



Implementación de la tecnología de bombeo multifásico en nuevo desarrollo de campo de petróleo y gas



En el proyecto “Tapera Este”, en el Yacimiento Jagüel de los Machos (Río Negro), se implementó tecnología de bombeo multifásico para el desarrollo de un nuevo reservorio de petróleo y gas con el objetivo de buscar alternativas a la batería tradicional. Debido a la distancia de la zona por desarrollar con las instalaciones más próximas, se definió el uso de bombas multifásicas de doble tornillo para bajar la contrapresión de recolección de la producción, lo que redundó en su incremento.

Por **Ing. Rodolfo D. Torres**

consultor técnico, especializado en instalaciones de superficie.

En este trabajo se busca transmitir la experiencia de la implementación de este sistema inédito en la Argentina, no es el objetivo dedicarnos a la tecnología del bombeo multifásico, sino de qué manera la aplicación de esta tecnología ayudó en este proyecto y cómo puede ayudar en proyectos similares en el futuro, haciendo hincapié en que es una opción tecnológica que se debe tener en cuenta a la hora de evaluar alternativas para el desarrollo de nuevas áreas, como así también en proyectos de mejora en campos maduros.

¿Qué es el bombeo multifásico?

Para comprender este proyecto es necesario primero entender qué es el bombeo multifásico y por qué se usó en este proyecto.

Los equipos de transferencia de fluidos, bombas, en el caso de fase líquidas, o compresores, en el caso de fase gaseosa, requieren de la condición de que el flujo sea monofásico. Esto hace que en muchos casos sea necesario realizar un tratamiento previo, si el caso es de transferencia de

Luego de un análisis técnico y económico se decidió instalar en Tapera Este, (zona de desarrollo dentro del Yacimiento Jagüel de Los Machos, Río Negro) una Estación de Bombeo Multifásico cuyo objeto era transferir la producción de la zona, proveniente de 85 pozos productores, hacia una batería. Se la incorporó así al sistema de recolección y transporte del yacimiento, y se realizó a una presión menor de recolección. Esta disminución redundó en un incremento de la producción de toda la zona involucrada.

El proyecto se implementó en el yacimiento Jagüel de los Machos-Medanito, ubicado a 20 km al sur de la ciudad de Catriel y a 110 km dirección Norte-Noroeste de la Ciudad del Neuquén (Figura1).

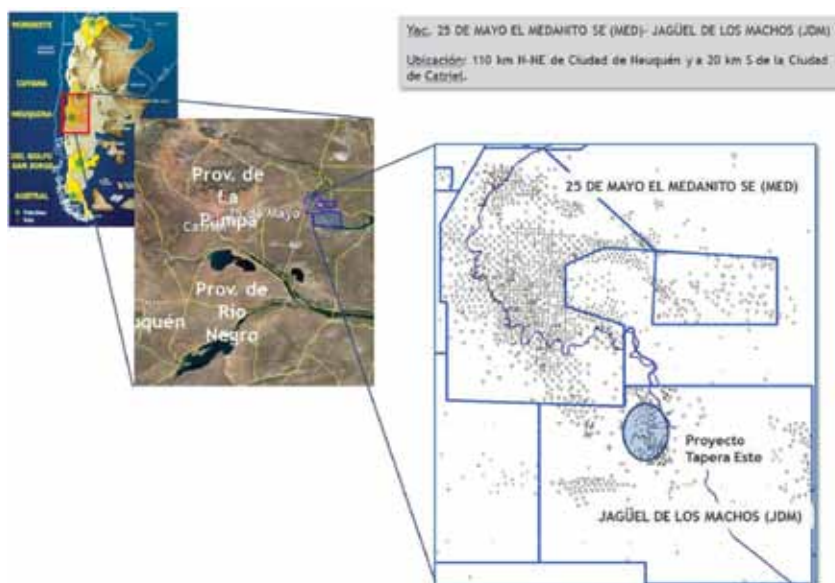


Figura 1

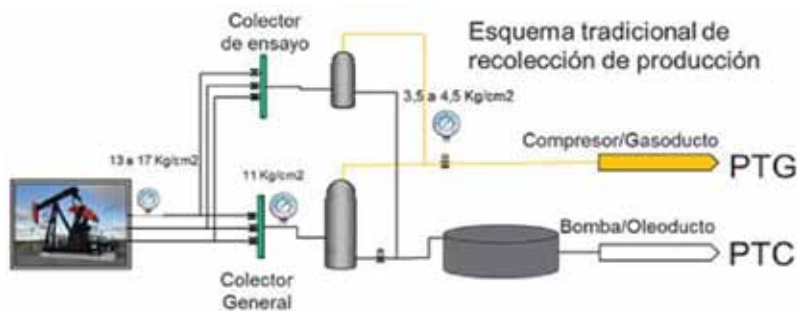


Figura 2

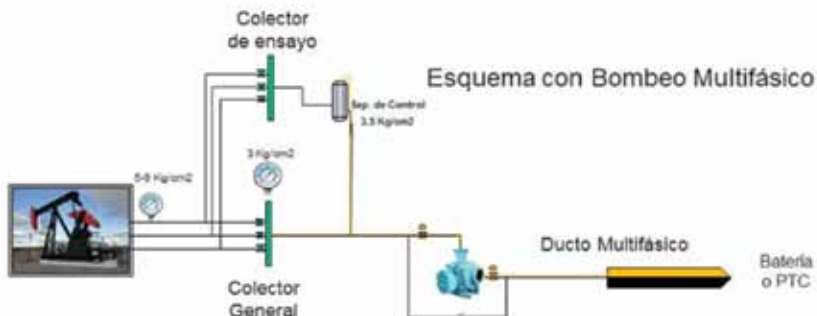


Figura 3

gas con compresor, el gas no debe tener líquidos y en el caso de transferencia de líquidos con bombas, la condición ideal es que la fase no contenga gas; esto es para evitar roturas de los equipos como para conseguir la mayor eficiencia en la transferencia.

Una bomba multifásica tiene la capacidad de transferir una mezcla de fluidos gas y líquidos sin necesidad de separación previa de estas, esta cualidad hace que estos equipos permitan:

1. Disminuir la cantidad de equipos en las instalaciones típicas de campos petroleros o gasíferos como separadores, tanques, ductos, etc., disminuyendo el CAPEX. Si observamos un esquema básico de una instalación típica de transferencia usada en la industria petrolera, como es una batería (Figura 2) y la comparamos con un esquema básico de una Estación de Bombeo Multifásico (Figura 3), observaremos la reducción de instalaciones requeridas en cada caso.
2. Permite bajar la contrapresión en boca de pozo y, por ende, la presión en el casing, lo cual favorece las condiciones para que la producción pueda ingresar desde la formación al pozo productor.

El incremento de la producción dependerá de las características de la

formación y de la magnitud de la disminución de la presión, pero en general este comportamiento se puede observar en un gráfico de "Presión vs Caudal" característico (Figura 4), donde se aprecia como la producción se podría aumentar si se baja la contrapresión que tiene que vencer el sistema de producción.

3. Otro factor importante del sistema de bombeo multifásico seleccionado es que tiene mejor rendimiento energético, esto se debe a que la energía que consume es solamente la necesaria para llegar al punto de entrega. Una característica de las bombas volumétricas, como el caso que estudiamos.

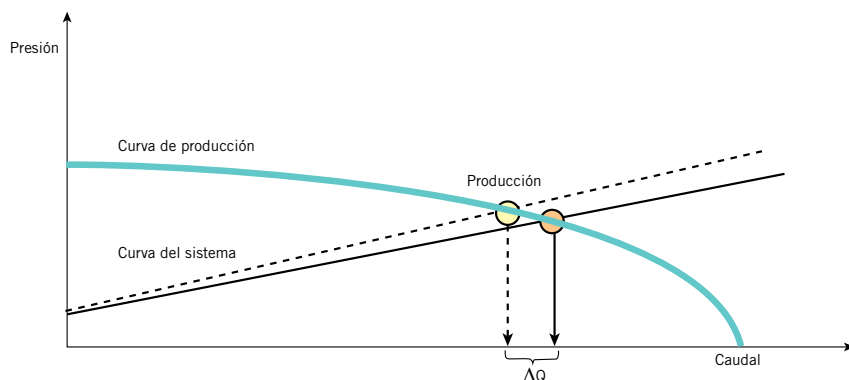


Figura 4

Con el detalle de las tres características importantes de los sistemas de bombeo multifásico, veremos como estas impactan positivamente sobre el proyecto, para ello es necesario analizar el esquema de instalaciones de producción que tiene el área Medani-to-JDM.

El área de desarrollo denominado Tapera Este (TAE), se encuentra a 7,5 km de distancia de la instalación más próxima para recepcionar el fluido de producción que es la Batería 19 perteneciente al área Jagüel de los Machos.

En esta batería se recibe toda la producción bombeada por el sistema multifásico, por medio de un ducto de 10" de diámetro de ERFV (epoxi reforzado con fibra de vidrio), y por otro ducto de 6" del mismo material, que corre en forma paralela al anterior.

Luego, esta producción separada en fases líquida y gaseosa es transportada: la fase líquida por una sistema de oleoductos y la gaseosa, por uno de gasoductos, cuya distancia hasta el punto de entrega es de 17 km: esto hace que en la Batería 19 se tenga que operar con una presión suficientemente elevada para poder ingresar al sistema.

En la figura 5 se muestra en escala las distancias entre instalaciones desde la en desarrollo Tapera Este hasta el punto de entrega de la producción de líquido y gas del yacimiento.

En la figura 6 se muestran las presiones del sistema de recolección desde boca de pozo hasta el separador de la Batería 19, con y sin bomba multifásica: se observa cómo se disminuye la presión en la boca de pozo por efecto del bombeo multifásico, que es el objetivo buscado.

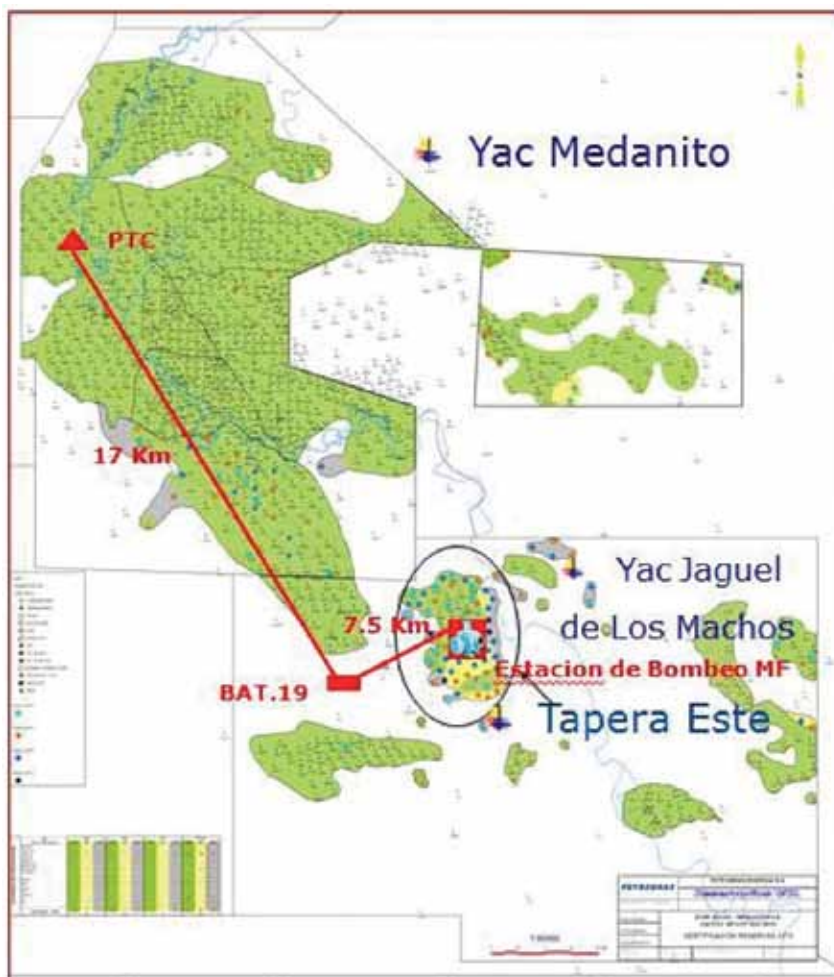


Figura 5

Esquema básico del sistema de producción

En la figura 7 se esquematiza el sistema de producción de la zona. Se muestran los colectores de campo

que reciben el fluido de los pozos productores, enviando esta producción al punto donde se encuentra el sistema de bombeo multifásico, el que bombea por medio de un ducto de 10" a la Batería 19.

También existe un ducto de 6" que se reserva para derivar producción de pozos de alto GOR (relación Gas/Oil), bypassando el bombeo para asegurar que no ceda del 98% de GVF (Gas Void Fraction).

Diagrama de flujo simplificado EBM (Estación de Bombeo Multifásico)

La figura 8 es el diagrama de flujo simplificado de la estación de bombeo, las líneas de trazo rojo corresponden a los skid paquetizados de las bombas, lo externo a las zonas corresponde al colector de producción donde llegan líneas de pozos y ductos provenientes de otros colectores, además se muestra un sistema denominado de alto GOR (en líneas de color azul) previsto para colectar y desviar producción de pozos por su alta relación gas líquido sea conveniente evitar el paso por las bombas.

Otro detalle del diagrama es el sistema de control de producción (en verde), basado en separadores bifásicos que reciben la producción de cada pozo por ensayar, donde la producción una vez medida (petróleo y gas), se reingresa al sistema en la succión de las bombas, por último se detalla la descarga que se hace en dos ductos de 6" y 10" de ERFV, los cuales tienen la versatilidad de trabajar juntos o en forma independiente.

Un punto importante para destacar es que el bombeo trabaja como un sistema paralelo al sistema de oleoductos y ante una eventual parada de

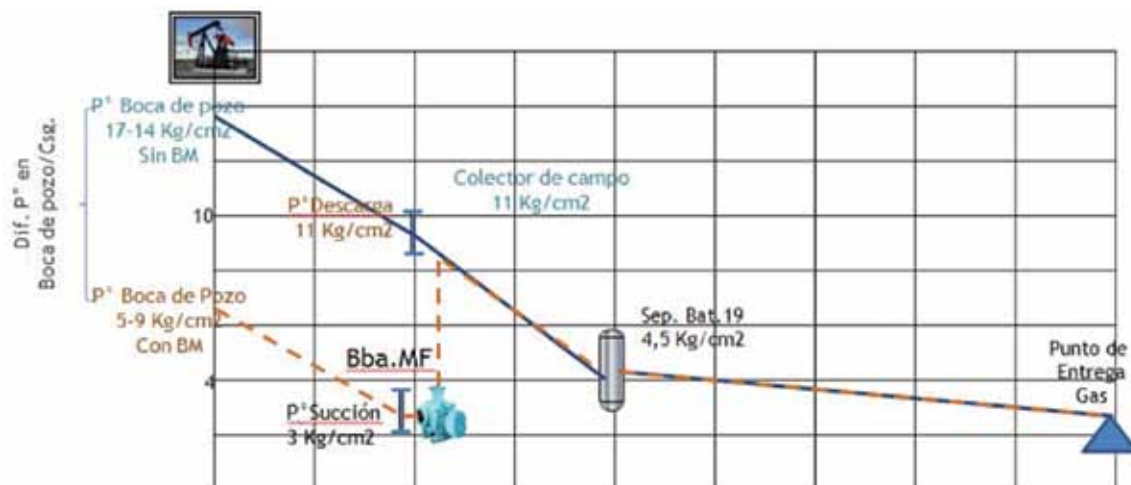


Figura 6

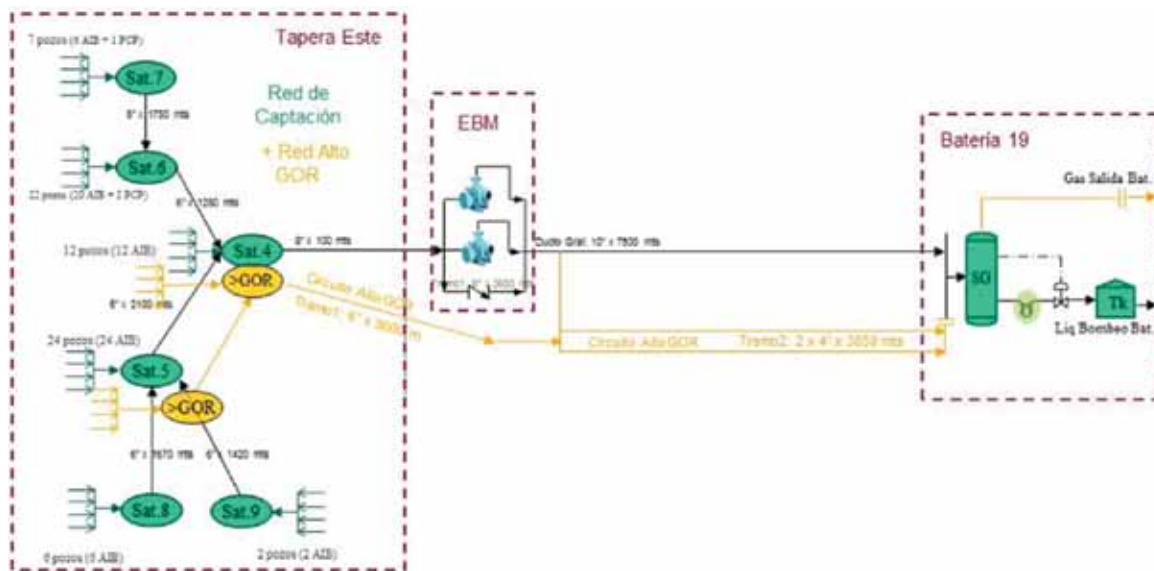


Figura 7

las bombas, el flujo de producción no es interrumpido si no que al elevarse la presión del campo produce la apertura de una válvula de retención en forma automática, el mismo continua por el oleoducto en forma normal sin la pérdida total de la producción (resaltado en negro), solo se pierde el diferencial obtenido por la reducción de presión por el efecto de las bombas.

Descripción del sistema

El Sistema de Bombeo Multifásico básicamente está compuesto por las bombas multifásicas, con sus motores eléctricos de 500 Hp cada uno, sus correspondientes variadores de frecuencia y todos los sistemas auxiliares requeridos (sistema de sello mecánico, instrumentación, sistema local de

control, etc.). Incluye el resto de materiales, equipos y sistemas auxiliares requeridos.

Para manejar la producción estimada en los próximos años se consideraron dos equipos gemelos de bomba multifásica de doble tornillo. En el diseño se previó el montaje de una tercer unidad en una etapa posterior si las condiciones lo requieren; como se-

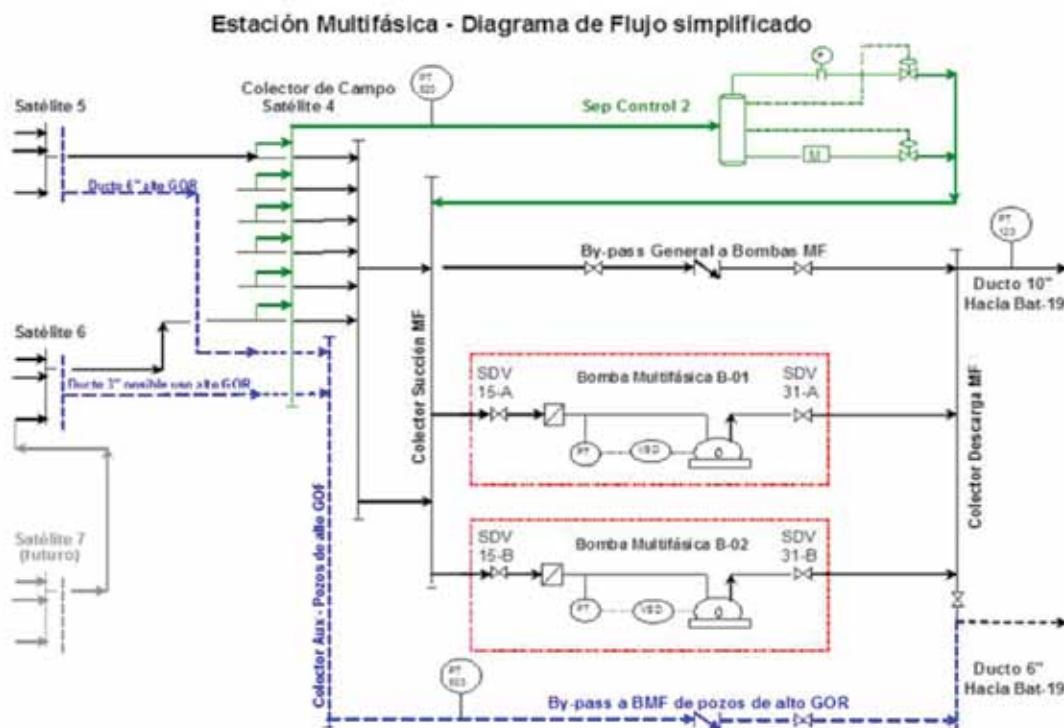


Figura 8

ría un aumento de la curva de producción por mayor desarrollo o decisión de contar con *stand-by* en función de la importancia del aporte incremental observado con este sistema.

Actualmente se está comprando del tercer equipo para contar con un *stand by* frío, debido al segundo punto.

Los Equipos de Bombeo Multifásicos (MF) se diseñaron completamente paquetizados montados sobre skid metálico, comprende a todos los componentes y materiales que puedan ser necesarios para el correcto funcionamiento incluyendo la inspección y la pruebas en fábrica, el transporte al lugar de emplazamiento y la asistencia para la puesta en marcha hasta lograr las condiciones de servicio estable preacordadas.

En forma complementaria, en el Satélite 4 se montó un Sistema de Control de Producción por pozo (un separador de control, con sus mediciones de gas y líquido), corrientes que luego de medidas se reenvía a la succión multifásica junto a la corriente principal.

La Estación Multifásica se vincula mediante comunicación radial al SCADA del yacimiento.

En la figura 9 se muestra fotos de la estación de bombeo, en ellas se puede ver las bombas, el skid, la central de lubricación y el shelter donde se encuentran el sistema de control y comunicación.

del sistema es bastante amplia, es importante conocer la relación de gas-líquido en todo momento debido a un factor denominado GVF. Si bien se trabaja con estimaciones que en zonas nuevas son de difícil pronóstico, en este caso particular, se cumplió con bastante acierto.

2. GVF (Gas Void Fraction): la relación gas-líquido medida en las condiciones de presión en la succión de la bomba, esto define el

tipo de bomba y un límite de operación que se debe evitar traspasar para no dañar el equipo. Este valor para los equipos seleccionados es de un 98%. Una característica del proyecto es que el valor de GVF ronda entre un 97% y un 98%, por lo que estamos trabajando en el límite de operación, lo que hace al proyecto particular.

3. Presión de succión de bomba: punto al que se desea setear el

Tipo de bomba multifásica

Si bien no es un punto central de este trabajo detenernos en la Bomba Multifásica propiamente, resulta interesante saber que esta bomba es la que más se aplica a proyectos de este tipo.

La bomba seleccionada es del tipo de desplazamiento positivo de doble tornillos (Figura 10).

Variables del proceso

Las variables de proceso que se tuvieron en cuenta para la selección de equipos fueron las siguientes:

1. Producción de gas y petróleo: una de las variables más importantes es conocer caudal de petróleo y gas esperados a ser bombeados. Si bien la flexibilidad operativa



Figura 9

equipo para que opere, se trata de la presión objetivo.

4. Presión de descarga: es importante conocer a qué presión se va a descargar la producción debido a que en función de ellas, se diseña el equipo, la potencia del sistema.

5. Temperatura de descarga: si bien no es una limitante para el equipo, lo puede ser para el resto de las instalaciones. Para este caso no debe pasar de 65 °C, con el fin de preservar la integridad del ducto multifásico que es de ERFV.

6. Otras variables para tener en cuenta: cantidad y calidad de sólidos y la corrosividad de los fluidos que se manejan.

En la figura 11 se resume las variables principales del proyecto Tapera Este (TAE), que fueron la base de diseño de la estación de bombeo y la de selección de equipos.

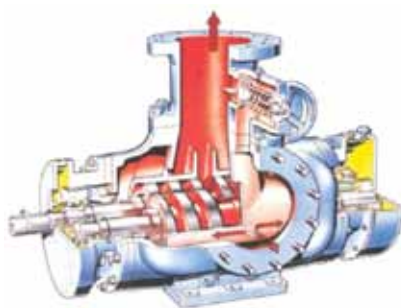


Figura 10

Incremento de producción

Hasta aquí hemos tratado de explicar de qué manera, con la implementación del bombeo multifásico, logramos disminuir la presión en la boca del pozo, ahora veremos cómo esta disminución influyó en este proyecto impactando positivamente en mejorar la producción de la zona influenciada.

En la figura 12 se muestran dos curvas: la estimada con la que se analizó el proyecto, donde se tenía una estimación de incremento de producción del

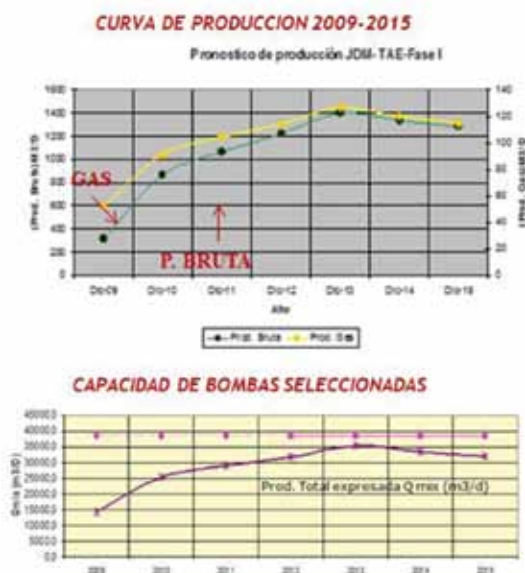
4,5%, y la segunda curva que representa el incremento real medido una vez que el proyecto estaba en marcha con un valor promedio del 12%.

En la figura 13 se grafica la producción base del proyecto acumulado mes, sin el bombeo multifásico, curva azul; el incremento de producción estimado en marrón y el valor real en color verde, analizando el proyecto en un plazo de cinco años (a los efectos del análisis). Se estimaba una producción adicional de 50.000 m³ de petróleo, los resultados reales luego de la puesta en marcha, dieron un acumulado de 128.000 m³ de petróleo, lo que muestra claramente el efecto positivo que tuvo la baja de presión sobre la respuesta del reservorio.

Análisis económico

En la figura 14 se observa un cuadro comparativo entre el CAPEX asociado a la instalación de una batería convencional y la instalación del sistema de bombeo multifásico.

DATOS DE PARTIDA



DATOS DE PROCESO

1) Rango de operación esperable

Año	Escenario Previsto Fase I		
	Qoil m3/d	Qbruta m3/d	Qgas mil Sm3/d
2011	762.3	1065.5	94.5
2012	872.5	1218.2	109.4
2013	967.8	1400.4	122.0
2014	910.2	1333.4	116.0
2015	874.0	1284.6	115.3

2) Presión de Succión Objetivo:

3 Kg/cm2 (g)

2) Presión de Descarga Máx:

16 Kg/cm2 (g)

3) Máxima Temp de descarga:

65 °C

4) Datos del fluido:

Corte de Agua:	15 - 60 %
*API:	31-32
Densidad del Agua:	1.014 - 1.020
Dens Relativa Gas:	0.64
Viscosidad:	μ liq @ 20°C: 40.9 cP
	μ liq @ 30°C: 17.4 cP
	μ liq @ 40°C: 14.3 cP
	μ liq @ 50°C: 12.1 cP

Figura 11

La inversión necesaria para el caso es un poco menor a la mitad de una de la estación de bombeo multifásica batería para las mismas capacidades y

condiciones operativas, por un lado, se debe a que no existe la necesidad de un gasoducto, ya que toda la producción es transportada por un único ducto; por otro lado, hay que considerar que en la estación de bombeo se concentra la energía requerida, por lo cual es necesario ampliar en dicho punto la capacidad de la parte eléctrica.

Un aspecto para resaltar es que el OPEX, en el caso del bombeo multifásico es menor, debido a que los costos de operación y mantenimiento también lo son, fundamentalmente por el menor número de equipos, ejemplo no hay tanques, no hay separadores generales, menor cantidad de equipos rotantes, etc.

En la figura 15 se muestra los principales indicadores económicos del proyecto, se observa la estimación prevista (caso estimado) y el resultado posterior considerando los valores obtenidos reales a la fecha (caso real) más la proyección estimada por el año y medio que falta para completar el período de evaluación del proyecto.

Las consideraciones para la estimación:

- Inversión inicial: 3,5 MMUSD
- Precio del crudo: 71,1 USD/bbl (valor promedio del período 2013-2017)
- Gastos operativos: 2,3 USD/bbl
- Regalías: 10,7 USD/bbl
- Ingresos Brutos: 2,1 USD/bbl
- Tiempo de evaluación del proyecto: 5 años

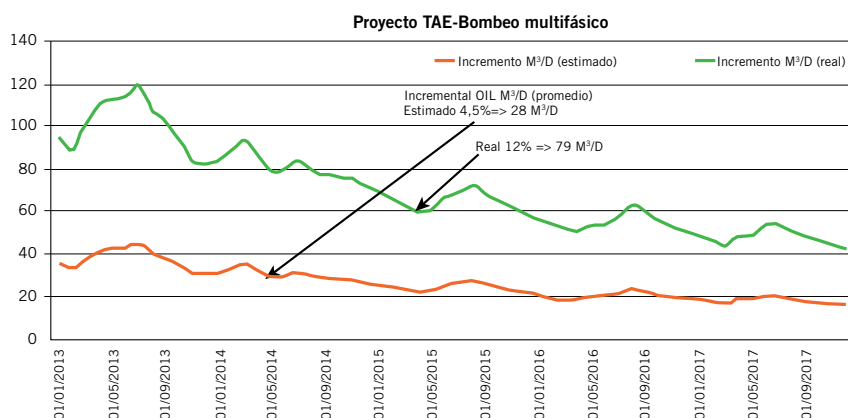


Figura 12

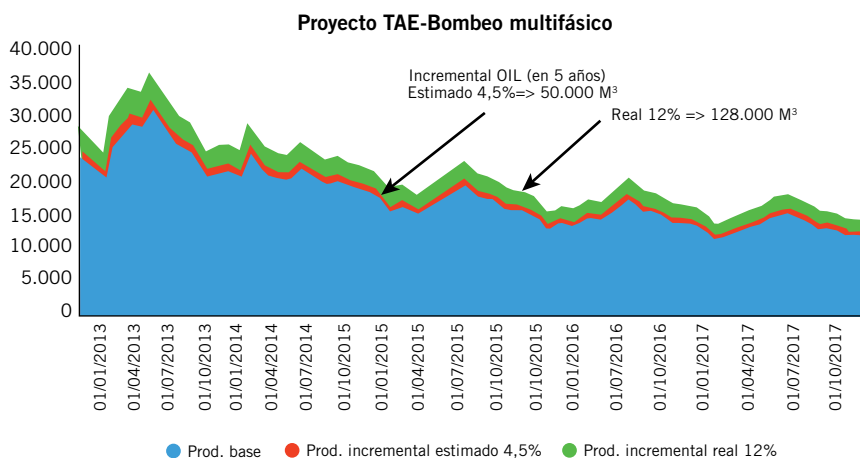


Figura 13

BATERÍA	
Gasoducto 8 km 12" de diámetro	1,2 MMUSD
Batería (cap. nom. 2000 m ³ Oil/150 MM ³ Gas)	5,5 MMUSD
Compresora (cap. Nominal 150 MM ³ Gas)	1,2 MMUSD
TOTAL	7,9 MMUSD
ESTACIÓN DE BOMBEO MULTIFÁSICO	
Sistema eléctrico	0,5 MMUSD
Estación de BMF (cap. max 1600 m ³ /bruta/150 MM ³ Gas)	3,0 MMUSD
TOTAL	3,5 MMUSD

Figura 14

como un reemplazo de la convencional, tampoco consideramos que sea aplicable en todos los casos. Eso dependerá de cada caso, que se deberá analizar en cada contexto. Consideramos y recomendamos, en función de los resultados del proyecto Tapera Este, esta tecnología como una alternativa muy interesante que se debe considerar en desarrollos tanto de campos nuevos como en optimización de campos maduros. ■

	Caso estimado	Caso real
VAN	6,4 MMUSD	21,1 MMUSD
Valor de Corte	21,6 USD/bbl	10,1 USD/bbl
VANI	1,94	6,38
Repago	13 meses	6 meses

Figura 15

Como muestran los indicadores, el resultado económico del proyecto fue muy satisfactorio, superando la estimación inicial.

Conclusiones

Las negativas

- La implementación desde la etapa de evaluación de alternativa, diseño y selección de equipo fue en su inicio compleja, debido fundamentalmente a la falta de experiencia y de antecedentes en sistemas que operen en las condiciones del proyecto Tapera Este.
- Incorporar un sistema diferente de instalación requirió de un esfuerzo adicional de la operación que consumió tiempo y recursos.

Las positivas

- Una vez superada la fase inicial (con todos los inconvenientes que generalmente se presentan en proyectos de innovación), el sistema se volvió altamente confiable para la operación.
- El resultado económico superó las expectativas que se tenían en la evaluación del proyecto.

Conclusión final

No consideramos esta tecnología