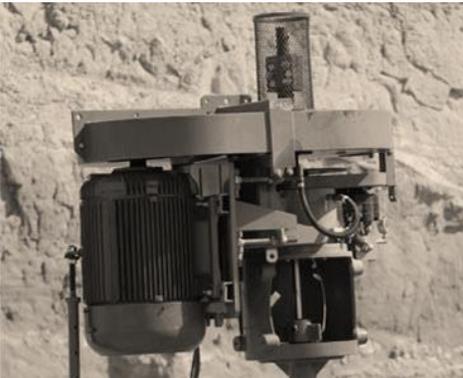


GESTIÓN DE SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE CAMPOS MADUROS

Clemente Marcelo Hirschfeldt
Fernando Bertomeu

OilProduction Oil & Gas Consulting
Argentina – Colombia - México



MATURE FIELDS ARGENTINA
PRODUCTION OPTIMIZATION 2014

23 al 24 de Julio de 2014. Buenos Aires. Argentina

 **OilProduction**
Oil & Gas Consulting

AGENDA

- ❑ Caracterización y clasificación de campos maduros
- ❑ La Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) como ejemplo de campos maduros
- ❑ Ciclo de Gestión de los SLA: Actividades ,participantes y criterios de selección
 - Adquisición de equipos
 - Toma de información y evaluación de desempeño de los SLA
 - Seguimiento de fallas e inspección
- ❑ Nuevas tecnologías: como asegurar el éxito
- ❑ Aplicación de los SLA en CGSJ
- ❑ Conclusiones

Campos Maduros

Caracterización y clasificación



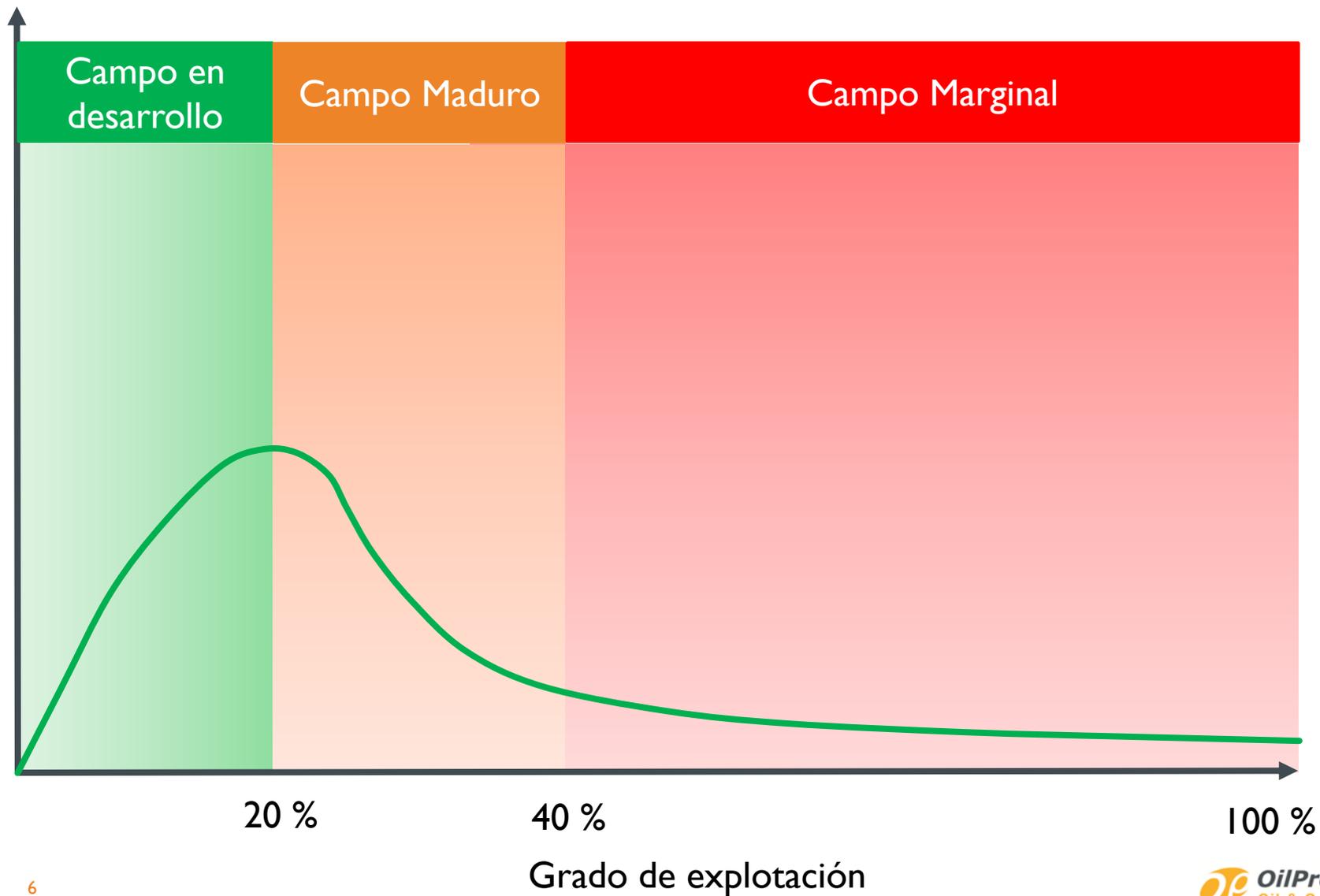
CARACTERÍSTICAS DE CAMPOS MADUROS

- ❑ Madurez en Función de la declinación.
- ❑ Alta población de pozos de baja producción.
- ❑ Alta población de Sistemas de Levantamiento Artificial
- ❑ Implementación avanzada de proyectos de recuperación secundaria (**incremento en caudal de inyección y profundidad de desarrollo**)
- ❑ Crudos de menor calidad
- ❑ Aumento de la producción de agua con composiciones complejas.
- ❑ Costos de producción incrementales
- ❑ Problemas con integridad de instalaciones de subsuelo y superficie

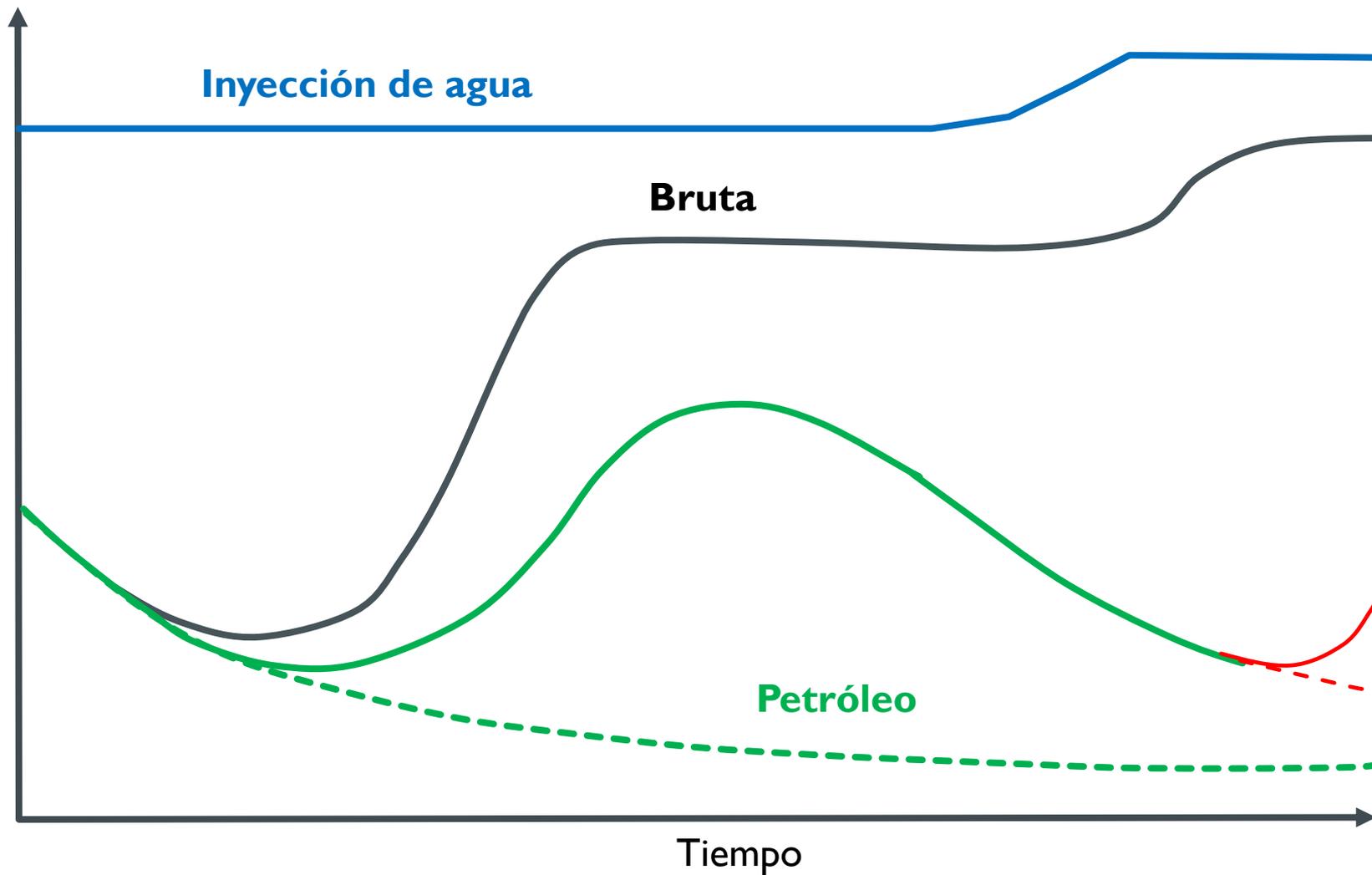
DESAFÍOS DE LOS CAMPOS MADUROS

- ❑ **Aumento de costos de producción**
- ❑ Desafíos humanos son mayores que los desafíos tecnológicos
- ❑ Condiciones cambiantes de pozos
- ❑ Equipos sensibles a la calidad de fluidos y/o antigüedad.
- ❑ Financieros, baja rentabilidad.

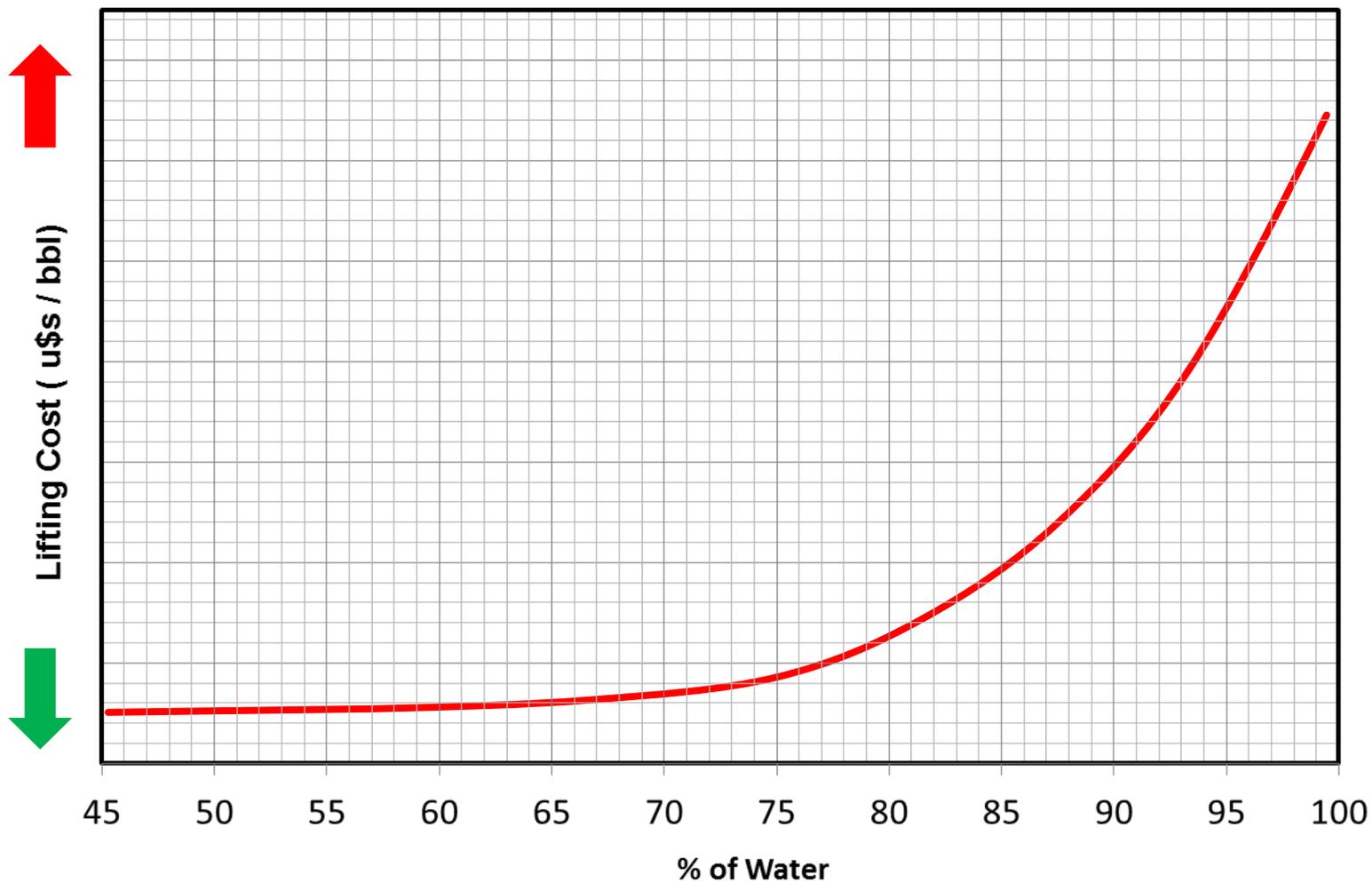
CICLO DE VIDA DE UN CAMPO – DEFINICIÓN CLÁSICA



DINÁMICA DE DESARROLLO EN CAMPOS MADUROS DE ARGENTINA



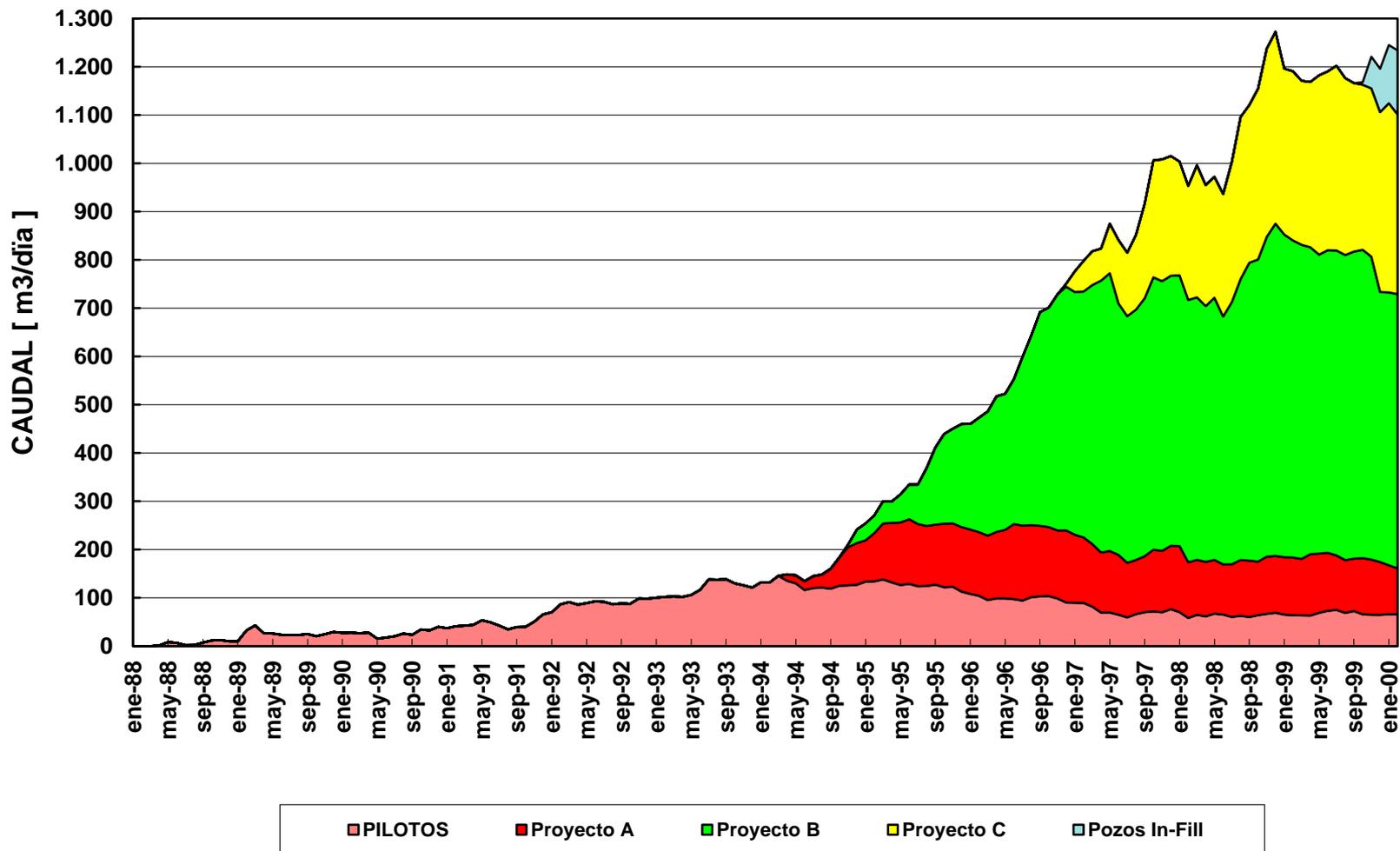
COSTO DE PRODUCCIÓN VS % DE AGUA PRODUCIDO



Reference: SPE 69559 (2001) Forecast Techniques for Lifting Cost in Gas and Oil Onshore

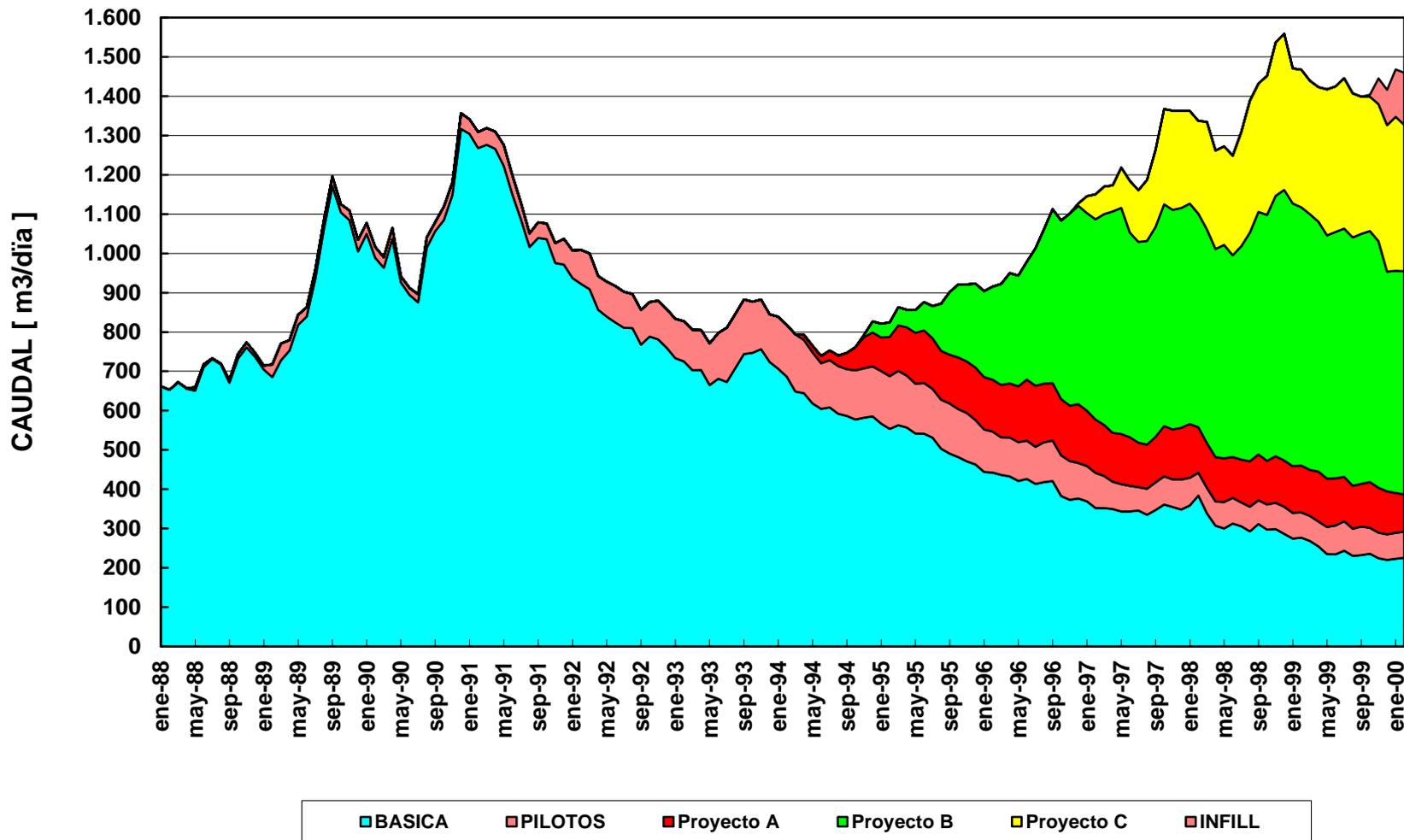
DINÁMICA DE DESARROLLO EN CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Evolución de la Producción por Recuperación Secundaria



DINÁMICA DE DESARROLLO EN CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Evolución de la Producción en Yacimientos Maduros - CGSJ



La Cuenca del Golfo San Jorge

Como ejemplo de campos maduros

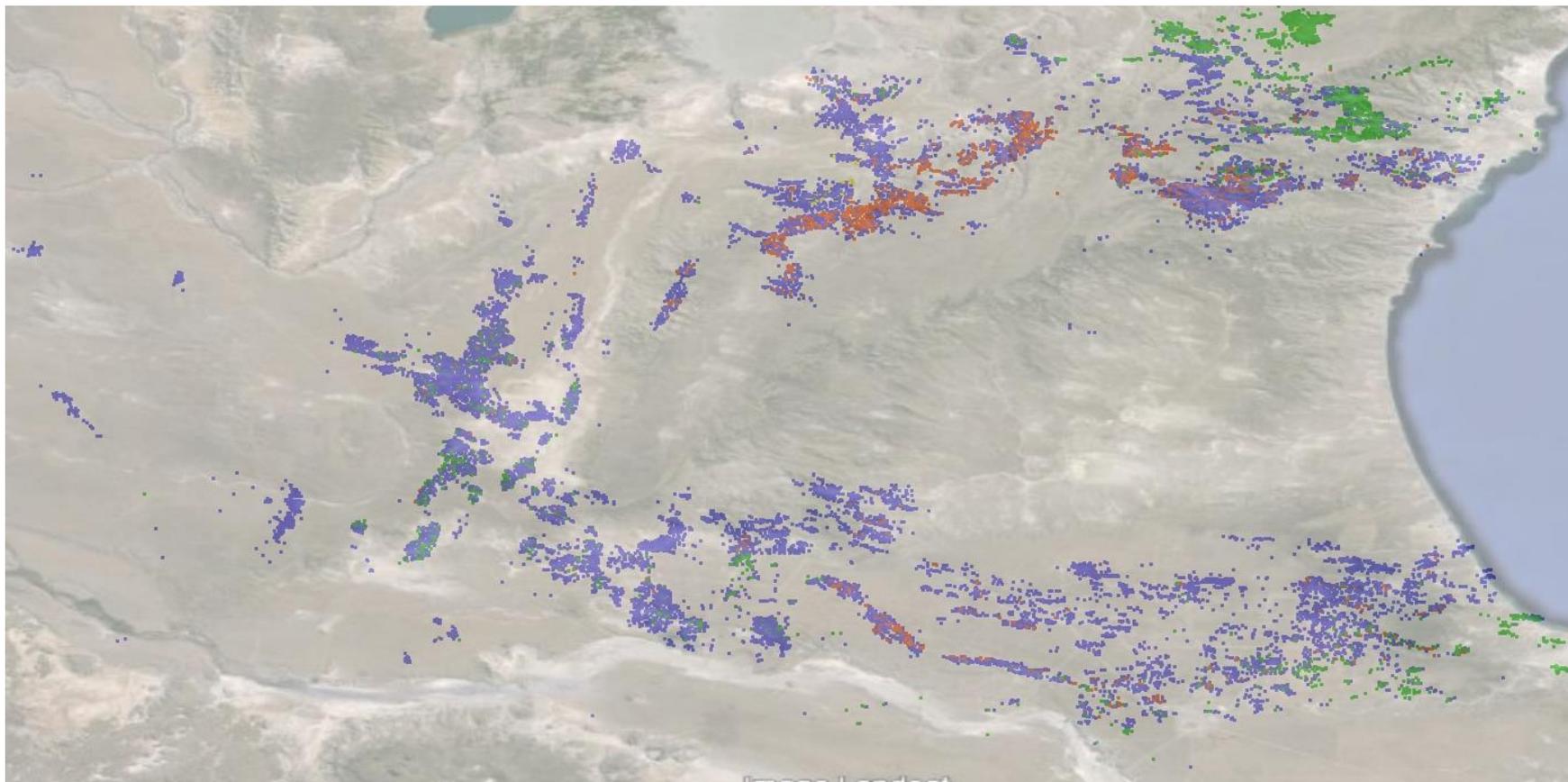




- Localizada en la Patagonia Argentina
- Primer pozo productor perforado en Comodoro Rivadavia en 1907

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SLA EN LA CGSJ

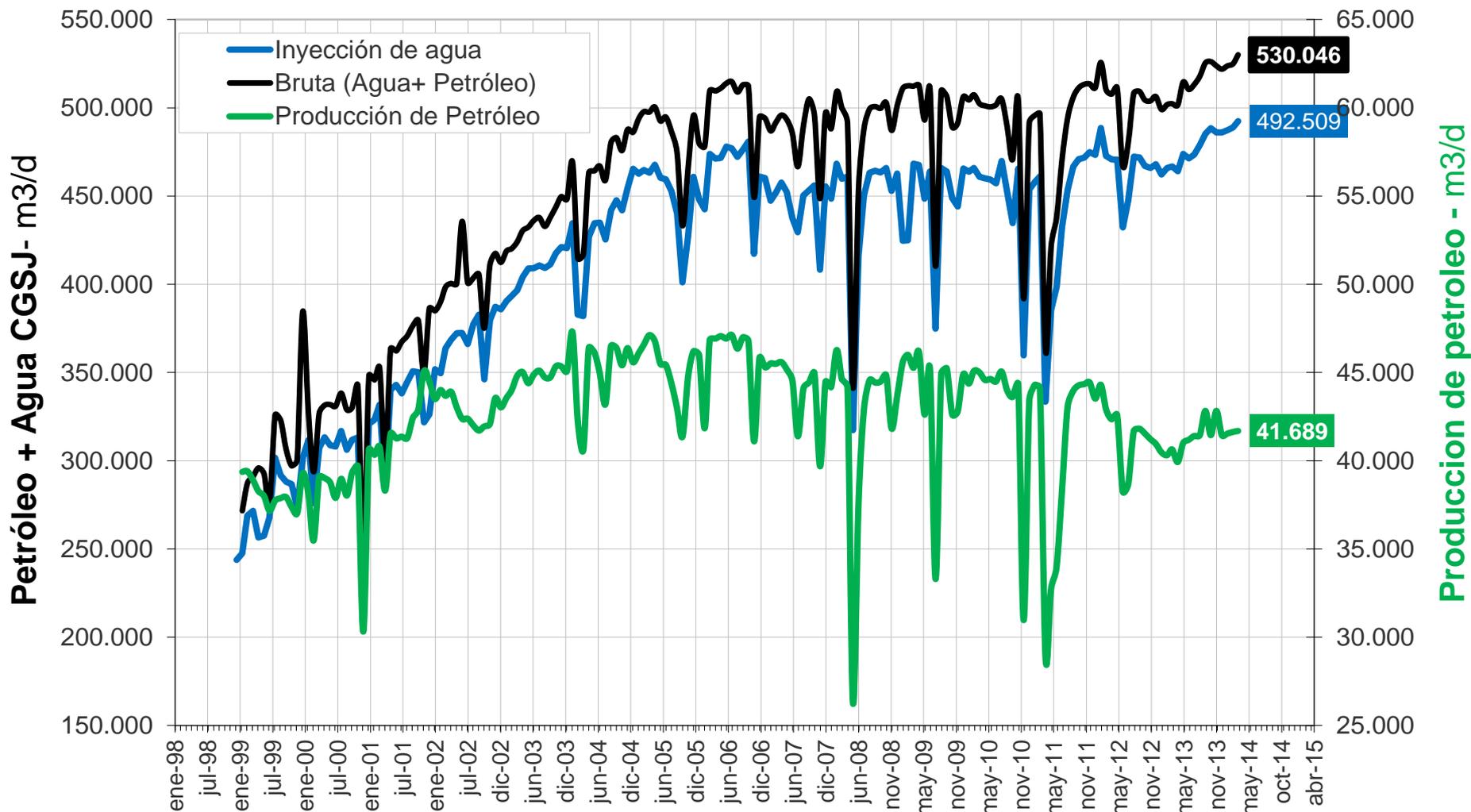
■ **39,000 pozos perforados desde los inicios de explotación**



13,532 pozos en extracción efectiva con SLA(May 2014)

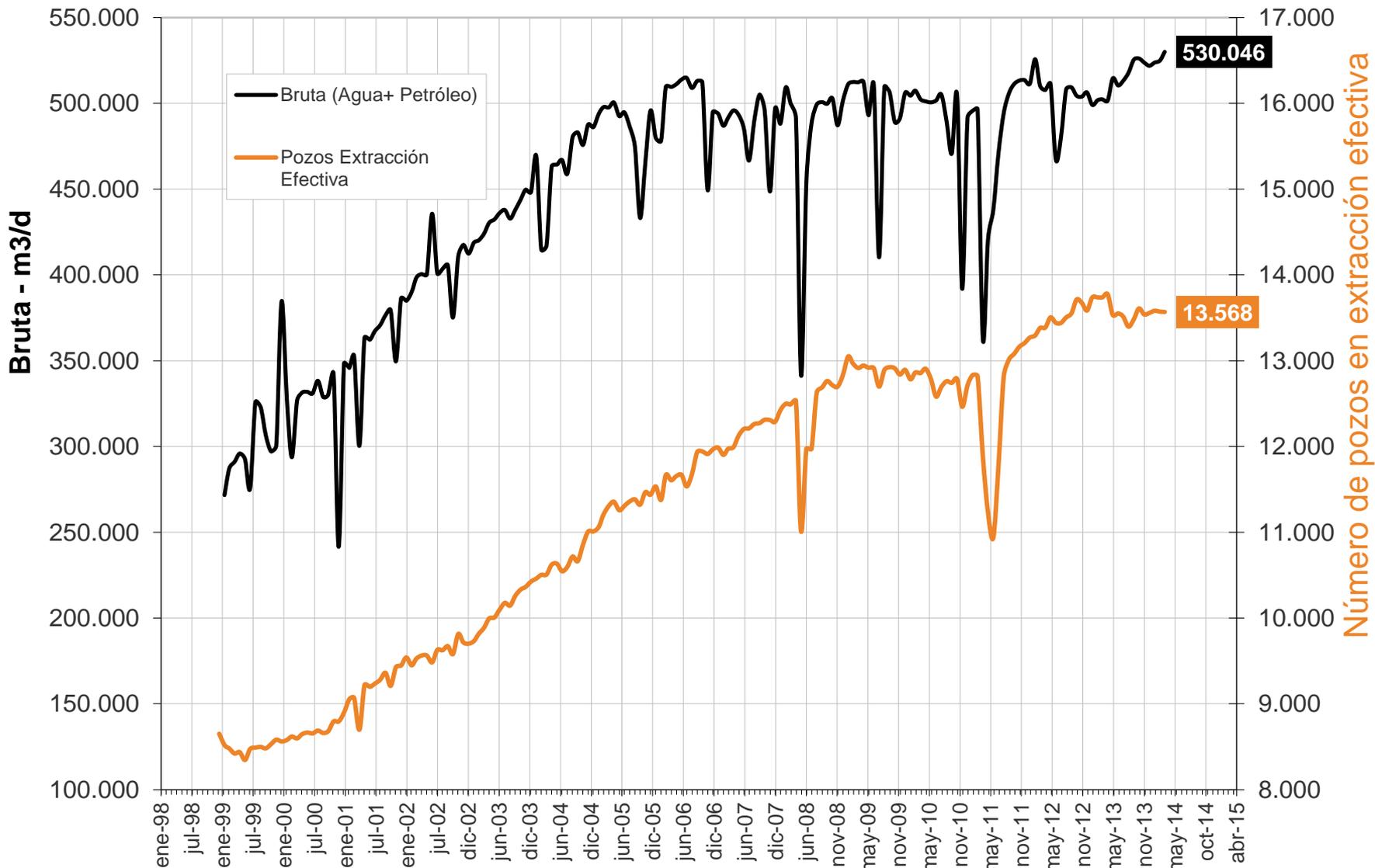
Producción de Petróleo y Agua

Cuenca del Golfo San Jorge - Marzo 2014



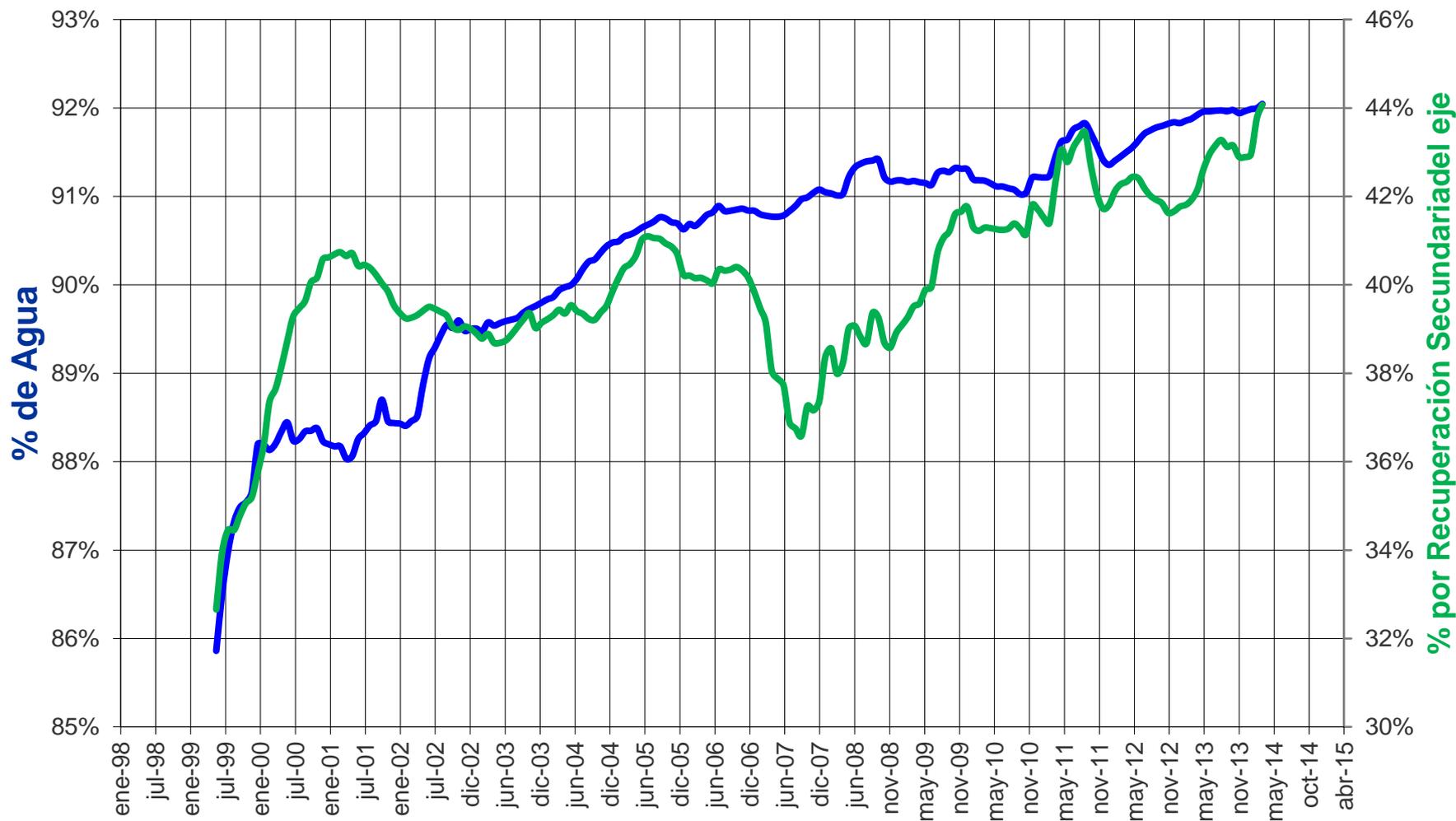
Fuente: Secretaría de Energía

Producción Bruta (Petróleo y Agua) vs Pozos en extracción efectiva Cuenca del Golfo San Jorge (a Marzo 2014)



Fuente: Secretaria de Energía

Evolución del % de Agua y producción de petróleo por Recuperación Secundaria

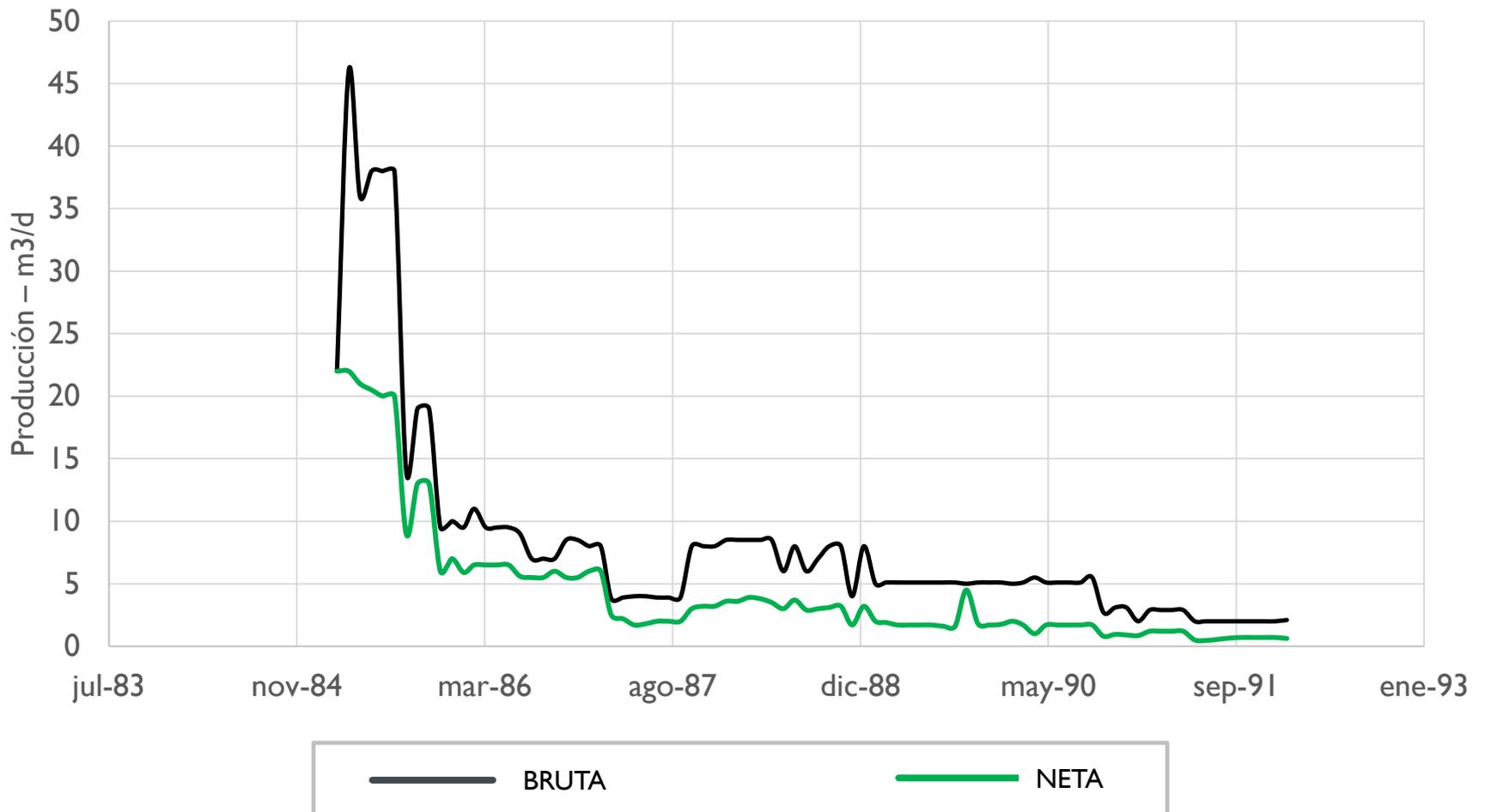


Fuente: Secretaría de Energía

- #1 - Campos Marginales sin posibilidad de implementación de un proyecto de Recuperación Secundaria
- #2 - Campos afectados a proyectos de Recuperación Secundaria en forma incremental y desarrollo de primaria
- #3 - Campos afectados proyectos de Recuperación Secundaria al límite máximo de implementación
- #4 - Campos afectados a Recuperación Mejorada y con redistribución del agua de Inyección

EJEMPLO #1 – CAMPO MARGINAL

Pozo tipo de campo marginal

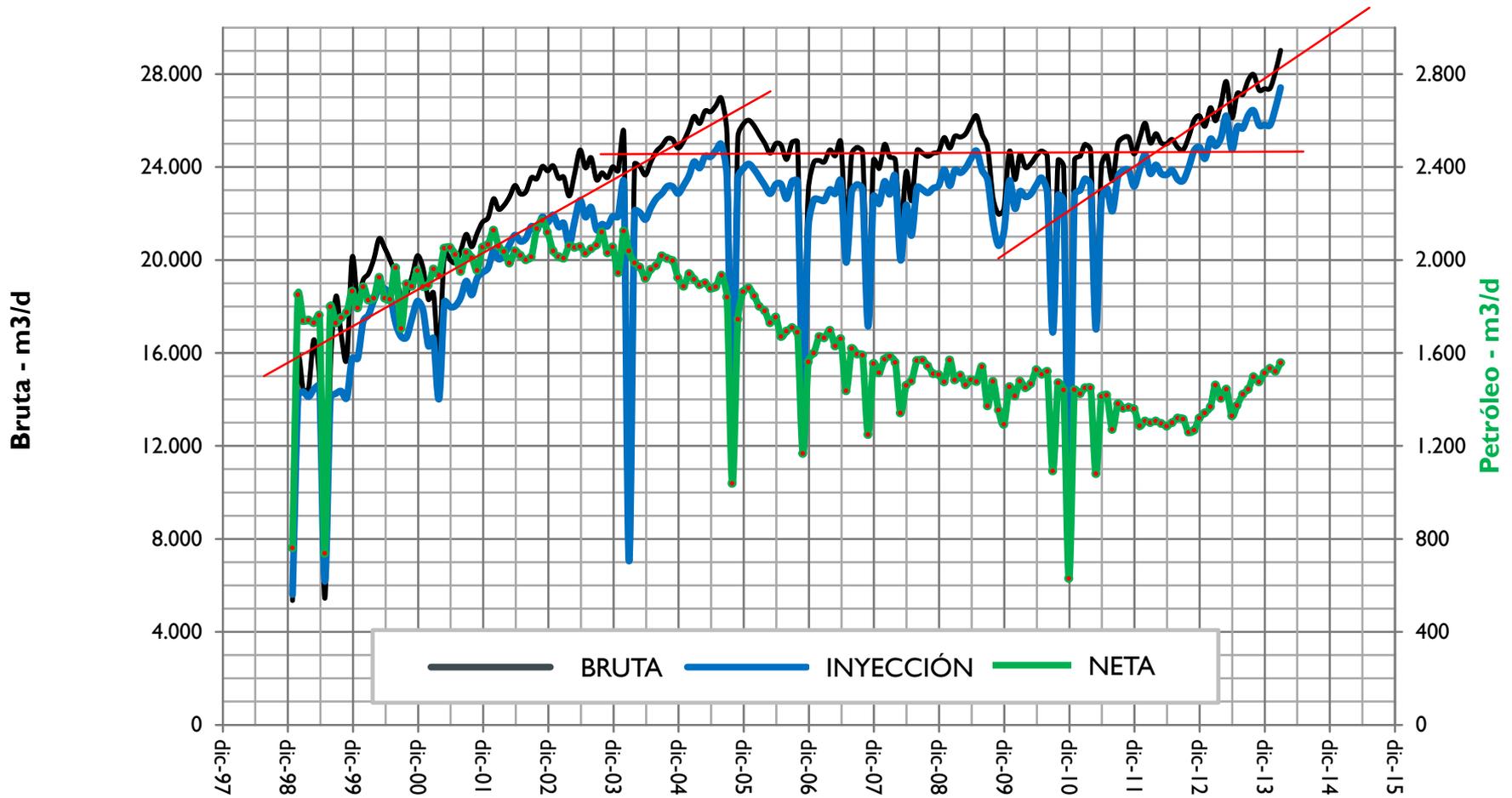


EJEMPLO #2

95 % de agua

61 % de oil p/RecSec

500 pozos



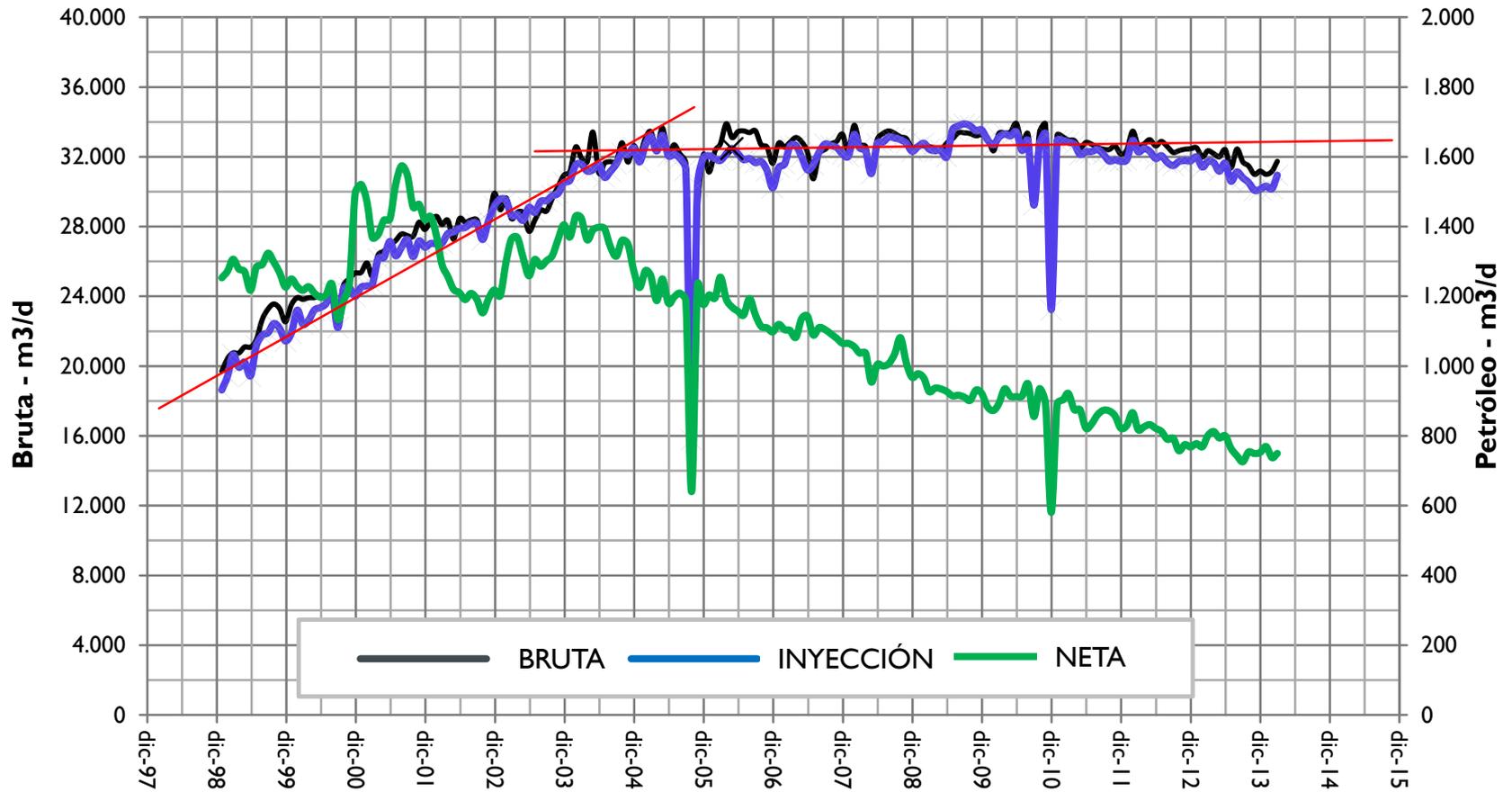
Fuente: Secretaria de Energía

EJEMPLO #3

98% de agua

69 % de oil p/RecSec

240 pozos



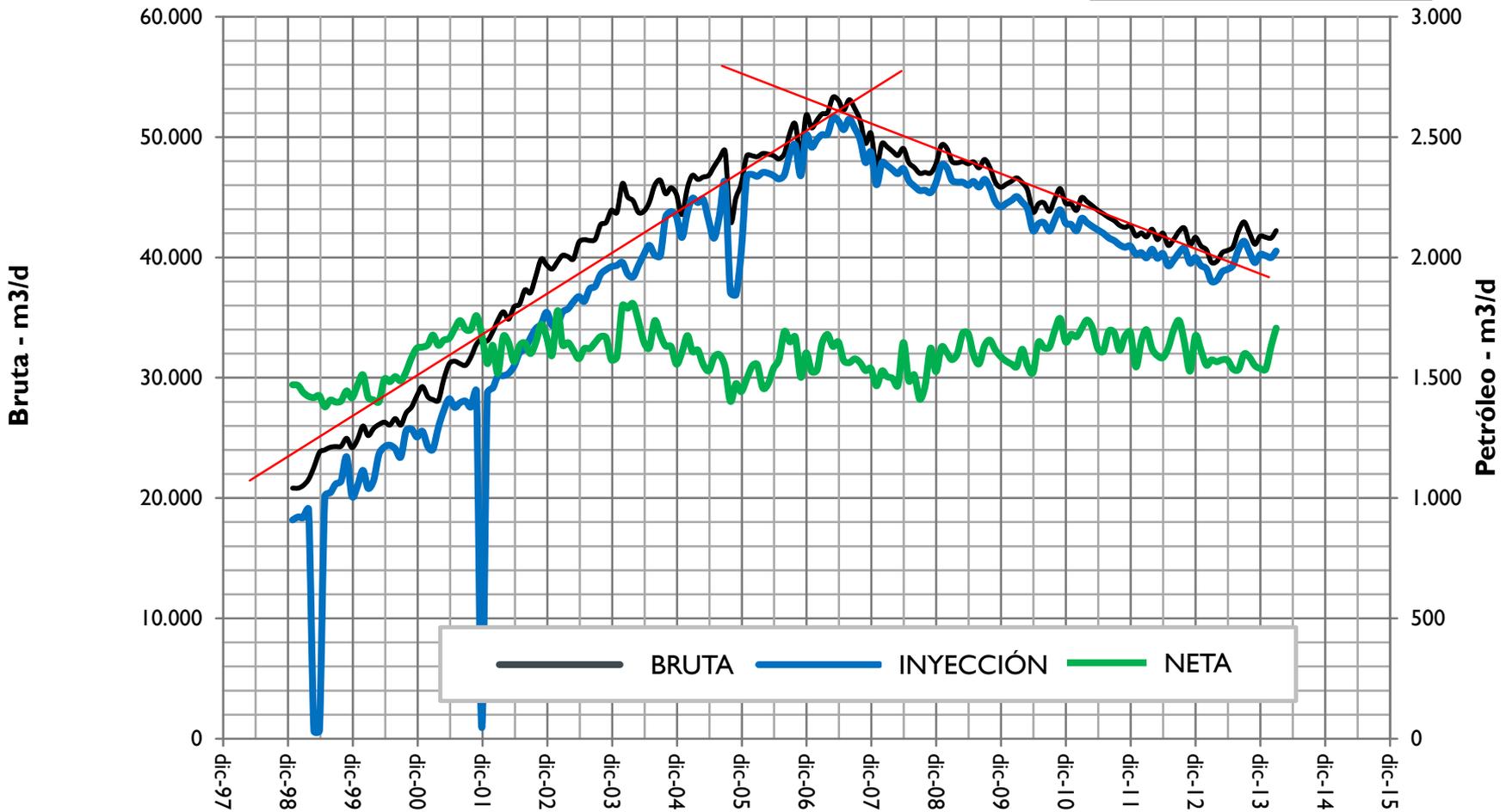
Fuente: Secretaria de Energía

EJEMPLO #4

96% de agua

76 % de oil p/RecSec

488 pozos



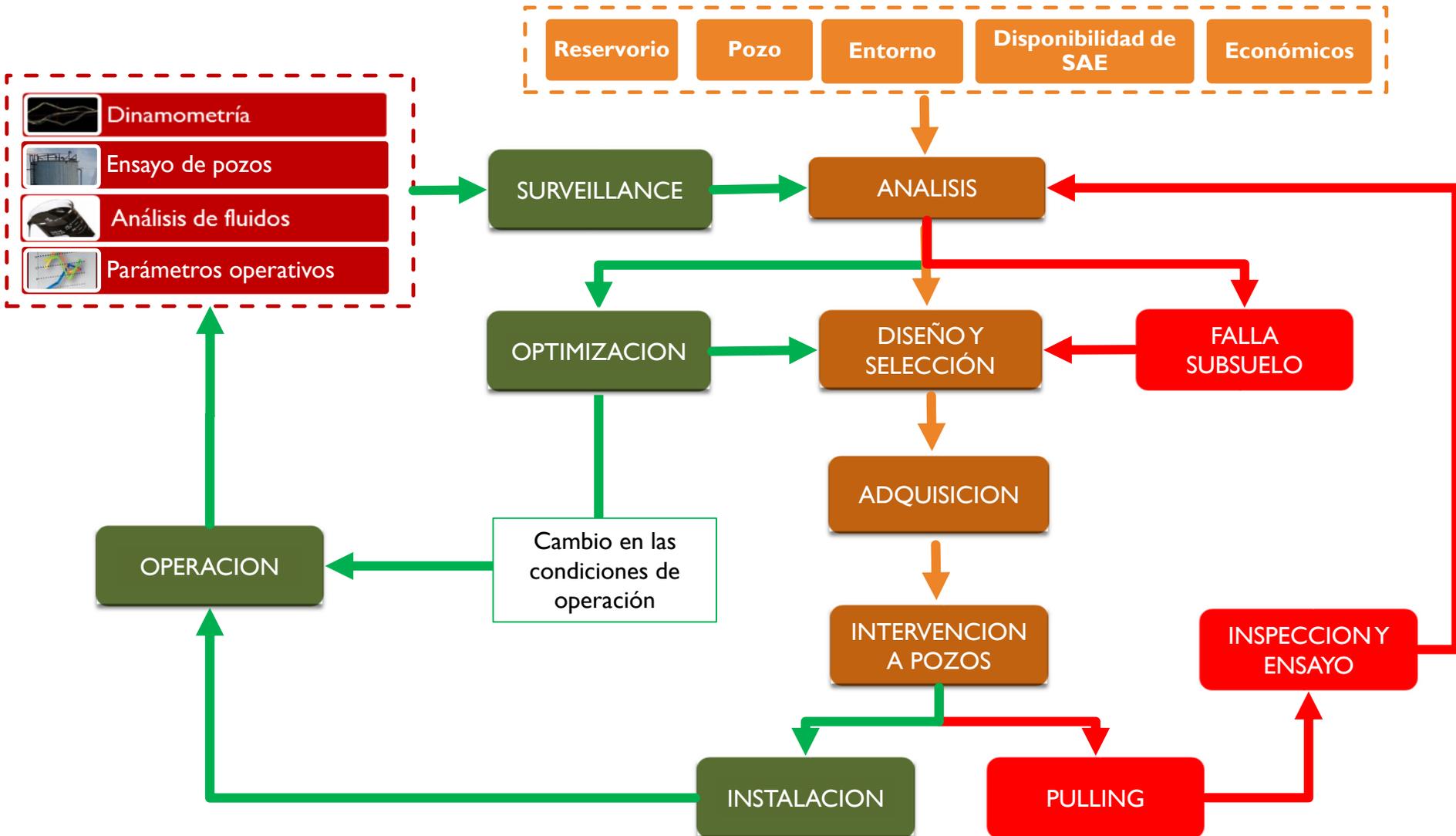
Fuente: Secretaria de Energía

Ciclo de la gestión de los SLA

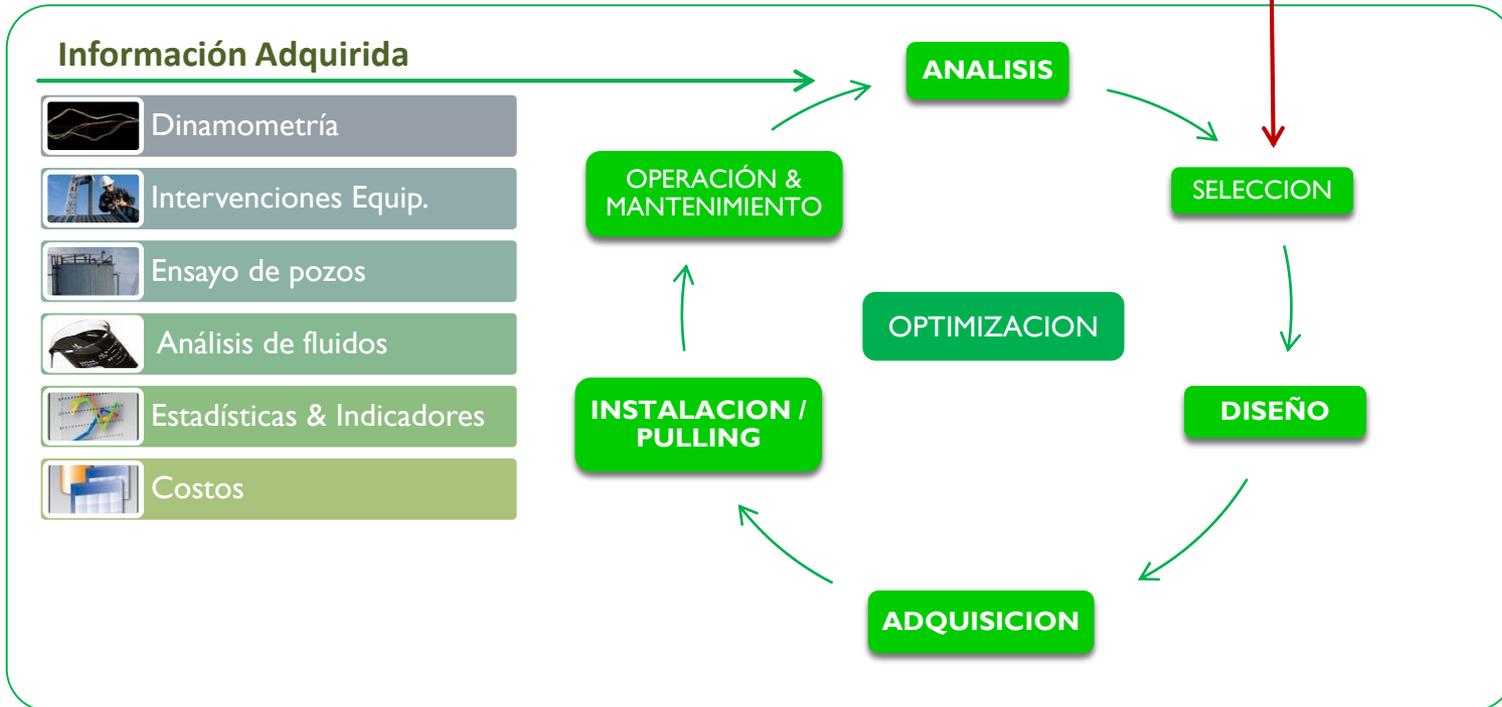
Actividades ,participantes y criterios de selección



CICLO EN LA GESTIÓN DE LOS SLA



CICLO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS SLA



PARTICIPANTES DEL CICLO DE GESTION DE SLA



Sistemas de Levantamiento Artificial

Criterios de selección y modelo de Gestión



PREGUNTA CLÁSICA

¿ Cual es el mejor Sistema de levantamiento Artificial para mi campo?

RESPUESTA

Un campo puede requerir mas de un tipo de SLA, y a su vez ser distinto a lo largo de la vida del campo.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SLA Y MODELO DE GESTIÓN

CRITERIOS CLASICOS

- Límite mecánico
- Ventajas, desventajas y restricciones
- Selección a través de programas expertos.



TIEMPO



LECCIONES APRENDIDAS

SELECCIÓN BASADA EN LA EXPERIENCIA
INTEGRADA (OPERADORA + SERVICIO)



BENEFICIO
SOSTENIBLE

CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS, SELECCIÓN Y DISEÑO

ASPECTOS TÉCNICOS

RESERVORIO

- IPR
- Fluidos
- Gas
- Arena
- Corrosión
- PVT
- Temperatura

POZO

- Locación
- Geometría
- Diámetro
- Trayectoria
- Terminación

OTRO

- Flexibilidad
- Confiabilidad
- Disponibilidad y tipo de energía
- Eficiencia energética
- Disponibilidad de productos y servicios
- Know-how

Economicos

- Inversión inicial
- Costo operativo
- Costo de los servicios
- Valor de recupero

SLA – ANÁLISIS, SELECCIÓN Y DISEÑO

QUIENES DEBERIAN PARTICIPAR

- ❑ Ingeniería de producción / Operaciones de Producción
- ❑ Ingeniería de Reservorios (Desarrollo de Reservas)
- ❑ Ingeniería de Perforación

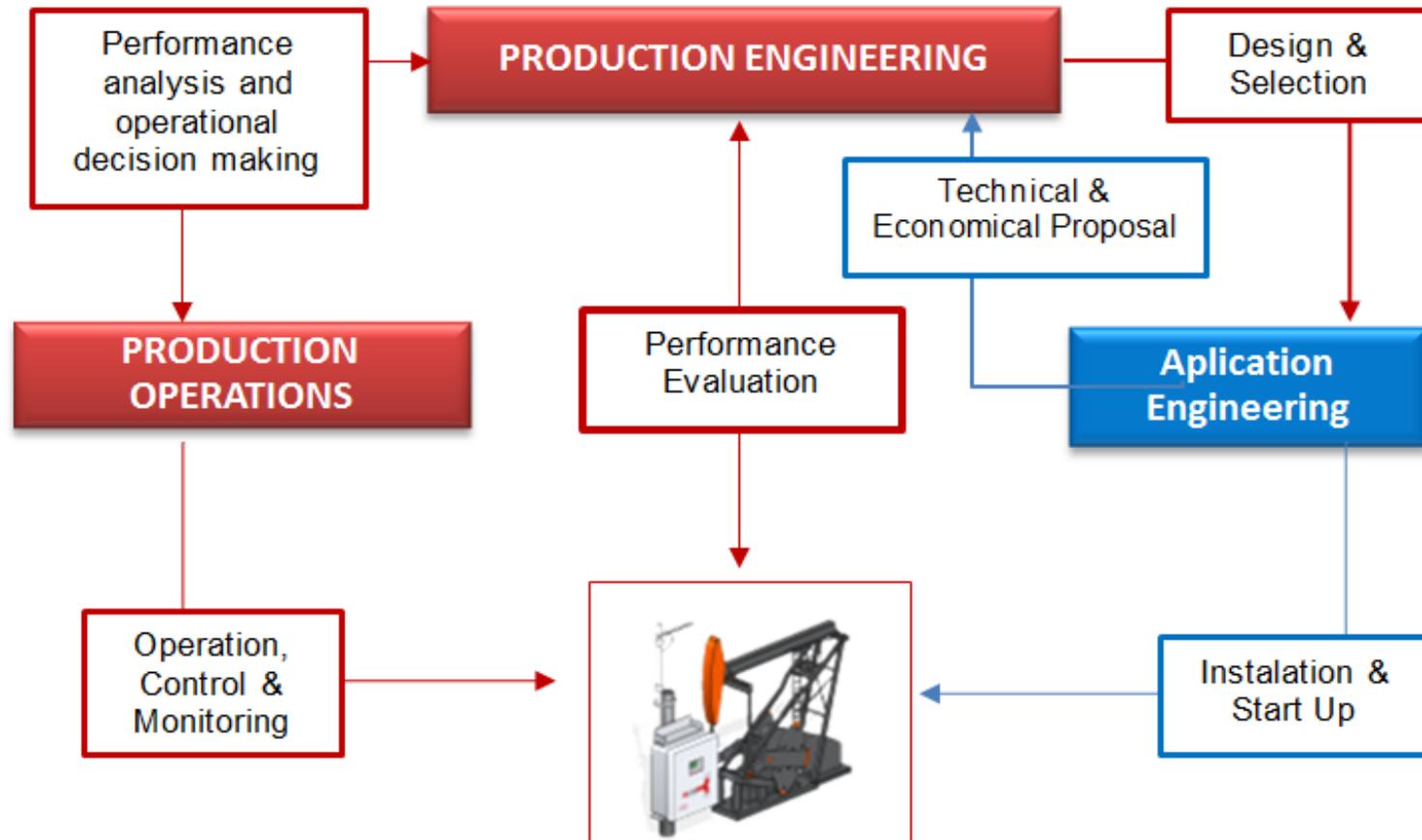
QUE INFORMACIÓN SE NECESITA

- ❑ Datos presentes productividad (IPR)
- ❑ Datos futuros de producción (Pronóstico de producción / IPR futura)
- ❑ Conocimiento acerca del mercado de SLA (empresas de servicio, disponibilidad de servicios en la región)

HABILIDADES Y COMPETENCIAS REQUERIDAS

- Well performance
- Caracterización de fluidos y reservorios (modelado dinámico)
- Conceptos de termodinámica, mecánica, electricidad y dinámica de fluidos (entre otros)
- Principio de funcionamiento y límites mecánicos de los SLA

EJEMPLO DE MODELO DE GESTIÓN DE SLA



Sistemas de Levantamiento Artificial

Adquisición de equipos



ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO

POSIBLES MODELOS DE ADQUISICIÓN

- ❑ Compra
- ❑ Alquiler con opción a compra
- ❑ Alquiler

QUIENES DEBERÍAN PARTICIPAR ?

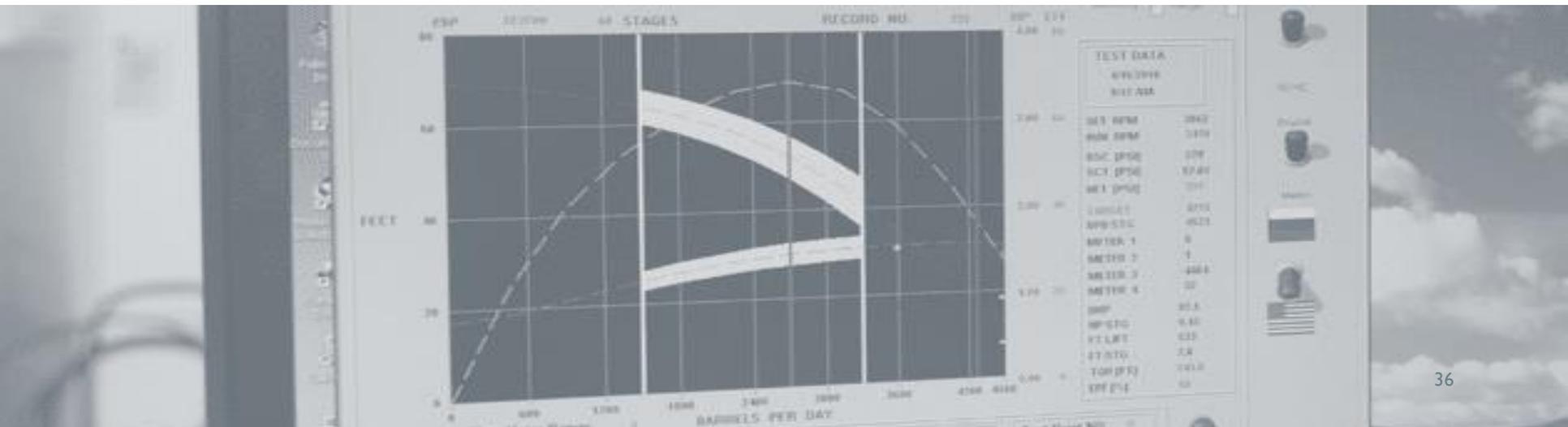
- ❑ Ingeniería de Producción
- ❑ Departamentos de suministros y contratos

“ El equipamiento de SLA debe adquirirse en función de las necesidades presentes y futuras del campo “

“ Los contratos deben ajustarse a estos requisitos “

Toma de información

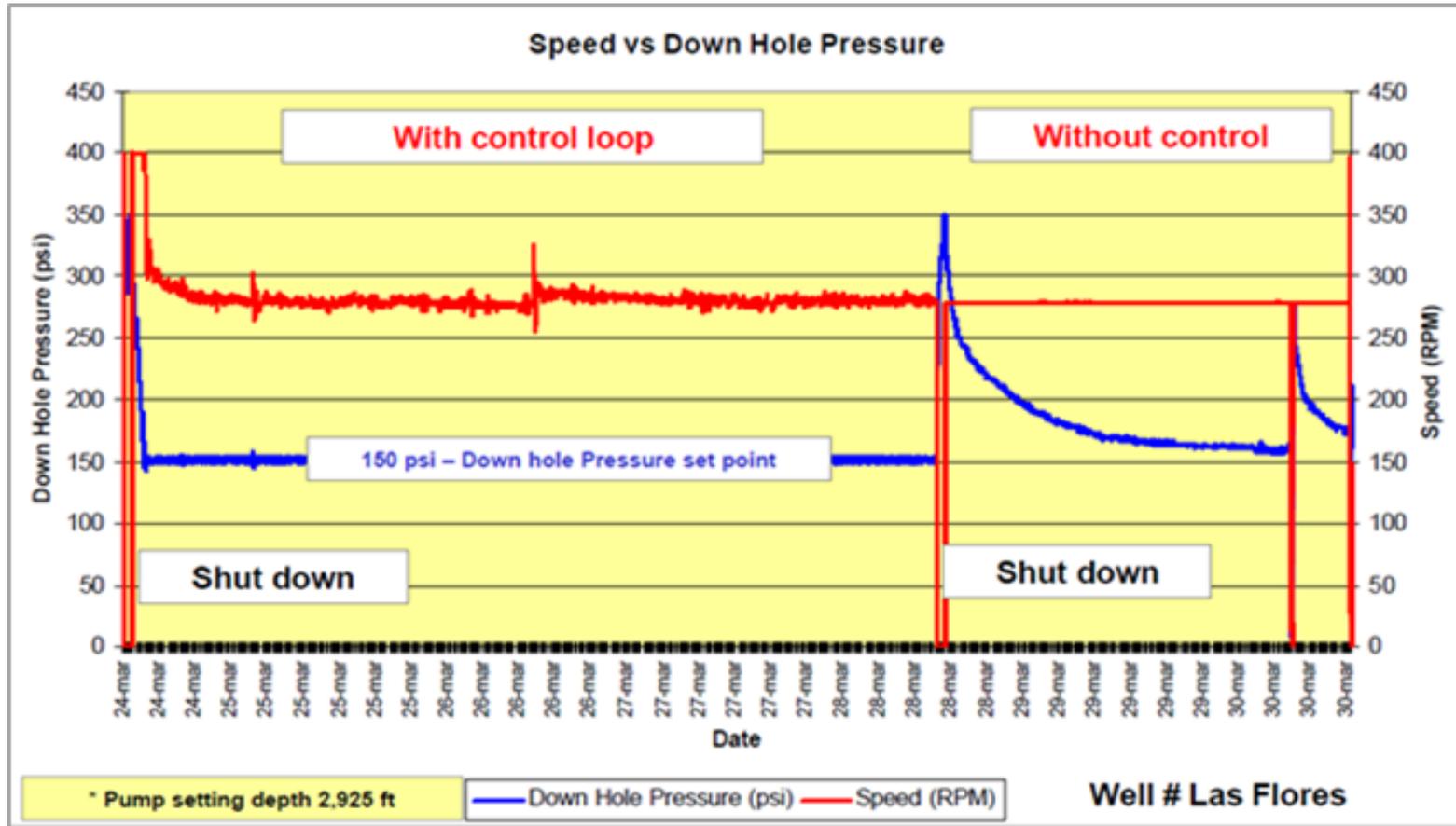
Evaluación de desempeño de los SLA



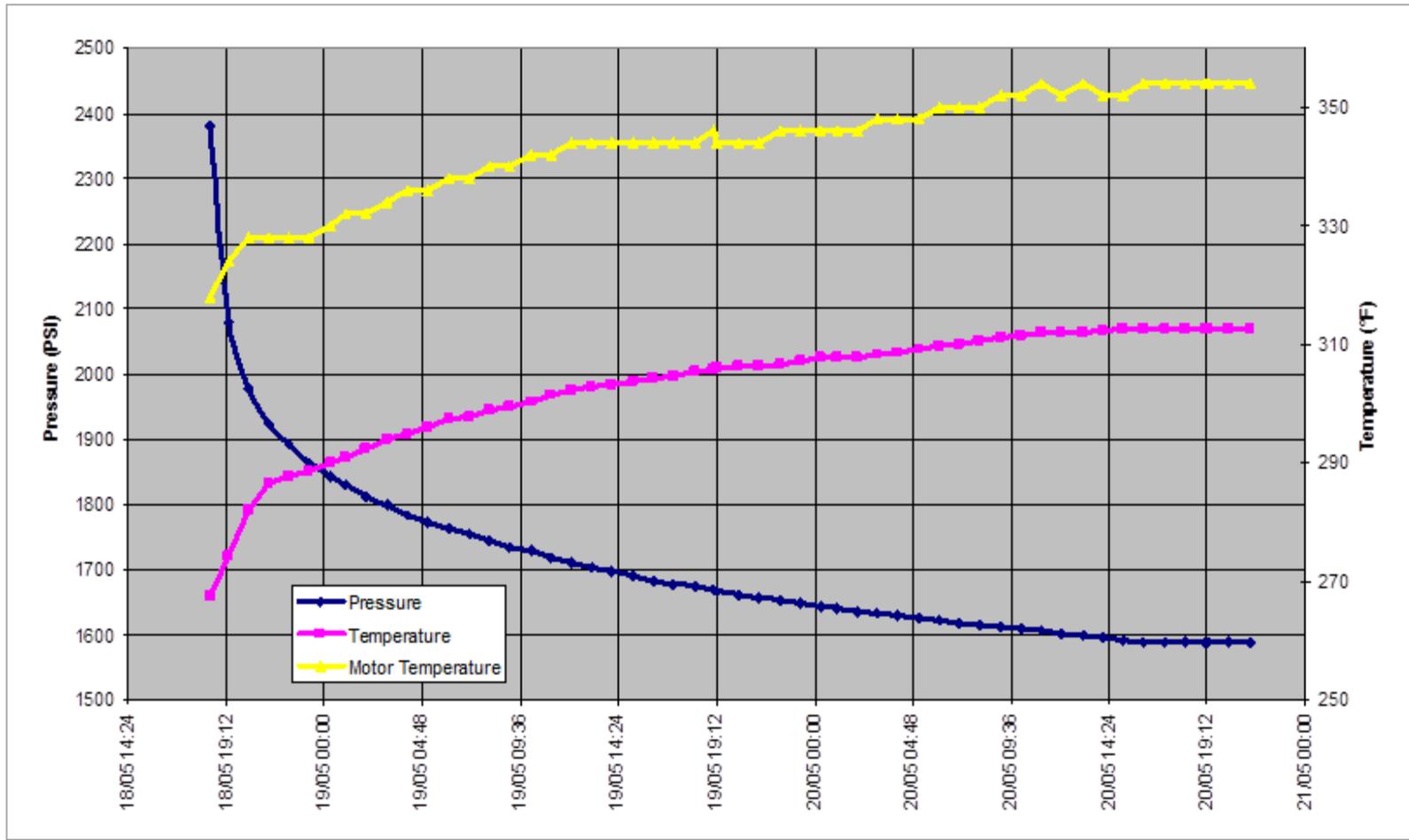
TOMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO

- ❑ Invertir en la adquisición de datos, significa que tomaremos decisiones con ellos, sino es un costo.
- ❑ Existe tecnología para esto, pero muchas veces es difícil justificarlo desde lo económico.
- ❑ De todas formas, con o sin toma de información automatizada, **el factor humano es excluyente** y se debe trabajar en la calidad, veracidad y trazabilidad del dato.
- ❑ Se requiere la validación de los datos de producción y condiciones de operación con el fin de garantizar efectividad en el análisis y toma de información.

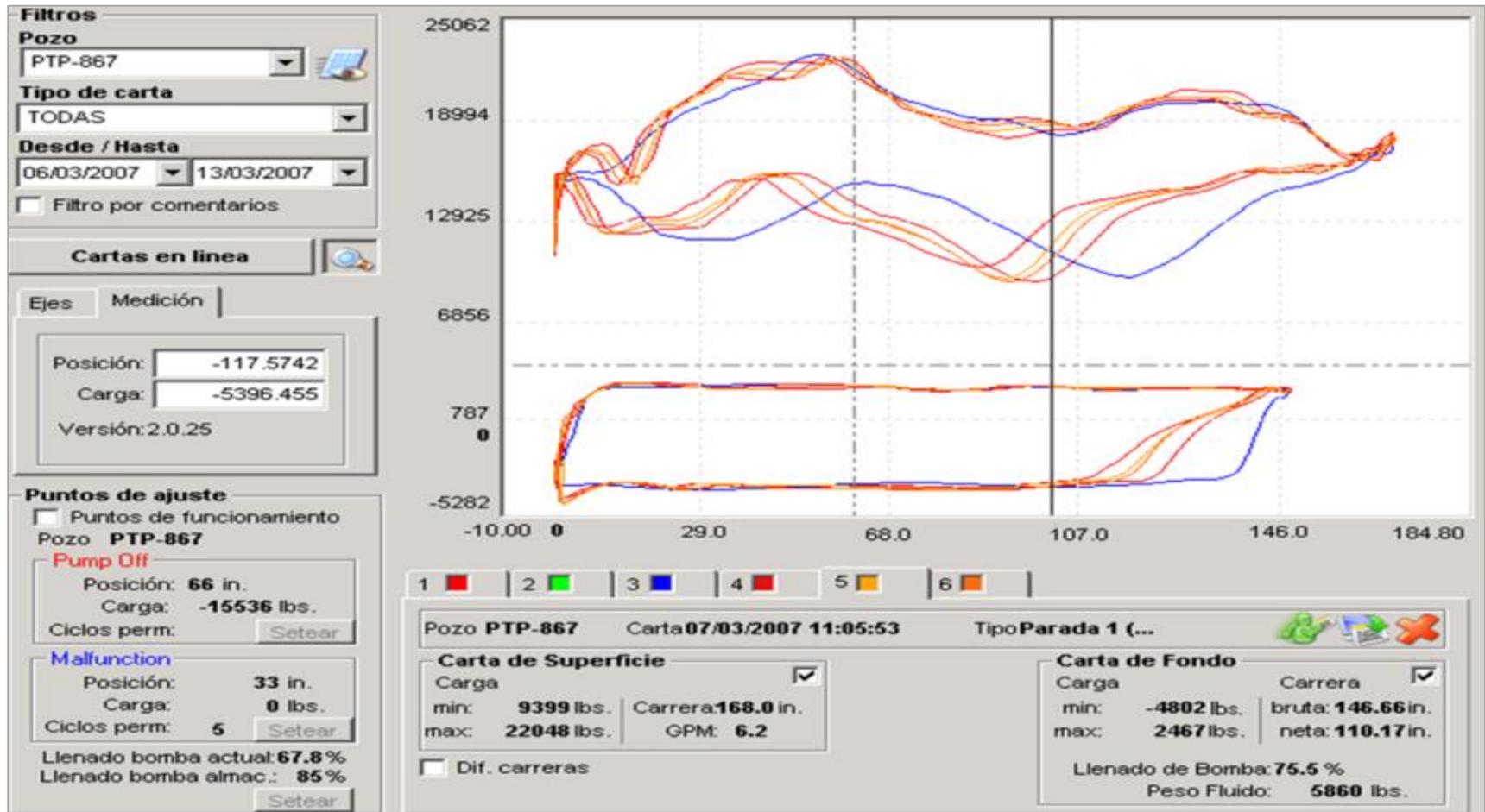
EJEMPLO DE MONITOREO EN SISTEMA PCP



EJEMPLO DE MONITOREO EN SISTEMA ESP



EJEMPLO DE MONITOREO EN SISTEMA DE BOMBEO MECANICO



Seguimiento de fallas e inspección

Procedimientos, análisis de fallas y seguimiento de indicadores de desempeño



INSPECCIÓN DE EQUIPAMIENTO Y ANÁLISIS DE FALLAS

- ❑ Contar con procedimientos para la inspección y evaluación de elementos de los SLA
- ❑ Trazabilidad de los elementos de fondo y superficie (Número de serie de bombas, de elementos de bombas, origen y destino de varillas de bombeo y tubería de producción)
- ❑ Diseñar criterios de aceptación y descarte en función del tipo de campo y sus antecedentes.
- ❑ Llevar una base de datos de fallas, causa raíz , frecuencia y % de material descartado y recuperado

- ❑ Se necesita una activa participación de los ingenieros de producción y supervisores de producción en el análisis de fallas e inspecciones de los elementos de subsuelo
- ❑ Identificar los pozos problemáticos en función de su índice de fallas y sus causas raíces.

EJEMPLO DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS PCP (IN-HOUSE)

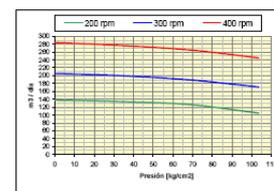
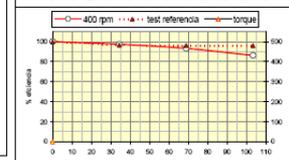
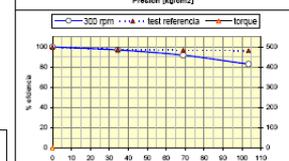
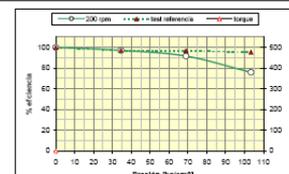


Compañías Asociadas Petroleras S.A			
Ensayos de bombas de cavidades progresivas (PCP)			
Fecha:	05/11/2003	Test N°:	552
Modelo:	NT2-400-150-ST62	N° de Estator:	03B2076
m³/día @100 RPM :	0.62	IE. N°:	E-0598
Temp. [°C]:	66.8	Cond. Estator:	Usado
Fluido:	agua	Origen Estator:	I-0130
		Cond. Rotor:	Usado
		Origen Rotor:	0.0
		Elastomero:	0
		Ø Rotor:	Usado
		MM codos:	1.0

Observaciones

Sin Observaciones

RPM	Presión (psig)	Presión (kg/cm²)	Caudal (m³/h)	Caudal (m³/día)	Et. Vol. (%)	Torque (lb. ft)
200	0	0	5.74	138	100	0
200	500	34.483	5.58	134	97	
200	1000	68.966	5.26	126	92	
200	1500	103.45	4.36	105	78	
300	0	0	8.57	206	100	0
300	500	34.483	8.32	200	97	
300	1000	68.966	7.88	189	92	
300	1500	103.45	7.12	171	83	
400	0	0	11.84	284	100	0
400	500	34.483	11.52	276	97	
400	1000	68.966	11.04	265	93	
400	1500	103.45	10.21	245	86	



Realizó: M. Hirschfeldt



EJEMPLO DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS ESP

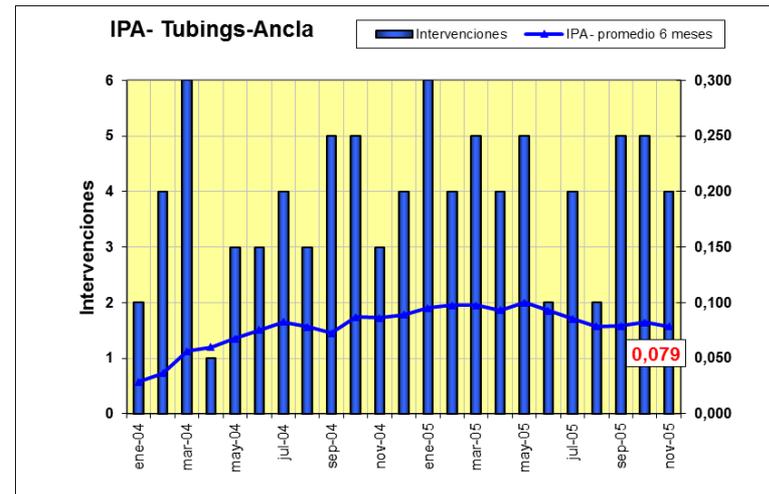
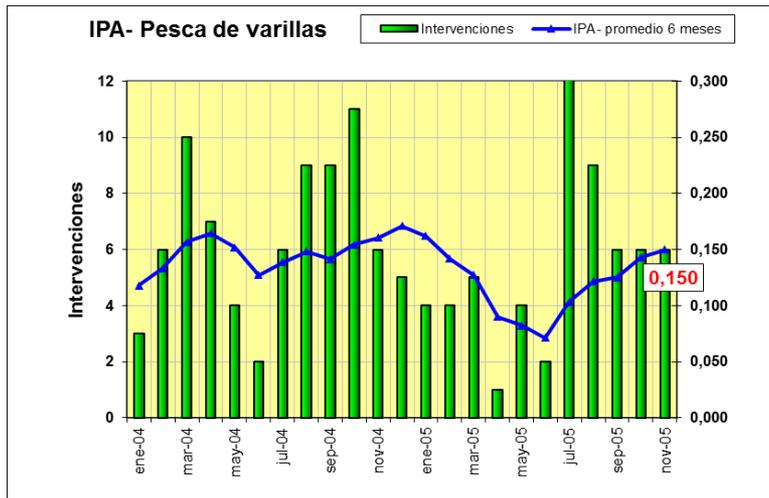
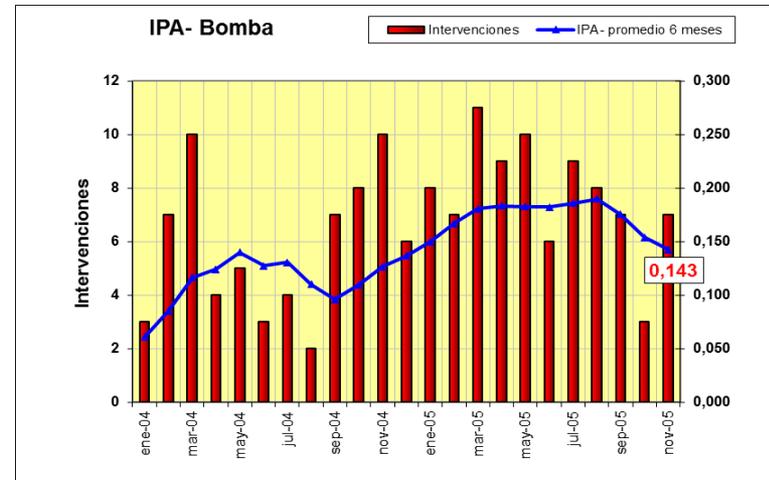
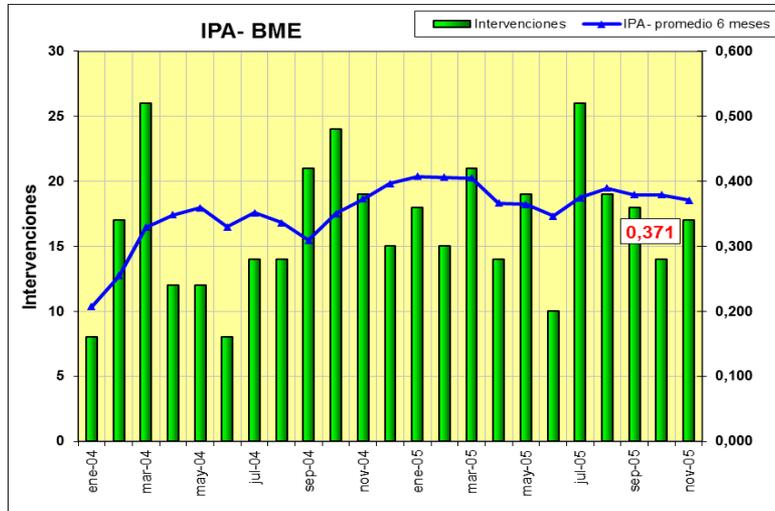


Fuente: GE

CENTRO DE INSPECCIÓN – PEMEX POZA RICA



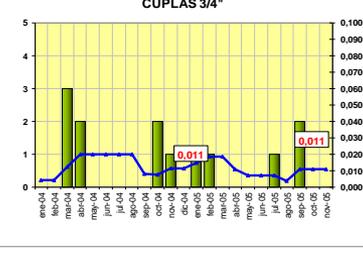
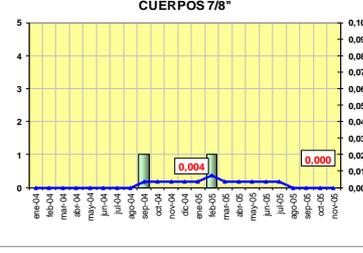
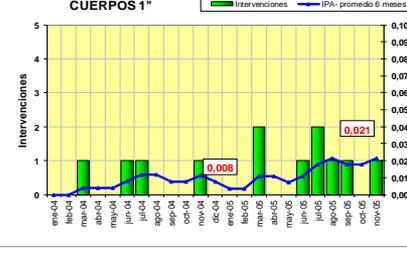
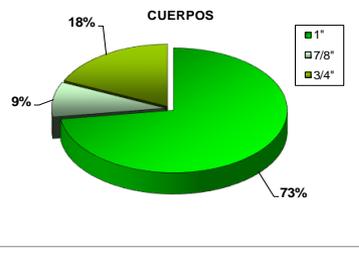
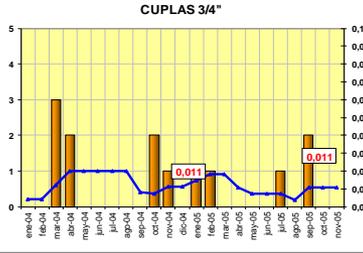
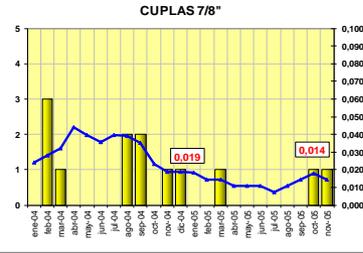
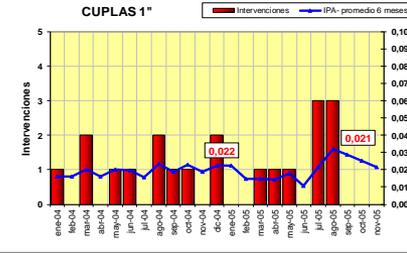
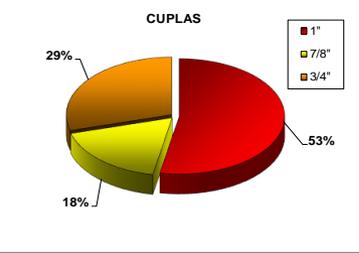
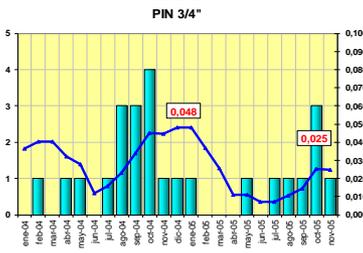
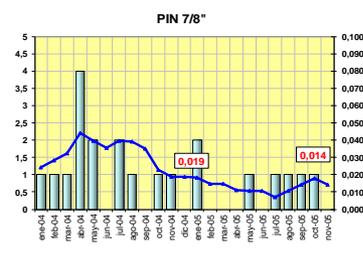
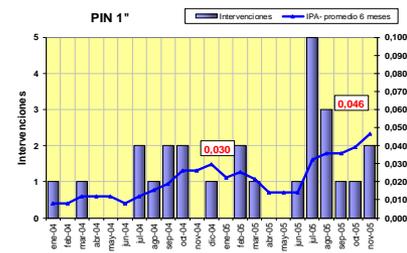
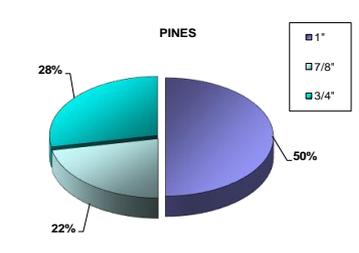
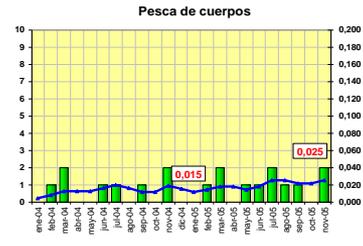
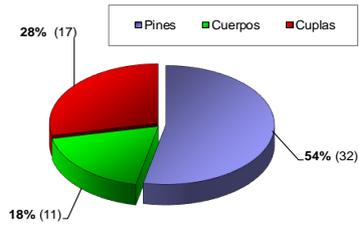
SEGUIMIENTO DE INDICADORES – FRECUENCIA DE INTERVENCIONES



$$IPA = \frac{N^{\circ} \text{ intervenciones}}{\text{Pozos en produccion}} \times 12 \text{ meses} = \frac{5}{100} \times 12 = 0,6 \frac{\text{int}}{\text{pozo}} / \text{año}$$

SEGUIMIENTO DE INDICADORES – FRECUENCIA DE INTERVENCIONES

Estadística de fallas en Varillas de bombeo - 11 meses de 2005



BASE DE DATOS DE EVIDENCIAS



A-0502-02-10-14-01



A-0502-02-10-14-02



A-0502-02-10-14-03



AE-0516-01-10-10-01



AE-0516-01-10-10-02



AE-0516-01-10-10-03



AE-0516-01-10-10-04



AE-0532-02-09-09-01



AE-0611-02-10-08-01



AE-0611-02-10-09-01



AE-0613-03-03-01-01



AE-0613-03-03-01-02



AE-0629-03-12-11-01



AE-0629-03-12-11-02



AE-0629-03-12-11-03



AE-0664-03-04-07-01



AE-0664-03-04-07-02



AE-0664-03-04-07-03



AE-0688-02-04-12-01



AE-0698-03-10-21-01



AE-0698-03-10-21-02



AE-0702-02-10-14-01



AE-0702-03-11-06-01



AE-0702-03-11-06-02



AE-0702-03-11-06-03



AE-0702-03-11-06-04



AE-0712-03-12-08-01



AE-0712-03-12-08-02



AE-0712-03-12-08-03



AE-0722-02-07-20-01



AE-0722-02-08-27-00



AE-1000-01-11-10-01



AE-1000-01-11-10-02



AE-1000-01-11-10-03



AE-1000-02-08-27-01



AE-1000-02-08-27-02



AE-1000-02-08-29-01



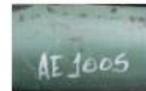
AE-1000-02-08-29-02



AE-1000-02-08-29-03

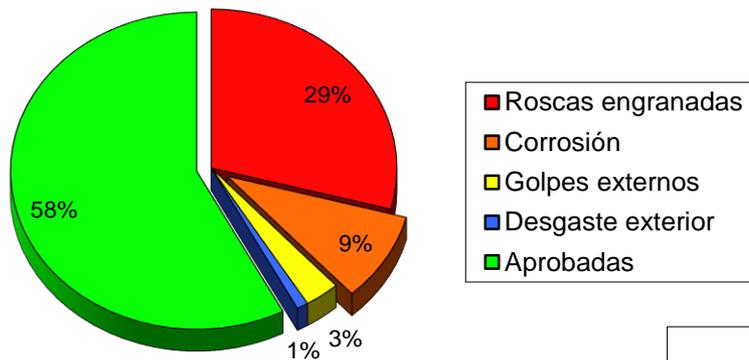


AE-1003-02-09-07-01

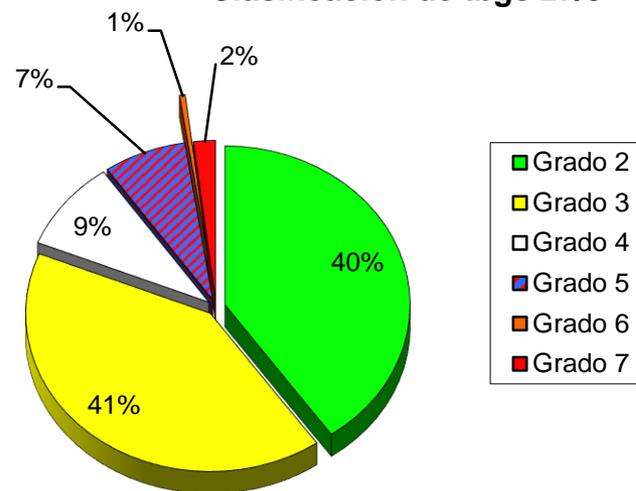


EJEMPLO – INSPECCIÓN DE TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN

Inspección de uniones de tbg 27/8"



Clasificación de tbgs 27/8"



EJEMPLO – SEGUIMIENTO DE CARACTERIZACIÓN DE FLUIDOS

Pozo	Densidad	Viscosidad cP				Pto Esc	Parafinas	Asfaltenos
	° API	25°C	50°C	75°C	90°C	Pto Esc	%	%
#1	26	463	79	35	22	21	24,6	2,1
#2	26	687	80	35	24	21	31,1	3,8
#3	25	1.000	161	66	41	21	26,1	5,2
#4	28	832	77	34	23	20	21,4	1,4
#5	27	794	135	44	29	20	17,8	3
#6	25	671	109	37	24	18	13,8	4,5
#7	26	266	58	26	18	18	32,5	4
#8	24	12.550	1.358	355	205	18	23,2	14
#9	26	793	144	47	30	18	17,1	14,1
#10	27	1.220	95	39	27	17	5,2	0,5
#11	28	396	50	23	15	16	18,9	0,5
#12	25	403	84	32	22	16	33,9	1,5
#13	23	12.700	1.179	296	153	16	16,2	10
#14	23	1.558	283	86	49	16	10,8	19
#15	23	1.558	283	86	49	16	10,8	19
#16	21	4.600	506	57	25	15	14,1	13,2
#17	24	2.535	393	113	64	15	17,3	8,3
#18	23	3.210	518	170	105	14	20,9	10,1
#19	23	1.290	275	85	56	14	12,7	8,7
#20	21	7.060	989	234	137	13	19,2	3,9



Como asegurar el éxito de las nuevas tecnologías



POR QUE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PUEDEN FRACASAR?

- ❑ Falta de conocimiento de la tecnología por parte del operador
- ❑ Falta de conocimiento de la tecnología por parte de la empresa de servicios
- ❑ Falta de monitoreo y vigilancia
- ❑ Delegación total de responsabilidades (falta de gobernabilidad de los procedimientos de evaluación de nuevas tecnologías)
- ❑ Falta de compromiso
- ❑ Falta de documentación de éxitos y fracasos
- ❑ No hay información adecuada para elegir los pozos candidatos
- ❑ Falta de infraestructura regional para soportar el producto/servicio
- ❑ Servicios asociados muy caros

POR QUE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PUEDEN FRACASAR?

Dos típicas expresiones

“este sistema aquí no funciona ”

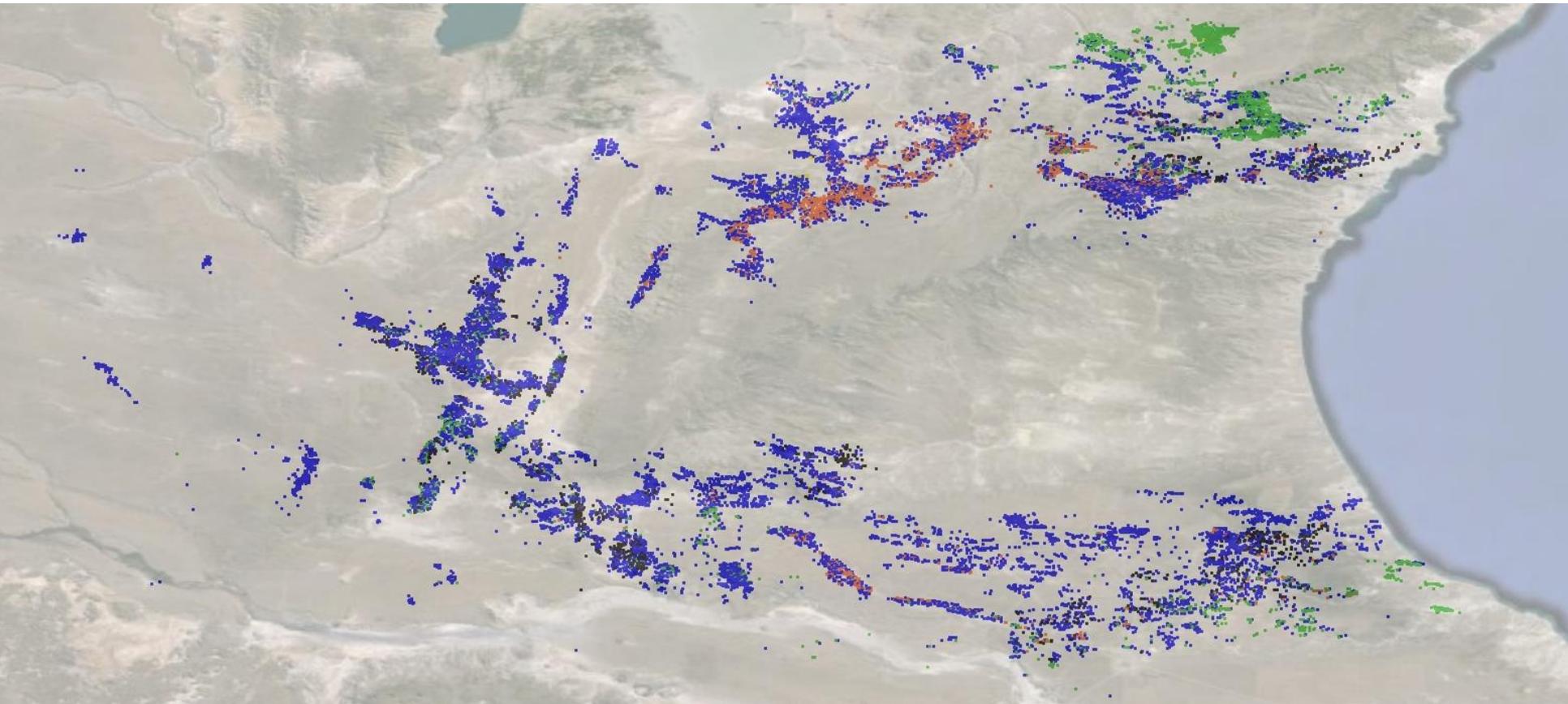
“Esto ya lo probamos y no funcionó ”

Aplicación de los SLA

en función de la historia productiva de los yacimientos. Ejemplo CGSJ - Argentina



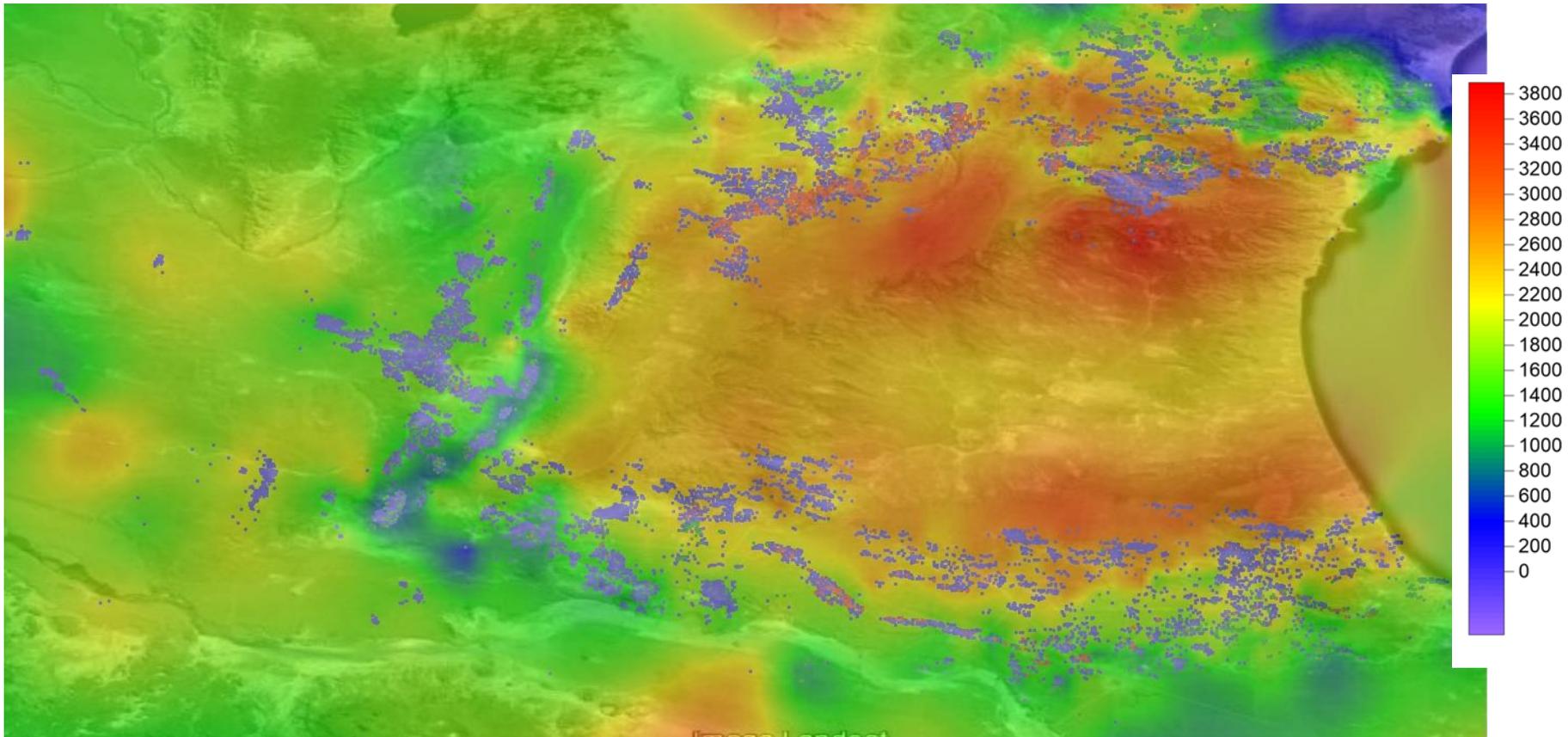
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SLAY Y CANTIDAD EN LA CGSJ



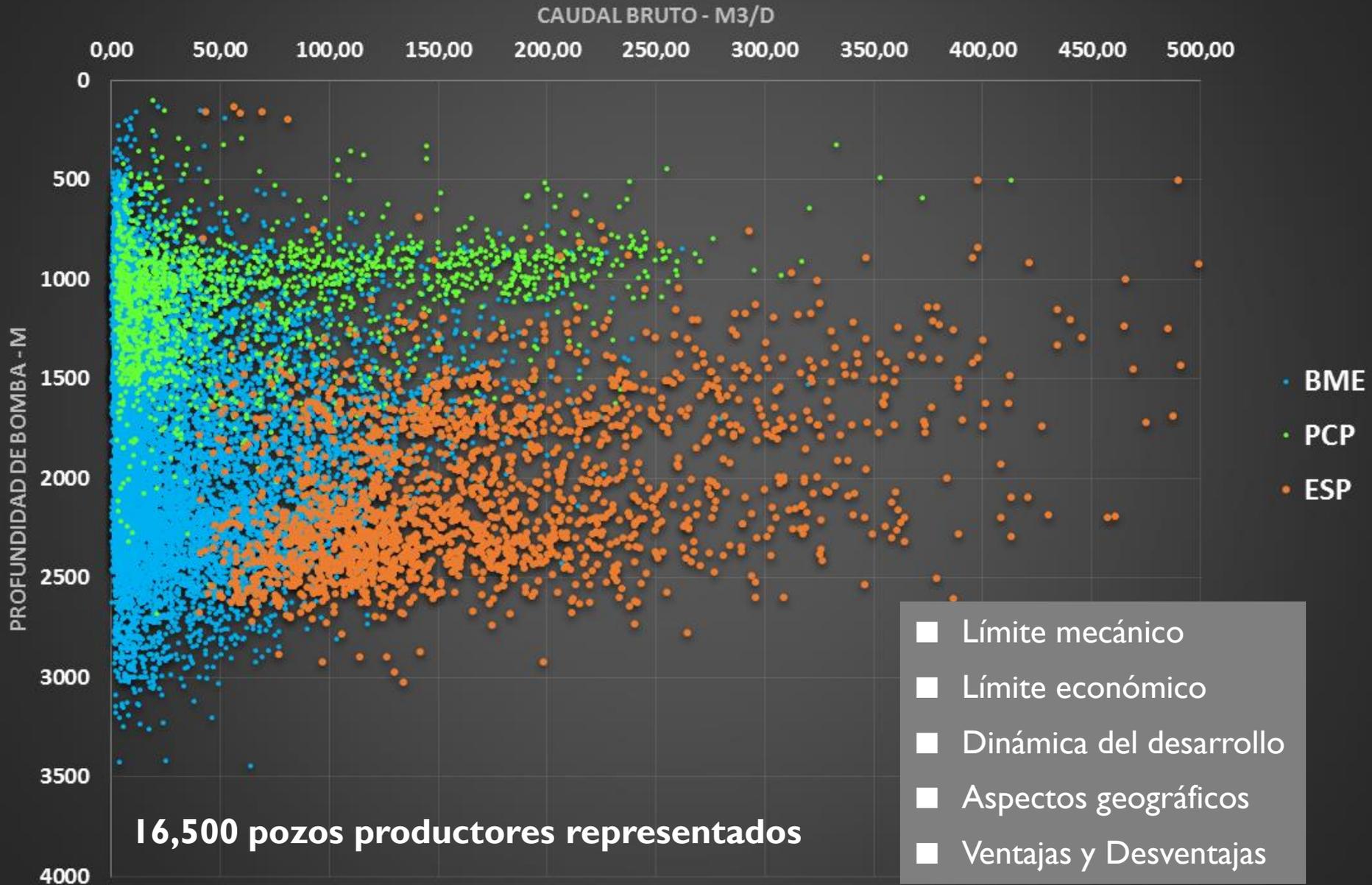
- **BME** (11,159) ▪ **PCP** (2,337) ▪ **ESP** (1,664) ▪ **pistoneo** (836)
- **hidráulico** (22) ▪ **Gas Lift** (35) ▪ **Plunger lift** (19)

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SLA EN LA CGSJ

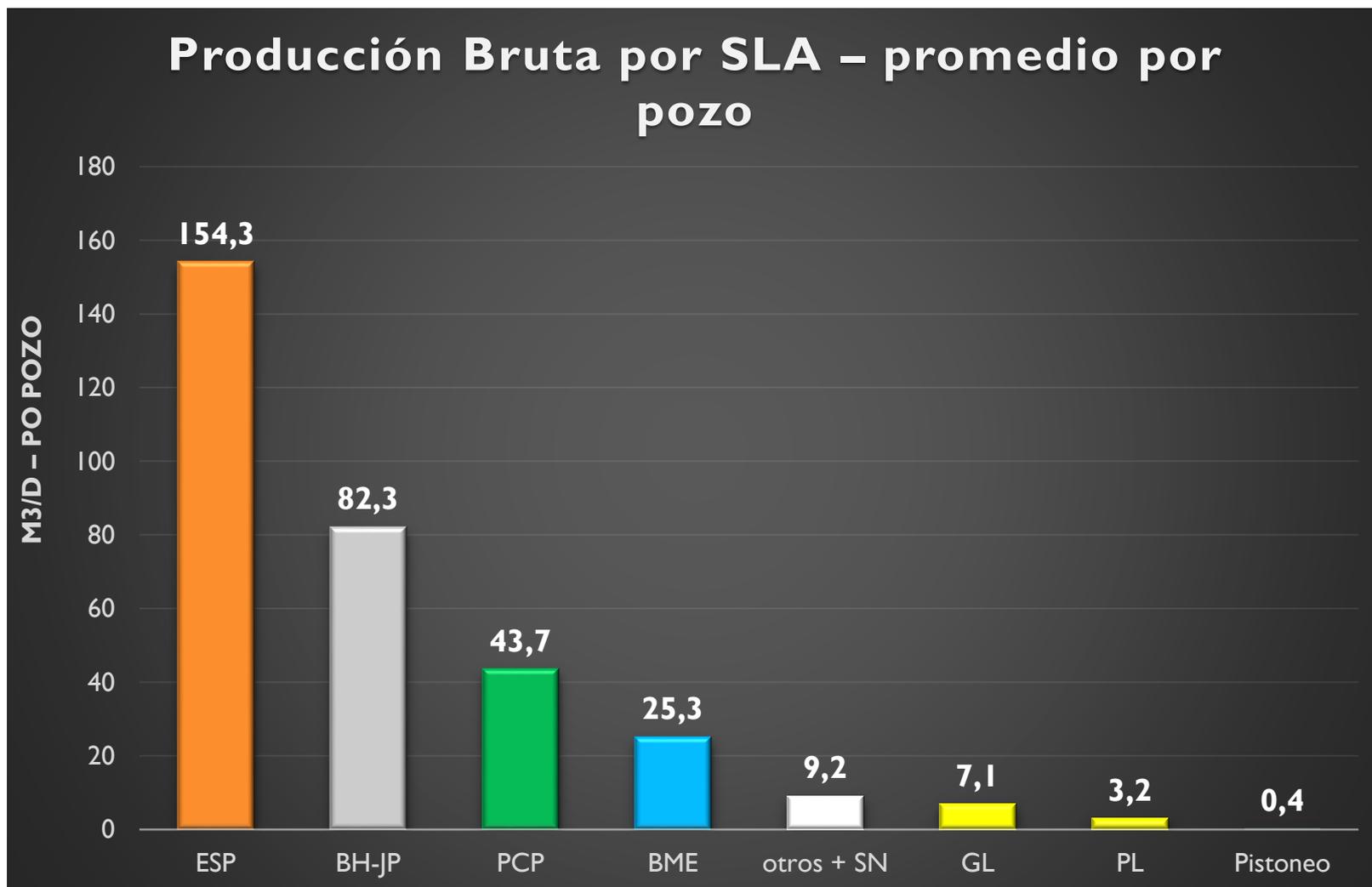
Profundidad de pozos productores - mbbdp



Distribución de SLA - Cuenca Golfo San Jorge



SLA EN CGSJ EN EXTRACCIÓN EFECTIVA



PRINCIPALES RESTRICCIONES MECÁNICAS DE LOS SLA

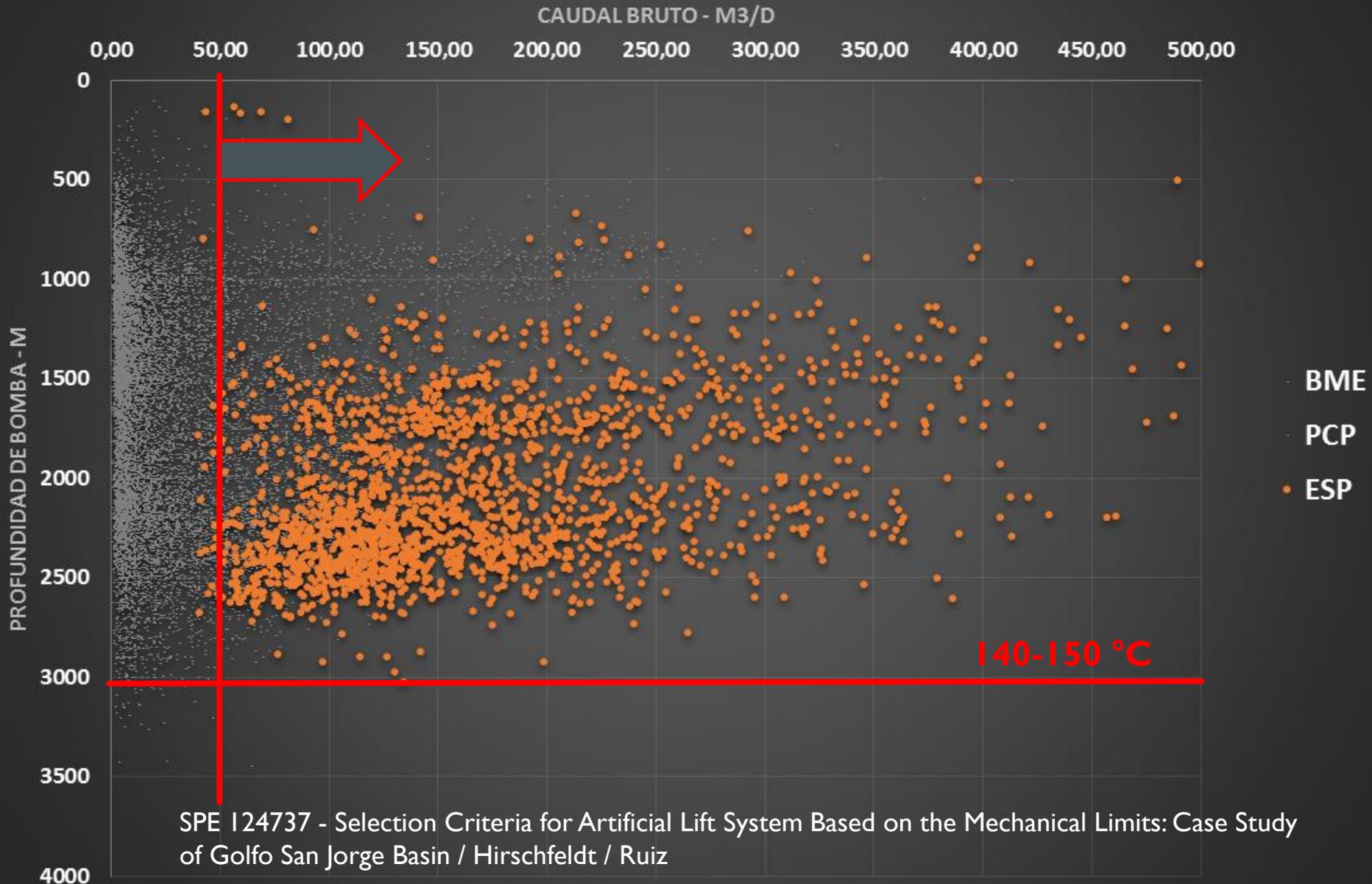
	Energía →	Motor	Convertor	Transmisión	Bomba	→ Caudal
BME		Eléctrico / CI	Unidad de Bombeo X	Varillas de Bombeo X X	Pistón - Barril X X	
ESP		Eléctrico de Inducción / Iman permanente X X X	Sello / Protector X X X	Ejes de motor y bomba X X	Etapas (rotor e impulsor) X X	
PCP		Eléctrico / CI /Hidráulico	Cabezal X	Varillas de bombeo X X	Estator y Rotor X X X	

X restringido por temperatura

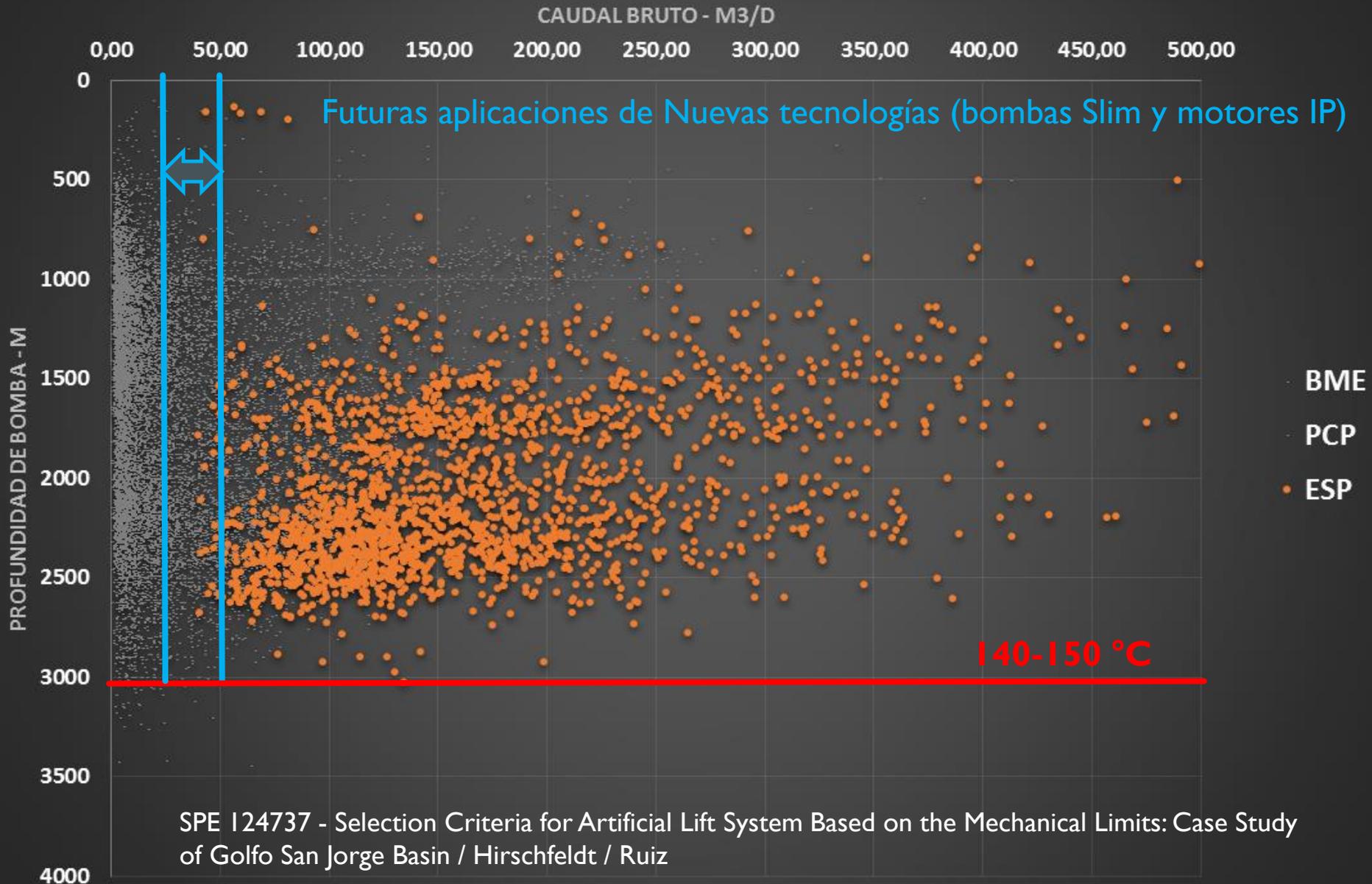
X compatibilidad con fluidos

X restringido mecánicamente

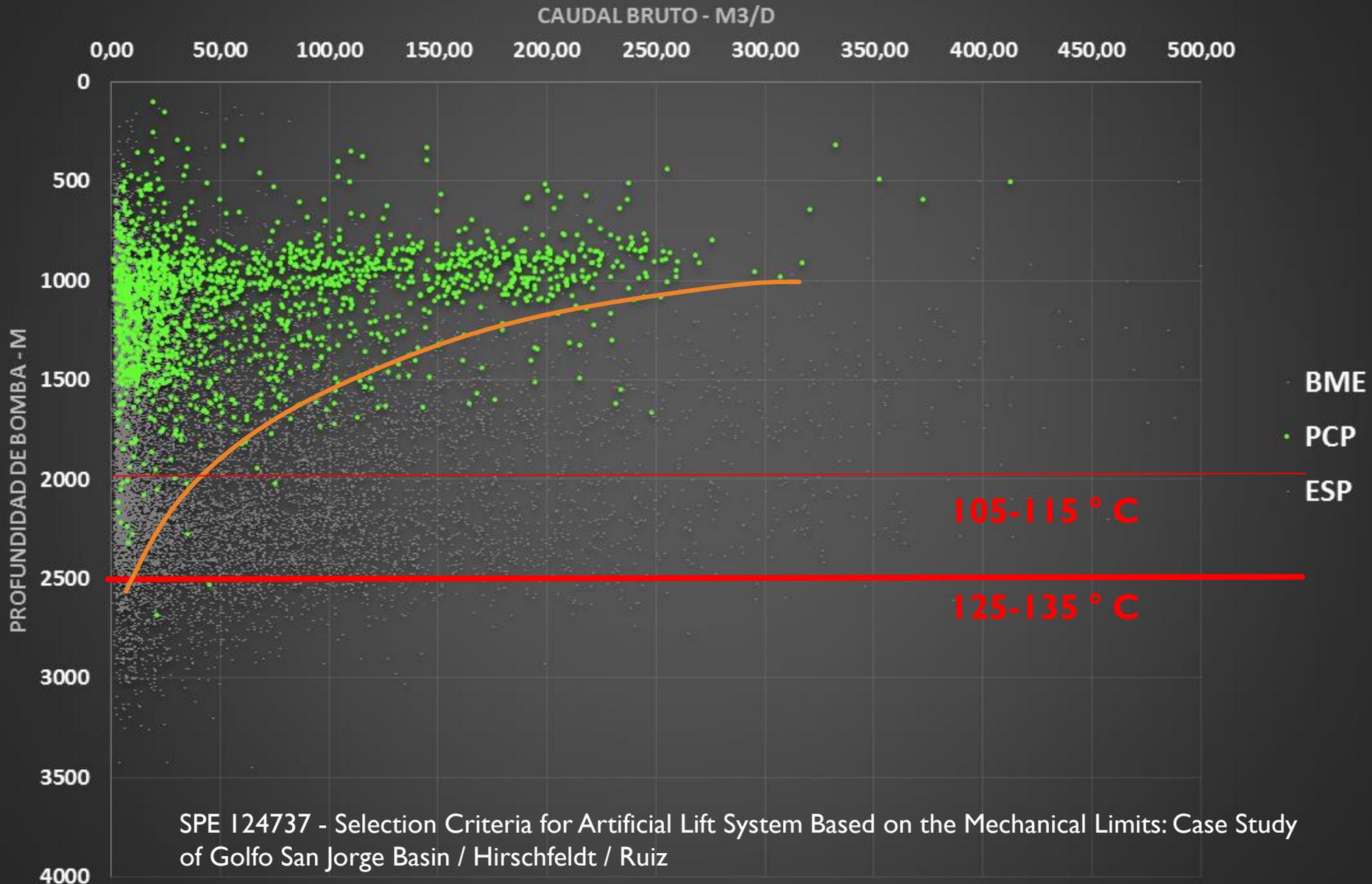
Bombeo Electrosumergible - ESP



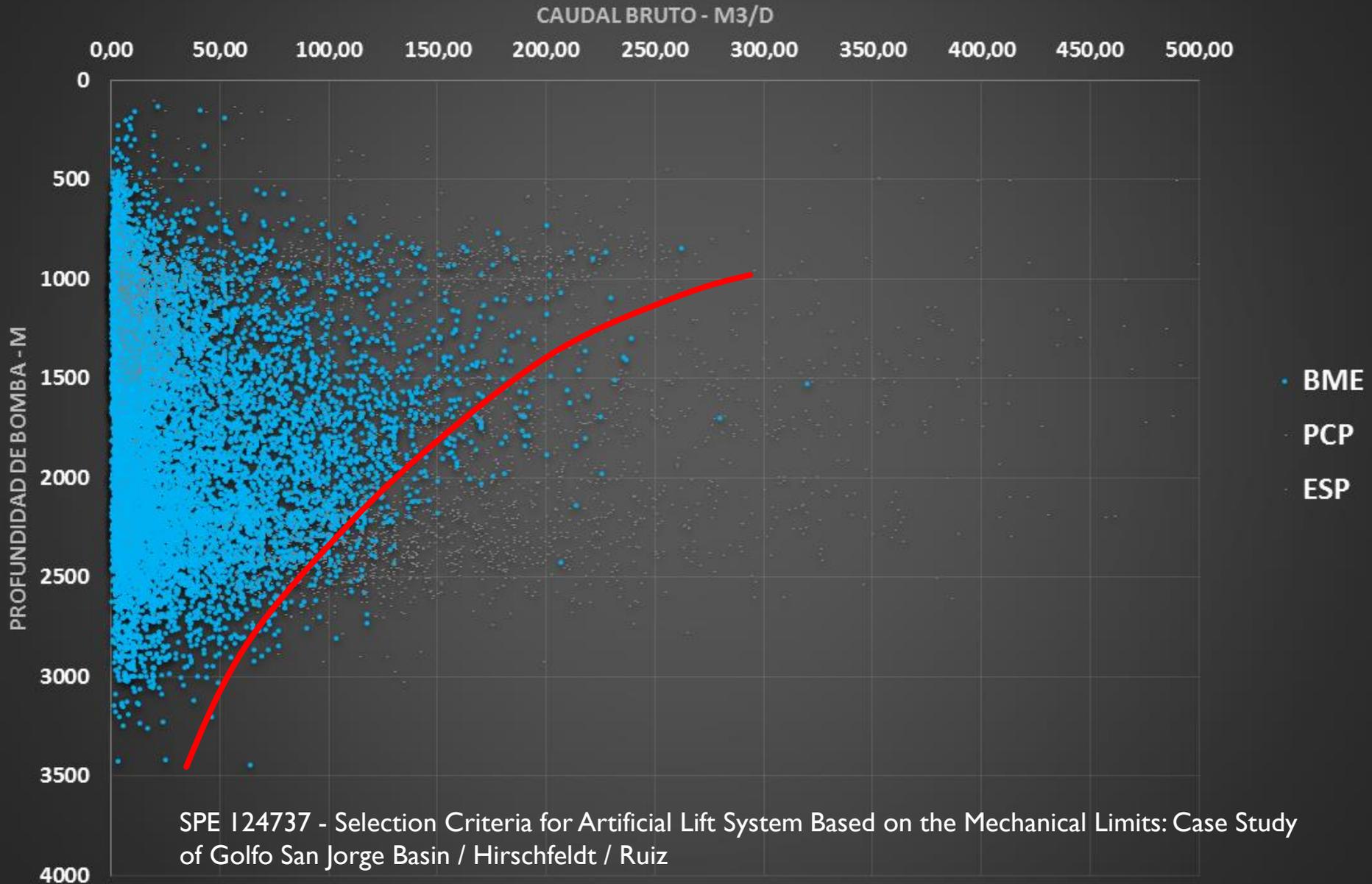
Bombeo Electrosumergible - ESP

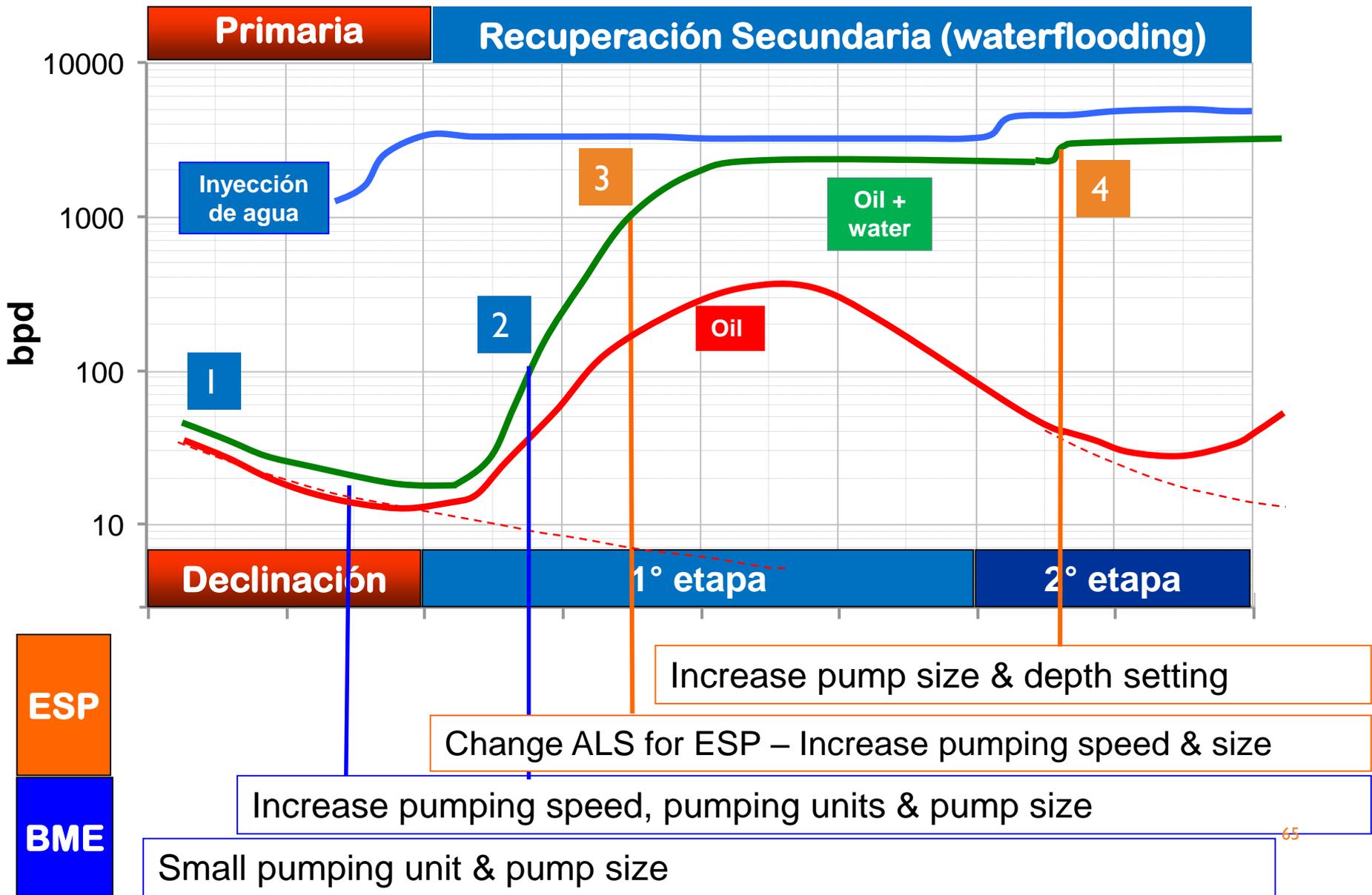


Bombeo por cavidades Progresivas - PCP



Bombeo Mecánico





CONCLUSIONES

- ❑ La gestión de SLA en el desarrollo de campos maduros requiere de especial atención en cada una de las etapas del proceso integral, con el fin de maximizar la vida del equipamiento, optimizar producción y costos asociados.
- ❑ Este proceso es dinámico y multidisciplinario...los requerimiento de los pozos de hoy, no serán los mismos de mañana
- ❑ Requiere compromiso, competencias técnicas y de gestión por parte de quienes participan del mismo.
- ❑ El seguimiento de indicadores, así como estadísticas relacionadas a la vida útil, fallas y recupero/descarte de materiales es fundamental.

CONCLUSIONES

- ❑ Las empresas de servicio deben ser flexibles para innovar y adaptar sus productos y servicios a las realidades de cada campo y compañía.
- ❑ Se requiere gobernabilidad del proceso integral de gestión de SLA, estableciendo responsabilidades claras y capacidad en la toma de decisión.
- ❑ Conformar equipos de trabajo entre empresas de servicio y operadoras es fundamental.
- ❑ Las nuevas tecnologías deben ser evaluadas con compromiso, tanto por parte del proveedor como el cliente.
- ❑ La responsabilidad de la gestión de los SLA no debe ser delegada.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a colegas de la Cuenca del Golfo San Jorge que colaboraron con su experiencia y opinión:

- Marcelo Teodoulou – Pan American Energy
- Alejandro Figueroa – ENAP-Sipetrol
- Federico Baieli – Tecpetrol
- Leoncio del Pozos
- Dante Fiorenzo – NOV
- Oscar Do Brito - NOV



Muchas Gracias

Clemente Marcelo Hirschfeldt marcelo@oilproduction.net
Fernando Bertomeu fbertomeu@oilproduction.net

OilProduction Oil & Gas Consulting
ARGENTINA – COLOMBIA - MEXICO

www.oilproduction.net

www.noconvencionales.com

www.op-ct.com



MATURE FIELDS ARGENTINA
PRODUCTION OPTIMIZATION 2014

23 al 24 de Julio de 2014. Buenos Aires. Argentina