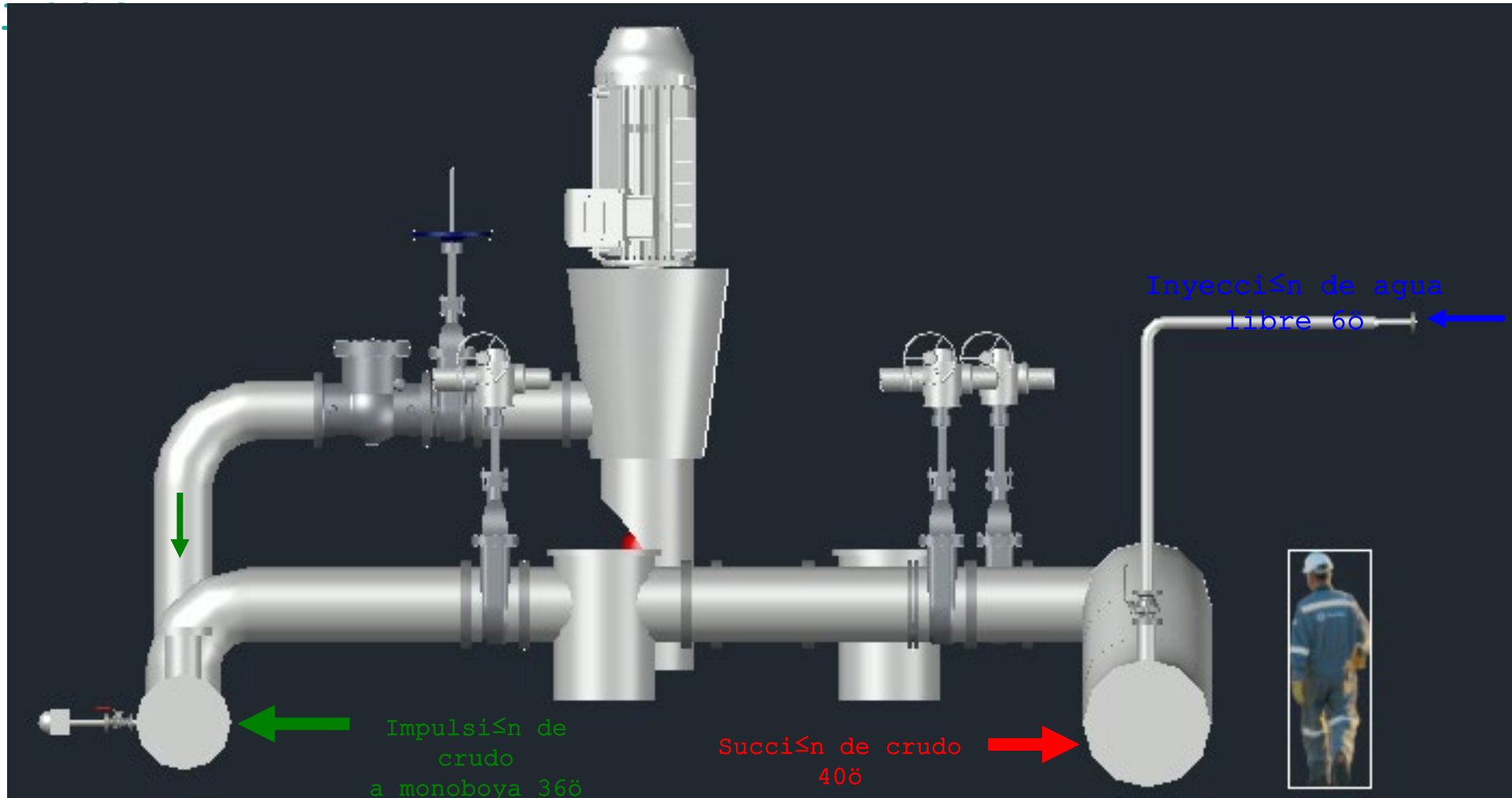


30<sup>1994</sup>  
2024  
ANIVERSARIO

# Terminal Caleta Olivia

## Muestreadores Marinos

# Método aplicado: Caleta Olivia û Muestreadores Marí



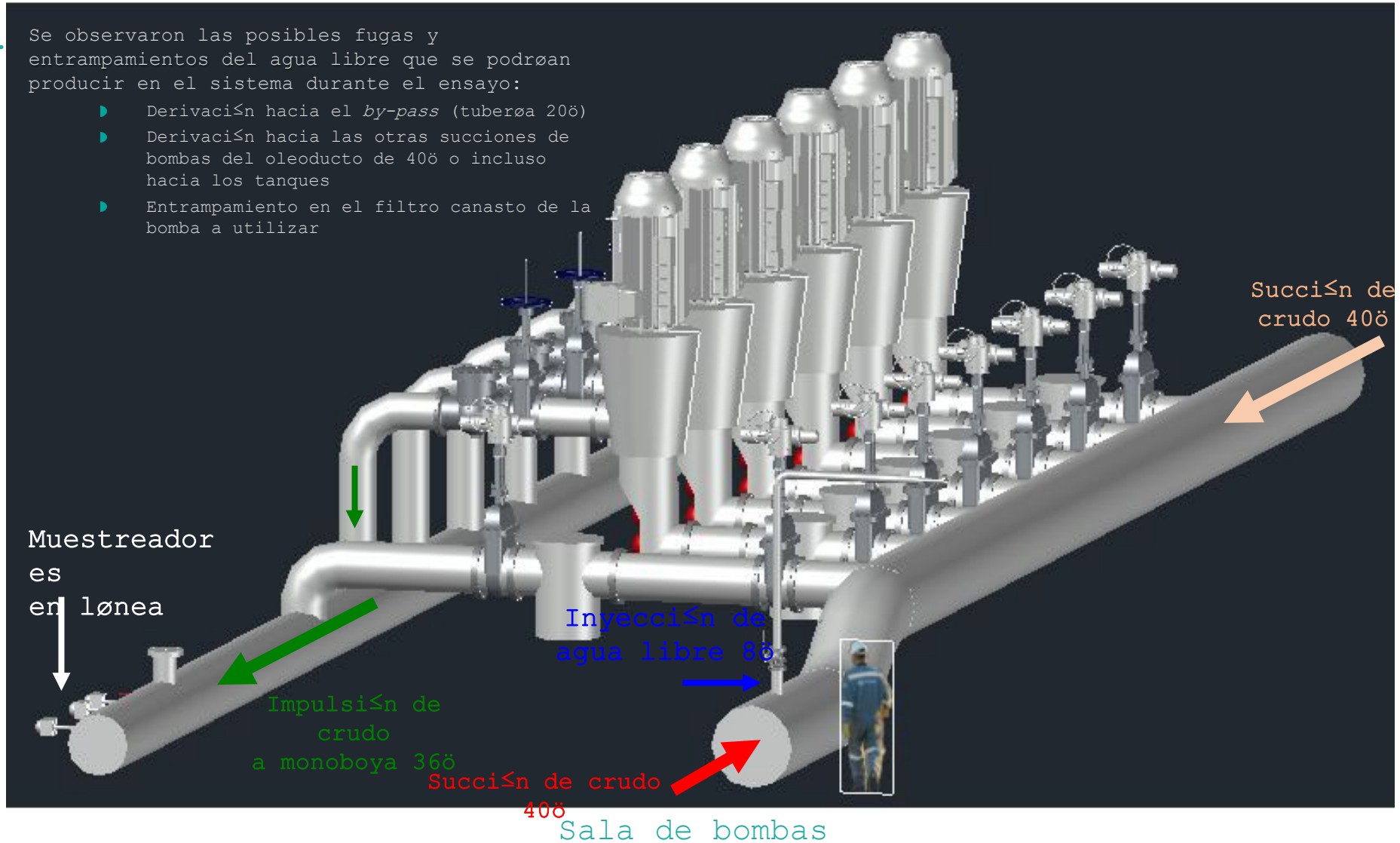
Sala de bombas

# Método aplicado: Caleta Olivia û Muestreadores

## Mari

Se observaron las posibles fugas y entrapamientos del agua libre que se podrían producir en el sistema durante el ensayo:

- ▶ Derivación hacia el *by-pass* (tubería 20ø)
- ▶ Derivación hacia las otras succiones de bombas del oleoducto de 40ø o incluso hacia los tanques
- ▶ Entrampamiento en el filtro canasto de la bomba a utilizar



# Método aplicado: Caleta Olivia y Muestreadores Marinos Crudo Catadún Seco

- ▶ Se comprobó el máximo caudal que podría desarrollar el equipo de inyección de agua libre.
- ▶ En base a lo anterior se programó hacer el ensayo a un caudal entre  $1150 \text{ m}^3/\text{h}$  y  $1250 \text{ m}^3/\text{h}$
- ▶ Se ensayaron tres (3) muestreadores en línea de 32", proporcionales al caudal, con contenedores portátiles de 5 galones, y controlados con un caudalómetro ultrasónico del tipo abrazadera.
- ▶ Se inyectó agua libre durante 40 minutos en cada escalón.
- ▶ Se utilizaron dos (2) tanques de 10.000 m<sup>3</sup> de capacidad nominal:
  - ▶ Uno para despachar el crudo acondicionado: homogeneizado durante 72 horas, y
  - ▶ Uno para recibir el crudo utilizado más el agua libre

## Resultados en Caleta Olivia û Muestreador

### Marino #1

Diámetro: 360 - Caudal: 1181 a 1256 m<sup>3</sup>/h - Densidad del  
crudo: 0.9024 kg/m<sup>3</sup>

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,40~%
- ▶ % agua teórico: 1,16%
- ▶ % agua medido: 1,13%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,03%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,153%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,044%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,40~%
- ▶ % agua teórico: 1,20%
- ▶ % agua medido: 1,21%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **+0,01%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,154%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,045%



## Resultados en Caleta Olivia û Muestreador

### Marino #2

Diámetro: 320 - Caudal: 1416 a 1445 m<sup>3</sup>/h - Densidad del  
crudo: 0.9133 kg/m<sup>3</sup>

### 1<sup>er</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,13%
- ▶ % agua medido: 1,10%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,03%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,152%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,043%

### 2<sup>do</sup> escalón

- ▶ % agua línea base: 0,38~%
- ▶ % agua teórico: 1,17%
- ▶ % agua medido: 1,14%
- ▶ Desv<sub>00</sub> [med.-teo.]: **-0,02%**
- ▶ % m<sub>βx</sub>. desv<sub>00</sub> s/API MPMS Cap. 8.2: **±0,154%**
- ▶ Repetibilidad D4928: 0,044%

## Conclusiones

- ▶ Los sistemas automáticos de muestreo examinados **cumplen con los criterios** para realizar las **transferencias de custodia** dentro de los límites ensayados.
- ▶ Dado que los sistemas se ensayaron en las condiciones más desfavorables (bajo caudal y baja viscosidad) también serán adecuados cuando esas condiciones de borde sean las

## Comentarios finales

- ▶ La certificación del sistema de muestreo automático es tan importante como el certificado del Water Draw o la Tabla de calibración de un tanque.
- ▶ Por lo tanto, **se debe exigir** que todas las instalaciones para transferencia de custodia **cuenten con el certificado del ensayo de agua libre de su sistema** de muestreo automático en línea.
- ▶ En lo posible ensaye el sistema antes de convocar al certificador, y aunque **las cosas** le hayan salido bien, tenga preparado un plan de acción (y los recursos) por si fracasa el día del debut.



3° Workshop de Medición en  
**Upstream y Downstream**  
de Petróleo y Gas 

**22-23**  
**AGO**



INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS



30 <sup>1994</sup>/<sub>2024</sub>  
ANIVERSARIO

¿ Preguntas?



3° Workshop de Medición en  
**Upstream y Downstream**  
de Petróleo y Gas 

**22-23**  
**AGO**

 **INSTITUTO ARGENTINO**  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

  
**Termap**

**30**  
1994  
2024  
ANIVERSARIO







3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas 

**22-23  
AGO**

 **INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS**

  
**Termap**

**30** <sup>1994</sup>/<sub>2024</sub>  
ANIVERSARIO

