

INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA DE TUBULARES EN BOCA DE POZO

AUTOR:

Ludovico Ceriotto, Petrobras Argentina S.A., ludovico.ceriotto@petrobras.com

CO-AUTORES:

Martín Kennedy, Petrobras Argentina S.A., martin.kennedy@petrobras.com

Leonardo Sánchez, Petrobras Argentina S.A., leonardo.sanchez@petrobras.com

SINOPSIS

La Inspección No Destructiva (IND) de tubulares (tubing) en Boca de Pozo se ensayó en el Yacimiento 25 de Mayo - Medanito SE, en siete intervenciones de pulling con movimiento de tubos, para definir la ventana de aplicación de esta tecnología.

Como un adicional al alcance original se construyó y se realizó el pasaje de un tubo patrón por los equipos ensayados.

Los Objetivos planteados para este ensayo fueron:

- Evaluar la precisión de medición del sistema de Inspección No Destructiva de Boca de Pozo.
- Minimizar el costo de movimiento de materiales a centros de acopio para su posterior inspección, almacenamiento y movimiento a un nuevo pozo.
- Disminuir las horas de intervención por extracción de tubos en tiro doble y no en tiro simple.
- Minimizar el impacto ambiental y de seguridad derivado del transporte, limpieza e inspección de los tubos remplazados en las maniobras.
- Minimizar las fallas en pozos productores por pérdidas en los tubos.

Estos objetivos fueron cumplidos parcialmente, dadas las características especiales del yacimiento donde se realizó el ensayo (severa deposición de parafinas en tubulares de producción).

Con los resultados de este ensayo se llegó a dos conclusiones principales para el Yacimiento 25 de Mayo - Medanito SE:

1. El uso más eficiente y económicamente viable de esta tecnología se da en yacimientos/pozos que no tengan problemáticas severas de parafinas y/o incrustaciones.
2. El aprovechamiento más significativo de esta tecnología se da, durante las intervenciones de pulling, en el descarte masivo (tipo pasa-no pasa) de tubos en mal estado.

INTRODUCCIÓN

La inspección no destructiva (IND) de tuberías de producción (tubing) es una práctica común realizada para clasificar los tubos usados en los campos de producción y descartar aquellos que no están en condiciones de ser reutilizados en los pozos.

La práctica de inspección aceptada comúnmente es la Inducción de Flujo Electromagnético (EMI) que consiste en inducir un campo magnético en el tubular y detectar las anomalías generadas en ese campo magnético por las imperfecciones del cuerpo del tubo (orificios, desgastes por roce de varillas, defectos originados por la corrosión, daños generados por la bajada de herramientas, etc.)

Normalmente, en los equipos utilizados en “taller” (equipos fijos) la técnica EMI se complementa con una medición de espesor de la pared del tubular con una fuente de rayos Gamma, y, en caso de dudas, se verifica el espesor remanente del tubular, en la zona de los defectos encontrados, con la técnica de Ultrasonidos.

Actualmente se ofrecen en el mercado argentino equipos de Inspección No Destructiva de tubulares que no son fijos, sino que pueden acomodarse en la boca de los pozos, durante las maniobras de pulling o workover, de forma que la inspección no destructiva de los tubulares se haga in situ y a medida que los tubulares son extraídos o bajados al pozo.

Esta forma de inspeccionar los tubulares permite descartar en la boca del pozo los tubos con el cuerpo en mal estado.

De acuerdo a la bibliografía consultada, estos equipos portátiles tienen ciertas limitaciones en cuanto a la detección de defectos en los cuerpos de los tubulares.

A raíz de la presencia de estos equipos en Argentina, se decidió realizar un ensayo de esta tecnología en el Yacimiento 25 de Mayo - Medanito SE, con un procedimiento formal de ensayo que la Unidad de Negocios E&P, de Petrobras Argentina S.A., utiliza para todos los ensayos de tecnologías.

Bajo este esquema se ensayó la tecnología de Inspección no Destructiva (IND) de Tubulares en Boca de Pozo (tubing).

A los fines de identificar los equipos ensayados se los nombrará de acuerdo al siguiente detalle:

- Equipo de IND de boca de pozo del Proveedor 1 : IND1
- Equipo de IND de boca de pozo del Proveedor 2 : IND2
- Equipo “de taller”, o equipo fijo del Proveedor 3 : IND3

El ensayo se planteó bajo dos condiciones, el pasaje de un tubo patrón por los equipos IND y el ensayo en campo de uno de los equipos IND de boca de pozo.

DESARROLLO

Descripción de Equipos de IND ensayados

- Los detectores que se utilizan son de flujo magnético y en algunos casos se suman, en la misma herramienta, detectores de Rayos Gamma.
- La calibración de los detectores de flujo magnético se realiza de diferentes maneras de acuerdo a las herramientas:
 - o Trazando una línea base con un tubo nuevo
 - o Por medio de un generador de pulso magnético calibrado en laboratorio y leyendo la señal generada por las zapatas de detección
 - o Utilizando un tubo patrón con defectos inducidos de dimensiones conocidas
- La sección de rayos Gamma se calibra con patrones con desgaste inducido conocido
- Las señales obtenidas del equipo son procesadas en una computadora y se genera un perfil de defectos de cada tubo
- Cada tubo es calificado de acuerdo al peor defecto detectado en el mismo
- En el caso de los equipos de boca de pozo, se genera un perfil de la condición de la columna de tubos del pozo.

Modos de utilización de los equipos IND de Boca de Pozo

Trabajo de Clasificación Masivo: En este caso la herramienta se usa para hacer un descarte masivo de tubos que estén por debajo del límite tolerado de desgaste. La principal función de esta inspección es descartar tubos que puedan producir una intervención en el pozo en el corto plazo y la identificación de zonas de desgaste en la sarta de tubos (corrosión, varillado, etc.).

Trabajo de Clasificación Tubo a Tubo: En este caso la ubicación relativa de cada tubo dentro de la sarta se mantiene con lo cual podría hacerse un seguimiento del desgaste de los mismos a lo largo del tiempo. Esto requiere de un control estricto de la operación del equipo de intervención ya que, confundir la ubicación de un solo tubo, haría perder la correlación en toda la sarta inspeccionada.

Características de los equipos de taller y boca de pozo

- Los equipos de boca de pozo inspeccionan los tubos en las condiciones de limpieza en que salen del pozo. Si los tubos tienen alguna capa exterior de deposiciones (parafinas, incrustaciones, óxido, etc.) las zapatas de los equipos se separan de la superficie de acero del tubo y su lectura es errónea. Si bien existen dispositivos que permiten un cierto grado de limpieza de la superficie exterior del tubo, es una limitación a tener en cuenta en la evaluación del uso de esta tecnología.
- Los equipos de taller tienen montada toda una infraestructura fija que permite la limpieza y la verificación de defectos con ultrasonidos o visual, más fácilmente que realizarlo en la boca del pozo sobre la planchada del equipo de intervención.
- Los equipos de taller tienen un sistema de tracción que permite pasar los tubos a una velocidad constante y por lo tanto las lecturas en teoría son de mejor calidad. En el caso de los equipos de boca de pozo la velocidad es más o menos constante dependiendo de la destreza del maquinista y de las características propias del equipo de intervención lo cual podría modificar las señales del equipo de inspección.
- Los equipos de IND de boca de pozo no permiten la inspección de extremos, cuplas y roscas ya sea con partículas magnéticas o calibres. La utilización de calibres de rosca sería posible en la boca del pozo, sin embargo es más tiempo de maniobra en el equipo y sólo posible en la conexión desenroscada, no en la intermedia. El drift del tubo no se mide durante la maniobra de inspección con IND sino que lo hace el equipo de pulling al bajar los tubos al pozo.

Tabla Comparativa IND

	Equipo Taller	Equipo Boca de Pozo
a	Trabaja con tubos limpios	Trabaja con tubos como salen del pozo
b	Pasaje de tubos a velocidad constante	Pasaje de tubos a la velocidad de sacada del equipo de intervención
c	Mayor facilidad para verificación de defectos	Verificación de defectos en boca de pozo
d	Permite inspección de extremos, cuplas, roscas	No permite inspección de extremos, cuplas y roscas

Planificación del Ensayo

Originalmente el ensayo se planificó para hacer una comparación entre los resultados obtenidos por un equipo de Inspección No Destructiva (IND) de boca de pozo contra un equipo IND de “taller”. Sin embargo, con esta metodología se estarían comparando dos métodos imperfectos, por lo que se decidió complementar el ensayo con el pasaje por los equipos, tanto de boca de pozo como de “taller”, de un tubo patrón con defectos inducidos de dimensiones conocidas. Con esto se consideró que se tendría una medida más exacta de la eficiencia de detección de los equipos y que se podría utilizar el patrón para calibrar los equipos.

Diseño del Tubo Patrón

Se construyó un tubo patrón, con un proveedor de tubos, que incluye diversos tipos de defectos en función del grado API/ISO de clasificación de tubos usados.

En la norma ISO 10405 puede observarse que el criterio para la calificación de los cuerpos de los tubos es solamente la pérdida de espesor (expresado como porcentaje). La norma no da especificaciones en cuanto a morfología de defectos ni de una forma de calibrar los equipos de inspección.

Norma ISO 10405

Table 5 — Classification and colour coding of used casing and tubing

Class	Colour band	Loss of nominal wall thickness %	Remaining wall thickness % min.
2	Yellow	0 to 15	85
3	Blue	16 to 30	70
4	Green	31 to 50	50
5	Red	over 50	less than 50

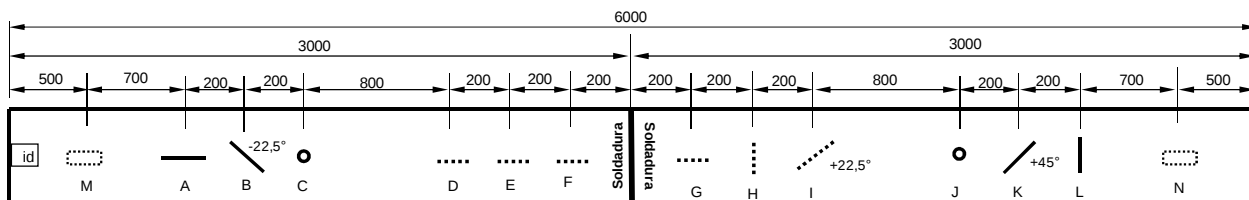
Dada esta limitación de la norma, se analizaron papers y normas (SPE 13065, SPE 16074, API 5CT) sobre la temática y se definió un tubo patrón para pasar por los equipos de IND de boca de pozo y de taller.

Se generaron defectos en diferentes ángulos respecto al eje de pasaje por el equipo, externos, internos y pasantes. Esto se definió así ya que los defectos en ángulo (no transversales) y longitudinales son un punto débil en la detección de los equipos de flujo magnético. Los defectos M y N (reducción de espesor de 50,5 mm de longitud) se pensaron para ser detectados por el equipo de rayos Gamma y flujo magnético.

Se planificó el pasaje del tubo en 4 posiciones (0°, 90°, 180°, 270°) iniciando desde ambos extremos (8 pasadas). Las pasadas se calificaron como “Pasada A” y “Pasada B”.

Plano Tubo Patrón

Tubo Patrón N° CALIFICACION EQUIPO IND
Diámetro [mm] 73,0
Espesor [mm] 5,51



Notas:

1- id significa donde va la identificación.
2- Tolerancia en profundidad: $\pm 15\%$ de la nominal de la ranura.

3- Mínima profundidad de las ranuras 0,3 mm, tolerancia $\pm 15\%$

4-Todas las dimensiones en milímetros, excepto las indicadas.

	TIPO	Longitud Máx [mm]	Ancho Máx / Diámetro [mm]	Prof. [%]	Profundidad Nominal [mm]	Prof.	
						Max [mm]	Min [mm]
A	Ranura Longitudinal Externa	9,52	0,5	10	0,551	0,551	
B	Oblicua Externa	38,1	0,5	10	0,551	0,551	
C	Agujero Pasante		3,2		Pasante		
D	Ranura Longitudinal Interna	9,52	0,5	10	0,551	0,551	
E	Ranura Longitudinal Interna	9,52	0,5	22,5	1,240	1,240	
F	Ranura Longitudinal Interna	9,52	0,5	40	2,204	2,204	
G	Ranura Longitudinal Interna	9,52	0,5	60	3,306	3,306	
H	Ranura Longitudinal Interna	9,52	0,5	22,5	1,240	1,240	
I	Oblicua Interna	38,1	0,5	22,5	1,240	1,240	
J	Agujero Pasante		1,6		Pasante		
K	Oblicua Externa	50,8	0,5	10	0,551	0,551	
L	Ranura Transversal Externa	9,52	0,5	10	0,551	0,551	
M	Reducción de espesor	50,8	12,7	10	0,551	0,551	
N	Reduccion de espesor	50,8	12,7	22,5	1,240	1,240	

Pasaje del Tubo Patrón por los equipos IND

Consideraciones:

- Se definió como “Eficiencia Global de Detección” al total de defectos detectados contra el total de defectos detectables en las ocho (8) pasadas del equipo y “Precisión de Detección” como el % de acierto respecto al grado del defecto inducido
- Se descartaron de los cálculos, en los casos que correspondan, los defectos que de acuerdo a los proveedores, están por debajo del umbral de detección de los equipos
- Se descarta de los cálculos **un** elemento de Reducción de Espesor (M ó N) ya que están cerca del extremo y se confunden con el ruido al ingresar el tubo patrón a las zapatas de detección, no así al salir del equipo donde sí son detectados
- En los defectos donde el operador tuvo dudas en el grado, se ha considerado correcto si al menos la mitad corresponden al grado del defecto real inducido
- Los operadores desconocían la magnitud, alineamiento y ubicación de los defectos inducidos

Resultados:

A continuación se presentan los resultados del pasaje del tubo patrón por los tres equipos IND utilizados en el ensayo de Petrobras Argentina S.A.

Resultados Pasaje Tubo Patrón

	Eficiencia Global de Detección			Precisión Detección
Equipo IND1	44%			42%
Equipo IND2	40%			50%
Equipo Taller	47%			43%
	Detección Longitudinal	Detección Oblícu	Detección Transversal	
Equipo IND1	23%	54%	75%	
Equipo IND2	46%	17%	47%	
Equipo Taller	36%	38%	75%	
	Detección Externa	Detección Interna		
Equipo IND1	60%	32%		
Equipo IND2	40%	41%		
Equipo Taller	42%	52%		

Estos resultados confirman que la comparación de los equipos de IND de Boca de Pozo tomando como patrón a los equipos de Taller (fijos) no sería correcta ya que se estarían comparando contra un equipo que, frente al tubo patrón, demostró que tiene errores de magnitud semejante a los equipos que se quieren comparar.

Como dato comparativo se obtuvo una verificación de equipos de IND de boca de pozo donde se compararon 8 equipos de este tipo (de 4 compañías distintas) usando como patrones 20 tubos completos usados e inspeccionados con ultrasonido y con la clasificación API conocida (G2, G3, G4, G5), obteniéndose para la “Precisión de la Detección” un valor promedio de 47%, con un mínimo de 35% y un máximo de 65% dependiendo de la empresa y la herramienta y con una diferencia entre herramientas de una misma empresa de hasta el 10%.

Como puede observarse en la tabla siguiente, los valores obtenidos de “Precisión de Detección” en este ensayo no difieren en gran medida de lo observado en los ensayos realizados por Petrobras Argentina S.A. (ver en tabla anterior el resultado de pasaje del tubo patrón)

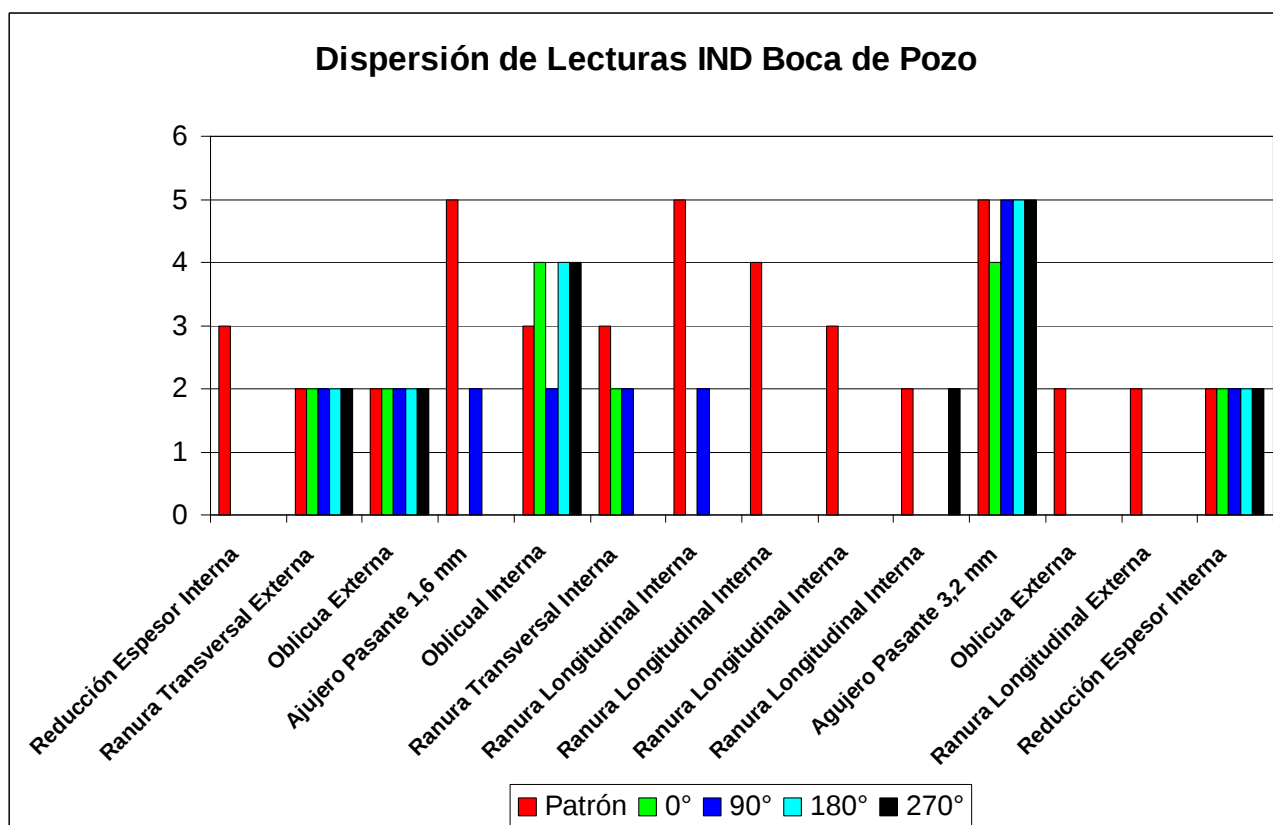
Tabla Comparativa de 8 Equipos IND de boca de pozo

	Equipo 1	Equipo 2
Compañía 1	55%	50%
Compañía 2	35%	35%
Compañía 3	55%	65%
Compañía 4	45%	40%

Dispersión en las lecturas

Durante el pasaje del tubo patrón por los equipos de IND se observó que la detección de defectos y la graduación de los mismos es altamente dependiente de la experiencia de los operadores de los equipos por lo que se considera de fundamental importancia la certificación de los mismos por un ente independiente y que puedan demostrar experiencia práctica ya sea en campo o en equipos fijos (taller).

En el gráfico siguiente pueden verse las ocho corridas para una herramienta y la dispersión de las lecturas respecto al tubo patrón.



Ensayo de Campo

El ensayo de campo de la IND de Boca de Pozo se realizó en el yacimiento 25 de Mayo-Medanito S.E.

Este yacimiento tiene, como característica, un severo problema de deposición de parafinas en el interior de los tubulares más superficiales de los pozos (aproximadamente 300 a 500 metros bajo boca de pozo) sumado

a un problema de deposición de incrustaciones que podríamos calificar como moderado. Estas características hacen que en este yacimiento un alto porcentaje de intervenciones de pulling, aproximadamente el 85%, sea con movimiento de tubería. Dada esta última característica se propuso ensayar un equipo de IND de boca de pozo para analizar su aplicabilidad y comparar este ensayo con otros que se han llevado a cabo en yacimientos de Petrobras Argentina S.A.

Los Objetivos planteados para este ensayo fueron:

- Evaluar la precisión de medición del sistema de Inspección No Destructiva de Boca de Pozo
- Minimizar el costo de movimiento de materiales a centros de acopio para su posterior inspección, almacenamiento y movimiento a un nuevo pozo
- Disminuir de horas de intervención por extracción de tubos en tiro doble y no en tiro simple
- Minimizar el impacto ambiental y de seguridad derivado del transporte, limpieza e inspección de los tubos remplazados en las maniobras
- Minimizar las fallas en pozos productores por pérdidas de tubos

El ensayo se llevó a cabo en 7 pozos donde se inspeccionaron 790 tubos.

Cumplimiento de los Objetivos

- **Evaluar la precisión de medición del sistema de Inspección No Destructiva de Boca de Pozo**

La “Precisión de Medición” del sistema de IND de boca de pozo fue medida a través de la variable “Precisión de Detección” mediante la comparación de 21 tubos contrastados contra un equipo de taller. De los 21 tubos contrastados en taller, en 8 de ellos se certificó el grado mediante la medición de espesor con ultrasonido.

El resultado de la comparación arrojó como resultado:

- Comparando los resultados de los 21 tubos contra el equipo de taller, la Precisión de Detección del IND de boca de pozo fue del **71%**
- Comparando solamente los 8 tubos comprobados con ultrasonidos, la Precisión de Detección del IND de boca de pozo fue del **50%**

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de otros yacimientos donde se realizaron comparaciones entre el equipo IND de boca de pozo con equipos de taller:

Yacimiento	Tubos Contrastados	Precisión de Detección
Yacimiento 1	120	38%
Yacimiento 2	30	53%
Yacimiento 3	261	67%

Puede observarse que los valores obtenidos son del orden a los obtenidos con el Tubo Patrón.

En todos los casos, la mayoría de las lecturas donde no hubo coincidencia, fueron “más benignas” que las realizadas por el equipo de Taller. Esto estaría marcando una tendencia, del equipo que se utilizó en el ensayo, a calificar los tubos con mejor grado que el equipo de taller.

También se observó, en todos los casos, que capas exteriores de incrustaciones o parafinas dificultan o impiden la medición con este equipo, lo que significa una ventaja del equipo de taller ya que los tubos son lavados y desincrustados.

- **Minimizar el costo de movimiento de materiales a centros de acopio para su posterior inspección, almacenamiento y movimiento a un nuevo pozo**

Este objetivo se lograría en caso que, por el uso de la IND en boca de pozo, se minimizara el transporte de tuberías desde el pozo al almacén del yacimiento.

Si bien la IND de boca de pozo disminuye la cantidad de tubos a ser transportados, manipulados e inspeccionados en taller, la reducción, **en Medanita**, no fue la esperada, fundamentalmente, por la problemática de la parafina, que dificulta o impide la reutilización de los tubos del pozo (sartas de varillas aprisionadas, tubos obturados, etc.). Esto obliga a llevar los mismos a inspección de taller, con el consiguiente gasto y riesgo del transporte, manipuleo e inspección. Esto puede observarse en la siguiente tabla.

Total Tubing Instalación	Total Tubing Inspeccionados	Total Tubing Descartados (G4+G5)	Total Tubing Transportados a Almacén
984	790	143	586
100%	80%	15%	60%

Puede observarse la gran cantidad de tubos del pozo devueltos al almacén (60%), para su posterior lavado e inspección en taller. Esta circunstancia invalida la obtención del objetivo ya que igualmente se gasta en transporte y manipuleo de la mayoría de los tubos del pozo.

El ahorro en manipuleo que eventualmente podría imputarse a la IND de boca de pozo es mínimo.

- **Disminución de horas de intervención por extracción de tubos en tiro doble y no en tiro simple**

Este objetivo se lograría en caso que la IND de boca de pozo permitiese identificar las zonas con mayor daño (desgaste, corrosión) limitando la sacada en tubos simples a estas zonas y evitando cambiar una sarta completa por desconocer el estado de la misma luego de reiteradas fallas por cuerpo de tubos.

Durante el ensayo y dada la problemática de la deposición de parafinas, en todos los pozos debió sacarse la mayoría de la cañería en simple. Esto invalida el objetivo de sacar en tiro doble. Esta circunstancia **es representativa de Medanita**, donde por la problemática de la deposición de parafinas se mueve tubería en el 85% de los pozos y no puede extrapolarse a otros campos.

Adicionalmente, la presencia del equipo IND de boca de pozo significa tiempos adicionales cuando las maniobras de sacada de tuberías son complejas, por ejemplo, al tener que sacar varillas cortando o al sacar tubos llenos, se desmonta y monta el equipo IND cuando se encuentra el nivel o se realizan maniobras en boca de pozo.

También, el hecho de tener el equipo de IND en boca de pozo suma tiempos en casos particulares donde las alturas en boca de pozo son muy justas y el equipo saca a menor velocidad por precaución.

El montaje y desmontaje del equipo IND de boca de pozo sumó a las maniobras un tiempo promedio de 1,4 hs/pozo

Se tuvieron un total de 5,5 horas adicionales por problemas con la herramienta de IND (1,75 hs por limpieza de parafina y 3,75 hs por desperfecto) con lo cual el promedio es de 1,83 hs/pozo. Por la cantidad de pozos inspeccionados (7) los valores promedios deben tomarse con precaución.

Los puntos anteriores muestran que las problemáticas operativas no necesariamente permiten reducir los tiempos de maniobra con la utilización del equipo IND de boca de pozo.

- **Minimizar el impacto ambiental y de seguridad derivado del transporte, limpieza e inspección de los tubos remplazados en las maniobras.**

La IND en boca de pozo requiere de una estiba adicional en la locación del pozo para la división entre tubos reutilizables y tubos para enviar a inspección de taller. Esto significa más manipuleo en la boca del

pozo. El manipuleo adicional incrementa los riesgos de accidentes a las personas y la estiba adicional aumenta la posibilidad de impactos ambientales.

La menor cantidad de tubos a transportar e inspeccionar en taller efectivamente reduce los riesgos de estas maniobras pero como ya se vio el impacto es mínimo.

- **Minimizar las fallas en pozos productores por pérdidas de tubos.**

Este es el objetivo principal del uso de esta tecnología.

Fallas de tubos en el Yacimiento 25 de Mayo-Medanito S.E.

Del análisis de la estadística de pulling de Medanito se desprende que en aproximadamente el 85% de las intervenciones se mueve tubería, pero sólo el 18% del total de las intervenciones tiene como causa una rotura de tubos. Esto puede apreciarse en las siguientes tablas.

Tabla Fallas de Tubing

DETALLE BASE DE DATOS		2008	2009	2010	2011	TOTAL
FALLAS DE TUBING		42	66	44	23	175
INTERVENCIONES TOTALES		306	292	252	127	977
%DE ROTURAS		14%	23%	17%	18%	18%

Del análisis detallado de las intervenciones cuyo motivo fue una rotura de tubos (18%), se encontró que en el 30% de los casos, en la intervención anterior los tubos habían sido bajados con “inspección visual”. Estas intervenciones (el 30%) serían las intervenciones que podrían ser eliminadas a través de la Inspección No Destructiva de tubos en Boca de Pozo. Tomando los datos de la planilla anterior, corresponderían al 30% del 18%, es decir, alrededor de un 5% del TOTAL de las intervenciones de pulling de Medanito.

IND de taller de Medanito

Tomando la estadística de IND de taller, de acuerdo a la causa del descarte (corrosión, desgaste, etc.), considerando solamente a los tubos clasificados como Condición 5 y calculando los porcentajes de descarte como porcentajes del parque instalado (promedios), vemos que en la inspección de Taller se descarta por corrosión y desgaste interno (causas principales de descarte) sólo el 8% del parque de tubos instalados en los pozos. Estos son los tubos que podrían ser detectados por los equipos de IND de Boca de Pozo y reducir potencialmente las intervenciones de pozos.

Descarte de Tubos en IND de Taller

Evaluación	2007	2008	2009
Corrosión G5	2464	1880	1936
Desgaste G5	3748	3297	4159
Descarte G5	8219	7185	8104
Parque instalado	91120	96424	96560
Descarte G5	9%	7%	8%

De la misma estadística surge que, de los tubos recibidos por el taller de inspección (totales), el 32% son descartados mientras que se recupera el 68%. Este alto porcentaje de recupero implica que aproximadamente el 70% de los tubos que se envían al taller de IND, en realidad sólo son lavados y devueltos a los pozos. **Esto hace que la rotación de tuberías por el equipo de taller sea alta con lo cual se eliminan los tubos que podrían causar una intervención por falla en el cuerpo o extremos, lo que se ve reflejado en un bajo índice de intervenciones por este tipo de falla.**

IND de Boca de Pozo de Medanito

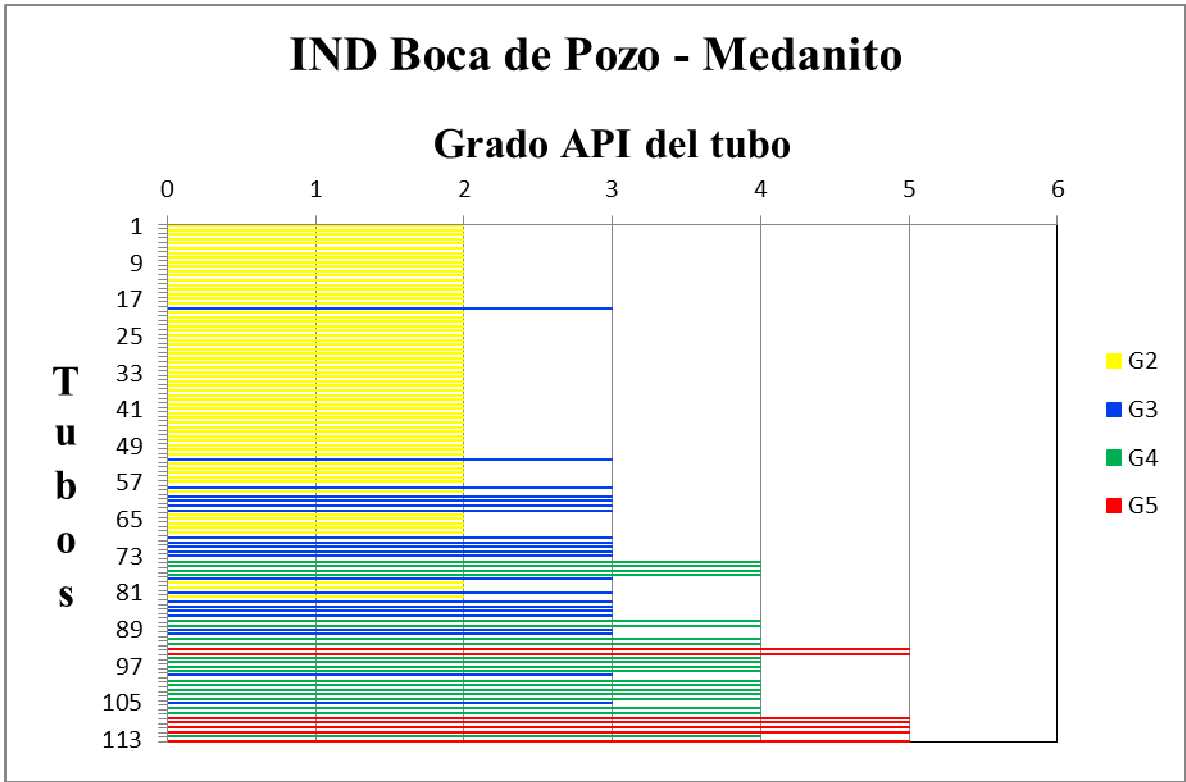
Los resultados de la IND de boca de pozo realizada en Medanito arrojaron una clasificación de acuerdo a la siguiente tabla.

Resultados IND boca de Pozo Medanito						
Pozo	Tubos Inspeccionados	Sin Clasificación por suciedad externa	G2	G3	G4	G5
1	124	47	8	69	0	0
2	118	12	76	9	11	10
3	43	3	14	17	9	0
4	145	0	125	10	3	7
5	141	1	18	53	54	15
6	106	0	78	21	6	1
7	113	0	64	22	20	7
Total	790	63	383	201	103	40
		8%	48%	25%	13%	5%

Si bien la muestra es pequeña, siete pozos, el descarte G5 es del 5%.

Identificación de Zonas con Daños

La herramienta permitió identificar la zona de mayor daño en los pozos analizados. El siguiente gráfico muestra uno de los pozos analizados.



Reducción de intervenciones de pulling

De acuerdo a los análisis anteriores, la reducción de intervenciones de pulling que podría darse como consecuencia de la utilización de la IND de boca de pozo sería del orden del 5% del TOTAL de intervenciones. Cabe destacar que este 5% podría reducirse si los pozos con rotura de tubos también presentan problemas severos de parafinas o incrustaciones que impidieran la inspección en boca de pozo.

Al momento de la escritura de este paper se encuentra diseñado, y listo para su ejecución y evaluación técnico-económica, un ensayo de IND de boca de pozo con el complemento de un equipo de limpieza exterior de tubos, también en boca de pozo.

Análisis Económico

Tomando en consideración todos los aspectos analizados se realizó una evaluación económica considerando una reducción de intervenciones de pulling del 5%.

Esta evaluación, para el Yacimiento 25 de Mayo-Medanito S.E., arrojó un VAN negativo.

Las causas principales son:

- El ahorro en intervenciones es bajo porque es bajo el índice de roturas de tubos evitables (5%). Esto representa las roturas ocurridas en cuerpos de tubos bajados “del pozo” en la intervención anterior (tubos sin inspeccionar)
- El costo del equipo de IND de boca de pozo
- El tiempo adicional de pulling que significa el montaje, desmontaje, limpieza, etc. del equipo de IND de boca de pozo.

Conclusiones

Las conclusiones aquí vertidas son para el ensayo llevado a cabo en el Yacimiento 25 de Mayo - Medanito SE y no debieran extrapolarse a campos con características diferentes sin el debido análisis.

Objetivo 1: Evaluar la eficiencia de medición del sistema de inspección IND de Boca de Pozo.

- Por los valores obtenidos de “Eficiencia Global de Detección” y de “Precisión de Detección” se considera que esta tecnología es útil para el descarte masivo (tipo pasa-no pasa) de tubos en mal estado durante las intervenciones de pulling.
- De la observación del pasaje del tubo patrón se concluye que es fundamental la experiencia del operador del equipo IND al momento de definir qué tipo de fallas tiene el tubo y cuál es el grado que le corresponde al mismo
- Se considera muy importante que tanto la Compañía Operadora como la de Servicio de IND acuerden la forma de calibrar los equipos.
- La suciedad exterior de los tubos de los pozos (parafina, incrustaciones, óxido, etc.) dificulta, desvía los resultados o impide la inspección confiable de los mismos en boca de pozo
- Para el caso del equipo utilizado en el ensayo se observa una tendencia a clasificar los tubos de una forma más benigna que el equipo de taller (fijo)

Objetivo 2: Minimizar el costo de movimiento de materiales a centros de acopio para su posterior inspección, almacenamiento y movimiento a un nuevo pozo.

- Dada la problemática de Medanito, en cuanto a que en aproximadamente el 85% de las intervenciones se mueve tubería por problemas de parafinas, incrustaciones, bombas que no desclavan, etc., y dado que la mayoría de los tubos del pozo deben ser transportados a las bases de acopio para su acondicionamiento e inspección, la IND en boca de pozo, por sí sola, no reduce los transportes de tuberías al taller

Objetivo 3: Disminuir de horas de intervención por extracción de tubos en tiro doble y no en tiro simple.

- No pudo corroborarse esta premisa por la problemática de parafinas en los 7 pozos del ensayo ya que no se logró el objetivo de sacar en tiro doble
- La presencia del equipo IND de boca de pozo significa tiempos adicionales de intervención cuando las maniobras de sacada de tuberías son complejas

Objetivo 4: Minimizar el impacto ambiental y de seguridad derivado del transporte, limpieza e inspección de los tubos remplazados en las maniobras.

- La IND de boca de pozo requiere, en la locación, una estiba adicional para separar los tubos “buenos” de los “malos” lo que genera más manipulación de tubos, incrementando riesgos y la posibilidad de impacto ambiental. La reducción de tubos transportados a los almacenes, aunque menor, reduce el riesgo en el transporte y manipuleo

Objetivo 5: Minimizar las fallas en pozos productores por pérdidas de tubos, derivadas de haber bajado a los pozos tubos inspeccionados visualmente.

- En Medanito aproximadamente el 5% del TOTAL de las intervenciones de pulling serían las intervenciones que podrían evitarse con la aplicación eficiente y continua de la IND de boca de pozo

Análisis Económico

- El uso de la herramienta IND de boca de pozo, en Medanito, no resulta económicamente viable para el conjunto de datos y supuestos usados para el análisis económico y para el tipo de pozos donde fue ensayada (importantes problemas de parafina).
- El análisis económico debe ser detallado, involucrar todas las ventajas y desventajas de la IND de boca de pozo y debe considerar todos los procesos que rodean a la operación de estos equipos.

Bibliografía

- Norma ISO 10405, Petroleum and natural gas industries —Care and use of casing and tubing (Second edition 2000-03-01)
- API Specification 5CT, Specification for Casing and Tubing Eighth Edition, July 1, 2005
- Paper SPE 13605, Methods for Evaluating the Quality of Oilfield Tubular Inspections, M.C. Moyer, B.A. Dale, January, 1986
- Paper SPE 16074, A Practical Evaluation of Nondestructive Tubular Inspection Units, Methods and Results, B.W. Reynolds, L. Owen Gill Jr, March, 1990

Reconocimientos

Los autores agradecen a Petrobras Argentina S.A. por la autorización a presentar este trabajo, a la empresa proveedora de tuberías que construyó el Tubo Patrón y a las empresas proveedoras de Equipos de Inspección No Destructiva de Tubulares en Boca de Pozo que facilitaron la realización de este ensayo.