



# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



## ESTUDIO ACTUAL DE LA EFICIENCIA OPERATIVA DE LAS BOMBAS ELÉCTRICAS SUMERGIBLES (B.E.S.) EN EL CAMPO VHR EN BASE A LAS CURVAS DE OPERACIÓN


Marzo – 2009

Christian Ruiz Peralta

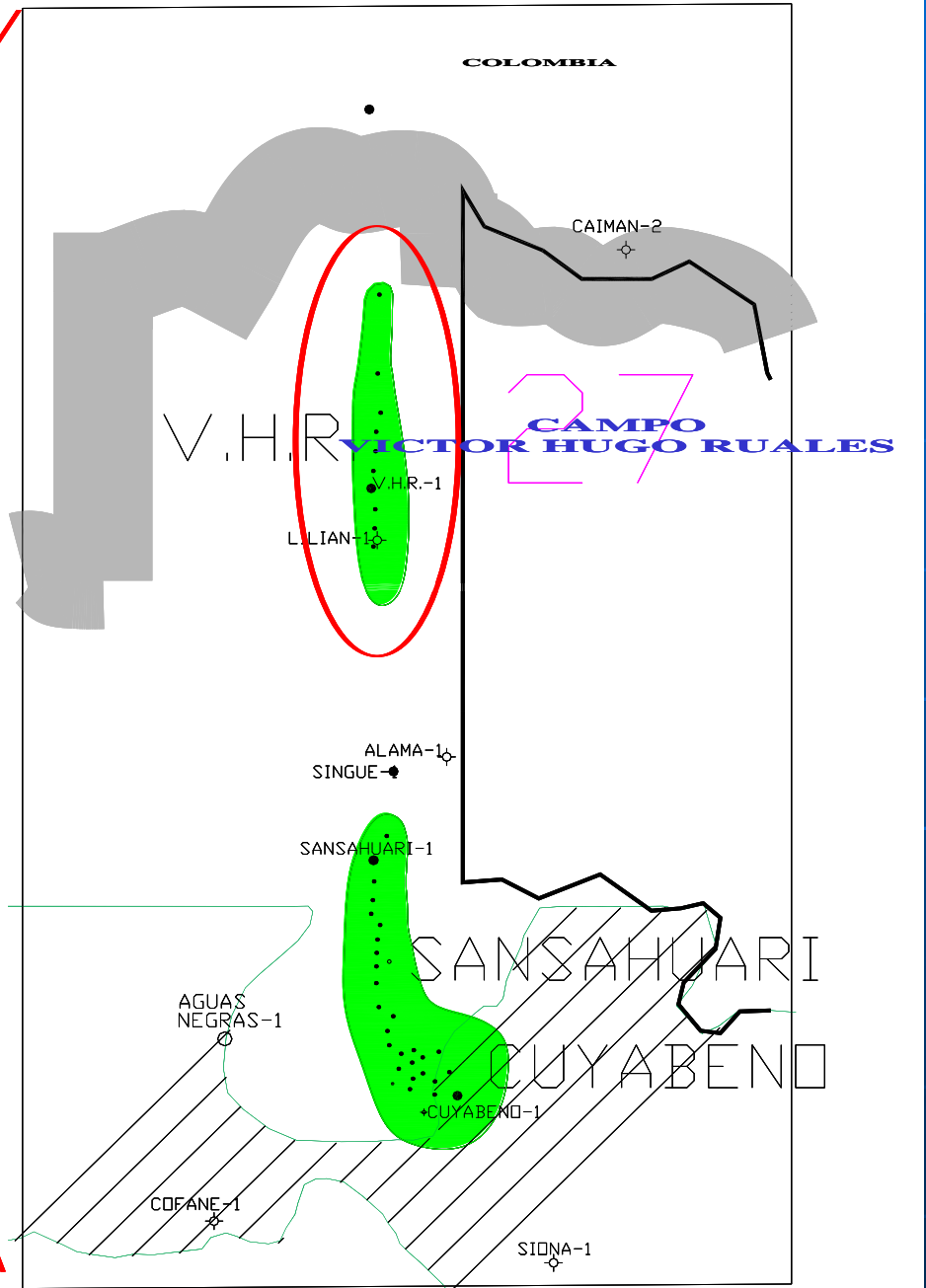
# AGENDA

1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Recopilación de Información
4. Procedimientos y análisis de los datos
5. Resultados obtenidos
6. Análisis de resultados
7. Conclusiones
8. Recomendaciones

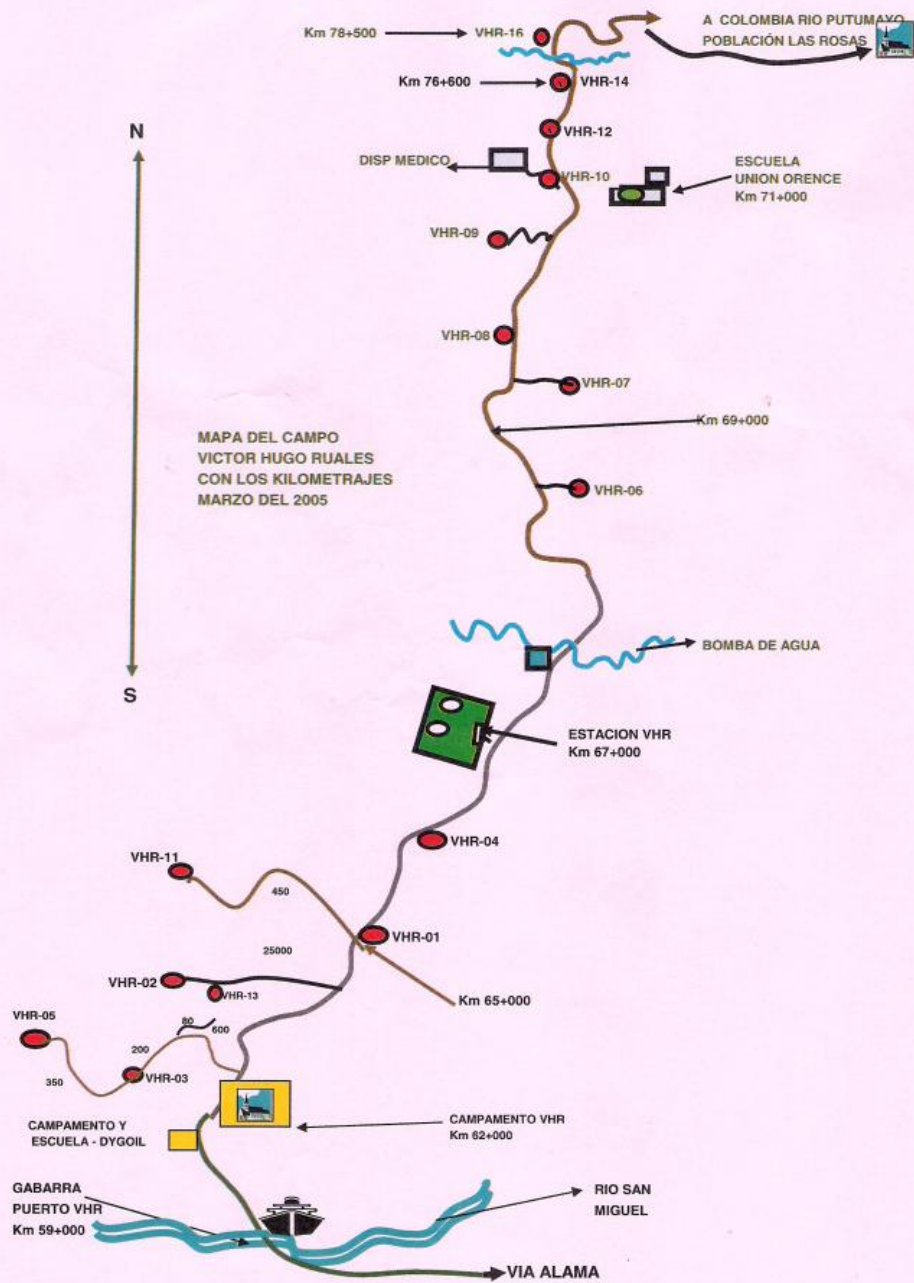
# ANTECEDENTES



# Ubicación Geográfica del Campo VHR

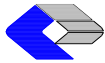


# Ubicación de los Pozos en el Campo VHR



# Estratigrafía del Campo VHR





**CAMPO VICTOR HUGO RUALES  
COLUMNA ESTRATIGRAFICA**

**PETROPRODUCCION**

		EDAD		MIEMBRO	LITOLOGIA	DESCRIPCION
<b>MESOZOICO CRETACICO</b>	Fm. TENA	MAESTRICHIANO		ZONA BASAL TENA		Arenisca cuarzosa, clara, en parte gris clara, grano fino a muy fino, subredondeado a subangular, suelta, en parte moderadamente consolidada, regular selección, en parte matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo.
		CAMPANIANO				
		SANTONIANO				Lutita gris oscura, gris clara, moderadamente dura, astillosa, fisil, en parte laminar
	NAPO SUPERIOR	CONIACIANO		CALIZA "M1"		Lutita gris oscura, gris clara, moderadamente dura, astillosa, fisil, en parte laminar
		TURONIANO		ZONA CALIZA M2 ZONA ARENISCA M2		Arenisca cuarzosa, café clara, transparente, translúcida, grano fino a muy fino, subredondeada a subangular, friable, en parte moderadamente consolidada.
	NAPO MEDIO	TURONIANO		CALIZA A		Caliza café clara, blanco crema, moteada de blanco, firme a moderadamente dura, ocasionalmente suave, bloque a subbloque.
				ARENISCA U SUPERIOR ARENISCA U MEDIA		Arenisca cuarzosa, clara a café clara transparente, translúcida, grano fino a medio, subredondeada a subangular, friable, moderadamente consolidada, moderada a regular selección, matriz no visible, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita. Arenisca cuarzosa, blanca a café clara, subtransparente, subtranslúcida, grano fino a muy fino, menor grano medio, subredondeado a subangular, friable a moderadamente consolidada, regular selección, matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo.
		CENOMANIANO		ARENISCA U INFERIOR		Arenisca cuarzosa, clara a blanco crema, subtransparente, subtranslúcida, grano fino a muy fino, ocasionalmente medio subredondeada a subangular, suelta a moderadamente consolidada, friable, moderada a regular selección, matriz no visible, cemento ligeramente calcáreo.
	NAPO INFERIOR	CENOMANIANO				Lutita gris oscura, gris clara, moderadamente dura, astillosa, fisil, en parte laminar
				CALIZA B		Caliza gris oscura, gris clara, crema, moteada de gris con crema, suave a moderadamente firme, en bloque a subbloques, local con inclusiones de glauconita.
NAPO BASAL	ALBIANO		ARENISCA T SUPERIOR		Arenisca cuarzosa, crema a café clara, subtransparente, subtranslúcida, grano fino a medio, subredondeada a subangular, consolidada a moderadamente consolidada, en parte friable, regular selección, ocasionalmente matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita.	
			ARENISCA T INFERIOR		Arenisca cuarzosa, gris clara, transparente, translúcida, hialina, grano medio a grueso, subredondeada a subangular, suelta a moderadamente consolidada, en parte friable, regular selección, ocasionalmente matriz no visible, cemento silíceo	
<b>PALEOZOICO PRE-CAMBRICO</b>	HOLLIN					
	APTIANO		FORMACION HOLLIN			Arenisca cuarzosa, blanca, transparente, translúcida, ocasional hialina, suelta, en menor cantidad moderadamente consolidada, friable, grano medio, en menor cantidad grano fino, ocasional grano grueso, subredondeado a subangular, ocasional matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita.
				BASAMENTO		Predominante cuarzo, hialino, transparente, translúcido, menor lechoso, fragmentos angulares, feldespatos, rosado pálido, translúcidos, fragmentos rotos abundantes granos de cuarzo, fragmentos angulares, presencia de clorita, granos de feldespato parcialmente alterados, presencia de caolín blanco, suave a moderadamente firme

# Sistema de Bombeo Eléctrico Sumergible

# EQUIPO DE FONDO

# EQUIPO DE SUPERFICIE



# Bombeo Electrosumergible

**Ventajas**

**Desventajas**



# Ventajas

- Maneja grandes flujos.
- Costo de barril disminuye con el incremento de la tasa de flujo.
- No dispone de partes movibles en superficie.
- Disminución del impacto ambiental.
- Se puede monitorear a través de controles automatizados.

# Desventajas

- Costo inicial relativamente alto.
- Se limita a profundidades medias.
- No conveniente en pozos con alto GOR.
- La fuente de electricidad debe ser estable y fiable.
- Reparar algún componente del equipo de subsuelo requiere de un reacondicionamiento.

# OBJETIVOS

# Objetivos

- Determinar los puntos actuales de operación de las bombas electrosumergibles y cuantificar sus efectos en la producción.
- Determinación y comparación de los tiempos de vida útil de las bombas y las pérdidas de energía eléctrica.
- Posibles soluciones a las deficiencias operativas en base a la optimización del sistema de levantamiento por bombeo electrosumergible.
- Análisis económico de las posibles soluciones así como el costo de su implementación.



# RECOPIILACION DE INFORMACION

# Información Usada

- Historiales de Producción.
- Historiales de Reacondicionamiento (Workover).
- Historiales de Tratamientos Químicos.
- Equipo de subsuelo instalado.

# Historiales de Producción

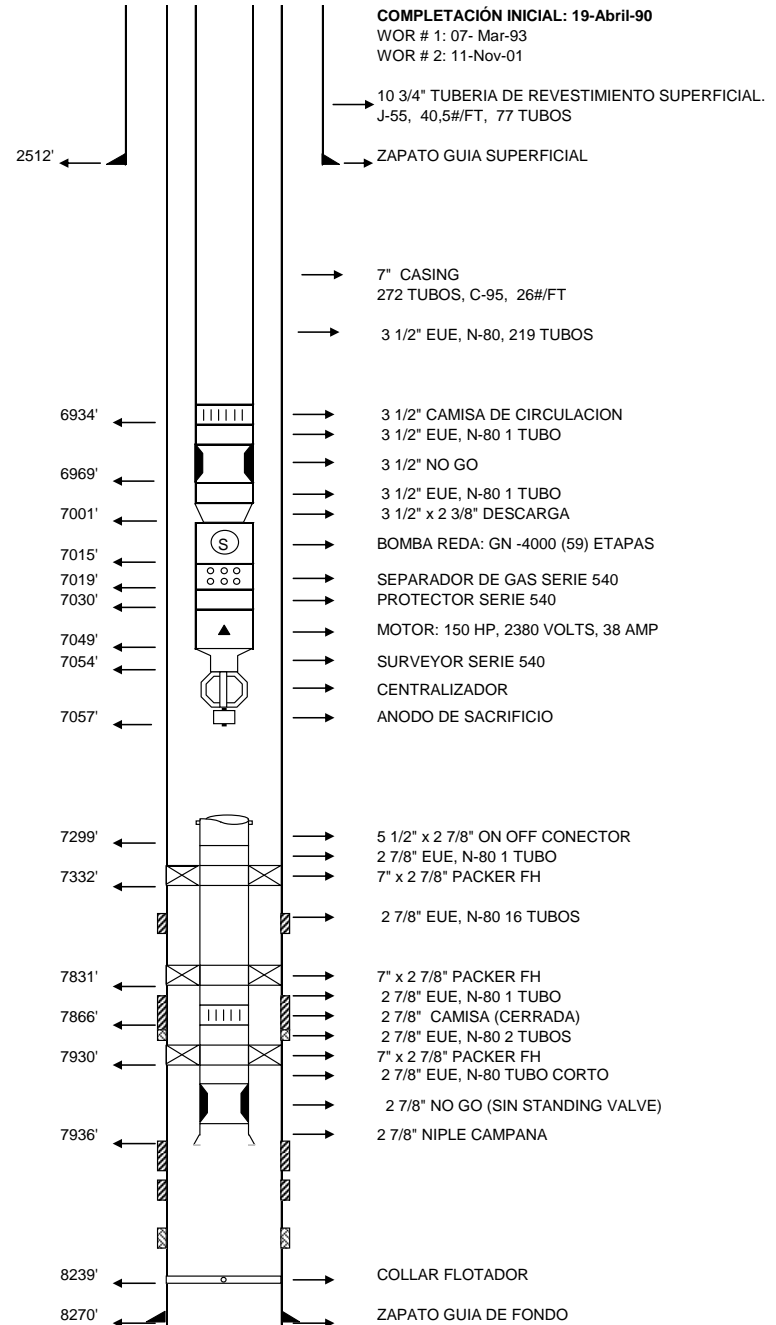
FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
22/04/2002	3101	2140	31,0	Um	PPS
22/02/2004	2698	1349	50,0	Um	PPS
06/05/2007	2240	896	60,0	Um	PPS
03/01/2008	2207	883	60,0	Um	PPS
25/08/2008	2118	720	66,0	Um	PPS
<b>29/01/2009</b>	<b>2054</b>	<b>698</b>	<b>66,0</b>	<b>Um</b>	<b>PPS</b>

# Equipo De Subsuelo Instalado

EMR: 885'  
ES: 864'

VHR-04  
WO # 02

COMPLETACIÓN INICIAL: 19-Abril-90  
WOR # 1: 07- Mar-93  
WOR # 2: 11-Nov-01



**Arena BT (4DPP)**  
7390'-7404' (14')

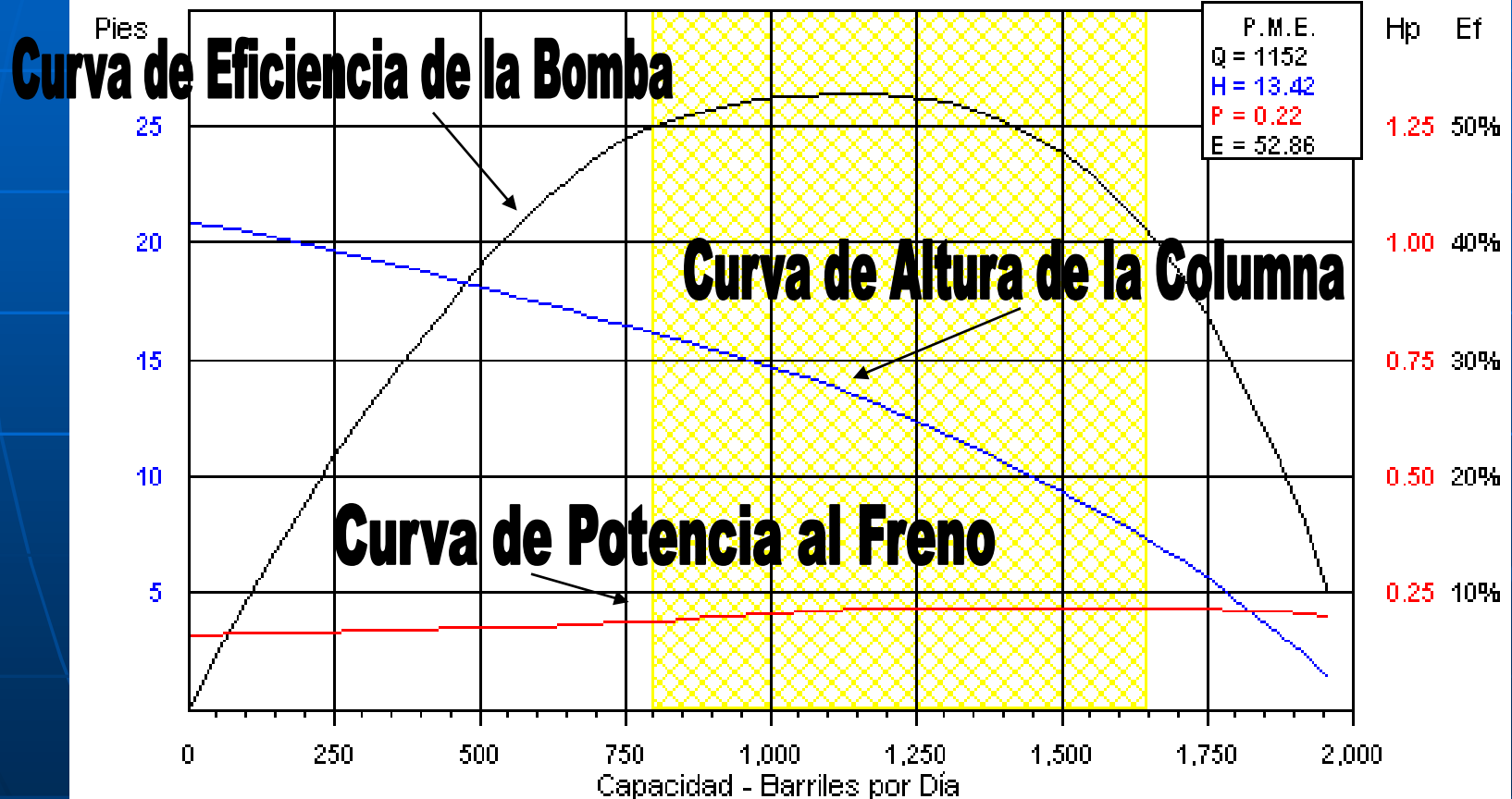
**Arena Us (5 DPP)**  
7905'-7920' (15')  
7920'-7922' (2') SQZ

**Arena Um (5 DPP)**  
7940'-7954' (14')  
7958'-7968' (10')

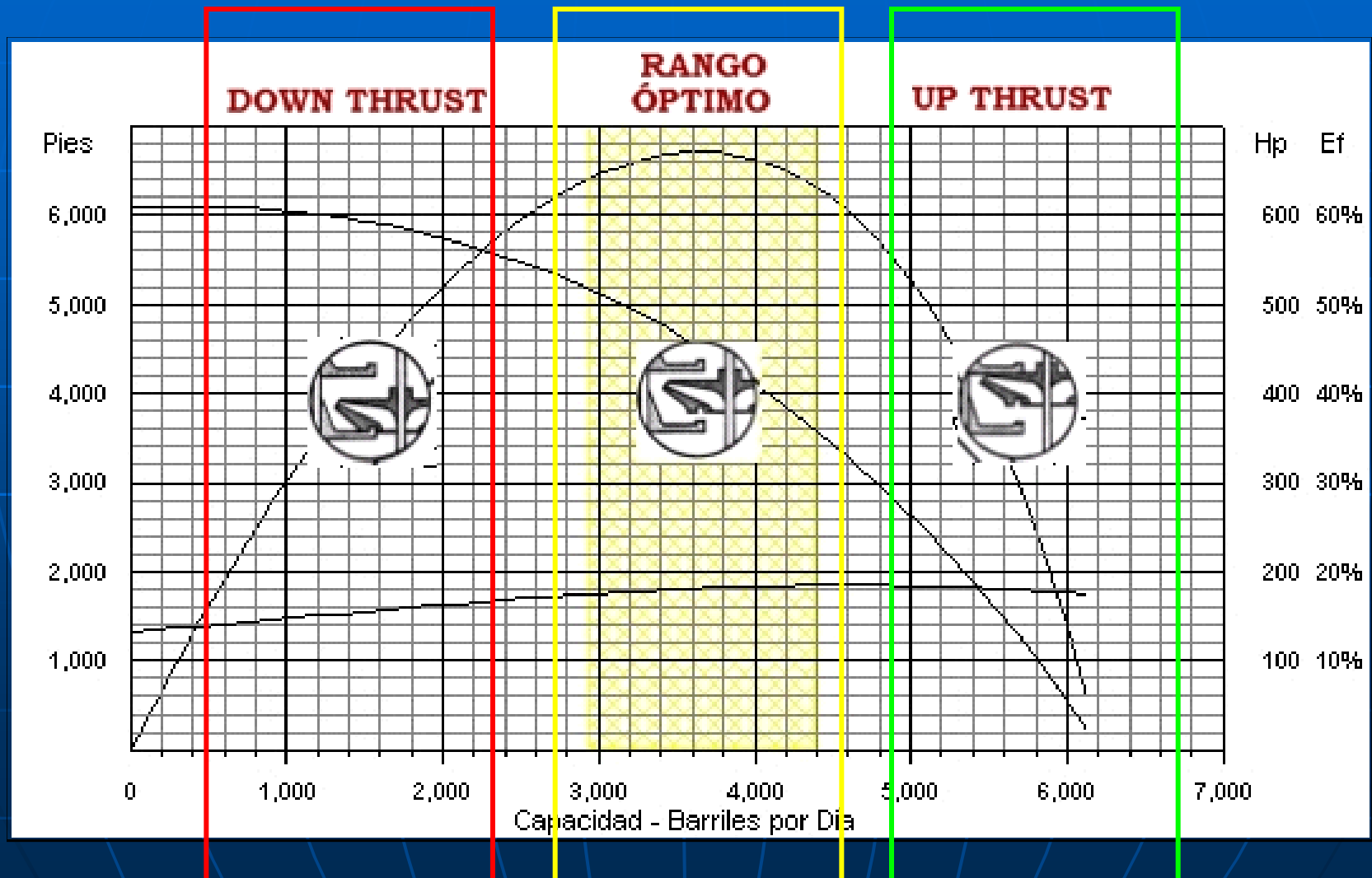
**Arena Ui (2DPP)**  
7980'-7984' (4') SQZ

# PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE LOS DATOS

# Curvas de Operación de una bomba electrosumergible



# Rangos de Operación



# Pérdidas frecuentes de Energía

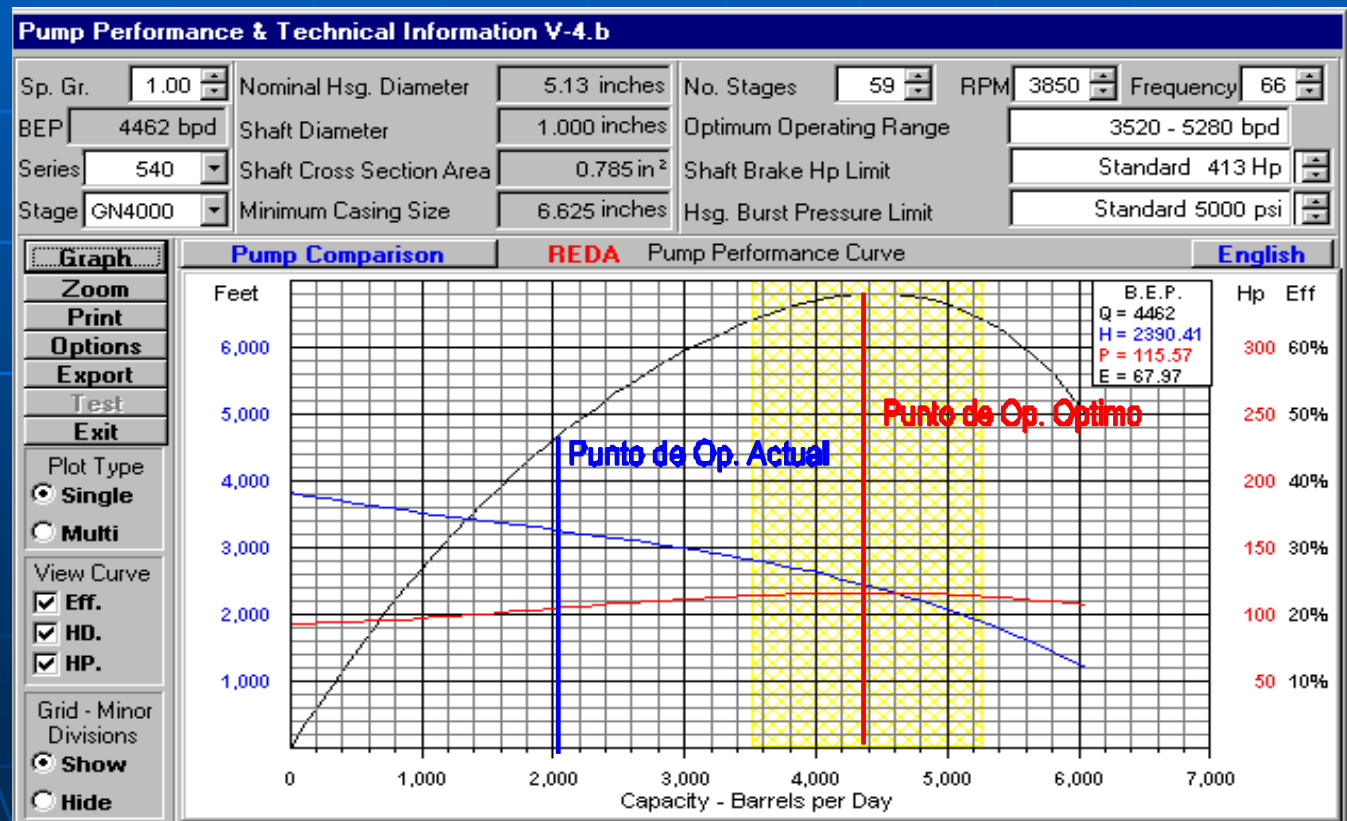
- Análisis de pozos críticos.
- Problemas en el Yacimiento.
- Problemas de Escalas, Parafinas.
- Problemas con la Tubería.
- Problemas con el Equipo Eléctrico.



# Análisis de Pozos Críticos

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	2054	4400
BHP (HP)	105	115
Carga (Pies)	4650	6800
Eficiencia (%)	46	68

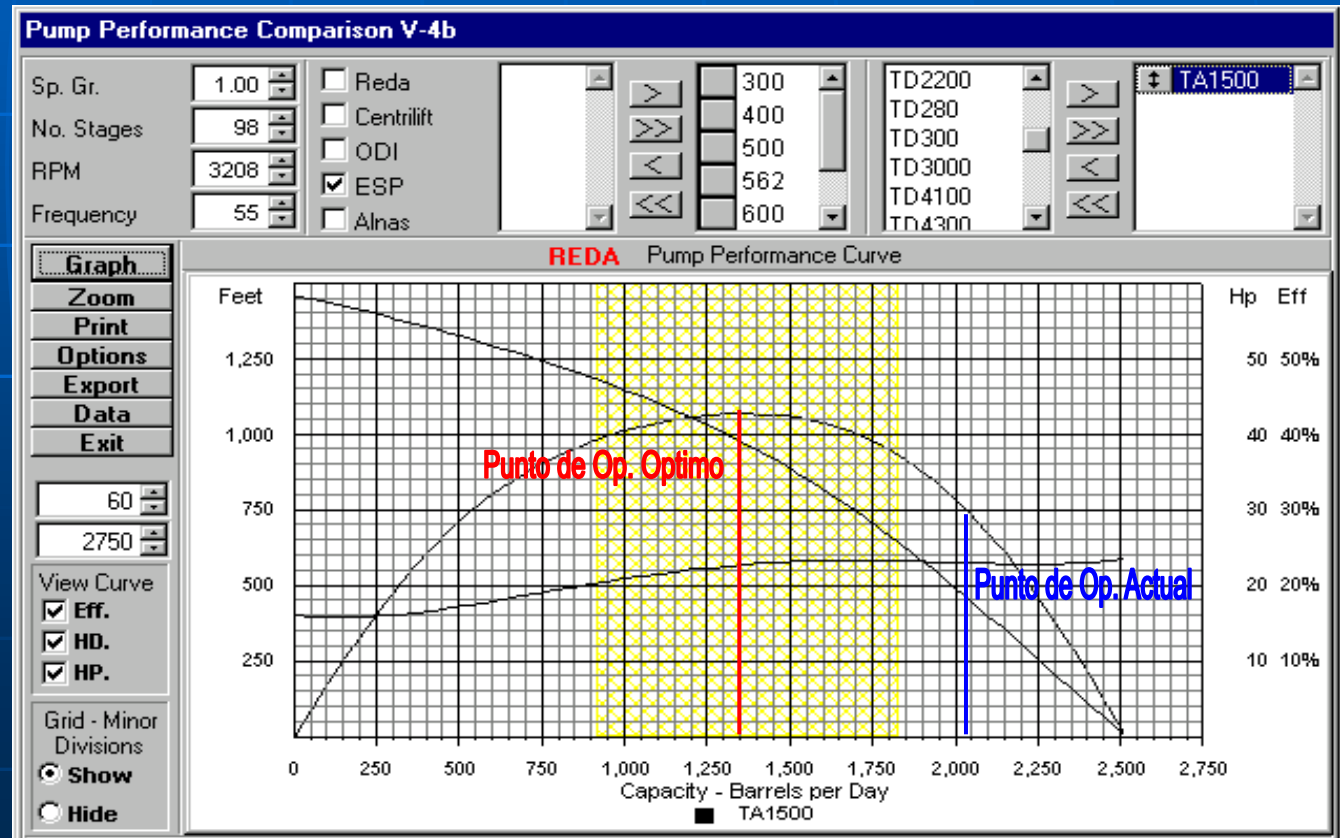
## VHR-04



# Análisis de Pozos Críticos

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	2040	1350
BHP (HP)	23	22
Carga (Pies)	750	1075
Eficiencia (%)	30	43

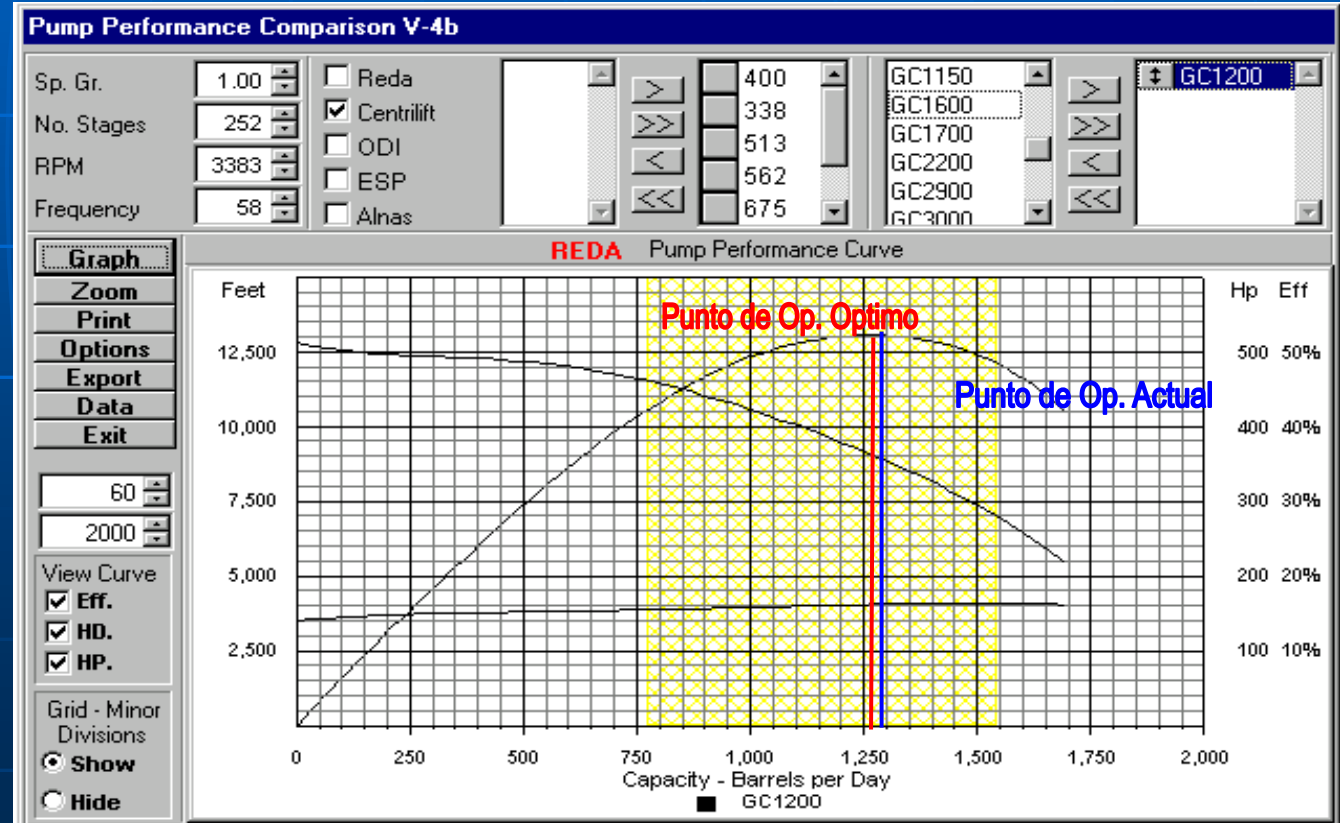
## VHR-13



# Análisis de Pozos Críticos

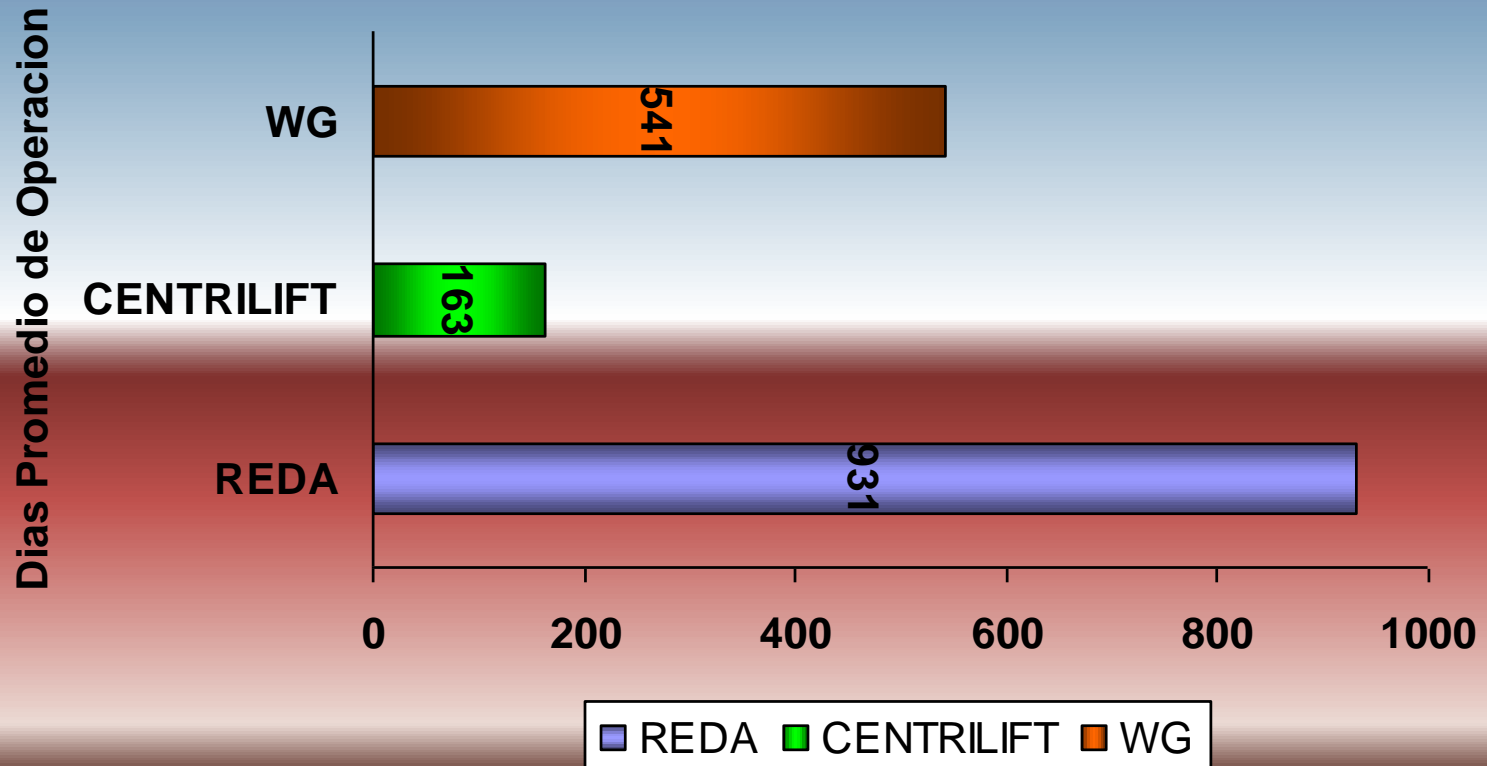
PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1286	1260
BHP (HP)	160	158
Carga (Pies)	13000	13050
Eficiencia (%)	52	53

## VHR-02



# Tiempo de Vida Útil

Figura 4.1 Tiempo de Vida Promedio de las B.E.S. en el Campo VHR



# RESULTADOS OBTENIDOS

# Resultados Obtenidos

<b>Tabla No. 4,4 POZOS FUERA DEL RANGO ÓPTIMO DE OPERACIÓN - CAMPO VHR</b>			
<b>Pozo</b>	<b>Bomba</b>	<b>Frecuencia Hz</b>	<b>Desgaste</b>
VHR-04	GN-4000	66	Down thrust
VHR-13	TE-1500	55	Up thrust

# ANALISIS DE RESULTADOS

GENERAL DESCRIPTION

**Company Name:** PETROPRODUCCION  
**Well Name:** VHR - 04  
**Field Name:** VHR  
**Reservoir Name:** Um  
**Analyst:** C. RUIZ

WELLBORE

**Casing OD, in:** 8934 (10000.00 ft)  
**Tubing OD, in:** 6934 (6934.00 ft)  
**Pump Depth MD/TVD, ft:** 7001.00/7015.00  
**Top of Formation MD/TVD, ft:** 7940.00/7954.00  
**Downhole Temp, °F:** 215.0  
**Oil Rate, Bbl/D:** 896.00  
**Oil Gravity, °API:** 15.2 (1.5 cP)  
**Water Rate, Bbl/D:** 1356.00  
**Water Sp. Grav., ( $f_w=1.0$ ):** 1.100  
**Gas Rate, Mscf/D:** 285  
**Gas Sp. Grav., (air=1.0):** 0.700  
**Liquid (O+W) @ Surf., Bbl/D:** 2054.00

OPERATION AND PERFORMANCE

**Frecuency, Hz:** 60.0  
**Oper. Motor Load @ Desing Hz, HP:** 87.6  
**Oper. Motor Load @ NP, HP:** 87.6  
**Operating Speed, RPM:** 3506.5  
**Operating Current, Amps:** 105.0  
**Operating Voltage, Volts:** 1425.0  
**Operating Power Factor:** 0.680  
**Adjusted for Motor Slip:** Yes  
**Pump Efficiency, %:** 44.6  
**Motor Efficiency, %:** 80.5  
**Surf. Final Liq. Rate (O+W), Bbl/D:** 2264.0  
**Avg. Pump Final Fluid, Bbl/D:** 2280.00  
**Avg. Pump Total Fluid, Bbl/D:** 2288.50  
**Free Gas by Volume @ Pump, %:** 2.3  
**Free Gas by Volume into Pump, %:** 0.7  
**Total Dynamic Head (TDH), ft:** 5581.53  
**Pump Intake Pressure, psig:** 2152.0  
**Pump Operating Power, HP:** 87.6  
**Flowline Pressure, psig:** 65.0  
**Casing Pressure, psig:** 10.0

**Tubing Outflow Correlation:** Hagerdorn & Brown (1963)

# Rediseño del Equipo



# Equipo de Subsuelo Propuesto

## **BOMBA**

CENTRILIFT 513, GC-2200, 112 Etapas, 60 Hz

(CENTRILIFT)

REDA 400, DN-2150, 112 Etapas, 60 Hz.

(REDA)

WG TD-2200 112 Etapas, 60 Hz

(WOOD GROUP)

## **CABLE**

CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)

(CENTRILIFT)

CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)

(REDA)

CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)

(WOOD GROUP)

## **INTAKE**

### **SEPARADOR DE GAS**

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

(CENTRILIFT)

540 STD

(REDA)

SEPARADOR DE GAS, ROT TR5-3TC SST ASSY

(WOOD GROUP)

### **PROTECTOR**

PROTECTOR SERIE 400

(CENTRILIFT)

LSLSL – HL /540

(REDA)

PROTECTORES, TR5-AR

(WOOD GROUP)

### **MOTOR**

CENTRILIFT 184.6 HP, 1835 V, 105 A

(CENTRILIFT)

REDA, 184.6 HP, 1835 V, 105 A

(REDA)

WG 184.6 HP, 1835 V, 105 A

(WOOD GROUP)

### **SENSOR**

UNIDAD PHD

(CENTRILIFT)

375 + MOTOR ADAPTER (456/375)

(REDA)

SMARTGUARD SYSTEM SST, TR5

(WOOD GROUP)

### **SWITCHBOARD**

DFH 140 KVA

### **CABEZAL**

# ANALISIS ECONOMICO

# Costos de Implementación

COSTO TOTAL DE LOS EQUIPOS	
CENTRILIFT	190276,01
REDA	185499,51
WOOD GROUP	187935,73
WORKOVER	105871,35
TOTAL = WORKOVER + TIPO DE BOMBA SELECCIONADA	

# Valor Actual Neto

Valor	Significado	Decisión a tomar
<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto puede aceptarse
<b><math>VAN &lt; 0</math></b>	La inversión produciría pérdidas por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto debería rechazarse
<b><math>VAN = 0</math></b>	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

# Tasa Interna de Retorno (TIR)

- Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.
- La tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) o valor presente neto (VPN) es igual a cero.

# CONCLUSIONES

- Baja de frecuencia suele producir efecto downthrust.
- Trabajar en base a un stock mínimo conlleva a no seleccionar el equipo mas adecuado para el pozo.
- No se debe sobredimensionar una bomba electrosumergible; los equipos tienen mayor duración trabajando en upthrust que downthrust.

- Equipos controlados con switchboard tienen mayor durabilidad que los controlados con variadores de frecuencia.
- Los equipos con motor de alta potencia requieren arranques de baja frecuencia.



# RECOMENDACIONES

- Realizar análisis P.V.T. del Campo VHR con el fin de actualizar los datos existentes, ya que la mayoría de ellos son muy antiguos.
- La mayor o menor duración de los equipos electrosumergible también está dada por el número de arranques efectuados por el operador de campo.
- Usar equipos que posean protección ferrífica.

- Durante un reacondicionamiento, se recomienda rediseñar el equipo electrosumergible, para lo cual el pozo deberá ser evaluado con datos de producción y presiones actualizadas.
- Realizar pruebas de restauración de presiones con el sensor de fondo de la bomba electrosumergible para actualizar los datos del yacimiento.
- Perforar otros pozos reinyectores, para aumentar la capacidad de inyección de agua de formación.

# REFERENCIAS

- [1] CENTRILIFT, Manual de Técnicas de Campo y Diseño.
- [2] Archivos de Ingeniería de Petróleos, Petroproducción.
- [3] Reda Pumps, Manual de Técnicas de Campo y Diseño.
- [4] Evaluación del sistema de levantamiento artificial, Jorge Pazmiño, Petrocapacitación.
- [5] SubPUMP 6.0, Submersible Pump Analysis and Design Technical Reference Manual.
- [6] Kermit, F. B. Et. Al. (1977), The technology of Artificial Lift Methods. Petroleum Publishing Co., Tulsa – USA, Vol. 2b.

*Gracias por su atención*