



**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE POSIBLES
PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN APLICADO A SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO
ARTIFICIAL PARA UN CAMPO MADURO**

ELISA ANDREA DUEÑAS SOTO

DANIEL RICARDO BELTRAN MORENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2011



**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE POSIBLES
PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN APLICADO A SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO
ARTIFICIAL PARA UN CAMPO MADURO**

ELISA ANDREA DUEÑAS SOTO

DANIEL RICARDO BELTRAN MORENO

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingeniero de
Petróleos**

Director

M.Sc. FERNANDO ENRIQUE CALVETE

Ingeniero de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2011

A Dios, que le debo todo.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

A mis grandes amigos (ellos saben quiénes son), por su compañía y sus palabras de aliento.

A mis bebés... porque siempre están conmigo.

A mi papi, porque siempre ha creído en mí, a mi mami

Y obviamente a tati.. por hacerme reír siempre que estaba mal.

ELISA ANDREA DUEÑAS SOTO

*A mi mamá por ser una mujer espectacular, la cual ha dado todo de sí para formarme
en todos los aspectos de la vida.*

*A mi papá porque a pesar de las dificultades siempre me apoyó a lo largo de toda mi
carrera.*

A Jota por ser la persona que le da sentido a mi vida y me impulsa a seguir adelante.

*A Katherine por acompañarme y colaborarme de forma incondicional en este último
trayecto de carrera.*

*A todos mis verdaderos amigos que durante este trayecto han estado conmigo en las
buenas y en las malas.*

DANIEL RICARDO BELTRÁN MORENO

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Industrial de Santander** ya la **Escuela de Ingeniería de Petróleos** por permitirnos realizar la meta de ser profesionales íntegros y bien preparados.

A nuestro director, el Ingeniero **Fernando Enrique Calvete González**, por su apoyo y orientación.

Al Ingeniero **Jorge Andrés Sáchica** por su ayuda oportuna e incondicional en la culminación de este proyecto.

A nuestros buenos amigos, que nos acompañaron es este largo trayecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	19
1.1 BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	20
1.1.1 Componentes del Sistema de Bombeo Electrosumergible.....	21
1.1.1.1 Equipo de superficie	21
1.1.1.2 Equipo de subsuelo	22
1.1.2 Ventajas y Desventajas	25
1.2 BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS	27
1.2.1 Componentes del Sistema de Bombeo por Cavidades Progresivas	27
1.2.1.1 Equipo de superficie	27
1.2.1.2 Equipo de subsuelo	29
1.2.2 Ventajas y Desventajas	31
1.2.3 Problemas en el Sistema de Bombeo por Cavidades Progresivas.....	32
1.3 BOMBEO MECÁNICO	33
1.3.1 Componentes del Sistema de Bombeo Mecánico	33
1.3.1.1 Equipo de superficie	33
1.3.1.2 Equipo de subsuelo	35
1.3.2 Ventajas y Desventajas	38
1.3.3 El Dinagrama.....	39
1.1.3.1 Tipos de dinagrama	39
1.3.4 Problemas en el Sistema de Bombeo Mecánico	41
1.4 GAS LIFT	42
1.4.1 Levantamiento Continuo.....	43
1.4.2 Levantamiento Intermitente	44
1.4.3 Rangos de Aplicación	46
1.4.4 Componentes del Sistema de Gas Lift	46
1.4.4.1 Equipo de superficie	46
1.4.4.2 Equipo de subsuelo	47

1.4.5 Ventajas y Desventajas	48
1.4.6 Problemas en el Sistema de Gas Lift	49
2. MONITOREO EN TIEMPO REAL - AUTOMATIZACIÓN DE POZOS.....	50
2.1 FLUJO DE INFORMACIÓN.....	53
2.2 SENSORES DE FONDO.....	56
3. METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE POSIBLES PROBLEMAS EN LOS SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	61
3.1 METODOLOGIA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	63
3.1.1 CASO 1. Bloqueo de gas	64
3.1.2 CASO 2. Presencia de sólidos	69
3.1.3 Caso 3. Recirculación.....	72
3.2 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO POR CAVIDADES PROGRESIVAS	76
3.2.1 CASO 1. TUBERIA ROTA-NO PRODUCCION.....	78
3.2.2 CASO 2. Flujo Multifásico.....	81
3.2.3 Caso 3. Presencia de sólidos	84
3.3 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO	86
3.3.1 Tubería Anclada	89
3.3.2 Interferencia por Gas.....	93
3.3.3 Golpe de fluido	99
3.3.4 Fuga en válvula viajera o en el pistón	102
3.4 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE GAS LIFT	107
3.4.1 Caso Ejemplo: Tubería rota.....	108
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFIA.....	113
ANEXOS	115

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de los Sistemas de Levantamiento Artificial.....	20
Figura 2. Sistema Típico de Bombeo Electrosumergible	23
Figura 3. Motor Sumergible y sus Componentes Básicos	24
Figura 4. Partes del Equipo de Superficie del sistema PCP	28
Figura 5. Partes del Equipo de Subsuelo del Sistema PCP.....	30
Figura 6. Tipos de Unidades de Bombeo Mecánico	34
Figura 7. Sistema Típico de Bombeo Mecánico.....	36
Figura 8. Funcionamiento de una Bomba de Subsuelo	37
Figura 9. Tipos de Dinagramas.....	40
Figura 10. Dinagrama de Fondo teórico con bomba llena	41
Figura 11. Esquema de Flujo Continuo e Intermitente.....	43
Figura 12. Diagrama típico del Sistema de Gas Lift.....	47
Figura 13. Arquitectura General de la Plataforma.....	51
Figura 14. Línea de tiempo real para la reparación de fallas	52
Figura 15. Esquema básico de un sistema de Adquisición, supervisión y control	53
Figura 16. Diagrama de flujo de información	55
Figura 17. Sonda de Presión	58
Figura 18. Sistema de vigilancia en una bomba electrosumergible	59
Figura 19. Sistema de vigilancia de un sistema de bombeo mecánico.....	60
Figura 20. Metodología de Diagnóstico	62
Figura 21. Descripción de la bomba Caso 1. Bloqueo de gas	65
Figura 22. Comportamiento de las variables Caso 1. Bloqueo de gas	68
Figura 23. Descripción de la bomba Caso 2. Presencia de sólidos	69
Figura 24. Comportamiento de las variables Caso 2. Presencia de sólidos	72
Figura 25. Descripción de la bomba Caso 3. Recirculación.....	73
Figura 26. Comportamiento de las variables Caso 3. Recirculación.....	76
Figura 27. Comportamiento de las variables Caso 1. Tubería rota-No producción....	80
Figura 28. Comportamiento de las variables Caso 2. Flujo Multifásico.....	83
Figura 29. Comportamiento de las variables Caso 3. Presencia de sólidos	85
Figura 30. Dinagrama que representa llenado completo	87
Figura 31. Estado Mecánico. Caso Tubería Anclada.....	90
Figura 32. Tubería sin anclar	91
Figura 33. Carta Dinamométrica: Tubería sin anclar	92
Figura 34. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Tubería sin anclar	93
Figura 35. Estado Mecánico. Caso: Interferencia por gas	95

Figura 36. Interferencia por gas	96
Figura 37. Carta Dinamométrica: Interferencia por gas	96
Figura 38. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Interferencia por gas	97
Figura 39. Estado Mecánico. Caso: Bloqueo por gas	98
Figura 40. Carta Dinamométrica: Bloqueo por gas	99
Figura 41. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Bloqueo por gas	100
Figura 42. Golpe de Fluido	101
Figura 43. Carta Dinamométrica: Golpe de fluido	101
Figura 44. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Interferencia por gas	102
Figura 45. Fuga en la válvula viajera o en el pistón	103
Figura 46. Estado Mecánico. Caso: Fuga en la Válvula Viajera	104
Figura 47. Carta Dinamométrica: Fuga en la válvula viajera	105
Figura 48. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Fuga en la válvula viajera	105
Figura 49. Prueba de válvulas	106
Figura 50. Comportamiento de las variables. Caso ejemplo. Tubería rota.	109

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comportamiento de las Variables medidas en ESP	64
Tabla 2. Descripción de la bomba Caso 1. Bloqueo de gas	66
Tabla 3. Tabulación de datos Caso 1. Bloqueo de gas.....	66
Tabla 4. Valores de referencia Caso 1. Bloqueo de gas	67
Tabla 5. Descripción de la bomba Caso 2. Presencia de sólidos	70
Tabla 6. Tabulación de datos Caso 2. Presencia de sólidos	70
Tabla 7. Valores de referencia Caso 2. Presencia de sólidos.....	71
Tabla 8. Descripción de la bomba Caso 3. Recirculación.....	74
Tabla 9. Tabulación de datos Caso 3. Recirculación	74
Tabla 10. Valores de referencia Caso 3. Recirculación	75
Tabla 11. Comportamiento de las variables en PCP	77
Tabla 12. Descripción de la bomba Caso 1. Tubería rota-No producción.....	78
Tabla 13. Tabulación de datos Caso 1. Tubería rota-No producción.....	79
Tabla 14. Valores de referencia Caso 1. Tubería rota-No producción	79
Tabla 15. Descripción de la bomba Caso 2. Flujo multifásico.....	81
Tabla 16. Tabulación de datos Caso 2. Flujo multifásico	82
Tabla 17. Valores de referencia Caso 2. Flujo Multifásico	82
Tabla 18. Descripción de la bomba Caso 3. Presencia de sólidos	84
Tabla 19. Tabulación de datos Caso 3. Presencia de sólidos	84
Tabla 20. Valores de referencia Caso 3. Presencia de sólidos.....	85
Tabla 21. Cartas tipo para análisis de dinagramas	88
Tabla 22. Comportamiento de las variables en Gas Lift	107
Tabla 23. Tabulación de datos. Caso Ejemplo: Tubería rota	108

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Tabla completa del caso 1 esp: bloqueo de gas.....	116
Anexo 2. Tabla completa caso 2 esp: presencia de sólidos	132
Anexo 3. Tabla completa del caso 3 esp: recirculación	138
Anexo 4. Tabla completa del caso 1 de pcp. fuga en tubería	144
Anexo 5. Tabla completa del caso 2 pcp: fluido multifásico.....	149
Anexo 6. Tabla completa del caso 3 pcp: contenido de sólidos.....	154
Anexo 7. Tabla completa caso gas lift. tubería rota.	159

RESUMEN

TITULO: DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE POSIBLES PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN APLICADO A SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL PARA UN CAMPO MADURO* *.

AUTORES:

DANIEL RICARDO BELTRÁN MORENO
ELISA ANDREA DUEÑAS SOTO**

PALABRAS CLAVES: Metodología de diagnóstico, Monitoreo en tiempo real, Bombeo Mecánico, Bombeo Electrosumergible, Bombeo por Cavidades Progresivas, Gas Lift, Sensores de fondo.

DESCRIPCIÓN:

El propósito fundamental de esta tesis es crear una metodología que permita realizar el diagnóstico de los posibles problemas que se presentan en los sistemas de levantamiento artificial, usando como parámetro el comportamiento de las variables medidas por los sensores instalados en los pozos.

El proyecto se encuentra estructurado en 3 capítulos, en el primer capítulo se describe los diferentes sistemas de levantamiento artificial más usados en Colombia, sus generalidades, las ventajas y desventajas que se pueden llegar a presentar con respecto a los demás y los problemas que se puedan llegar a generar en cada uno de ellos. En el capítulo 2 se explica en qué consiste el monitoreo en tiempo real, como se realiza la adquisición de los datos y cuán importante es esto para la detección temprana de las posibles fallas en los sistemas. En el capítulo 3 se explica la construcción de la metodología desarrollada para el diagnóstico de los problemas y como se aplica paso a paso este planteamiento a los diferentes sistemas de levantamiento artificial para poder identificar dichos problemas a partir de los datos obtenidos por los sensores presentes en cada uno de los pozos, validando esta metodología con ejemplos de casos reales de diferentes pozos en Colombia.

*Tesis de grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director del proyecto: M.sc. Fernando Calvete.

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DIAGNOSIS OF PRODUCTION PROBLEMS APPLIED TO ARTIFICIAL LIFT SYSTEMS FOR A MATURE FIELD*.

AUTHORS:

DANIEL RICARDO BELTRÁN MORENO

ELISA ANDREA DUEÑAS SOTO**

KEY WORDS: Diagnostic Methodology, Real time monitoring, Sucker rod pump, Electrical Submersible Pump, Progressive Cavity Pump, Gas Lift, Downhole sensors.

DESCRIPCIÓN:

The principal purpose of this thesis is to create a methodology for the diagnosis of the possible problems that occur in artificial lift systems, using as parameter the behavior of the variables measured by the sensors installed in the wells.

The project is structured in three chapters, the first, describes the different artificial lift systems used in Colombia, their generalities, the advantages and disadvantages that they present with respect of all others, and the problems that can potentially generate in each one. Second chapter explains the real time monitoring, how is the data acquisition and how important is this for the early detection of potential system failures. Third chapter explains the construction of the methodology developed for the diagnosis of problems, and how to apply this step by step approach to various artificial lift systems to identify these problems from the data obtained by the sensors present in each one of the wells, this methodology is validated with real case examples of different Colombian wells.

*Undergraduate Project

**Physiochemical Engineering Faculty, Petroleum Engineering School. Project Director: M.sc.Fernando Calvete.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de levantamiento artificial son de gran importancia en la industria del petróleo, ya que estos son los que permiten que este recurso sea transportado a superficie, de ahí, la importancia de conocer el funcionamiento de cada sistema y mantenerlo en óptimas condiciones.

El monitoreo en tiempo real de los sistemas de levantamiento surgió como una necesidad de conocer el comportamiento de los pozos en los campos maduros cada instante de tiempo, de tal manera que se puedan prevenir y detectar fallas antes de que éstas lleguen a afectar todo el sistema de levantamiento y por lo tanto detengan la producción del pozo y produzcan consecuencias económicas desfavorables para la industria.

Este proyecto tiene por objetivo general crear una metodología que permita diagnosticar problemas en los sistemas de levantamiento más comunes en Colombia, usando como parámetro el comportamiento de las variables medidas por los sensores instalados en los pozos que se encuentran automatizados. Para cumplir con dicho objetivo se hace una recopilación de información acerca de los problemas que se pueden detectar con el monitoreo en tiempo real y las variables que permiten diagnosticar dichos problemas.

Dicha metodología se validará con datos reales de pozos que han presentado los problemas mencionados a lo largo de su vida productiva.

1. SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL¹

Los sistemas de levantamiento artificial tienen como objetivo suministrar energía para proporcionar la producción de fluidos; para que se pueda llevar a cabo o para que se incremente dicha producción.

Algunos pozos pueden simplemente fluir más eficientemente bajo un levantamiento artificial, otros requieren levantamiento artificial para comenzar la producción y después producir con flujo natural, otros deberán utilizarlos para producir ya que no alcanzarán flujo natural.

Los sistemas de levantamiento artificial tienen su mayor utilización cuando ha transcurrido un tiempo considerable de la vida productiva del pozo, cuando la presión del yacimiento declina y la producción del pozo cae. Si se anticipa que para un pozo se va a necesitar un sistema de levantamiento artificial, será ventajoso instalar el equipo para acelerar la producción a través de la vida del pozo, incrementándose así las ganancias y cubriendo rápidamente los costos de la inversión.

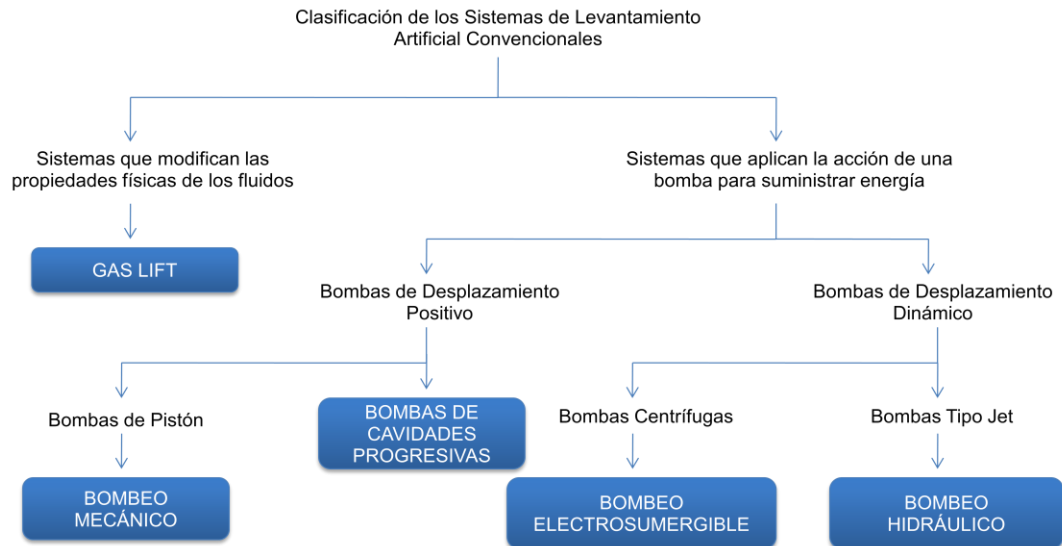
El levantamiento de fluidos desde el yacimiento requiere energía. Todos los yacimientos contienen energía en forma de presión en los fluidos mismos y en la roca debido al peso de la columna estratigráfica. La presión puede ser mantenida artificialmente o aumentada por la inyección de gas o agua dentro del yacimiento. Esto es conocido comúnmente como mantenimiento de presión.

Los sistemas de levantamiento artificial se distinguen por que ellos mismos mantienen la presión y adicionan energía a los fluidos producidos en el pozo; esta energía no es suministrada por el yacimiento.

¹ PEÑA SUESCÚN, Fredy Alonso. Bombeo Electrosumergible. Descripción, Diseño y Monitoreo. Schlumberger -WCP- Artificial LiftSystem. Trabajo de grado (Ingeniería de petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas.

Los sistemas de levantamiento artificial se clasifican como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Clasificación de los Sistemas de Levantamiento Artificial



Fuente: Modificado de GOLAN, Michael. *Well Performance*. 2 ed. 472 p.

1.1 BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

Los sistemas de bombeo electrosumergible usan múltiples etapas en serie dentro de una carcasa, accionada con un motor sumergible al final de la tubería y conectadas a superficie a través de un cable protegido.

Transfiere energía eléctrica que transfiere energía mecánica (torque) que a su vez genera energía potencial (a través de las etapas).

El sistema BES transfiere energía eléctrica desde la superficie al motor de fondo que convierte esta en fuerza mecánica (torque). Este movimiento rotacional, mueve los impulsores y levanta el fluido del pozo a la superficie.

1.1.1 Componentes del Sistema de Bombeo Electrosumergible

Un sistema de bombeo electrosumergible está dividido en dos secciones: un equipo de superficie y un equipo de fondo mostrados en la figura 2.

1.1.1.1 Equipo de superficie

- **Cabezal de pozo:** Se utiliza para sostener todo el equipo de fondo (motor, sello, bomba, cable), así como la tubería de producción y además permite pasar a través del mismo el conector que une el cable de superficie con el cable de subsuelo.
- **Fuentes de energía:** Se debe contar con instalaciones eléctricas que cumplan las necesidades técnicas requeridas tanto de energía como de diferencia de potencial.
- **Transformadores:** Dispositivos eléctricos encargados de cambiar el voltaje de salida, ya sea para elevarlo o reducirlo.
- **Controladores de frecuencia:** Dispositivos electrónicos que varían la frecuencia de la corriente que llega al motor y por lo tanto se puede aumentar o disminuir la velocidad de la bomba.
- **Caja de venteo:** Localizada entre la cabeza de pozo y el tablero de control por razones de seguridad. Provee venteo a la atmosfera de gas que pudiese haber emigrado a través del cable de potencia.

1.1.1.2 Equipo de subsuelo

- **Motor eléctrico sumergible²:** Estos motores son de dos polos, trifásicos, jaula de ardilla y de tipo inducción.

Está diseñado de acuerdo a los requerimientos de potencia de cada etapa, el gradiente de fluido y la cabeza total dinámica a levantar. Estos motores son llenados con un aceite mineral altamente refinado y con alta resistencia dieléctrica.

El motor está constituido de un rotor usualmente de 12 a 18 pulgadas de largo, se encuentra dispuesto a lo largo de un eje que es recubierto por un estator que al inducirse una corriente a través de él, genera un campo magnético.

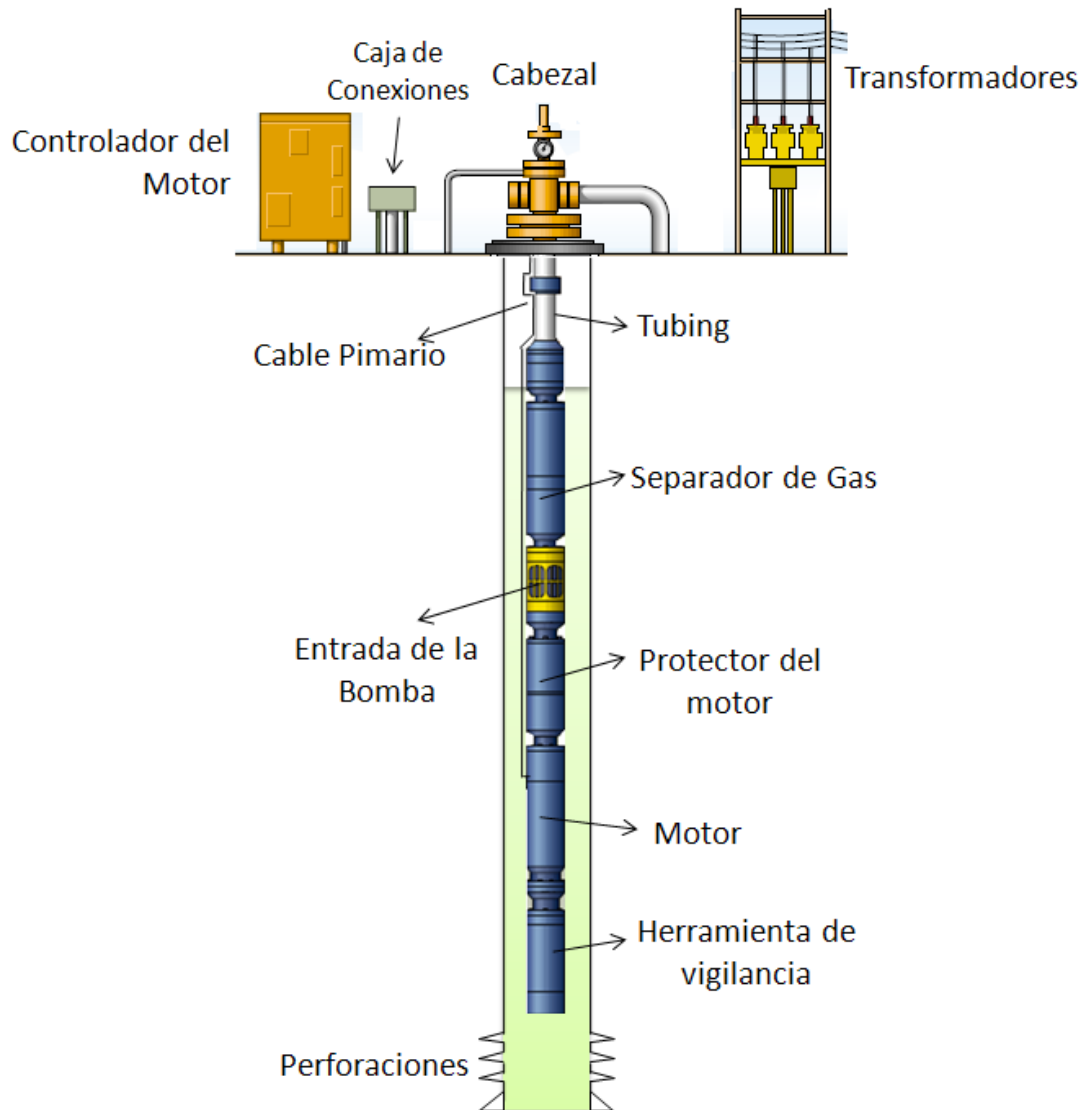
El estator está compuesto de un grupo de arreglos de electroimanes individuales, los cuales forman un cilindro hueco con un polo de cada electroimán hacia el centro. El rotor rota simplemente por la atracción magnética y repulsión a medida que sus polos intentan seguir el campo eléctrico rotatorio generado por el estator.

- **Sello protector:** Conecta el eje del motor a la bomba o al separador de gas. Entre sus funciones están: evitar que el fluido del pozo contamine el fluido dieléctrico de motor, absorber esfuerzos que transmite el eje de la bomba, absorber la expansión del aceite dieléctrico de los motores debido a la temperatura.

- **Entrada de la bomba (Intake):** Ensamble mecánico a través del cual pasa el fluido del pozo al interior de la bomba. También se utiliza para darle soporte al rodamiento que absorbe los esfuerzos axiales que transmite el eje.

²RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales. Bucaramanga, 2010. Trabajo de grado. (Ingeniería de petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas.

Figura 2. Sistema Típico de Bombeo Electrosumergible

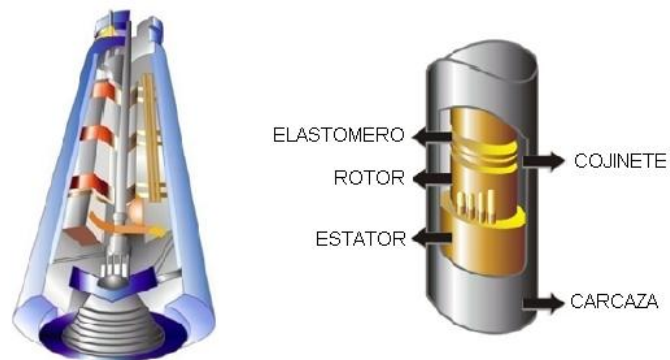


Fuente: Autores

- **Bombas centrífugas:** Están conformadas por un determinado número de etapas y cada etapa en si permite bombear un caudal determinado por el diseño de la misma. Cada etapa consiste en un impulsor rotativo y un difusor estacionario. El cambio de energía cinética a energía de presión es conseguido cuando el líquido que

está siendo bombeado rodea el impulsor que rota a gran velocidad y que le imparte una moción rotacional al líquido.

Figura 3.Motor Sumergible y sus Componentes Básicos



Fuente: RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. *Proyecto de Grado. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales.*2010

- **Separador de gas rotativo:** Conecta el protector o sello y la bomba, permitiendo la producción de pozos con alta relación Gas-Aceite (mayor o igual a 200 scf/STB), ya que reduce la cantidad de gas libre al pasar por la bomba.

- **Accesorios de fondo:** Se encuentran:

Válvula cheque: Su función es mantener la tubería llena de fluido cuando se para la bomba.

Válvula de drenaje: Su función es permitir el paso de fluido desde la tubería de producción hacia el anular, cuando se saca la tubería de producción para evitar su llenado durante reparaciones.

Cable plano o extensión al motor: Conexión desde la bomba a través del separador de gas y sello hasta el motor, donde hay limitaciones de diámetro.

Centralizadores: Su función es centrar el motor y la bomba y facilitar el enfriamiento.

1.1.2 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Permite alcanzar altos caudales de producción
- Puede ser usada a bajas presiones de fondo
- Puede operar confiablemente en pozos desviados y pozos costa afuera
- Sistema fácil de controlar
- No ocupa grandes espacios en superficie
- Permite una fácil aplicación de tratamientos contra la corrosión e inhibidores de escamas

Desventajas:

- Las altas temperaturas afectan el aislamiento del cable y del motor
- Tolerancia limitada con la arena
- Posibles fallas eléctricas, principalmente asociados al cable
- No aplicable a completamientos múltiples
- Poco práctico en pozos someros

1.1.3 Problemas en el Sistema de Bombeo Electrosumergible

- **Pozo bloqueado por gas:** En un pozo que tiene alta relación Gas-Aceite se presenta una interferencia del gas libre con las primeras etapas de la bomba, lo que provoca el efecto de atascamiento, conocido como bloqueo de gas.

Se produce cuando el gas llena completamente los pasajes de fluido de los impulsores y difusores bloqueando la entrada de fluido.



- **Pozo con problemas de sólidos:** Dependiendo de la cantidad, composición de la arena y de las condiciones de operación, los efectos serán más o menos evidentes y de acuerdo a esto será el tiempo que transcurra para darse cuenta de que se está produciendo un fluido con arena. La producción de sólidos causa desgaste excesivo cuando son absorbidos por la bomba. Ésta es una de las causas principales de la obturación y la falla de las bombas electrosumergibles.
- **Sobredimensionamiento de la bomba:** Se presenta como un agotamiento del nivel de fluido, causando la detención automática de la bomba durante un cierto periodo para permitir que el fluido de yacimiento reingrese en el pozo. La repetición de esta secuencia de encendido y apagado que se conoce como funcionamiento cíclico, impone un esfuerzo enorme sobre el sistema ESP acortando su vida operativa y produciendo finalmente su falla.
- **Bomba con eje roto o bomba con eje atascado:** Durante la operación de un equipo BES es probable que el eje de la bomba se rompa por efecto de la alta torsión durante la operación o el arranque, producto de de atascamientos debido a la precipitación de sólidos sobre los impulsores de la bomba. Los sólidos pueden ser arena u óxidos que se precipitan de la tubería sucia de producción.
- **Bomba desgastada:** Después de un tiempo de operación de la bomba existe un desgaste natural de la bomba y dependen de la forma como se diseñó y de las condiciones del yacimiento. Los desgastes de la bomba pueden ocurrir trabajando en la zona de empuje descendente (downthrust) o trabajando en la zona de empuje ascendente (upthrust).

1.2 BOMBAS DE CAVIDADES PROGRESIVAS

Se basan en el desplazamiento rotativo del fluido. Este sistema espiral consiste de un rotor que rota dentro de un estator estacionario. Transfiere energía mecánica mediante rotación de las cabillas (accionada en superficie) ó electricidad (accionada en fondo).

1.2.1 Componentes del Sistema de Bombeo por Cavidades Progresivas

El sistema de bombeo por cavidades progresivas está dividido en el equipo de superficie y el equipo e subsuelo.

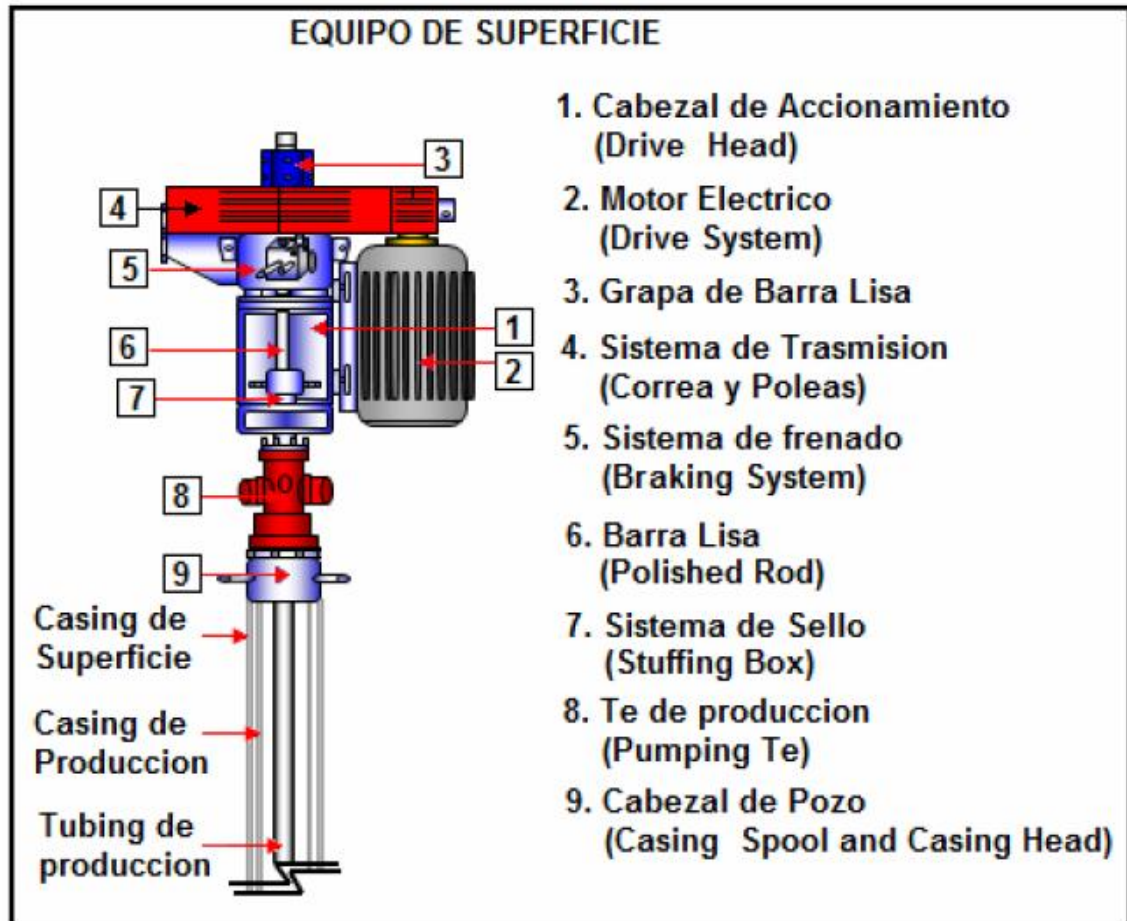
1.2.1.1 Equipo de superficie

Es seleccionado de acuerdo a los requerimientos de potencia del sistema de subsuelo, del tipo de energía disponible, etc. Estos elementos son capaces de proveer una protección efectiva del sistema debido a que se puede determinar el rango de operación del torque, la velocidad de rotación y el consumo de corriente. Se puede observar en la Figura 4.

- **Variador de frecuencia³**: Los variadores son dispositivos basados en el principio del limitador de torque, pero con opciones más avanzadas desde el punto de vista de software. Estos elementos son capaces de proveer una protección efectiva del sistema debido a que es posible determinar el rango de operación del torque, la velocidad de rotación y el consumo de corriente.

³MOSQUERA TRILLOS, Liliana del Pilar. Evaluación y análisis del desempeño del sistema de levantamiento artificial para bombas de cavidades progresivas (BCP) en el campo Guando – Melgar. Bucaramanga, 2004. Trabajo de grado. (Ingeniería de petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas.

Figura 4. Partes del Equipo de Superficie del sistema PCP



Fuente: CHAPARRO, Erwin. *Efecto del Corte de Agua y la Viscosidad del Fluido de Producción en la Eficiencia Volumétrica de las Bombas de Cavidades Progresivas*. UIS. Tesis de Grado. 2008

- **Motor:** Los sistemas de bombeo por cavidades progresivas pueden ser adaptados tanto a motores eléctricos como a motores de combustión interna. De ellos, el primero es el más utilizado debido a su mayor eficiencia de operación y capacidad de automatización.
- **Cabezal:** Es un equipo de accionamiento mecánico instalado en la superficie directamente sobre el cabezal del pozo. Consiste principalmente en un sistema de

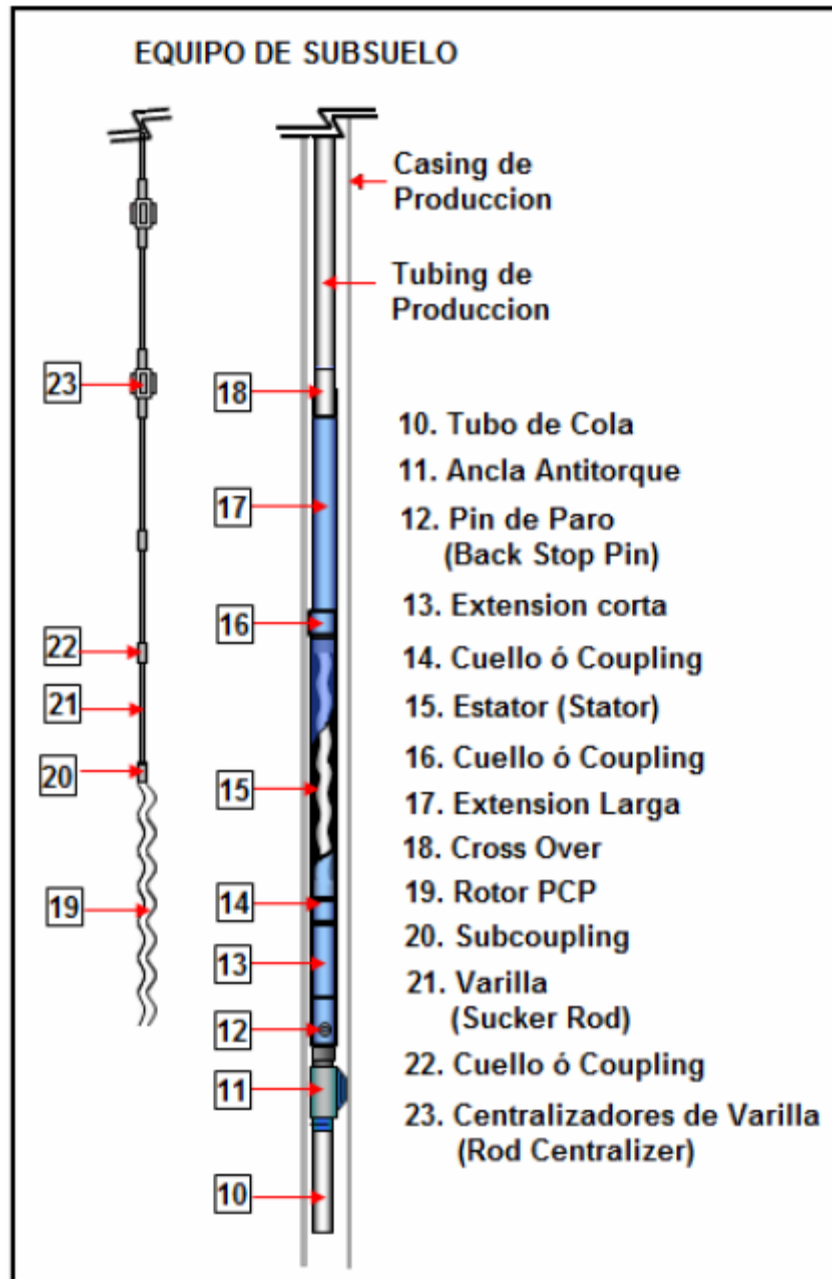
freno, un sistema de poleas y correas, y un stuffing box o prensaestopa que sirve para evitar la filtración de fluidos a través de las conexiones de superficie.

- **Sistema de Transmisión:** Es el encargado de transferir la energía desde el motor hasta el cabezal de rotación.
- **Barra Lisa:** Va ubicada al final de la sarta de varillas y está sostenida al cabezal de rotación por una grapa; su principal función es transmitir el movimiento de rotación del cabezal a la sarta de varillas y el rotor.
- **Te de Producción:** Es un dispositivo necesario en las instalaciones de bombas de cavidades progresivas, para dirigir el fluido de producción del tubing a la línea de producción de superficie.

1.2.1.2 Equipo de subsuelo

- **Varillas:** La sarta de varillas seleccionada debe estar en capacidad de soportar una cierta carga axial (peso aparente de la sarta y peso de la altura hidráulica), y de transmitir un torque determinado desde la superficie hasta el fondo del sistema, compuesto por la fuerza para levantar el líquido y los esfuerzos de fricción por el movimiento giratorio de las varillas.
- **Pin de Paro:** Su principal función es servir como punto de referencia para el espaciado del rotor dentro del estator durante la instalación del sistema.
- **Estator:** Parte exterior de la bomba. Son tubos de acero con cuerpos de elastómeros pegados internamente. Dependiendo de la geometría de la bomba, estos elastómeros serán como hélices de dos o más lóbulos.

Figura 5.Partes del Equipo de Subsuelo del Sistema PCP



Fuente: CHAPARRO, Erwin. Proyecto de Grado. Efecto del Corte de Agua y la Viscosidad del Fluido de Producción en la Eficiencia Volumétrica de las Bombas de Cavidades Progresivas. 2008

- **Elastómeros:** Son la base del sistema PCP, de su correcta determinación y su interferencia con el rotor depende en gran medida la vida útil de la bomba.

- **Rotor:** El rotor está fabricado con acero de alta resistencia, diseñado en forma helicoidal y recubierto con una capa de material altamente resistente a la abrasión (cromo). En algunos casos se utiliza el acero inoxidable por ser altamente resistente a factores corrosivos o acidificantes.
- **Ancla:** Debido al movimiento rotatorio del rotor, se corre un riesgo potencial de desenroscar la tubería de producción en cualquier punto susceptible de la misma, sobre todo en aquellas aplicaciones donde eventualmente se producen incrementos de torque.
- **Tubería de Producción:** Está formada por un conjunto de tubos que transportan el fluido proveniente de la formación, desde el fondo del pozo hasta la superficie y al mismo tiempo sirve de guía a la sarta de cabillas.

1.2.2 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Diseño simple de dos piezas
- Excelente para crudo viscoso
- Resistente a abrasivos y sólidos
- No existe bloqueo por gas o fluido emulsionado
- Gravedades de crudo desde 5 a 42° API
- Bajos costos de energía
- El equipo de superficie es de pequeñas dimensiones

Desventajas:

- Sensible a sobre presiones

- Restringido en caudal (Debe ser menor de 5000bpd)
- Restringido en profundidad de asentamiento (Menor a 6500 pies)
- Temperatura de operación limitada (Máximo 350°F)
- La mayoría de los sistemas requieren la remoción de la tubería de producción para sustituir la bomba

1.2.3 Problemas en el Sistema de Bombeo por Cavidades Progresivas.

En la mayoría de los casos, los sistemas PCP, son sencillos de instalar y mantener. Si se realiza una correcta selección e instalación y se hace un seguimiento frecuente, las posibilidades de fallas se reducen notablemente, y si este caso se presenta el diagnóstico será sencillo al conocer las condiciones de operación del equipo y las variables de producción del pozo.

Los problemas frecuentes en el sistema de bombeo por cavidades progresivas se dan por fallas mecánicas o errores humanos al diseñar el sistema, también es importante señalar que el levantamiento sólidos son un gran problema ya que producen rotura en las varillas y su deposición tanto en la bomba como en el fondo del pozo producen una disminución en la producción.

Entre los problemas se tienen:

- Falla de energía eléctrica
- Motor quemado
- Inversión en las fases
- Problemas con las correas
- Polea suelta
- Caja reductora dañada
- Problemas en el cabezal
- Problemas en las válvulas
- Atascamiento de las varillas

- Problemas en el elastómero
- Problemas con el rotor

• **Presencia de arena:** Al producirse flujos rápidos de arena por periodos cortos de tiempo (tapones) pueden ocasionarse problemas de obstrucción y bloqueo del sistema. Aunque la mayor parte de estos tapones se forman naturalmente, también pueden ser provocados por inestabilidad en la operación del sistema, por ejemplo, cuando se practican cambios drásticos de la velocidad de operación. Otro problema común es la deposición de la arena en el fondo del pozo o a la entrada de la bomba.

1.3 BOMBEO MECÁNICO

El bombeo mecánico es un bombeo reciprocante que transfiere energía mecánica desde la superficie a través de las cabillas a la bomba de fondo.

El bombeo mecánico combina un cilindro (barril) y un pistón con válvulas para transferir fluidos del pozo dentro de la tubería de producción y levantarlo hasta superficie.

1.3.1 Componentes del Sistema de Bombeo Mecánico

Básicamente, el equipo de levantamiento artificial para bombeo mecánico consta de los componentes mostrados en la Figura 7.

1.3.1.1 Equipo de superficie

Como su nombre lo indica, son las partes del sistema que se pueden observar a simple vista y que se encuentran a nivel del suelo.

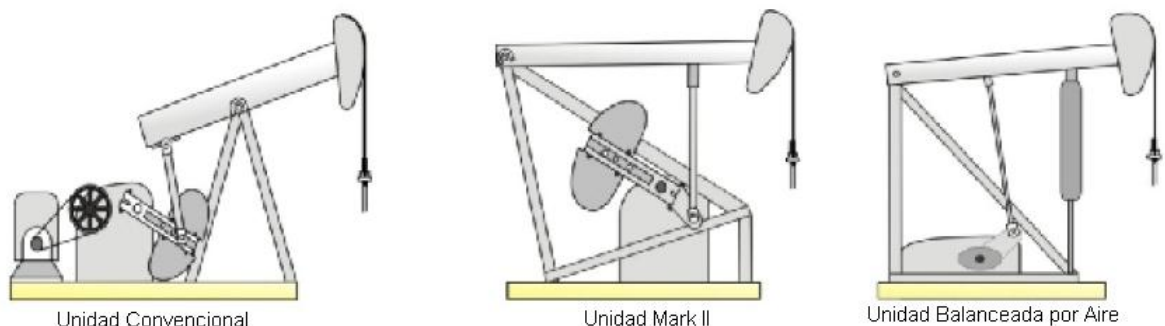
- **Motor:** La función del motor es suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de la instalación; para suministrar esta energía, el motor produce un

movimiento rotacional de alta frecuencia y bajo torque; luego este movimiento es transformado por la unidad de bombeo a reciprocante.

- **Caja Reductora:** Se utiliza para convertir un movimiento rotatorio de alta velocidad (altos RPM) y bajo torque proveniente del motor en un movimiento rotatorio de baja velocidad (bajos RPM) y torque alto, ya que son necesarios bajos RPM para accionar la unidad de bombeo.
- **Unidad de Bombeo:** Su función es accionar la sarta de varillas y la bomba a fin de elevar el fluido desde el subsuelo a superficie.

De acuerdo a su geometría se clasifican en tres tipos principales⁴: unidades convencionales, las cuales tienen el apoyo en el punto medio del balancín; Unidades balanceadas por aire, cuyo punto de apoyo se ubica en el extremo delantero del balancín; y las unidades Mark II, que tienen el apoyo en el extremo trasero del balancín. Los tipos de unidades de bombeo se muestran en la figura 6.

Figura 6. Tipos de Unidades de Bombeo Mecánico



Fuente: RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. *Proyecto de Grado. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales*. 2010.

⁴RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Op. Cit. P, 35.

- **Barra Lisa:** Conecta el balancín a la sarta de varillas y asegura y asegura una superficie de sellamiento en el cabezal del pozo con el fin de mantener los fluidos dentro del pozo.
- **Cabezal del Pozo:** Este ensamble contiene la caja de empaques (*Stuffing Box*) que sella sobre la barra lisa y una tee de superficie para hacer que los fluidos del pozo lleguen hasta la línea de flujo.

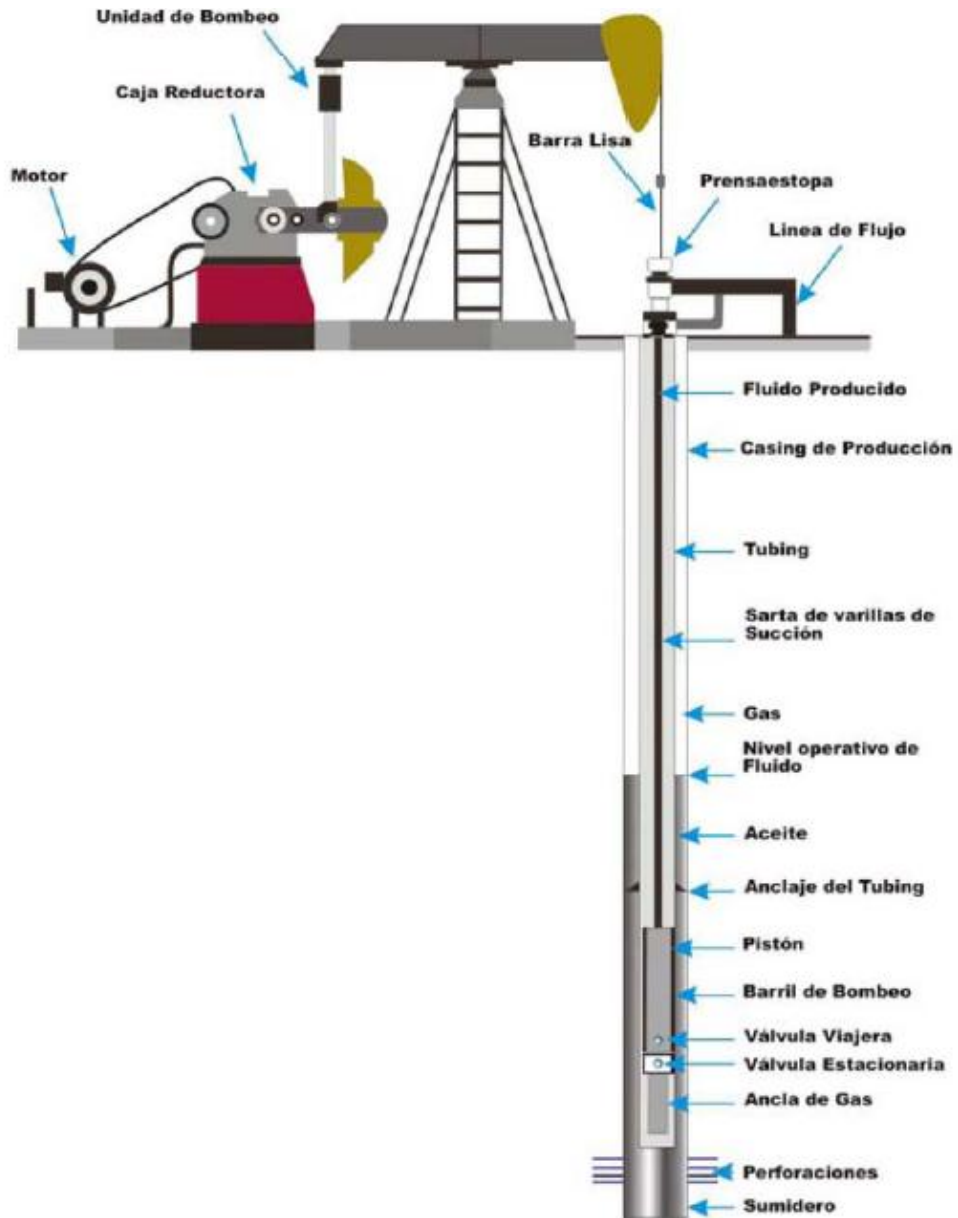
1.3.1.2 Equipo de subsuelo

Constituye la parte esencial de este sistema, está restringido por el diámetro de la tubería de revestimiento, y esto puede representar limitaciones por el diámetro a su diseño. Transmite la energía necesaria para levantar el fluido del pozo, sirviendo como elemento conector entre la cara del pozo y la unidad de superficie. Básicamente está conformado por:

- **Tubería de revestimiento:** Que puede ser de $5\frac{1}{2}$ " ,7" , $9\frac{5}{8}$ " , $13\frac{3}{8}$ " , 20".
- **Tubería de producción:** En la mayoría de las instalaciones de bombeo, cuando a profundidad de la bomba es menor a 5000 pies la tubería es suspendida por el cabezal. A profundidades mayores, la tubería debe anclarse.
- **Sarta de varillas:** Formada por las varillas de succión, que van dentro de la sarta de tubería de producción del pozo. Su función es transmitir el movimiento mecánico y la potencia de la unidad de bombeo a la bomba de subsuelo.
- **Bomba de subsuelo:** Permite la entrada de fluido de la formación a la tubería de producción y levantarlo desde el nivel del pozo hasta la superficie e impulsarlo por la

línea de flujo hasta el punto de recolección. Las partes básicas de la bomba de subsuelo son: el barril, pistón, válvula viajera y válvula fija.

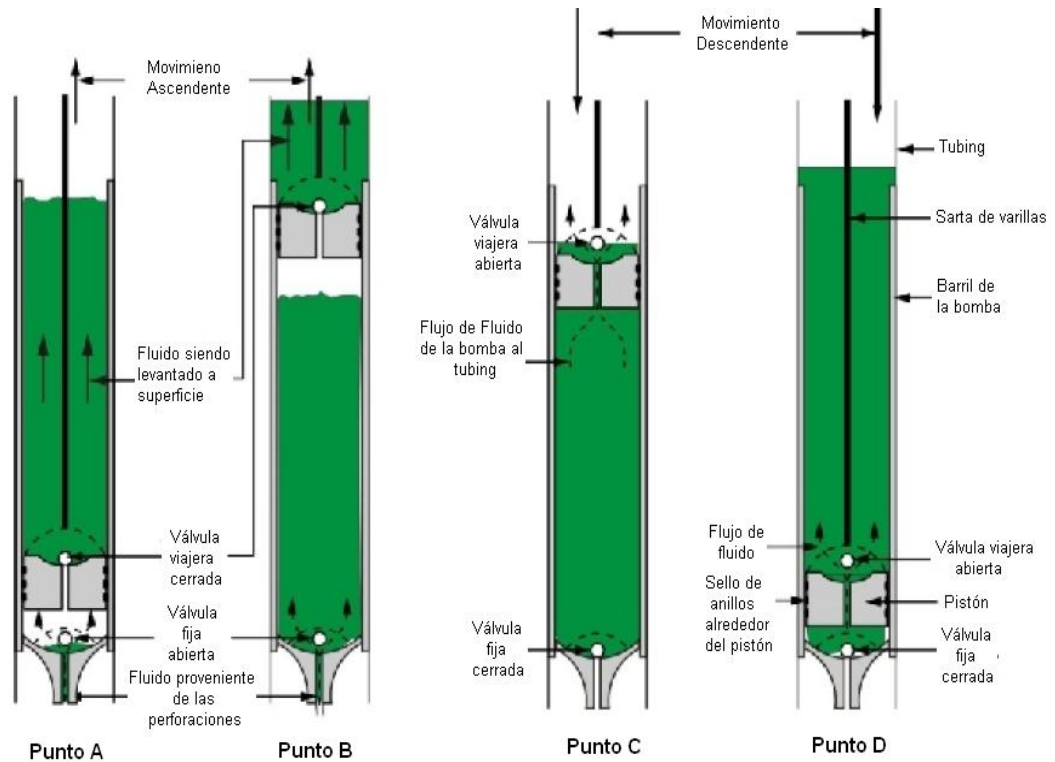
Figura 7. Sistema Típico de Bombeo Mecánico



Fuente: MUÑOZ, Álvaro y TORRES, Edgar. Proyecto de Grado. Evaluación técnica de las estrategias de levantamiento artificial implementadas en campos maduros. 2007.

El principio de operación de la bomba⁵ se puede explicar en cuatro pasos, como se observa en la Figura 8.

Figura 8. Funcionamiento de una Bomba de Subsuelo



Fuente: RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Proyecto de Grado. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales. 2010.

Punto A. Al inicio de la carrera ascendente, la válvula viajera se encuentra cerrada donde la carga de la columna del fluido soporta la sarta de varillas; por otra parte la válvula fija se encuentra abierta dando paso al fluido, ayudado por el diferencial de presión en su parte inferior y superior que tiene que ver con la cámara o el espacio entre las válvulas.

⁵RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Op. Cit, P. 29

Punto B. El pistón se desplaza hasta la parte superior de la carrera ascendente y así se presenta la máxima carga de todo el sistema.

Punto C. El principio de la carrera descendente; la válvula viajera entra a depender del porcentaje de gas libre en el líquido que se encuentra en la cámara de compresión; la carga de fluido sirve como soporte de la válvula fija que está cerrada.

Punto D. El pistón se desplaza hasta el fondo de la carrera descendente; mientras que la válvula viajera sigue abierta, así permite el paso del fluido hasta que la presión en la cámara sea inferior a la presión encontrada en el pistón, en ese momento, la válvula fija se abre y permite la entrada del flujo proveniente de la formación.

1.3.2 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Sistema de levantamiento artificial más usado en el mundo
- Bien conocido por el personal de campo
- Es usualmente económico
- Bajo costo de inversión
- Locaciones remotas sin electricidad
- La bomba puede estar por debajo de las perforaciones

Desventajas:

- Restricciones de flujo y profundidad
- Susceptible al gas libre
- Mantiene la frecuencia
- Dificultad en pozos desviados
- Susceptible a la corrosión

1.3.3 El Dinagrama⁶

Es un instrumento indispensable cuando se utiliza bombeo mecánico como levantamiento artificial. Éste registra y mide en forma continua las cargas y las deformaciones que soporta el vástago pulido y como resultado muestra las cartas dinamométricas correspondientes que deben ser interpretadas para determinar los problemas que existen el fondo del pozo y dar soluciones pertinentes. El gráfico final representa la Carga Vs. Posición y se obtiene conociendo la carrera correspondiente del vástago del balancín.

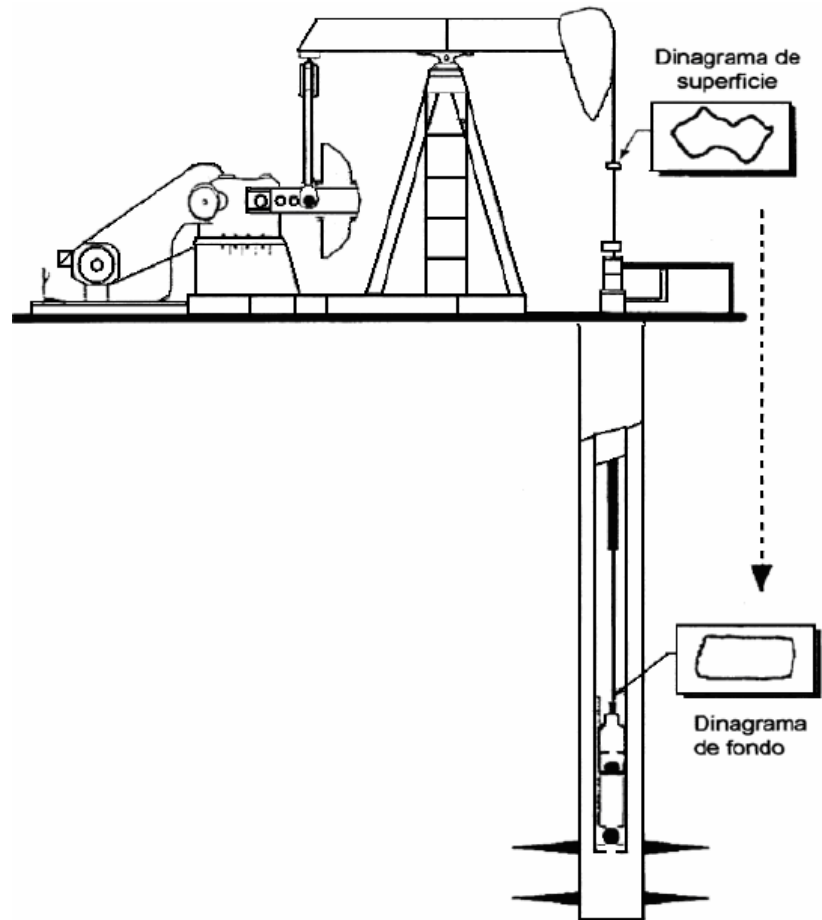
1.1.3.1 Tipos de dinagrama

Existen dos tipos de dinagramas, dinagrama de superficie y dinagrama de fondo, siendo este el más adecuado y más fácil de interpretar ya que su forma depende únicamente de lo que está pasando en la bomba. Ver figura 9.

- **Dinagrama de superficie:** El dinagrama de superficie es un registro de cargas, sobre la barra pulida para determinar en superficie el comportamiento de la bomba durante cada ciclo de bombeo.
- **Dinagrama de fondo:** Un dinagrama de fondo es un dinagrama de Carga Vs. Posición de la primera varilla por encima de la bomba y es obtenido por medio de la ecuación de onda mediante la cual se construye la carta de fondo de la bomba y se determina la carga sobre los tramos de varilla.

⁶ REY, Blas. Optimización de la operación del sistema de Bombeo Mecánico de la sección 67 de los campos petroleros. Bucaramanga, 2004. Trabajo de Grado(Ingeniería de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas.

Figura 9. Tipos de Dinagramas

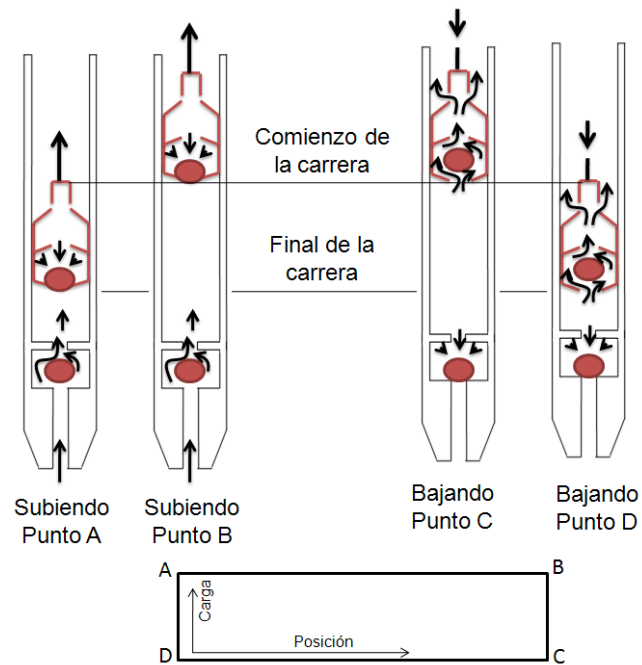


Fuente: NAVARRETE, Juan Carlos y TORRES, Juan Efe. Proyecto de Grado. Rediseño del levantamiento artificial por bombeo mecánico mediante el análisis de dinagramas.

Partes que conforman la carta:

- A. Carrera ascendente
- B. Fin de la carrera ascendente e inicio de la carrera descendente
- C. Carrera descendente
- D. Fin de la carrera descendente e inicio de la carrera ascendente

Figura 10. Dinagrama de Fondo teórico con bomba llena



Fuente: Autores

1.3.4 Problemas en el Sistema de Bombeo Mecánico

En el sistema de Bombeo Mecánico se pueden presentar los siguientes problemas:

- **Golpe de fluidos:** Se puede presentar un golpe de fluido por no poseer un buen nivel en el pozo, es decir que el pistón no se llena en su totalidad y cuando el pistón baja pega un golpe fuerte en el fluido.
- **Perdidas en válvulas:** Cuando el desgaste de una o ambas válvulas ocasiona que no exista un cierre perfecto y se produzca un medio de comunicación entre la columna de fluido el fondo causando que el fluido levantado se regrese.
- **Mal funcionamiento de la válvula viajera:** Otro problema que se presenta con bastante frecuencia es la pérdida de carga debido a fugas en la válvula viajera.

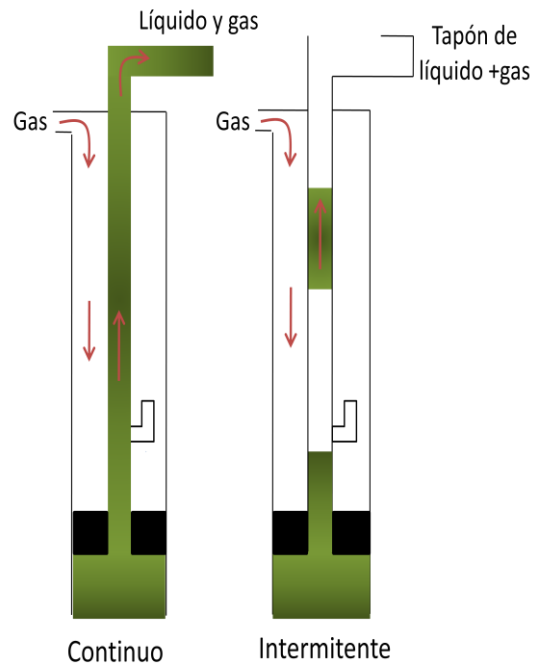
- **Mal funcionamiento de la válvula fija:** De igual manera que la válvula viajera, la válvula fija puede presentar fugas.
- **Golpe de gas:** Se produce debido a que existe gas disuelto por debajo de la succión de la bomba, donde buena parte de la carrera del pistón se ocupa en comprimir gas.
- **Bloqueo o candado de gas:** Se produce cuando la cantidad de gas libre es tal, que la presión que se levanta dentro de ella no alcanza a superar la presión de disolución del gas en el petróleo. De tal manera que al subir el pistón se va a expandir la mezcla del petróleo y gas, al bajar nuevamente se va a comprimir, como si estuviera trabajando un resorte dentro de la bomba.
- **Varilla partida:** Esto ocurre cuando la sarta de varillas se encuentra partida o desconectada.

1.4 GAS LIFT

Este sistema de levantamiento artificial utiliza gas a alta presión en adición al gas de formación, los fluidos producidos con levantados mediante la reducción de la densidad del fluido en el pozo para aligerar la columna hidrostática o la contra presión.

Los dos sistemas básicos de levantamiento con gas lift son levantamiento continuo y levantamiento intermitente.

Figura 11. Esquema de Flujo Continuo e Intermitente



Fuente: Autores

1.4.1 Levantamiento Continuo⁷

El principio de operación de levantamiento continuo es la inyección de gas a través de la más profunda de una serie de válvulas GLVs (Gas Lift Valve) ubicadas a lo largo de la tubería de producción. Este sistema es una prolongación del flujo natural del pozo.

En el levantamiento artificial por gas continuo los mecanismos de levantamiento involucrados son:

- Reducción de la densidad del fluido y del peso de la columna lo que aumenta el diferencial de presión aplicado al área de drenaje del yacimiento.

⁷ESP OIL. Curso Taller "Gas Lift Básico". Ingeniero Ricardo Maggiolo. 2004

- Expansión del gas inyectado la cual empuja a la fase líquida.
- Desplazamiento de tapones de líquido por grandes burbujas de gas.

➤ **Levantamiento continuo tubular**

En este tipo de levantamiento se inyecta gas por el espacio anular existente entre la tubería de producción y la tubería de revestimiento, y se levanta conjuntamente con los fluidos aportados por el yacimiento a través de la tubería de producción.

➤ **Levantamiento continuo anular**

En este tipo de levantamiento se inyecta gas por la tubería de producción y se levanta conjuntamente con los fluidos aportados por el yacimiento a través del espacio anular antes mencionado.

1.4.2 Levantamiento Intermitente⁸

En este levantamiento la inyección ocurre durante un cierto intervalo de tiempo y después se detiene. Después de cierto periodo de tiempo se repite.

En el levantamiento artificial por gas intermitente los mecanismos de levantamiento involucrados son:

- Desplazamiento ascendente de tapones de líquido por la inyección de grandes caudales instantáneos de gas por debajo del tapón de líquido.
- Expansión del gas inyectado la cual empuja al tapón de líquido hacia el cabezal del pozo y de allí a la estación de flujo.

⁸ESP OIL. Op. Cit.

➤ **Levantamiento intermitente convencional**

En este tipo de levantamiento se utiliza el espacio interno de la tubería de producción para el almacenamiento de los fluidos aportados por la formación y el gas desplaza directamente al tapón de líquido en contra de la gravedad. Normalmente se utiliza cuando la presión estática del yacimiento y/o el índice de productividad alcanza valores bajos (aproximadamente P_{ws} menores de los 150 psi por cada 1000 pies e índices menores de 0,3 bpd/psi).

➤ **Levantamiento intermitente con cámara de acumulación (ChamberLift)**

En este tipo de levantamiento se utiliza el espacio anular entre el revestidor de producción y la tubería de producción para el almacenamiento de los fluidos aportados por la formación y el gas desplaza directamente al tapón de líquido inicialmente a favor de la gravedad y posteriormente en contra de dicha fuerza. Normalmente se utiliza cuando la presión estática del yacimiento alcanza valores muy bajos, de tal magnitud (aproximadamente menores de los 100 psi por cada 1000 pies) que con el intermitente convencional el tapón formado sería muy pequeño y por lo tanto la producción sería casi nula.

➤ **Levantamiento intermitente con pistón metálico (PlungerLift)**

En este tipo de levantamiento se utiliza el espacio interno de la tubería de producción para el almacenamiento de los fluidos aportados por la formación y el gas desplaza directamente un pistón metálico que sirve de interfase sólida entre el gas inyectado y el tapón de líquido a levantar. Se utiliza para minimizar el resbalamiento de líquido durante el levantamiento del tapón.

1.4.3 Rangos de Aplicación

El levantamiento artificial por gas se aplica en pozos que producen crudo liviano-mediano.

Levantamiento Continúo: Se utiliza en pozos con alta a mediana energía (presiones estáticas mayores a 150psi/1000pies) y de alta a mediana productividad (preferentemente índices de productividad mayores a 0,5bpd/psi) capaces de aportar altas tasas de producción (mayores de 200 bpd). La profundidad de inyección dependerá de la presión de gas disponible a nivel de pozo.

Levantamiento Intermitente: Se aplica en pozos de mediana a baja energía (presiones estáticas menores a 150psi/1000pies) y de mediana a baja productividad (índices de productividad menores a 0,3 bpd/psi) que no son capaces de aportar altas tasas de producción (menores de 100 bpd).

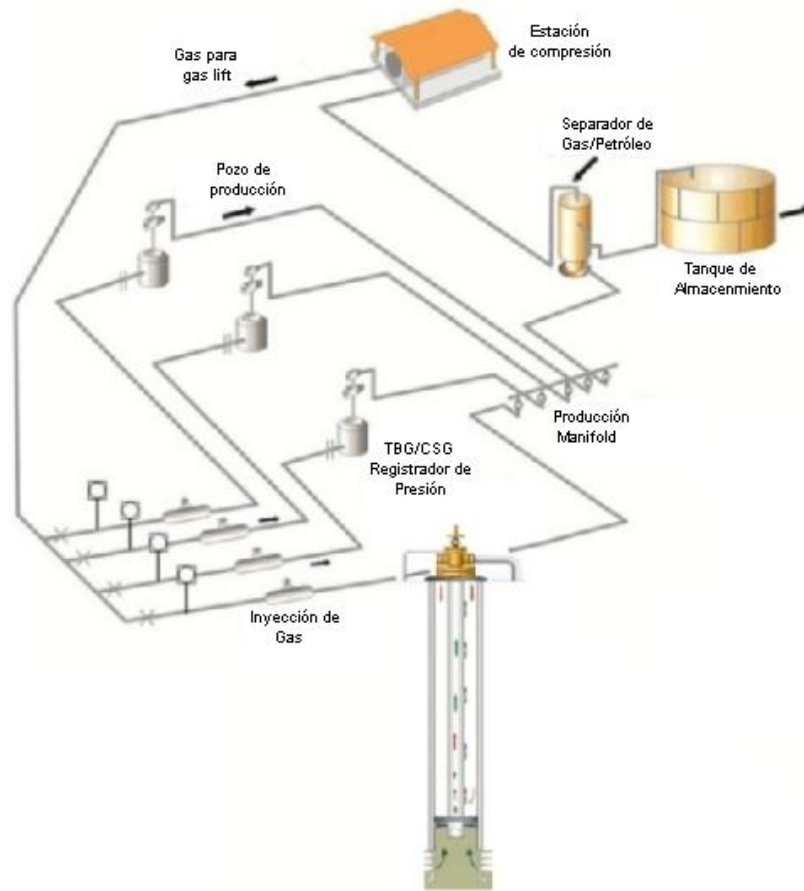
1.4.4 Componentes del Sistema de Gas Lift

El esquema típico de gas lift se puede observar en la Figura 12.

1.4.4.1 Equipo de superficie

- Ensamble de la cabeza del pozo
- Choque (para flujo continuo)
- Choque con control en el ciclo de tiempo (para flujo intermitente)
- Compresores
- Separado

Figura 12.Diagrama típico del Sistema de Gas Lift



Fuente: RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Proyecto de Grado. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales. 2010.

1.4.4.2 Equipo de subsuelo

- **Mandriles de Gas Lift:** Son una sección de tubo que posee una forma geométrica tal, que permite albergar la válvula y mantenerla protegida. Esta se constituye de n tramo más de tubería de producción y permite que no se altere la continuidad de la misma, por la presencia de la válvula.

- **Válvulas de Gas Lift:** Por su funcionalidad, una válvula de Gas Lift es básicamente un regulador de presión de fondo de pozo.

- **Empaque de Subsuelo**

1.4.5 Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Bajo costo operacional
- Sistema seguro de operar
- Flexibilidad en el cambio de caudales mediante ajustes a las tasas de inyección y/o presiones
- Fácil de cambiar las válvulas sin sacar la tubería
- Maneja altos volúmenes de producción (35.000 bpd)
- Bueno para pozos con arena

Desventajas:

- Ineficiente en sistemas de bajo volumen, debido a los costos capitales de compresión y tratamiento de gas
- Necesita una fuente de suministro de gas
- Si el gas es corrosivo, requiere tratamiento
- Limitada por la presión de yacimiento disponible
- Dificultad para manejar crudos pesados y viscosos o emulsionados
- Necesidad de revestimiento y tubería de producción muy fuertes debido a las altas presiones de gas en el anular

1.4.6 Problemas en el Sistema de Gas Lift

Una variedad de problemas pueden impactar el desempeño de los pozos de gas lift. Estos problemas son frecuentemente clasificados ya sea como, problemas de entrada, problemas de salida o problemas de downhole.

➤ Problemas de entrada

Incluye condiciones que inhiben u obstruyen la inyección del gas dentro del pozo.

- Tamaño del choque muy grande
- Tamaño del choque muy pequeño
- Bajos volúmenes de gas
- Volumen excesivo de gas

➤ Problemas de salida

Incluye condiciones de aguas debajo de la cabeza del pozo que perjudica la habilidad para fluir el pozo.

- Líneas de flujo pequeñas
- Alta contrapresión
- Alta presión de operación del separador

2. MONITOREO EN TIEMPO REAL

A través del monitoreo es posible controlar de forma remota y controlar la producción de los pozos para garantizar la producción máxima, el mínimo costo de operación y extender la vida de uso del equipo.

El objetivo de la automatización consiste de la integración de todos los pasos necesarios para optimizar un pozo a través de técnicas de control avanzadas que comprende tres módulos:

- a) Adquisición de los datos (Instrumentación de campos y sistema de adquisición)
- b) Procesamiento de datos en tiempo real y emisión de recomendaciones
- c) Variables de control de todo el campo, permitiendo la aplicación de las recomendaciones obtenidas en b).

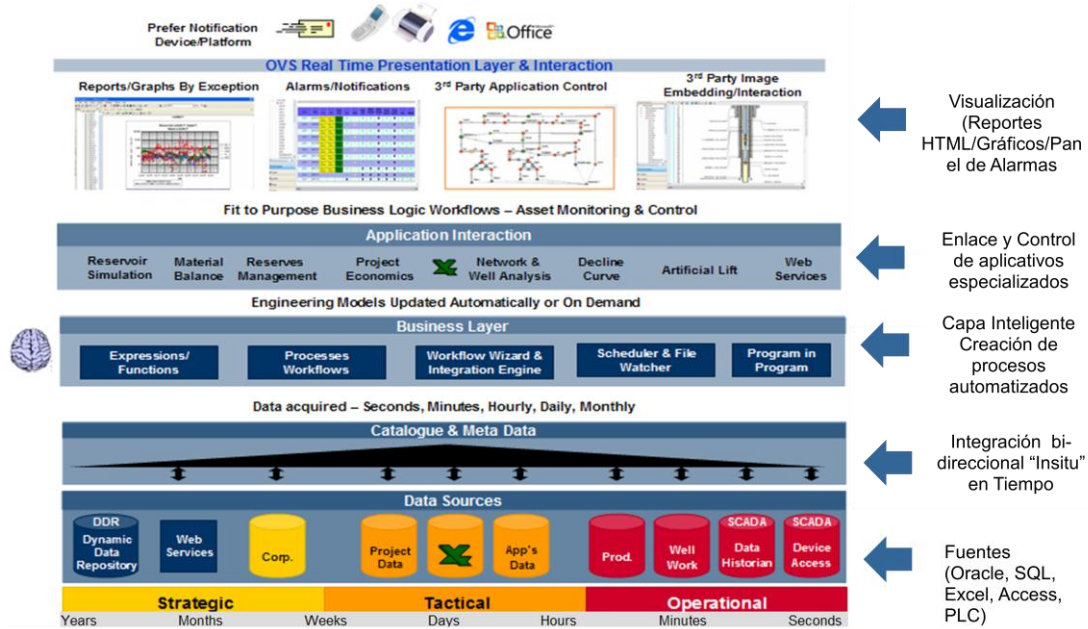
Esta automatización es llevada a cabo por medio del monitoreo en tiempo real, que como su nombre lo indica arroja los valores de las variables medidas en el mismo instante de ser leídas.

En la figura 13, se muestra la arquitectura general de una plataforma utilizada en el diseño de una automatización.

Para mejorar el entendimiento de esto se puede mencionar el siguiente ejemplo: considerar un carro viajando desde el pueblo A hacia el pueblo B. Suponiendo que se desea conocer la velocidad del carro, habiendo un número de maneras para ser determinada:

- Si se conoce la distancia desde A hasta B se puede calcular la velocidad basada en el tiempo en cubrir la distancia (equivalente a la velocidad promedio).

Figura 13. Arquitectura General de la Plataforma



Fuente: Presentación "Ejemplo". Ingeniero Alfonso Wilches Tapias.

- Una cámara de velocidad de policía puede ser usada para determinar la velocidad del vehículo (velocidad instantánea).
- Usando un sofisticado computador abordo se podría calcular la velocidad del vehículo basado en el consumo de combustible.

La verdad es que ninguno de estos métodos es requerido por que existe un simple dispositivo llamado velocímetro, el cual nos da la indicación en tiempo real de la velocidad en cualquier punto en el tiempo. El principio de esto, es que si se desea conocer algo que puede ser medido directamente, entonces se mide, de esto se trata el monitoreo en tiempo real de conocer exactamente el valor de unas variables para determinar los problemas que están ocurriendo en los pozos.

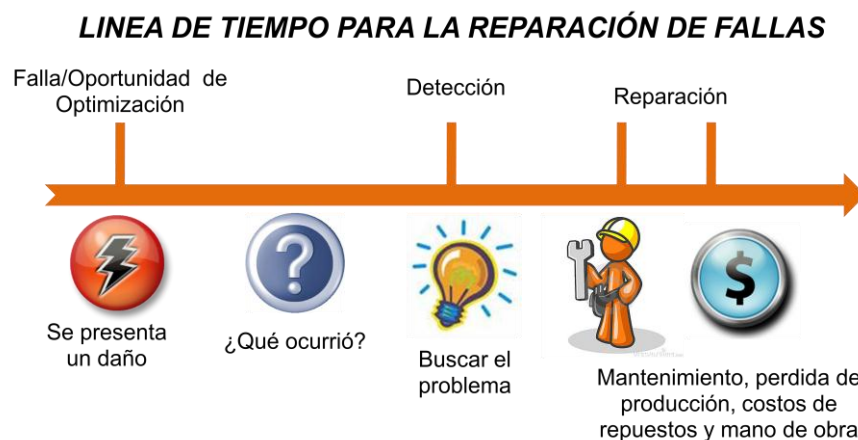
La clave para el monitoreo exitoso es conocer cuales parámetros se deben medir y cómo interpretar correctamente los datos obtenidos con el fin de realizar un efectivo diagnóstico e interpretación del sistema de levantamiento artificial.

En un Campo no Automatizado se pueden encontrar las siguientes condiciones típicas:

- Largos tiempo de detención de fallas
- Pozos en aparente funcionamiento normal pero sin producción o disminuyendo
- Largos periodos de tiempo para las medidas de los pozos
- Largos periodos de tiempo para las pruebas de pozo

En estos tipos de campos estos largos periodos de tiempo en detectar y reparar las fallas que se presentan y esto puede representar una pérdida de dinero.

Figura 14. Línea de tiempo real para la reparación de fallas



Fuente: Autores

Sumado a esto está la carga de trabajo de los ingenieros de producción en la industria que en algunos campos un operador podría visitar un pozo solo cada 24

horas y si llega a ocurrir una falla en la mitad del periodo de tiempo serian 12 horas más de tiempo de detección y hay pérdida de producción y dinero.

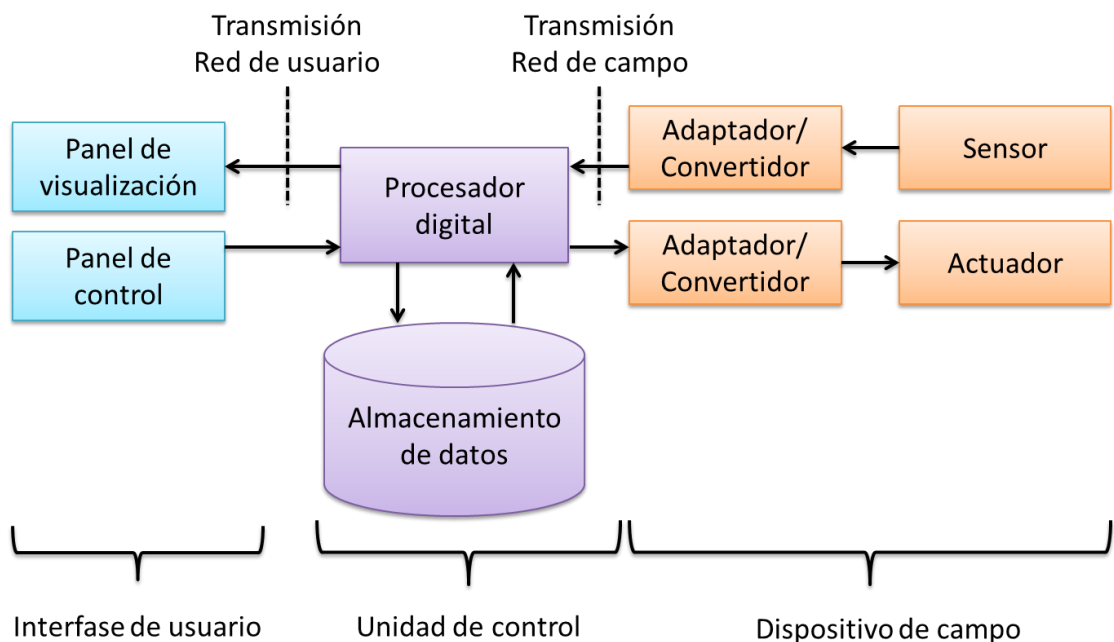
Analizando estas condiciones aparece el verdadero enfoque de la Automatización de los campos de producción los cuales son:

- Llevar la Información de campo al escritorio del ingeniero.
- Procesar la Información para análisis y diagnósticos rápidos y efectivos.
- Disminuir el tiempo del ingeniero en campo para aumentar el tiempo en la oficina para optimización.

2.1 ADQUISICIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL

El esquema básico de un sistema de Adquisición, supervisión y control se muestra en la siguiente imagen:

Figura 15. Esquema básico de un sistema de Adquisición, supervisión y control



Fuente: Presentación "Introducción a SCADA".

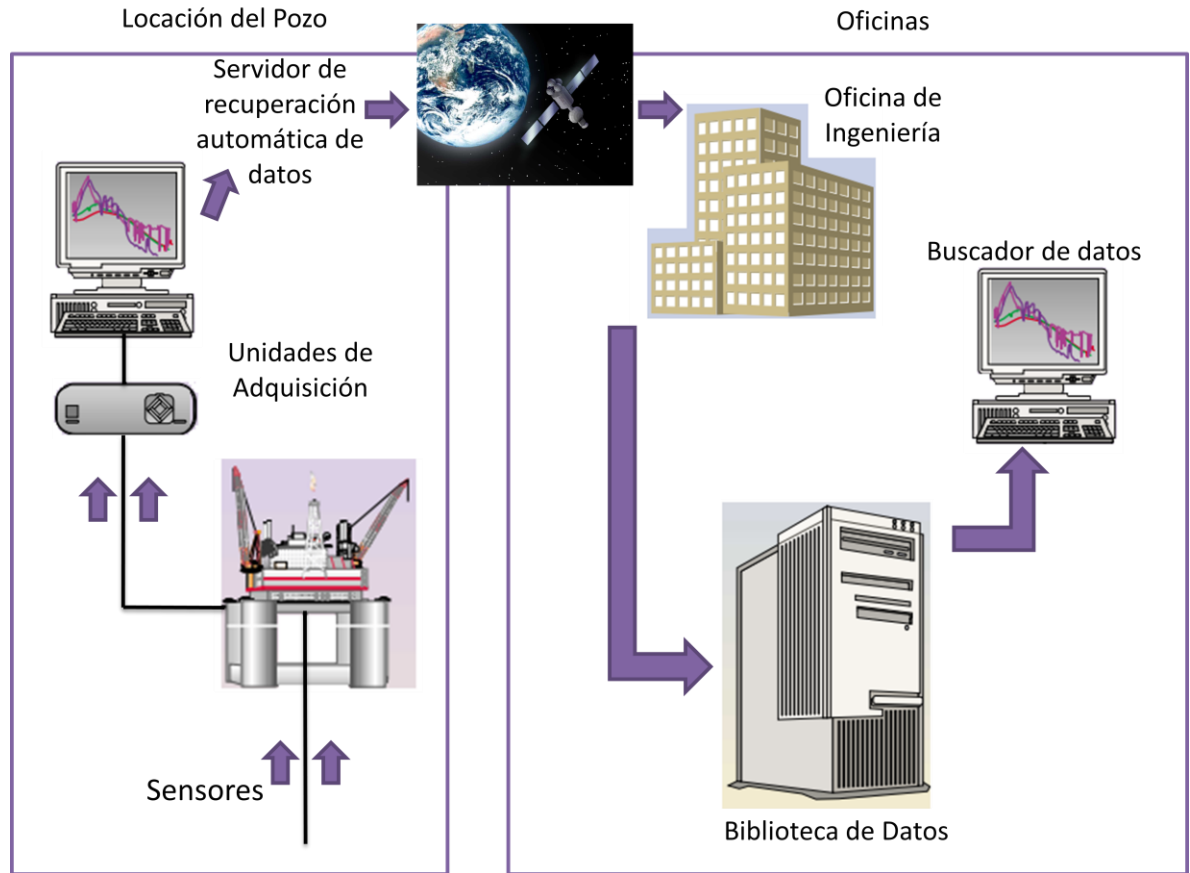
- **Adquisición de datos:** Para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- **Supervisión:** para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Control:** para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- **Transmisión:** de información con dispositivos de campo y otros pc.
- **Base de datos:** Gestión de datos con bajos tiempos de acceso.
- **Presentación:** Representación gráfica de los datos.
- **Explotación:** De los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

2.2 FLUJO DE INFORMACIÓN

Las mediciones se transmiten desde el dispositivo instalado desde el fondo del pozo hasta superficie mediante el cable. La unidad de adquisición de datos en la superficie puede enviar datos por medio de satélite a las oficinas de ingeniería, donde se almacenan los datos en una biblioteca para facilitar el acceso a los mismos.

Con el monitoreo en tiempo real, se dispone de un enorme volumen de información proveniente de los sensores de fondo de pozo para asegurar el desempeño óptimo de las bombas. Hoy en día, la mayoría de los métodos de vigilancia rutinaria de las bombas utilizan los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés). No obstante, las capacidades de los sistemas SCADA oscilan entre muy limitadas y extensivas, difiriendo entre un campo y otro. Estas deficiencias en lo que respecta a capacidad plantean desafíos a los operadores y proveedores de servicios que desean explotar los sistemas modernos de vigilancia rutinaria de las operaciones de levantamiento artificial.

Figura 16. Diagrama de flujo de información



Fuente: Modificado de <http://www.slb.com>

Los datos deben ser entregados a los especialistas que correspondan en forma oportuna y segura a fin de pasar de un enfoque reactivo a una secuencia de tareas preventivas y predictivas. Las comunicaciones bilaterales seguras permiten la transmisión de datos de pozos e instrucciones remotas del personal especialista en levantamiento artificial a la bomba.

La automatización de los pozos, incorpora alarmas y alertas, que se regulan de acuerdo con valores umbrales definidos por el usuario, para notificar el equipo de producción problemas potenciales incluyendo una indicación de la severidad del problema.

2.3 SENSORES DE FONDO

Desde el punto de vista de confiabilidad, los sensores instalados en forma permanente en el fondo de los pozos de petróleo y de gas son similares a los satélites de comunicaciones comerciales. Existen también otras industrias, como por ejemplo la industria automotriz, que se enfrentan a los mismos desafíos de confiabilidad. Cada sistema debe funcionar durante un tiempo considerable bajo condiciones ambientales muy adversas. Una vez instalados, habitualmente los dispositivos no se reparan, ni se reemplazan o se recuperan. Es probable que algunas de sus partes no regresen nunca a la superficie para ser sometidas a un análisis de laboratorio y tratar de averiguar el origen de la falla; por otra parte, resulta difícil determinar qué falló sin poder extraer y examinar el dispositivo que tuvo problemas en su funcionamiento.⁹

Frente a estos desafíos, por lo general, se incluyen componentes redundantes con la esperanza de que si una parte falla, su duplicado pueda funcionar. Si se utiliza en forma adecuada, los diseños redundantes pueden incrementar el grado de confiabilidad en forma considerable. No obstante, tanto en los sensores de fondo como en los satélites, los componentes de repuesto ocupan un valioso espacio que, de por sí, resulta limitado y consume demasiada energía. La especificación de los componentes de repuesto debe tender a evitar los tipos de falla habituales. Por ejemplo, si se sabe que un determinado componente es proclive a fallar en un determinado ambiente, su repuesto debería estar construido con otro material, de manera que el nuevo no falle bajo las mismas condiciones.

Además de fabricar equipos de fondo de instalación permanente de larga duración, los ingenieros y los diseñadores trabajan en forma conjunta para hacer frente a las complejidades de la instalación de los equipos y de las condiciones en la locación del

⁹Página Web: <http://www.slb.com>

pozo. Para garantizar confiabilidad resulta esencial contar con ingenieros de campo competentes y equipos resistentes.

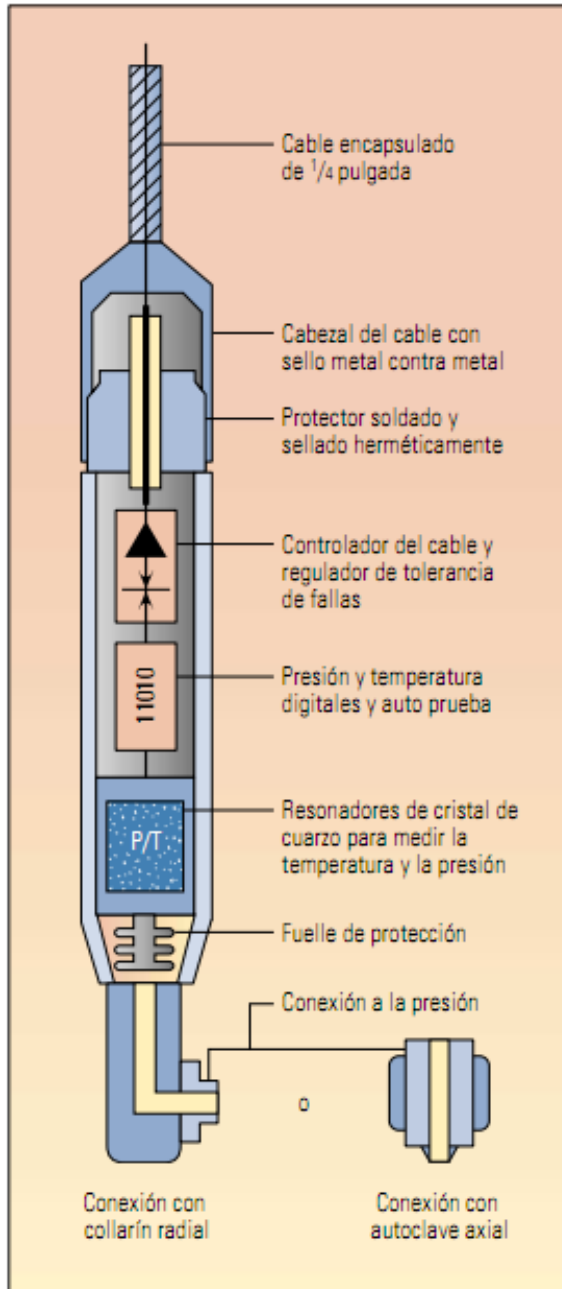
En la instalación de un sistema de monitoreo, es importante que los operarios de campo cuenten con las herramientas adecuadas, que garanticen la consistencia de la operación, en especial cuando se encuentran en sitios remotos. Si se logra simplificar al máximo el proceso de instalación, también se aumenta la probabilidad del éxito de la operación. Las fallas tempranas en los sistemas de monitoreo permanente disminuyen cuando un grupo de trabajo bien entrenado realiza la instalación con herramientas que conoce a la perfección.

En la figura 17 se muestra una sonda de presión, que mide presión y temperatura.

En la figura 18, se muestra un sistema de vigilancia rutinaria en una bomba electrosumergible, pero este sistema también puede ser usado en diferentes sistemas de levantamiento. Los datos de temperatura, presión, vibración medidos por los sensores de fondo de pozo y registrados por un panel de superficie integrado (ISP, por sus siglas en inglés). La capacidad para tratar estos datos y transformarlos en información conducirá a una nueva generación de instrumentación y aplicaciones.

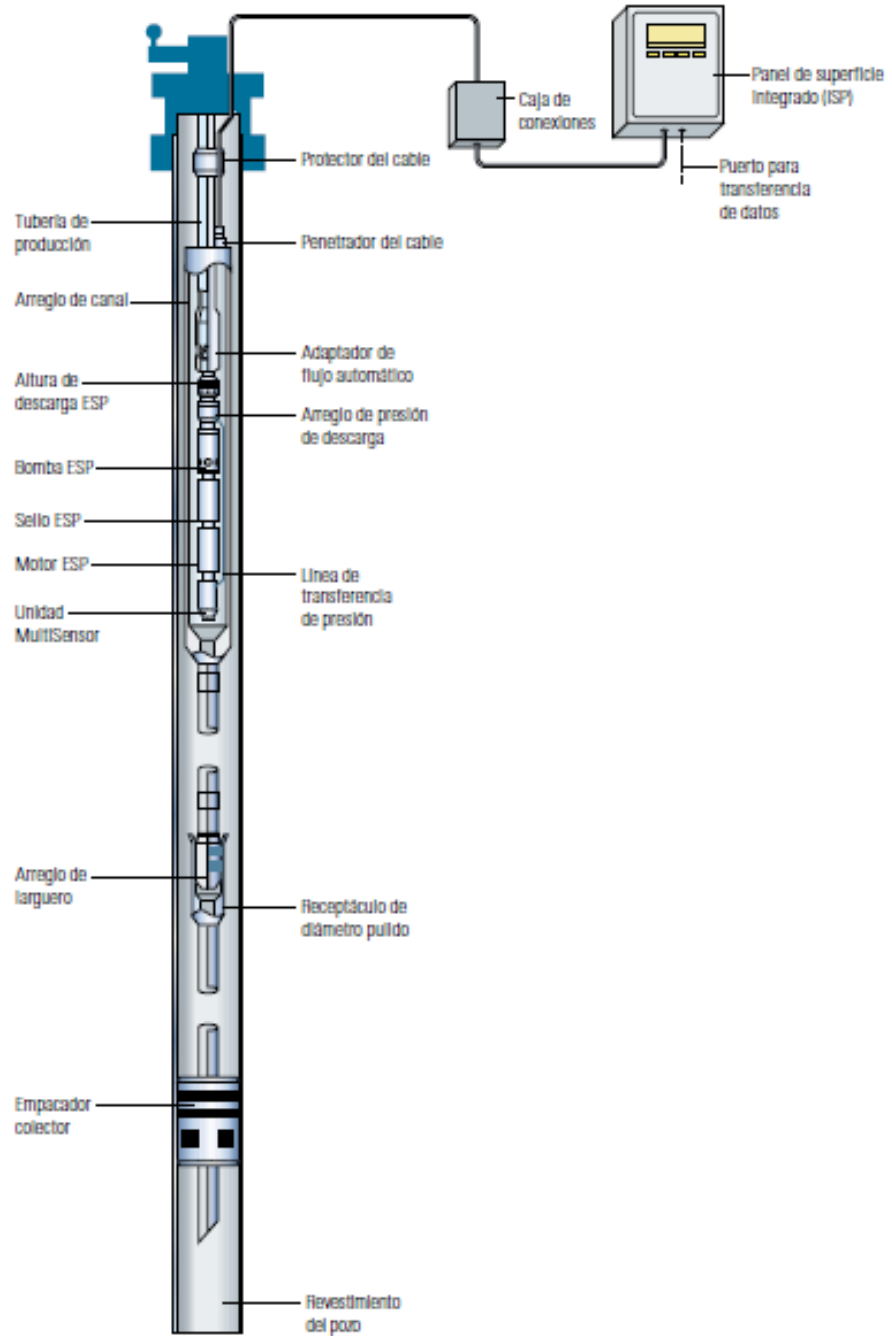
En la figura 19, se muestra el sistema de vigilancia en un sistema de bombeo mecánico.

Figura 17.Sonda de Presión



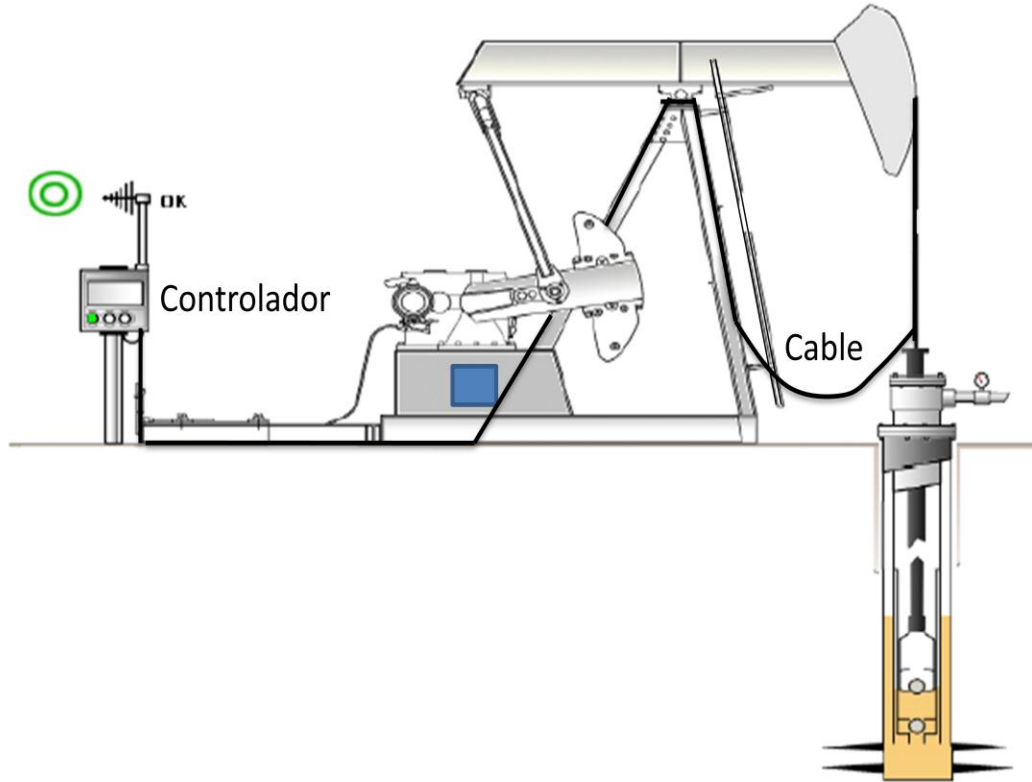
Fuente: <http://www.slb.com>

Figura 18. Sistema de vigilancia en una bomba electrosumergible



Fuente: <http://www.slb.com>

Figura 19. Sistema de vigilancia de un sistema de bombeo mecánico



Fuente: Presentación: Automatización de Unidades de Bombeo. INDEQUIPOS S.A

3. METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DE POSIBLES PROBLEMAS EN LOS SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

La metodología de diagnóstico planteada consiste de cuatro pasos básicos para poder determinar el problema. Los pasos son enumerados a continuación:

Paso 1. Antes de realizar el diagnóstico de los problemas es necesario determinar las variables para poder realizar con su determinado comportamiento dicho diagnóstico.

Cada una de estas variables dependerá del sistema de levantamiento artificial que está siendo usado, en este caso, de si es bombeo mecánico, bombeo electrosumergible, bombeo por cavidades progresivas o gas lift. Dichas variables serán mencionadas más adelante con su correspondiente comportamiento.

Estas variables no son escogidas al azar, ni tampoco son las variables usadas para realizar el diseño del sistema de levantamiento, ya que los dispositivos (sensores), están diseñados para captar el comportamiento de unas variables específicas. Por esto, en cada sistema de levantamiento las variables automatizadas varían.

Paso 2. Los dispositivos instalados leerán el valor de cada variable en tiempo real, por lo tanto, se tendrá una gran cantidad de datos que deberán ser ordenados, para mejorar su entendimiento.

Paso 3. Es necesario tener en cuenta un valor de referencia para cada variable que permita determinar en qué momento esta se comporta de forma anómala, éste valor de referencia es determinado al inicio de operación de la bomba, cuando los sensores instalados muestran el comportamiento normal o ideal del bombeo.

Paso 4. Cada dato es graficado de tal manera que se pueda observar en qué momento ha empezado a actuar de forma diferente, es decir, ha dejado de ser el valor de referencia. En este caso este gráfico sería de cada variable contra el tiempo, para saber con certeza si estas variables, aumentan, disminuyen o se mantienen constantes.

Paso 5. Teniendo en claro, el comportamiento de cada variable se procede a determinar cuál es el problema que está afectando el sistema.

Figura 20. Metodología de Diagnóstico



Fuente: Autores

3.1 METODOLOGIA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

El primer paso de la metodología es determinar las variables que permitan diagnosticar el problema. En el sistema de bombeo electrosumergible las variables medidas y estudiadas son:

- PIP (Presión a la entrada de la bomba)
- WHP (Presión en cabeza)
- T_m (Temperatura del motor)
- i (Corriente)
- V (Voltaje)
- F (Frecuencia)
- Vibración

En todos los pozos, no se tienen instalados todos los sensores que midan cada variable, como tampoco es necesario conocer el comportamiento de todas estas variables para realizar un diagnóstico, ya que algunas simplemente permanecen constantes, o no son significativas al momento de realizar el diagnóstico.

En la tabla 1, se observa el comportamiento de las variables que permiten diagnosticar cada problema.

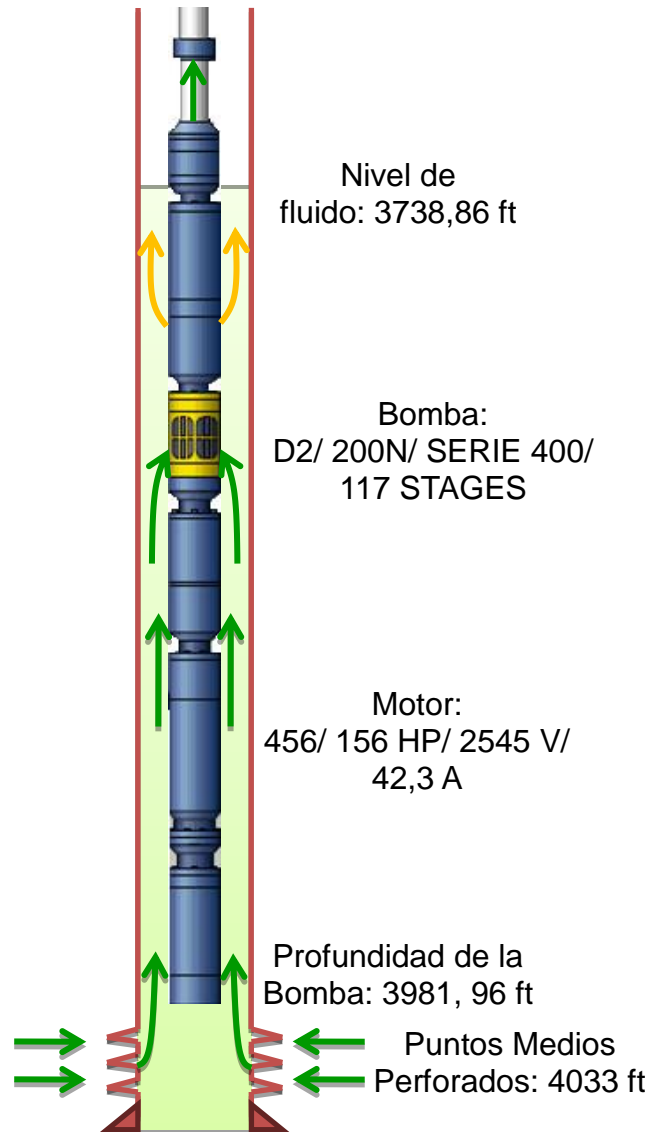
Tabla 1. Comportamiento de las Variables medidas en ESP

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES	POSIBLES PROBLEMAS
Aumento en la Presión Intake Frecuencia constante Aumento en la Temperatura Intake Fuertes caídas de corriente	<ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo por gas
Aumento de vibración Aumento en la Presión Intake Aumento en la Temperatura del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de sólidos
Aumento en la Temperatura Intake Aumento en la Temperatura del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Fluidos bombeados son circulados nuevamente hacia la entrada de la bomba a través de una fuga en la tubería de producción.

3.1.1 CASO 1. Bloqueo de gas

La figura 21 y la tabla 2, describen la bomba de este primer caso, en donde la bomba se encuentra bloqueada por gas.

Figura 21. Descripción de la bomba Caso 1. Bloqueo de gas



Fuente: Autores

En este caso los sensores median la presión en cabeza (WHP), la frecuencia, la temperatura del motor, la presión a la entrada de la bomba, la corriente y el voltaje. Cada uno de estos valores fue tabulado y ordenado como se muestra en la tabla 3.

Tabla 2. Descripción de la bomba Caso 1. Bloqueo de gas

Profundidad de la bomba	3981,96ft
Puntos medios perforados	4033,00ft
Q	750,00bls
Ps	1600,00Psi
Indice de Productividad	0,50BlS/Psi
THP	80,00Psi
Pwf	100,00Psi
Gravedad Específica	0,85
Columna de fluido desde MP	271,75ft
Nivel de fluido	3710,21ft
Plev	1365,30Psi
Cabeza dinámica	1445,30Psi
Cabeza dinámica	3927,61ft
Pies por stage	35,00
Stages	112,22
Potencia por stage	0,52HP
Potencia requerida	58,35HP
Voltaje	480 Voltios
HP	21,69607773HP
Corriente	30,41942191 Amperios
Motor	456/165 HP/2545 V/ 42,3 A P/N 100316728
Bomba	D2/200 N/SERIE 400/117 STAGES P/N 100258697

Tabla 3. Tabulación de datos Caso 1. Bloqueo de gas

	WHP (PSI)	Frecuencia (Hz)	Tm (°F)	PIP (PSI)	Corriente (Amp)	Voltaje (V)
25/feb/2005 14:11	80	55	172,3	1718,0	33,84	421,666667
25/feb/2005 14:16	80	55	172,9	1719,0	33,84	421,666667
25/feb/2005 14:21	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
25/feb/2005 14:26	80	55	174,0	1717,4	33,84	421,666667
25/feb/2005 14:31	80	55	174,7	1718,0	33,84	421,666667

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 1.

En el caso 1, la bomba se encontraba trabajando normalmente los días 25 y 26 de febrero y los valores de operación eran los mostrados en la tabla 3. El comportamiento se ve reflejado en la figura 22, que muestran que estas variables estuvieron constantes este periodo de tiempo.

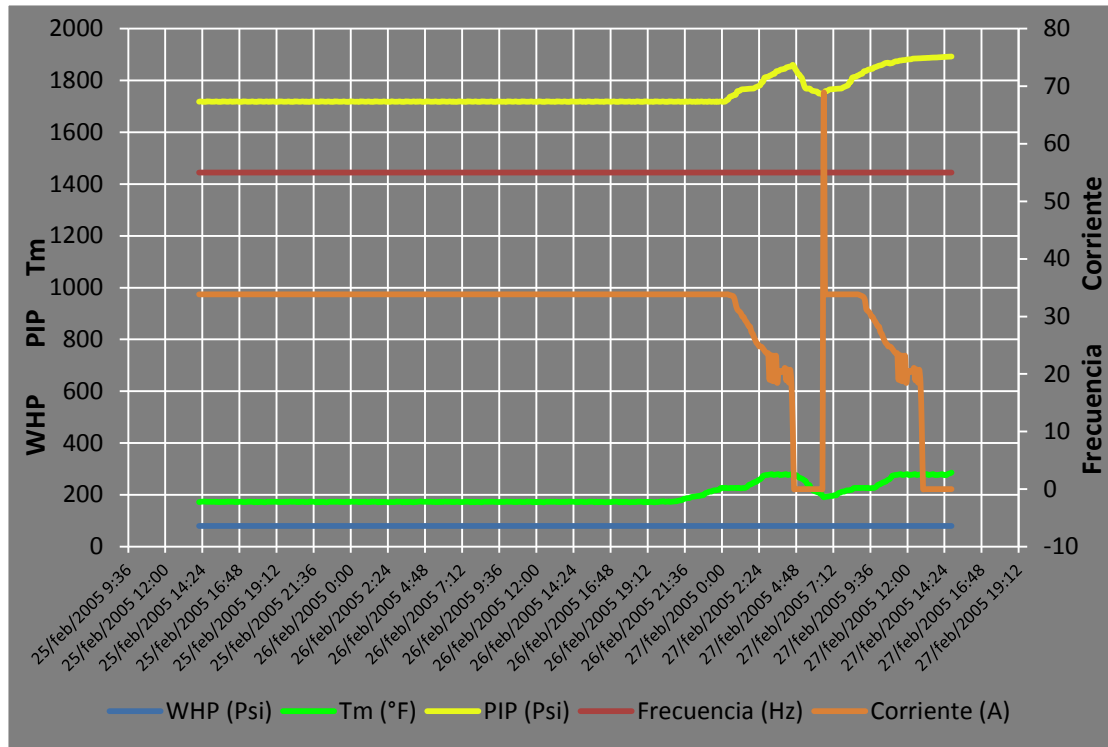
Tabla 4. Valores de referencia Caso 1. Bloqueo de gas

VARIABLE	VALOR
WHP	80 Psi
Frecuencia	55 Hz
Tm	Aproximadamente 173°F
PIP	Aproximadamente 1718 Psi
Corriente	33,84 Amperios
Voltaje	421,6 Voltios

El 27 de febrero, la gráfica empieza a reflejar un comportamiento poco normal de algunas de las variables, la presión de entrada y la temperatura aumentan y la corriente cae, lo que hace pensar que hay algún problema, por lo cual se debe empezar a hacer el respectivo análisis, para obtener el diagnóstico del problema que en este caso es un bloqueo por gas.

Al entrar gas a la bomba, este se mezcla con el fluido de producción disminuyendo su gravedad específica, lo cual a su vez reduce la presión de levantamiento. Debido a que el gas toma el lugar del fluido en la bomba, el nivel de dicho fluido aumenta en el pozo, incrementando la Presión a la entrada de la bomba (PIP) aproximadamente en 140 Psi (valor inicial 1718 y valor de pico final 1860,4) y a su vez la Presión de fondo fluyendo (Pwf).

Figura 22. Comportamiento de las variables Caso 1. Bloqueo de gas



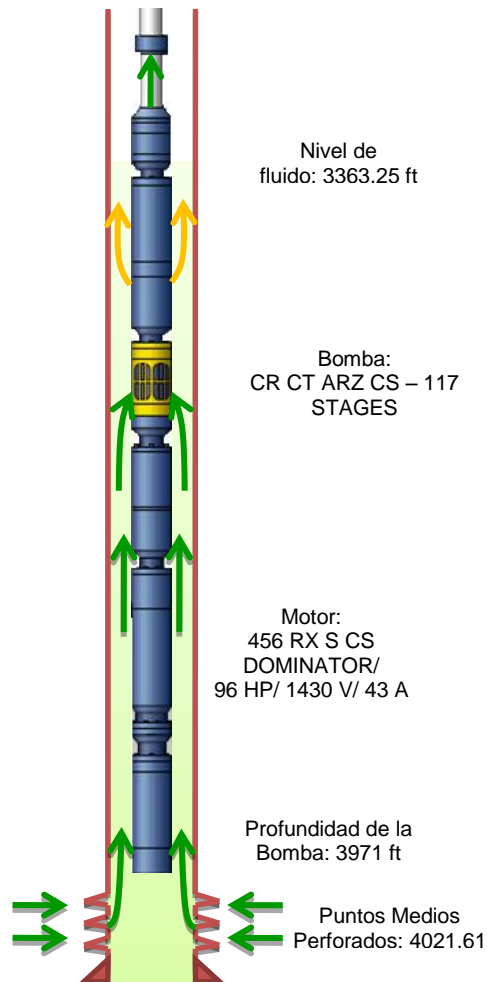
El incremento en la P_{wf} , genera una reducción en el caudal. Teniendo en cuenta que el fluido refrigerante del motor es el fluido de producción y que el caudal es una variable directamente proporcional a la velocidad del fluido, esta reducción en el caudal hace que la temperatura del motor se eleve pasando de 173 °F a un valor máximo de 280 °F.

Como el gas está reemplazando al fluido en la bomba, el esfuerzo que tiene que hacer el motor es mucho menor y por ende la corriente que necesita va disminuyendo, en algunos casos hasta llegar al Underload (valor mínimo de corriente que necesita el motor para trabajar) causando que el motor se apague.

3.1.2 CASO 2. Presencia de sólidos

La figura 23 y la tabla 5 describen la bomba, que en este caso se encuentra bloqueado por sólidos.

Figura 23. Descripción de la bomba Caso 2. Presencia de sólidos



Fuente: Autores

En este caso los sensores median la presión en la entrada de la bomba, la temperatura del motor, la vibración y la corriente. Los valores tabulados se muestran en la tabla 6.

Tabla 5. Descripción de la bomba Caso 2. Presencia de sólidos

Profundidad de la bomba	3971,00 ft
Puntos medios perforados	4021,61 ft
Q	600,00 bls
Ps	1450,00 Psi
Indice de Productividad	0,50 Bls/Psi
THP	90,00 Psi
Pwf	250,00 Psi
Gravedad Específica	0,95
Columna de fluido desde MP	607,75 ft
Nivel de fluido	3363,25 ft
Plev	1383,47 Psi
Cabeza dinámica	1473,47 Psi
Cabeza dinámica	3582,04 ft
Pies por stage	30,00
Stages	119,40
Potencia por stage	0,52 HP
Potencia requerida	62,09 HP
Voltaje	480 Voltios
HP	15,82970821 HP
Corriente	22,19436061 Amperios
Motor	456 RX S CS DOMINATOR/96 HP/1430 V/43 A
Bomba	CR CT ARZ CS - 117 STAGES

Tabla 6. Tabulación de datos Caso 2. Presencia de sólidos

	Tm (°F)	PIP (Psi*10)	Corriente (Amp)	Vibración (g)
22/jun/2005 14:16	150,8	143,662389	22,1943606	1,5
22/jun/2005 14:21	151,34	145,113524	22,1943606	1,2
22/jun/2005 14:26	149	143,662389	22,1943606	2,1
22/jun/2005 14:31	153,32	143,662389	22,1943606	1,4
22/jun/2005 14:36	150,98	142,211254	22,1943606	2,3
22/jun/2005 14:41	152,24	145,113524	22,1943606	1,1
22/jun/2005 14:46	149	142,211254	22,1943606	2

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 2.

La bomba se encontraba trabajando normalmente el día 22 de Junio, pero el día 23 en la madrugada los sensores empezaron a registrar un comportamiento anómalo en todas las variables anteriormente mencionadas. Los valores a los cuales la bomba se encontraba en operación normal se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de referencia Caso 2. Presencia de sólidos

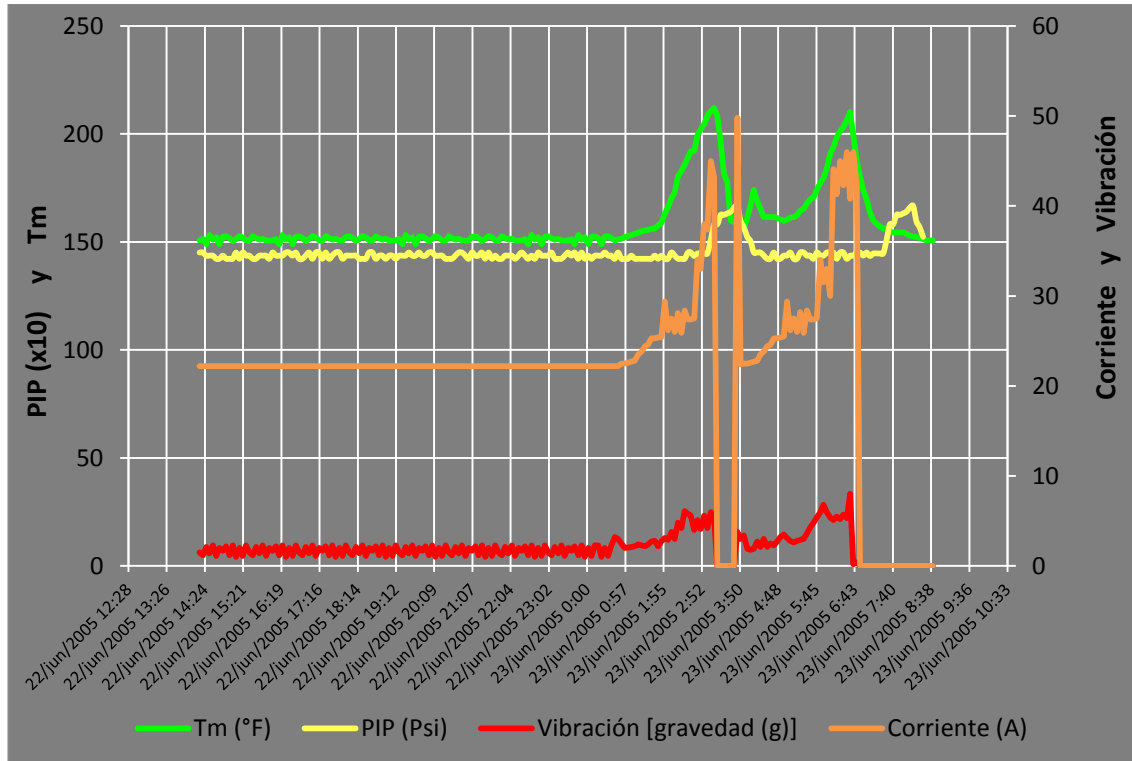
VARIABLE	VALOR
Tm	Aproximadamente 151°F
PIP	Aproximadamente 1421, 1 Psi
Corriente	22,19 Amperios
Vibración	Entre 1,1 y 2,3 g

En este caso, la presencia de sólidos en la bomba restringe el paso del fluido, lo cual genera un aumento en el nivel de la columna de fluido del pozo, esto deriva en un incremento de la PIP (de 1421,1 Psi a 1667,3 Psi). Además esta restricción del paso del fluido por el sistema evita la refrigeración adecuada del motor haciendo que la temperatura de este aumente (de 150 °F a 212 °F), como se muestra en la figura 24.

Al estar obstruido el paso del fluido, el motor requiere un mayor esfuerzo que se ve reflejado en el aumento de la corriente. Cuando la corriente llega al límite máximo establecido para el motor de este diseño, se apaga para evitar posibles daños en el mismo.

Tanto el aumento en la temperatura como la del esfuerzo del motor, causan a su vez un aumento en la vibración la cual se refleja en valores que van hasta 8 g ($g = 32 \text{ ft/s}^2$). Esta alta lectura de vibración puede resultar en un desgaste prematuro de la bomba.

Figura 24. Comportamiento de las variables Caso 2. Presencia de sólidos

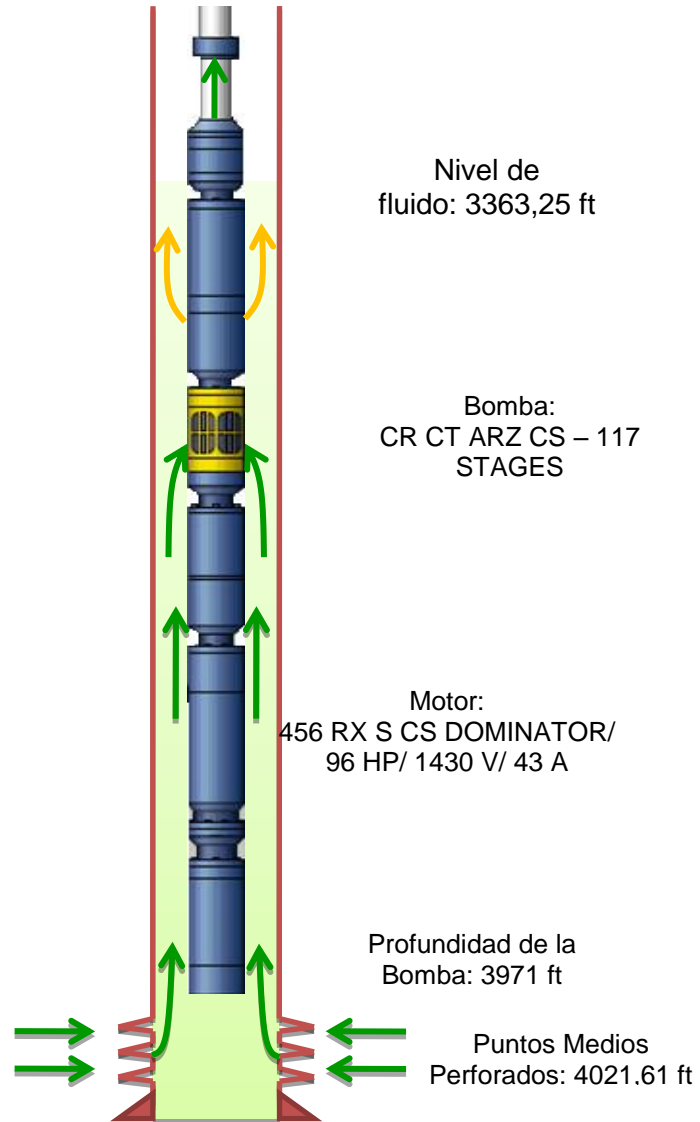


3.1.3 Caso 3. Recirculación

La figura 25 y la tabla 8 describen la bomba en este caso en que los fluidos están recirculando a través del sistema.

En este caso las variables medidas son la presión a la entrada de la bomba, la temperatura del motor y la corriente. Los datos se tabularon como se muestra en la tabla 9.

Figura 25. Descripción de la bomba Caso 3. Recirculación



Fuente: Autores

Tabla 8. Descripción de la bomba Caso 3. Recirculación

Profundidad de la bomba	3971,00 ft
Puntos medios perforados	4021,61 ft
Q	600,00 bls
Ps	1450,00 Psi
Indice de Productividad	0,50 Bls/Psi
THP	90,00 Psi
Pwf	250,00 Psi
Gravedad Específica	0,95
Columna de fluido desde MP	607,75 ft
Nivel de fluido	3363,25 ft
Plev	1383,47 Psi
Cabeza dinámica	1473,47 Psi
Cabeza dinámica	3582,04 ft
Pies por stage	30,00
Stages	119,40
Potencia por stage	0,52 HP
Potencia requerida	62,09 HP
Voltaje	480 Voltios
HP	15,82970821 HP
Corriente	22,19436061 Amperios
Motor	456 RX S CS DOMINATOR/96 HP/1430 V/43 A
Bomba	CR CT ARZ CS - 117 STAGES

Tabla 9. Tabulación de datos Caso 3. Recirculación

	Tm(°F)	PI (Psi*10)	Corriente
03/sep/2007 14:16	154,4	143,662389	24,45
03/sep/2007 14:21	154,4	143,662389	24,45
03/sep/2007 14:26	154,4	142,211254	24,45
03/sep/2007 14:31	154,4	143,662389	24,45
03/sep/2007 14:36	152,6	143,662389	24,45
03/sep/2007 14:41	152,6	143,662389	24,45
03/sep/2007 14:46	154,4	142,211254	24,45

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 3.

En este caso la gráfica muestra un comportamiento fuera de lo normal de las variables medidas el día 3 de septiembre. La corriente cae, y la presión en la entrada de la bomba y la temperatura del motor aumentan y tienden a estabilizarse. Los valores de las variables en que la bomba trabajaba normalmente como se ve en la siguiente tabla:

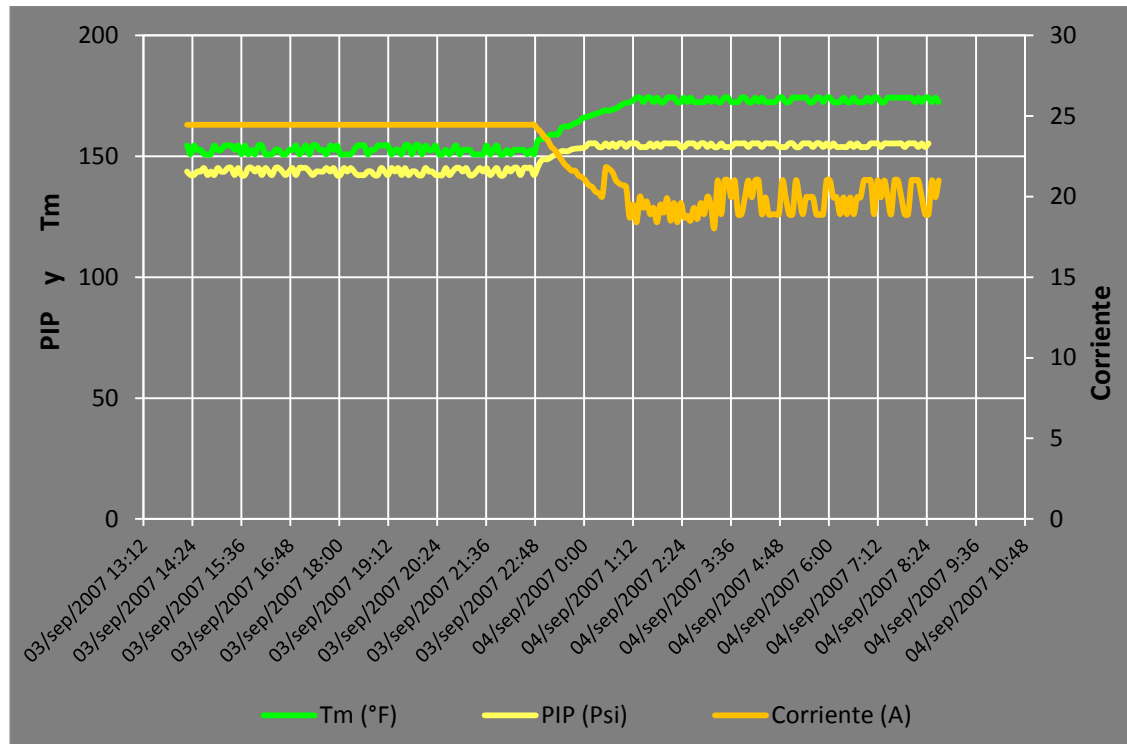
Tabla 10. Valores de referencia Caso 3. Recirculación

VARIABLE	VALOR
Tm	Aproximadamente 152°F
PIP	Aproximadamente 1423 Psi
Corriente	24,45 Amperios

Una de las primeras indicaciones de este problema es que el caudal de producción cae a cero debido a que el fluido de producción sólo está llegando al punto donde se encuentra el daño de la tubería, regresando al fondo del pozo por el espacio anular, debido a esto el nivel de la columna de fluido en el pozo aumenta generando un incremento en la presión de entrada a la bomba (PIP) de 1423 a 1552,7 Psi. Además, como la distancia que recorre el fluido es menor (esta distancia es desde la bomba hasta el punto de la falla), la potencia que requiere el motor para levantar el fluido disminuye, por lo tanto la corriente que consume decrece de 24,45 a 18,5 Amperios. Los fluidos recirculados son más calientes derivando en un aumento de la temperatura del motor y este comportamiento se ve reflejado en el cambio de 152 a 174,2 °F.

Después de aproximadamente 40 minutos este proceso de recirculación genera un comportamiento relativamente estable de las variables medidas que se ven reflejadas en las señales emitidas por los sensores. Ver figura 26.

Figura 26. Comportamiento de las variables Caso 3. Recirculación



3.2 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO POR CAVIDADES PROGRESIVAS

En el sistema de bombeo por cavidades progresivas, las variables monitoreadas para realizar el diagnóstico son;

- Velocidad de operación (RPM)
- Torque (Lbf/pie)
- Corriente (Amperios)
- Voltaje (Voltios)

La tabla 11, muestra el comportamiento de cada variable en cada diferente problema. En este caso, el comportamiento es similar en muchos problemas y el Ingeniero de producción debe buscar soluciones para cada uno de estos problemas.

Tabla 11. Comportamiento de las variables en PCP

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES	POSIBLES PROBLEMAS
Baja Producción Velocidad Normal Bajo Torque	<ul style="list-style-type: none"> • Tubería rota • Alto GOR • Bajo nivel de fluido • Bomba pegada
Baja Producción Baja velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Arenamiento • Problemas en el drive system • Hinchamiento del stator
Flujo errático Velocidad errática Torque errático	<ul style="list-style-type: none"> • Varillas demasiado pequeñas • Hinchamiento del estator
Flujo errático Velocidad normal	<ul style="list-style-type: none"> • PCP dañado • Bajo nivel de fluido
Flujo errático Baja velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • PCP dañado • Daño por presencia excesiva de arena
No producción Estancado	<ul style="list-style-type: none"> • Arenamiento. • Desgaste del estator
No producción Bajo Torque	<ul style="list-style-type: none"> • Varillas separadas • Tubería separada
No producción Torque normal	<ul style="list-style-type: none"> • Agujero en tubería • PCP dañada

3.2.1 CASO 1. TUBERIA ROTA-NO PRODUCCION

En este caso los sensores median: la corriente, la velocidad de operación, el voltaje y el torque. La descripción del estado del pozo se observa en la tabla 12. Los valores tabulados se muestran en la tabla 13.

Tabla 12. Descripción de la bomba Caso 1. Tubería rota-No producción

Profundidad de la bomba	2827,00 ft
Puntos medios perforados	2830,00 ft
Q	550,00bls
Ps	1200,00 psi
Indice de Productividad	0,60
THP	80,00 psi
Pwf	283,33 psi
Gravedad Específica	0,90
Columna de fluido desde MP	727,05 ft
Nivel de fluido	2099,95 ft
Plev	818,35 psi
Cabeza dinámica	898,35 psi
Cabeza dinámica	2305,24 ft
Voltaje	610 V
HP	9,338 HP
Corriente	10,433 A
RPM	180 RPM
Eficiencia	0,8
Desplazamiento	3,819
Torque hidráulico	280, 370 lbf.pie
Torque total	336,44 lbf.pie
Velocidad de operación	720 RPM
Eficiencia del motor	0,92

Tabla 13. Tabulación de datos Caso 1. Tubería rota-No producción

FECHA	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf/pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
10/11/2001 11:15	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 11:58	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 12:12	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 12:55	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 13:10	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 13:53	720	312,6047571	10,5480281	610

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 4.

La bomba se encontraba trabajando normalmente hasta el día 11 de Noviembre en horas de la mañana, (tal como se puede observar en la tabla Anexo 4). El mismo día 11 de Noviembre cercano al mediodía, los sensores registraron un comportamiento diferente a las variables de operación diseñadas para este sistema en específico, estas variables se especifican en la tabla 14.

Tabla 14. Valores de referencia Caso 1. Tubería rota-No producción

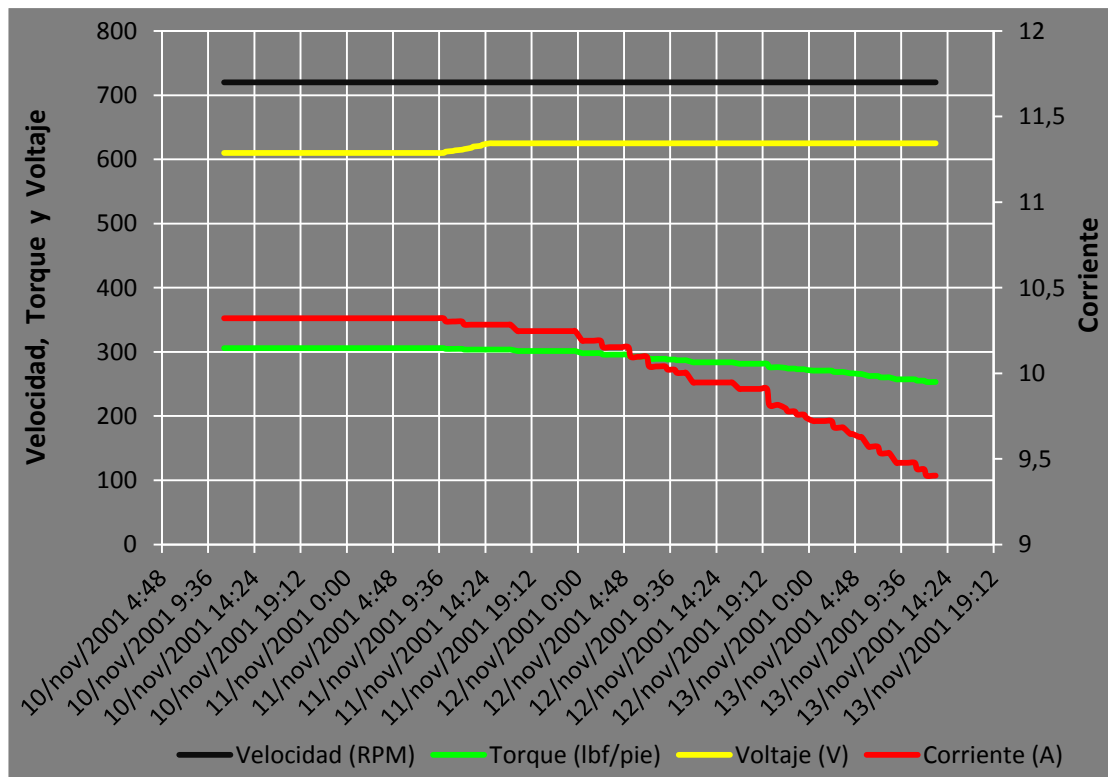
VARIABLE	VALOR
Corriente	10,54 A
Voltaje	610 V
Velocidad de operación	720 rpm
Torque	312,60lbf.pie

El comportamiento de las variables del sistema, durante las fechas mencionadas anteriormente se pueden observar en la figura 27.

Cuando hay tubería rota, el nivel de fluido aumenta hasta donde se encuentra el agujero en la tubería, es decir que la bomba solo levantara el fluido a través de ella hasta donde existe la avería, por ende la presión de levantamiento requerida para

levantar el crudo disminuye de 823,43 psi a 775,18 psi, debido a que la bomba ya no lleva el fluido hasta superficie, esta disminución en dicha presión reduce el requerimiento de torque que se necesita para generar esa presión (De 312,60 a 259,26 lbf.pie).

Figura 27. Comportamiento de las variables Caso 1. Tubería rota-No producción



Al disminuir este requerimiento de fuerza, el sistema necesita menos corriente para funcionar lo que deriva en una caída de dicha corriente de 10,54 a 9,60 A.

Este problema de tubería rota se puede evidenciar a su vez por la disminución en la producción del pozo que caerá hasta llegar en algunos casos a cero.

3.2.2 CASO 2. Flujo Multifásico

La tabla 15, describe la bomba en este caso que se tiene fluido multifásico.

Tabla 15. Descripción de la bomba Caso 2. Flujo multifásico

Profundidad de la bomba	2898,00 ft
Puntos medios perforados	2900,00 ft
Q	600,00bls
Ps	1500,00 psi
Indice de Productividad	0,60
THP	80,00 psi
Pwf	500,00 psi
Gravedad Específica	0,91
Columna de fluido desde MP	1268,94 ft
Nivel de fluido	1629,06 ft
Plev	641,90 psi
Cabeza dinámica	721,90 psi
Cabeza dinámica	1832,09 ft
Voltaje	630 V
HP	8,096 HP
Corriente	8,758 A
RPM	140 rpm
Eficiencia	0,8
Desplazamiento	5,357
Torque hidráulico	308,4553 lbf.pie
Torque total	370,146 lbf.pie
Velocidad de operación	560 rpm
Eficiencia del motor	0,92

Al igual que en el caso anterior, las variables medidas son la velocidad de operación, el torque, la corriente y el voltaje requerido.

Los valores a los cuales la bomba se encontraba trabajando normalmente se muestran en la tabla 17.

Tabla 16. Tabulación de datos Caso 2. Flujo multifásico

Fecha	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf.pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
25/feb/2005 14:11	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:16	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:21	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:26	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:31	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:36	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:41	560	343,37274	8,7254196	630

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 5.

Tabla 17. Valores de referencia Caso 2. Flujo Multifásico

VARIABLE	VALOR
Corriente	8,72 A
Voltaje	630 V
Velocidad de operación	560 rpm
Torque	343,37lbf.pie

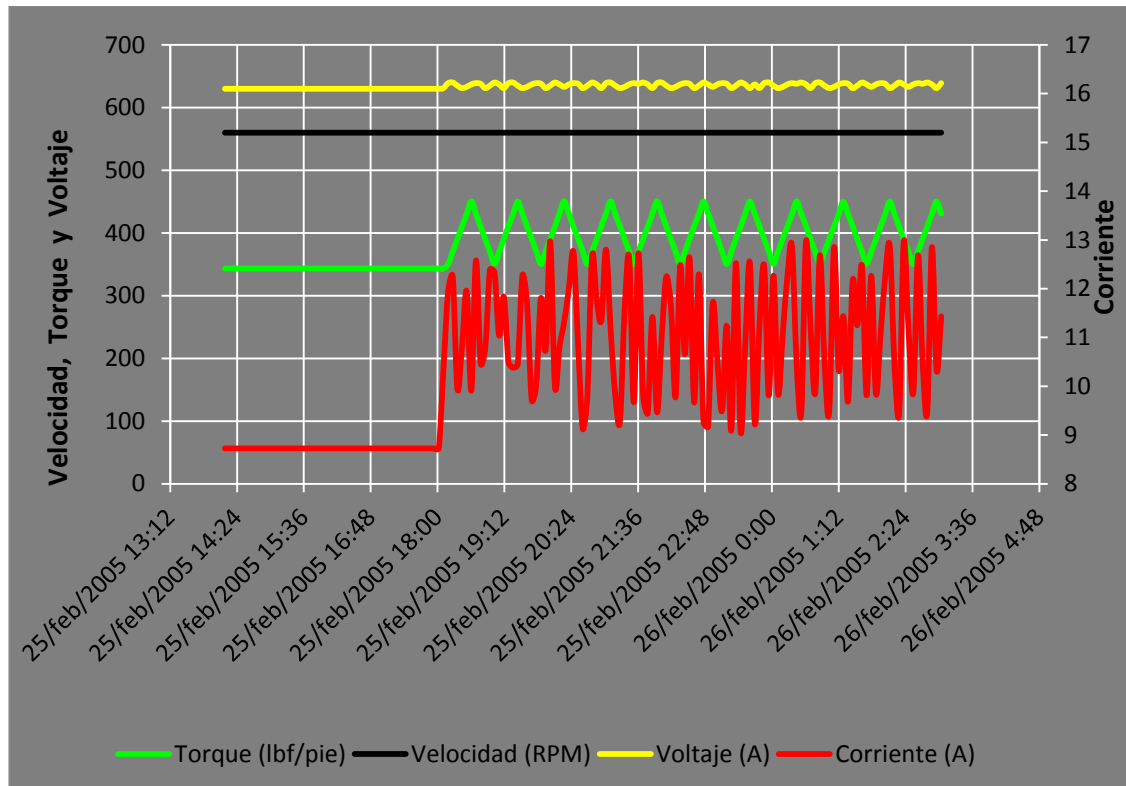
La bomba se encontraba trabajando normalmente hasta el día 25 de Febrero en horas de la mañana. Ese mismo día 25 de Febrero en horas de la tarde, se comenzaron a registrar comportamientos diferentes en las variables de operación para este sistema en específico.

En el caso de fluido multifásico, la principal característica que se puede observar es la disminución de la gravedad específica del fluido al encontrarse gas en solución y gas libre, esta menor gravedad específica se traduce en una reducción de la presión de levantamiento. Al entrar gas a la bomba el esfuerzo que debe realizar el equipo es menor, pero, al entrar líquido este esfuerzo aumenta. Lo que se puede observar en el registro del sensor es una lectura oscilante del torque, el cual varía entre 350 y

450lbf.pie aproximadamente, dependiendo de la presencia de gas. Es decir en el momento que ingresa gas a la bomba el torque alcanza a caer hasta 350lbf.pie debido al menor esfuerzo que debe realizar el equipo para llevar este fluido a superficie, pero cuando ingresa líquido a la bomba este torque puede llegar hasta un pico de 450 lbf.pie.

Debido a que la necesidad de corriente por parte del equipo es directamente proporcional al esfuerzo que esté realizando la bomba, el valor de dicha corriente oscilara al igual que lo hace el torque, variando entre 9,17 y 12,86 A para este caso en particular.

Figura 28. Comportamiento de las variables Caso 2. Flujo Multifásico



3.2.3 Caso 3. Presencia de sólidos

Tabla 18. Descripción de la bomba Caso 3. Presencia de sólidos

Profundidad de la bomba	2850,00 ft
Puntos medios perforados	2830,00 ft
Q	500,00bls
Ps	1600,00 psi
Indice de Productividad	0,60
THP	80,00 psi
Pwf	766,67 psi
Gravedad Específica	0,89
Columna de fluido desde MP	1989,43 ft
Nivel de fluido	860,57 ft
Plev	331,64 psi
Cabeza dinámica	411,64 psi
Cabeza dinámica	1068,16 ft
Voltaje	590 V
HP	3,933 HP
Corriente	4,543 A
RPM	140 rpm
Eficiencia	0,8
Desplazamiento	4,464
Torque hidráulico	132,803lbf.pie
Torque total	159,363 lbf.pie
Velocidad de operación	560
Eficiencia del motor	0,92

Los valores de las variables tabuladas se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Tabulación de datos Caso 3. Presencia de sólidos

FECHA	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf/pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
03/07/2002 13:15	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 13:58	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 14:12	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 14:55	560	171,83308	4,6624675	590

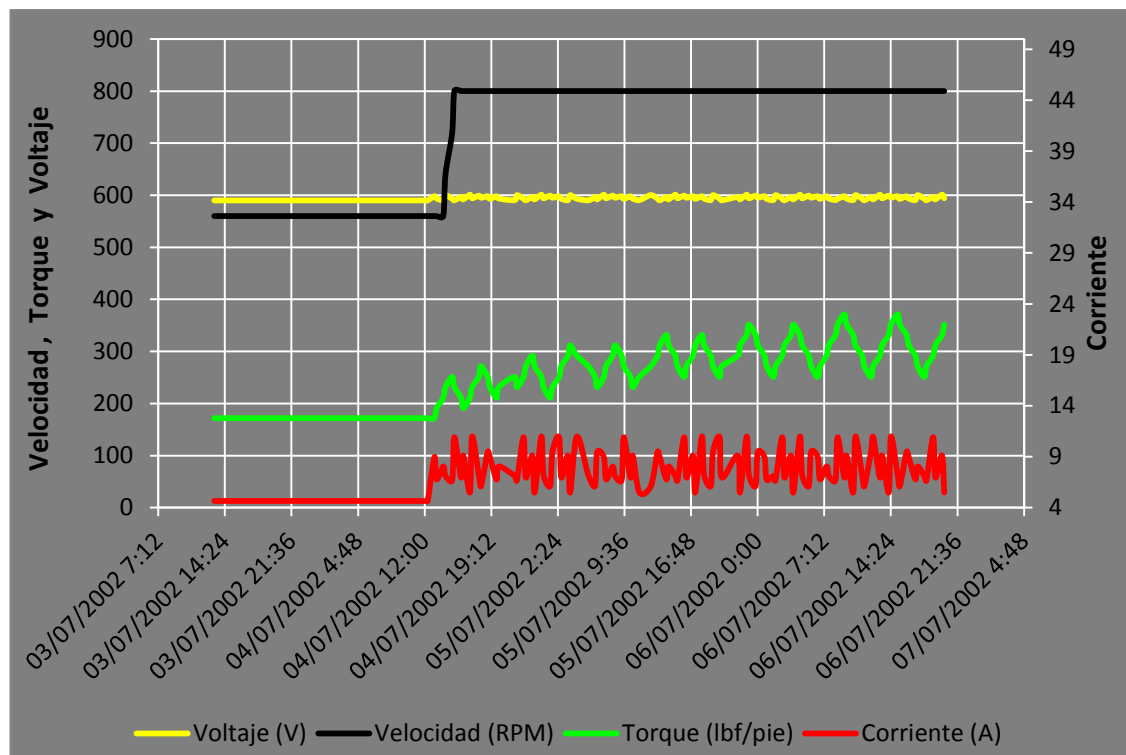
*La tabla completa es mostrada en el Anexo 6.

Los valores a los cuales la bomba trabajaba normalmente se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20. Valores de referencia Caso 3. Presencia de sólidos

VARIABLE	VALOR
Corriente	4,66 A
Voltaje	590 V
Velocidad de operación	560 rpm
Torque	171,83 lbf.pie

Figura 29. Comportamiento de las variables Caso 3. Presencia de sólidos



El día 04 de Julio en horas de la tarde, las variables comienzan a presentar un comportamiento no esperado. En este caso, la presencia de sólidos en la bomba,

genera un mayor esfuerzo por parte de esta para poder levantar el fluido a superficie. Este esfuerzo mayor se ve relegado en el aumento del torque necesario para realizar el trabajo, que pasa de 171,83 lbf.pie hasta llegar a un máximo pico de 351,54 lbf.pie. Un aumento en el torque significa una mayor necesidad de corriente del sistema, este requerimiento pasa de 4,66 A a 10,98 A. Dependiendo del grado de contenido de sólidos, este problema podría derivar en un atascamiento o en un apagado del sistema debido a los altos requerimientos de corriente.

Al comenzar a percibirse el arenamiento en el pozo, los granos de arena efectúan un comportamiento tipo balinera lo que provoca un aumento inicial en la velocidad de 560 a 800 rpm, después de este pico se estabiliza.

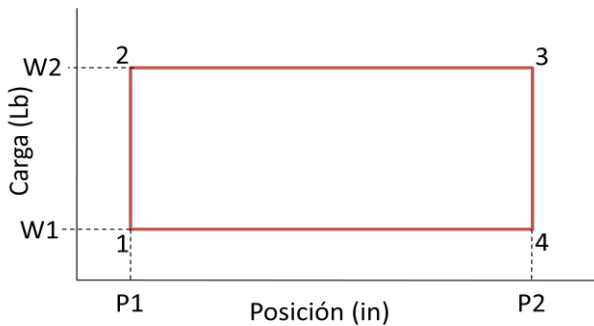
3.3 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO

En el sistema de bombeo mecánico, la herramienta utilizada es el dinagrama. Se ha determinado que la toma de cartas dinamométricas es útil para detectar los problemas que existen en el campo cuando el sistema de bombeo mecánico no produce. El dinagrama permite conocer el porcentaje de llenado de la bomba, lo que permite detectar los problemas que pueden ocurrir. Para tener una visión más clara de estos problemas, se tiene también el nivel de fluido, que es tomado manualmente.

En la tabla 19, se pueden observar las cartas tipo de algunos de los problemas que pueden ocurrir.

En este sistema la referencia utilizada es la carta dinamométrica que representa el llenado completo de la bomba. Ver Figura 30.

Figura 30. Dinagrama que representa llenado completo



Fuente: Autores

En el punto 1, se inicia el movimiento del vástago pulido. Se cierra la válvula viajera y toda la carga del fluido que estaba sobre la válvula fija, está ahora soportada por las varillas y el vástago.

Antes de iniciar el movimiento, la carga sobre el vástago es W1, que es el peso de las varillas sumergidas en el líquido.

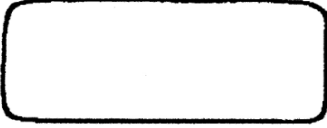

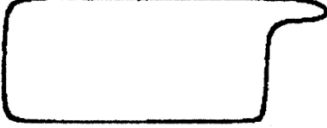
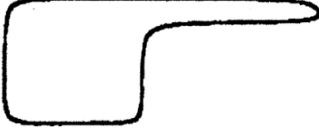

Después, con la válvula viajera cerrada, la carga es W2, que es el peso de las varillas más el peso del líquido.

En el punto 2, se completa la carrera transportando el fluido de una longitud de carrera a un valor constante de carga.





En el punto 3, se completa la carrera de ascenso, llegando al punto muerto superior, todavía con W2. Un instante después, se cierra la válvula fija, se transfiere la carga del líquido al tubing, quedando con W1.

En el punto 4, se completa la carrera descendente del vástago, impulsando el pistón de la bomba hacia abajo y completando el ciclo en el punto 1.

Tabla 21. Cartas tipo para análisis de dinagramas

PROBLEMA	DINAGRAMA DE FONDO
Llenado Completo- Tubería Anclada	
Bomba llena – Tubería sin anclar	
Golpe de fluido moderado	
Golpe de fluido severo	
Fuga en válvula viajera ó en pistón	

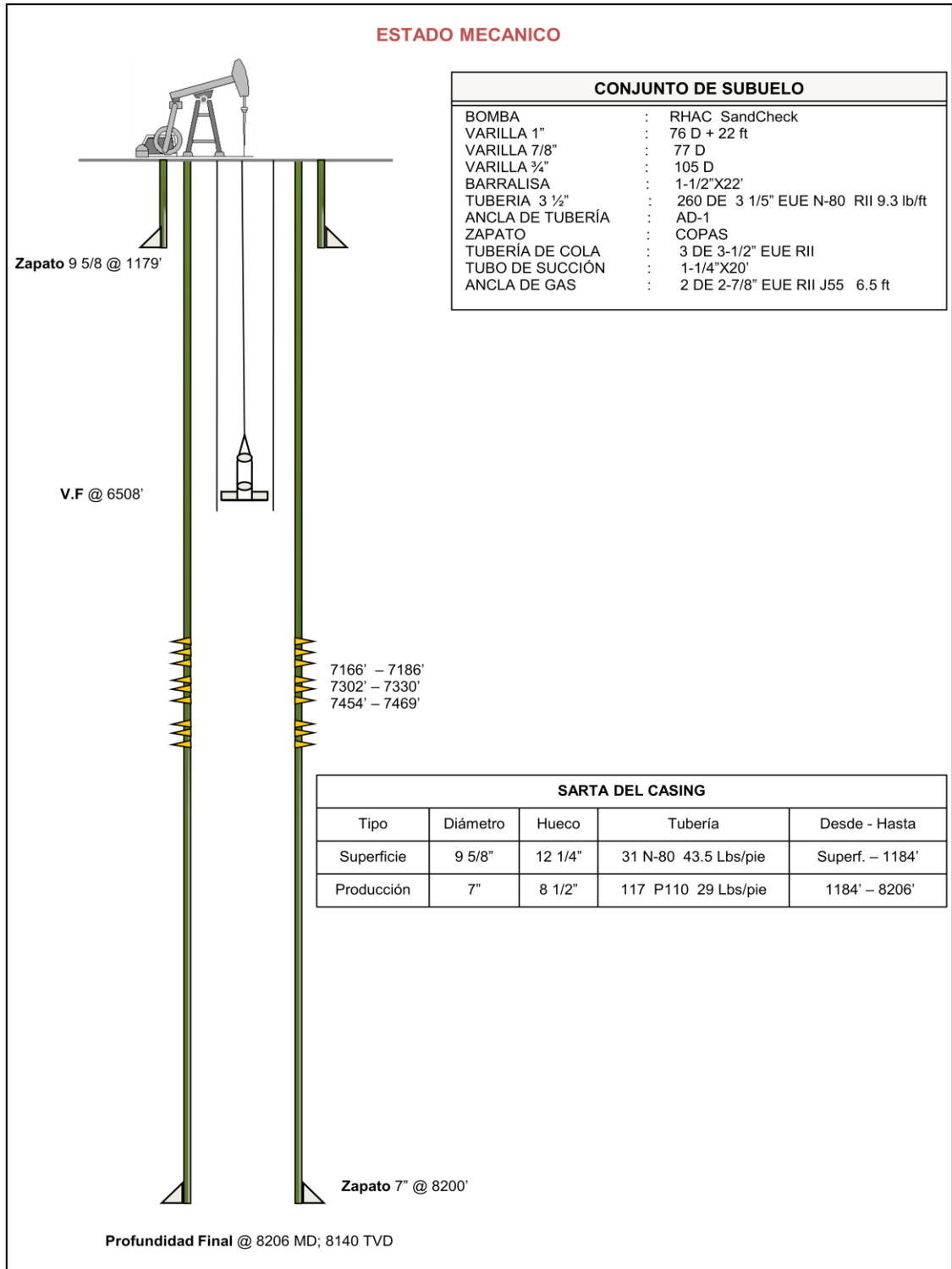


Fuga en válvula fija de la bomba	
Bomba bloqueada por gas	
Interferencia por gas	
Varilla partida	

3.3.1 Tubería Anclada

Cuando la tubería no está anclada o si el ancla no está sujetando, la forma de la carta dinamométrica de fondo para bomba llena se inclina hacia la derecha. La figura 31 ayuda a explicar esto. Para comprender esta forma hay que recordar que cuando la válvula viajera abre durante la carrera descendente, la carga del fluido es transferida del pistón a la tubería. Esto provoca un estiramiento de la tubería. Cuando la válvula viajera cierra durante la carrera ascendente, se transfiere la carga de fluido de la tubería a las cabillas. Esto hace que la tubería retorne a su posición no-estirada como se ve en la figura 33.

Figura 31. Estado Mecánico. Caso Tubería Anclada

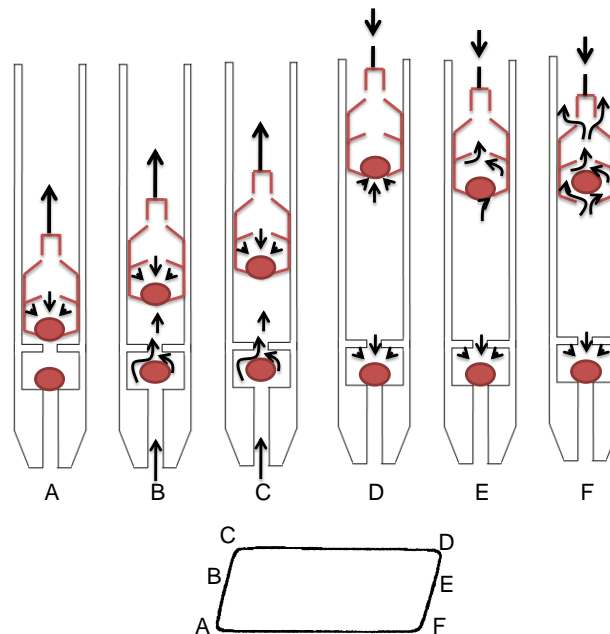


Fuente: Ecopetrol

Cuando el pistón comienza a subir en el punto A, la válvula viajera empieza a tomar la carga del fluido mientras la presión en el barril de la bomba comienza a caer. Cuando el pistón comienza a tomar la carga del fluido de la tubería, la tubería empieza a contraerse. En un primer momento la tubería y la válvula fija suben a la misma razón que el pistón. Ya que la distancia relativa entre la válvula viajera y la fija permanece constante, la carga en el pistón no cambia.

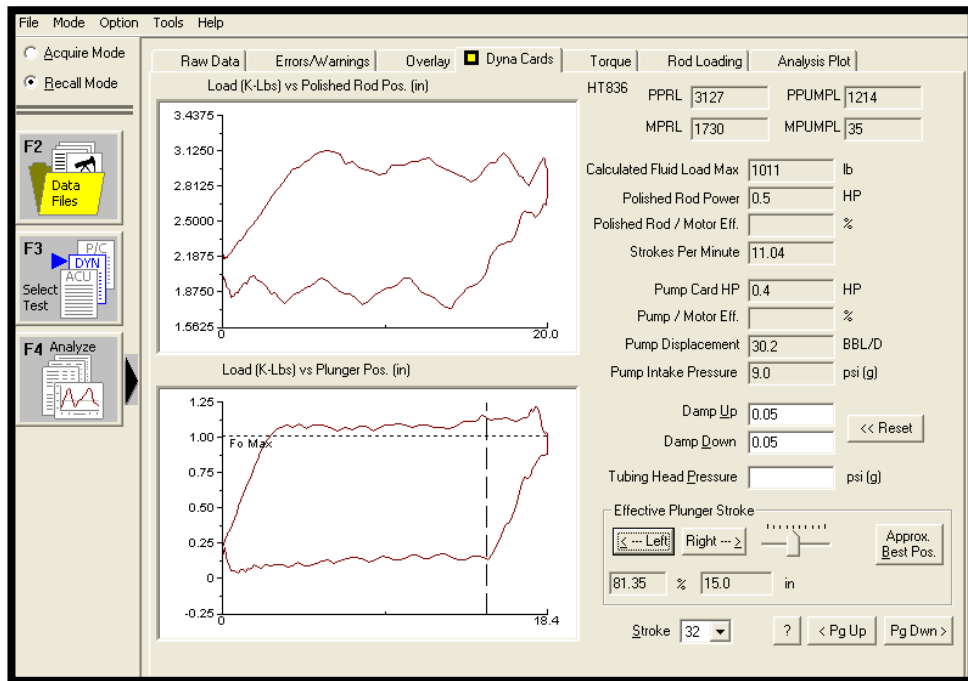
Al aumentar la velocidad del pistón rápidamente alcanza la tasa de contracción de la tubería y en el punto B, el pistón ha recogido más del 50% de la carga del fluido. Finalmente, en el punto C, la tubería ha retomado a su posición no-estirada y el pistón ha recogido completamente la carga de fluido. De C a D la válvula viajera ha cerrado, la válvula fija está abierta, y el pistón soporta la carga de fluido. Por lo tanto, la carga de fluido en el pistón permanece constante.

Figura 32. Tubería sin anclar



Fuente: Autores

Figura 33. Carta Dinamométrica: Tubería sin anclar

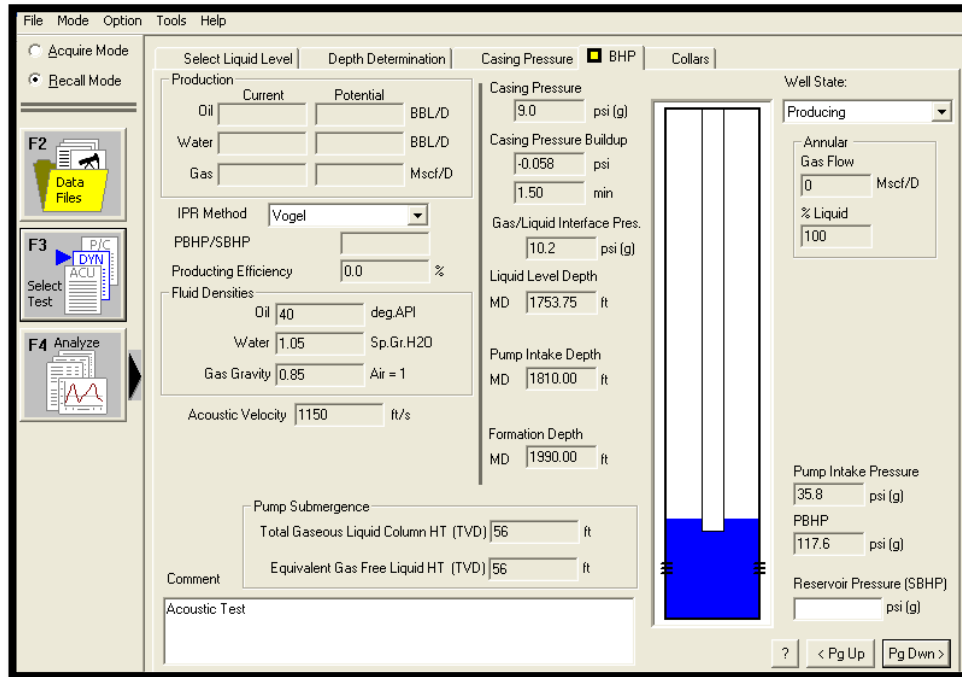


Fuente: Ecopetrol

En la carta dinamométrica de la bomba se observa buen llenado de bomba, bomba con un 81% de eficiencia de llenado. Se considera un buen funcionamiento de la misma.

La carta de nivel, Figura 34, muestra sumergencia efectiva de 56 pies sobre la bomba con 100% de líquido, la bomba opera bien con esta sumergencia. El sistema se encuentra trabajando en óptimas condiciones con la tubería no anclada.

Figura 34. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Tubería sin anclar



Fuente: Ecopetrol

3.3.2 Interferencia por Gas

La tabla 21, muestra una típica carta dinamométrica de fondo para interferencia de gas. Para entender por qué la carta tiene tal forma se debe ver en detalle los cambios de presión en el barril de la bomba durante el ciclo de bombeo. La figura 36 muestra lo que sucede en la bomba en puntos clave del ciclo de bombeo. Se debe recordar que la presión en el barril de la bomba debe ser mayor que la presión sobre el pistón para abrir la válvula viajera. Para abrir la válvula fija, la presión en el barril de la bomba debe ser menor a la presión de entrada a la bomba. Cuando hay interferencia por gas una mezcla de líquido y gas libre están entrando a la bomba.

En el punto A de la figura 35, el pistón comienza a subir. Sin embargo, antes de que la válvula fija pueda abrir, la presión en el barril de la bomba debe ser menor que la presión de entrada de la bomba. El pistón se mueve de A hasta B antes de que la



presión en el barril caiga lo suficiente para recoger completamente la carga de fluido y abra la válvula fija. Desde A hasta B el pistón está expandiendo el gas de la bomba. Si no hubiera gas en el barril de la bomba, la presión caería muy rápido, y la válvula fija abriría tan pronto el pistón comience a subir. Pero, debido a la presencia de gas libre en la bomba, una parte significativa de la embolada se desperdicia expandiendo gas en lugar de producir más líquido.

En el punto B, la carga del fluido es soportada completamente por el pistón, la válvula fija está abierta y el fluido está entrando al barril. Esto continúa durante el resto del recorrido hasta el punto C.

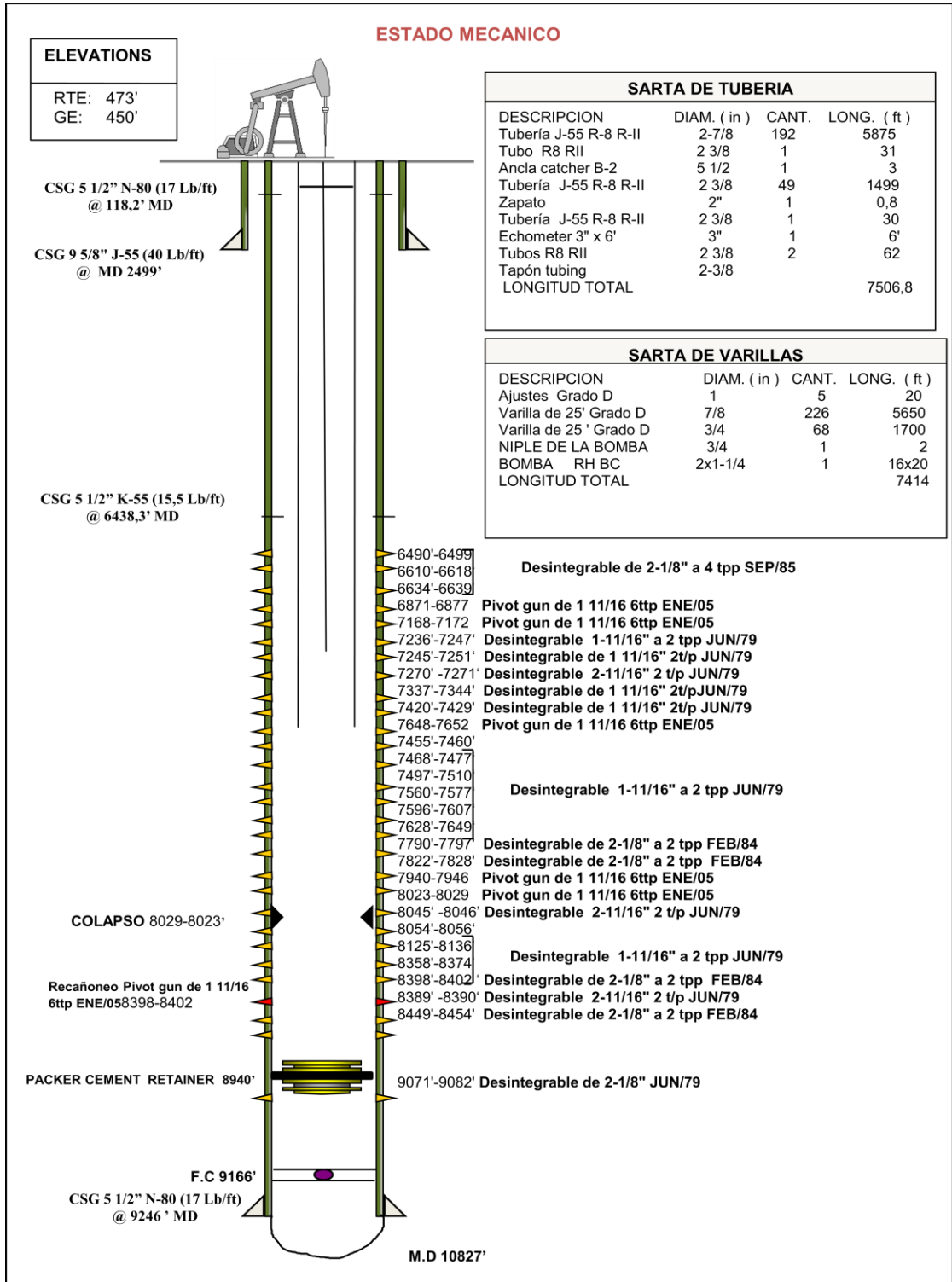
En el punto C, el pistón de la bomba ha alcanzado el tope de su recorrido y se acerca a una parada momentánea antes de empezar a descender.

En el punto D, el pistón se está moviendo hacia abajo. La válvula viajera está cerrada ya que la presión sobre ella es mayor que la presión por debajo. Debido a que la presión del barril está aumentando, la carga en las cabillas está bajando.

En el punto E, el pistón ha bajado más y ha comprimido la mezcla de gas y líquido en la bomba a una presión mayor. Esto reduce aún más la carga de las cabillas. Ya que la presión en este punto sigue siendo menor que la presión sobre el pistón, la válvula viajera continúa cerrada.

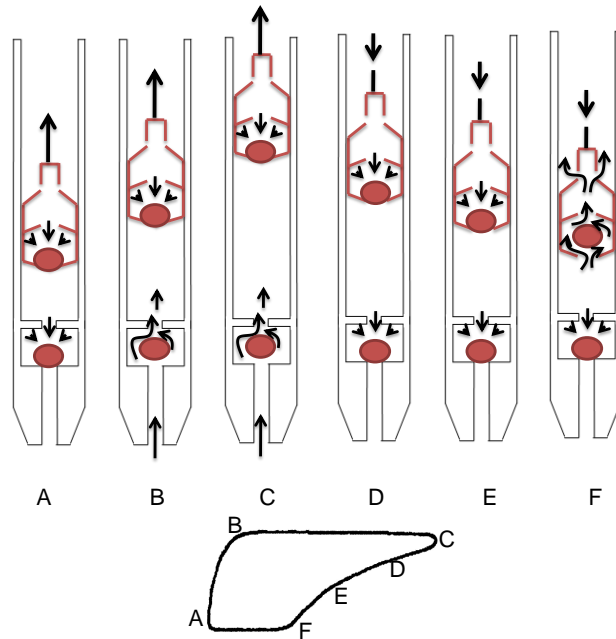
En el punto F, el pistón ha bajado lo suficiente para comprimir el fluido en el barril a una presión mayor que la que está sobre el pistón. En este instante la válvula viajera se abre y el fluido en el barril de la bomba es transferido a la tubería. La válvula viajera permanece abierta durante el resto de la carrera descendente.

Figura 35. Estado Mecánico. Caso: Interferencia por gas



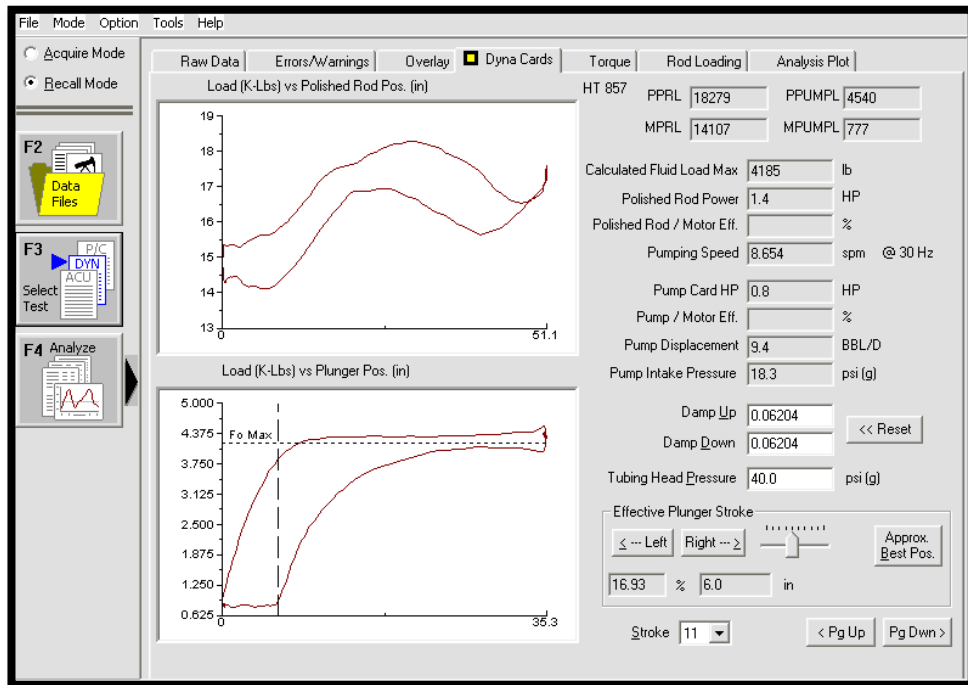
Fuente: Ecopetrol

Figura 36. Interferencia por gas



Fuente: Autores

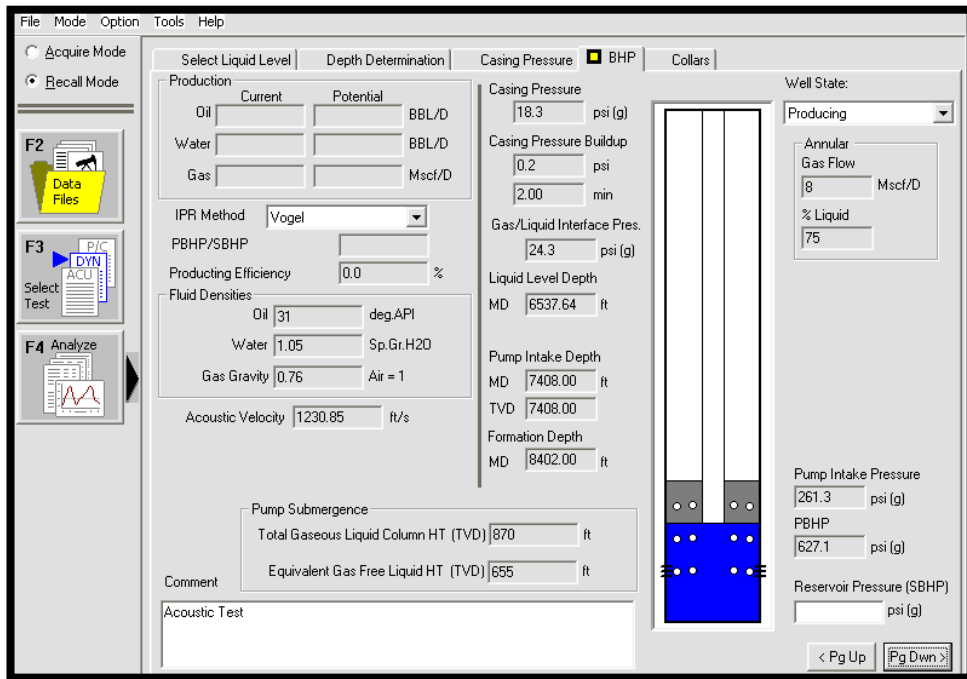
Figura 37. Carta Dinamométrica: Interferencia por gas



Fuente: Ecopetrol

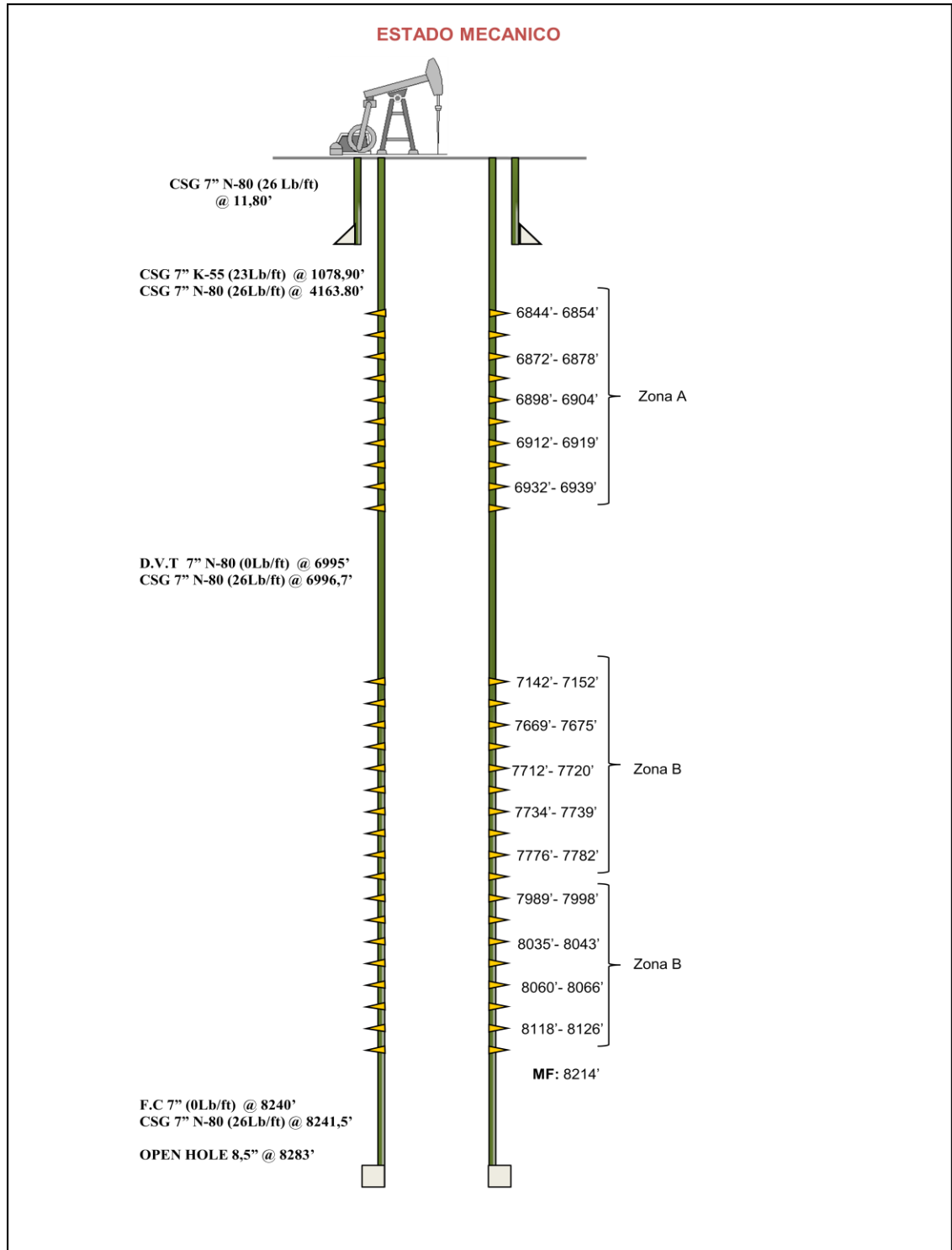
En la carta dinamométrica de este caso, se observa que, en el corrido descendente, como el gas ocupa un espacio muy considerable en la bomba al descender este hace un pequeño esfuerzo y por lo tanto la figura es encorvada pero con menor intensidad que un golpe de fluido. En el registro acústico, también se puede observar que la sumergencia efectiva muestra un valor grande de gas (655 pies de un total de 870 pies) y el flujo que va por el anular también es significativo (8 MSCFD). El llenado de la bomba varía entre el 15% y el 26%, con un porcentaje de líquido de 17%.

Figura 38. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Interferencia por gas



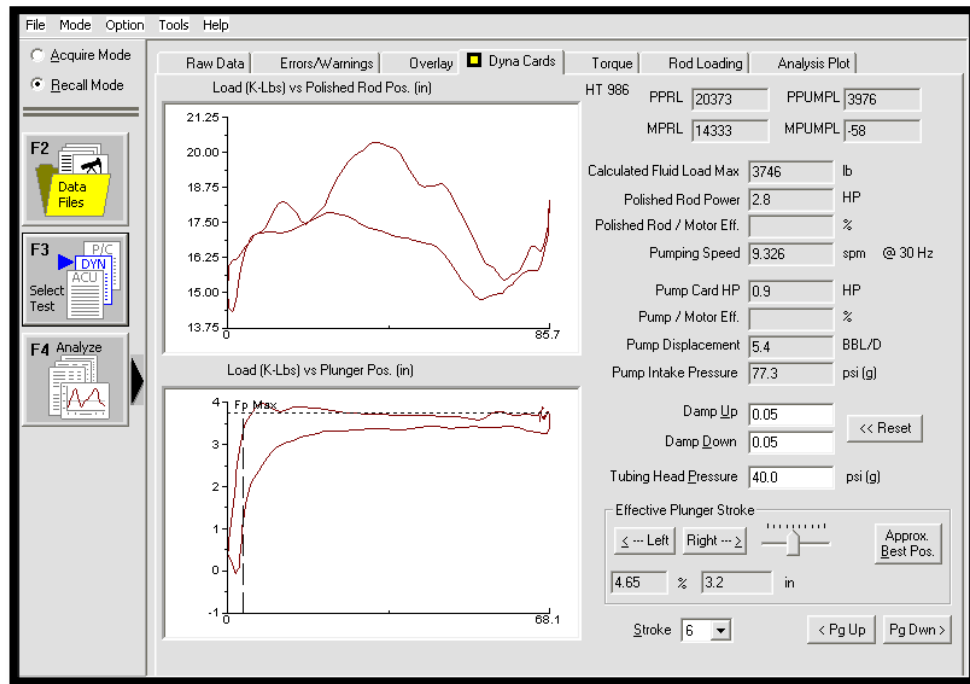
Fuente: Ecopetrol

Figura 39. Estado Mecánico. Caso: Bloqueo por gas



Fuente: Ecopetrol

Figura 40. Carta Dinamométrica: Bloqueo por gas



Fuente: Ecopetrol

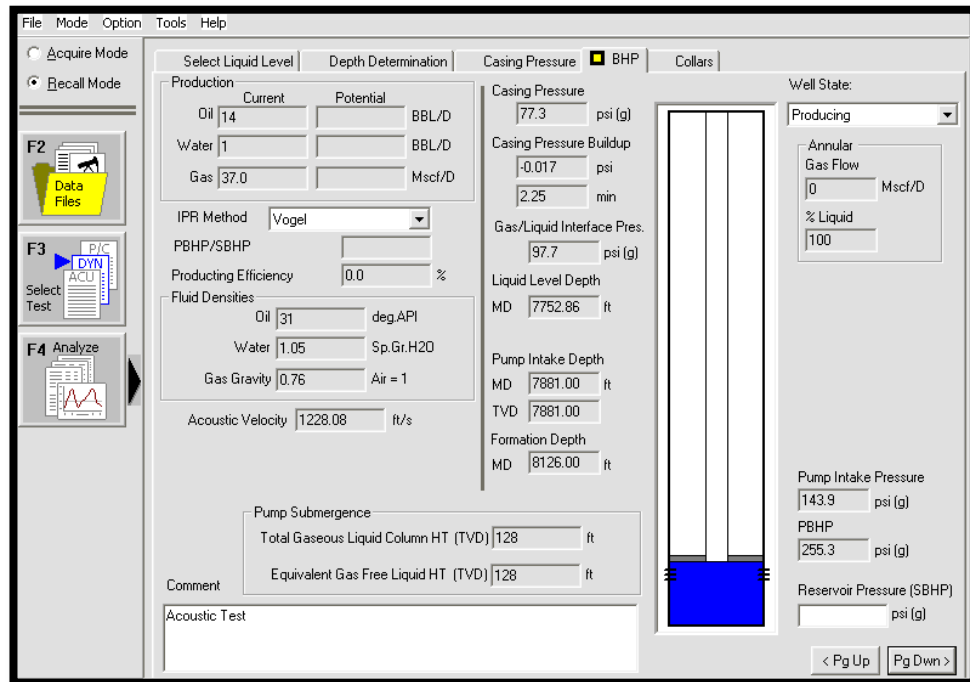
Cuando la interferencia de gas es mucho mayor, se presenta un bloqueo en la bomba, debido a la presencia de este, en este caso, el pozo tiene un nivel de fluido de 128 pies por encima de la bomba. Como se puede observar en la Figura 40, la carta dinamométrica muestra que la bomba está bloqueada por gas, la producción de gas es de 37 Mscf/D. En la figura 41 se observa una buena sumergencia de 128 pies.

3.3.3 Golpe de fluido

La figura 41, muestra lo que sucede en la bomba golpea fluido, en el punto A el pistón comienza a subir. La válvula viajera cierra y la válvula fija abre. Desde A hasta B, el fluido está entrando al barril y el pistón soporta toda la carga del fluido.

Sin embargo, debido a que no hay suficiente fluido para llenar el barril de la bomba, al final de la carrera ascendente la bomba está parcialmente llena con fluido y parcialmente llena con gas a baja presión.

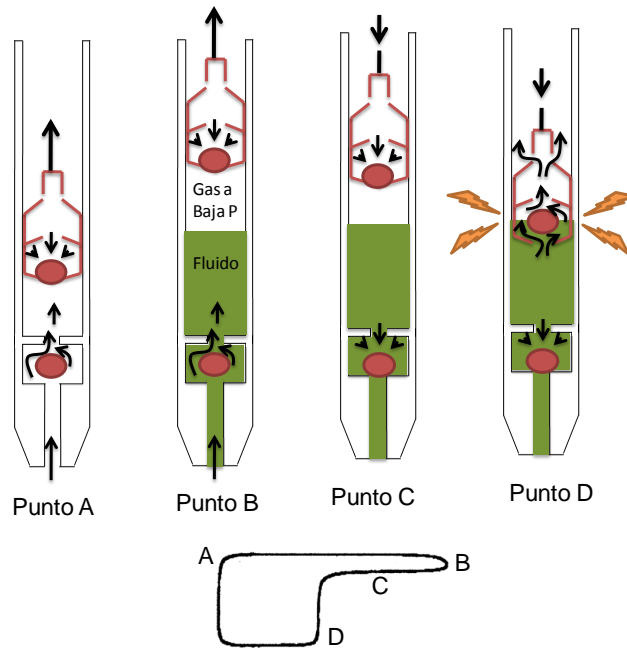
Figura 41. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Bloqueo por gas



Fuente: Ecopetrol

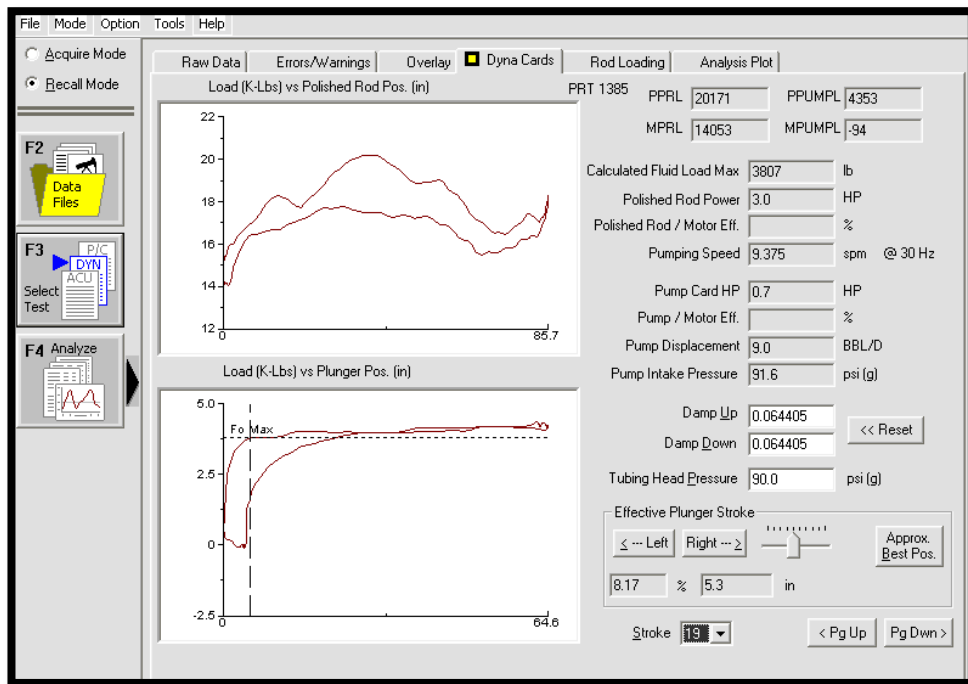
Al iniciar la carrera descendente, al no haber fluido para abrir la válvula viajera, permaneció cerrada. La carga en el pistón permanece alta (excepto por una pequeña caída debido a la fricción cabilla-tubería), hasta que el pistón golpea el fluido en el punto D. En este instante, la válvula viajera abre y el fluido se transfiere rápidamente del pistón a la tubería. Debido a que en este punto el pistón está viajando cerca de su máxima velocidad, el pistón, el barril de la bomba y las cabillas están sujetos a un fuerte impacto como se ve en la figura 41.

Figura 42. Golpe de Fluido



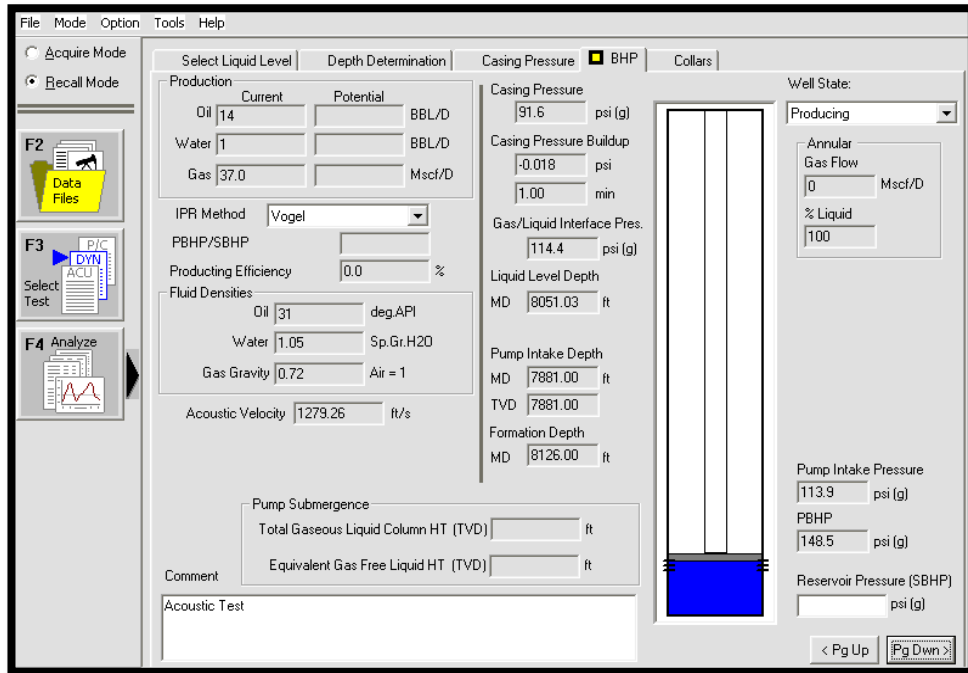
Fuente: Autores

Figura 43. Carta Dinamométrica: Golpe de fluido



Fuente: Ecopetrol

Figura 44. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Interferencia por gas



Fuente: Ecopetrol

El dinagrama (Figura 43), muestra que en el recorrido descendente no hay fluido, generando una gráfica arqueada, el llenado de la bomba es de 8,17%, lo que indica que la bomba no está trabajando como debería. También se observa en la figura 44, que la sumergencia efectiva del pozo es mínima, lo que indica un golpe de fluido severo.

El estado mecánico de este pozo es el mostrado en la figura 39, ya que este problema se presentó en el mismo pozo.

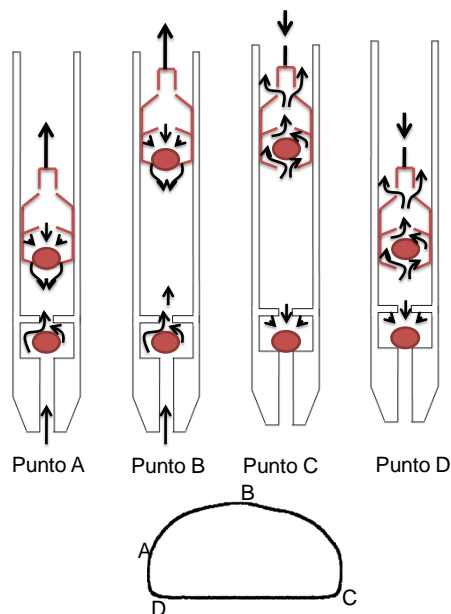
3.3.4 Fuga en válvula viajera o en el pistón

La principal característica de la forma de esta carta dinamométrica es lo redondeado en la mitad superior de la carta. Esto sucede porque la válvula viajera o el pistón no pueden tomar completamente la carga del fluido como sucede en una carta de bomba llena.

Al iniciar el pistón su carrera ascendente, toma lentamente la carga del fluido. Pero, debido a que el fluido se está fugando hacia el barril de la bomba, la presión en el barril no cae lo suficientemente rápido para que el pistón recoja la carga completa de fluido. Para crear suficiente diferencial de presión para tomar la carga del fluido el pistón debe moverse más rápido que la fuga presente en él. Dependiendo de la severidad de la fuga, el pistón podrá o no, recoger completamente la carga de fluido. La carga máxima de fluido en el pistón ocurre aproximadamente a la mitad de la carrera donde el pistón viaja a su máxima velocidad. Sin embargo, después de este punto, al bajar la velocidad el pistón, la fuga de fluido provoca una pérdida de carga en el pistón el paso del fluido del pistón hacia el barril, hace aumentar la presión dentro del barril de la bomba. Esto se traduce en menos carga de fluido sobre el pistón a medida que su velocidad se reduce hacia el final de su recorrido.

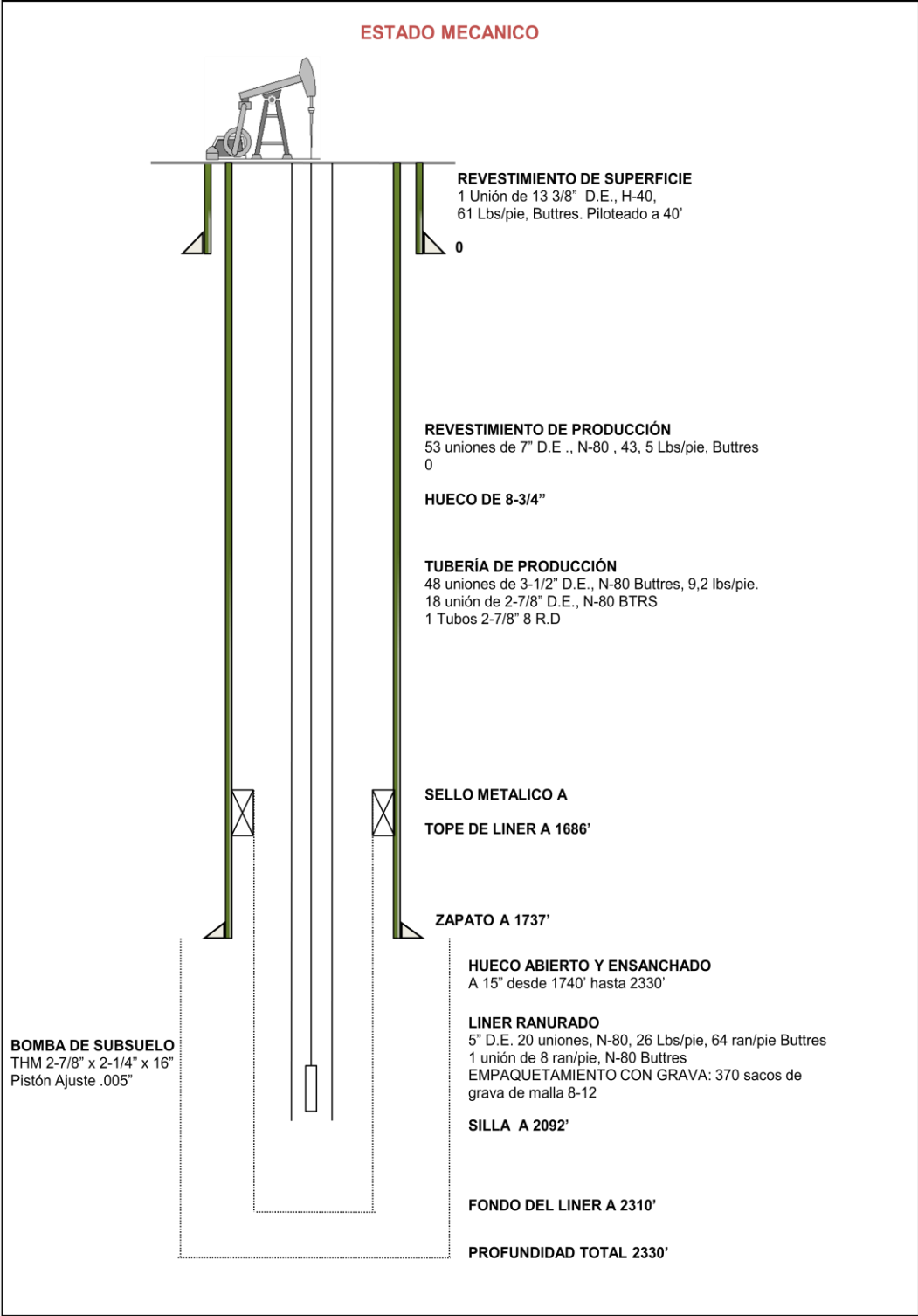
En la carrera descendente, cuando la válvula viajera abre y la carga de fluido es transferida a la tubería, la fuga en la válvula viajera o el pistón no tiene efecto alguno. Por tanto, la carga del fluido durante la carrera descendente permanece constante e igual la fuerza de flotación en el fondo de la sarta de cabillas.

Figura 45.Fuga en la válvula viajera o en el pistón



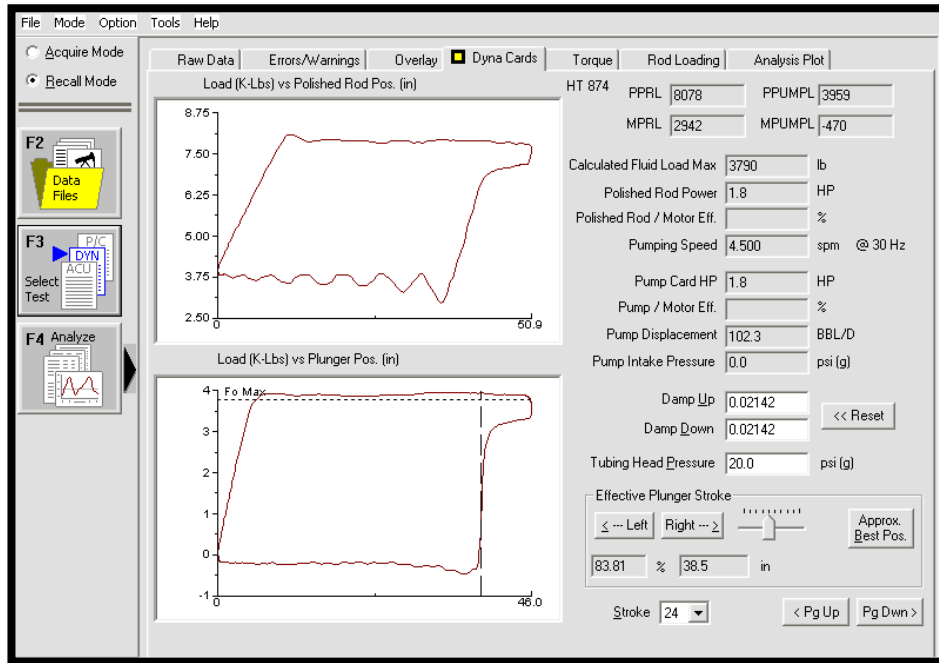
Fuente: Autores

Figura 46. Estado Mecánico. Caso: Fuga en la Válvula Viajera



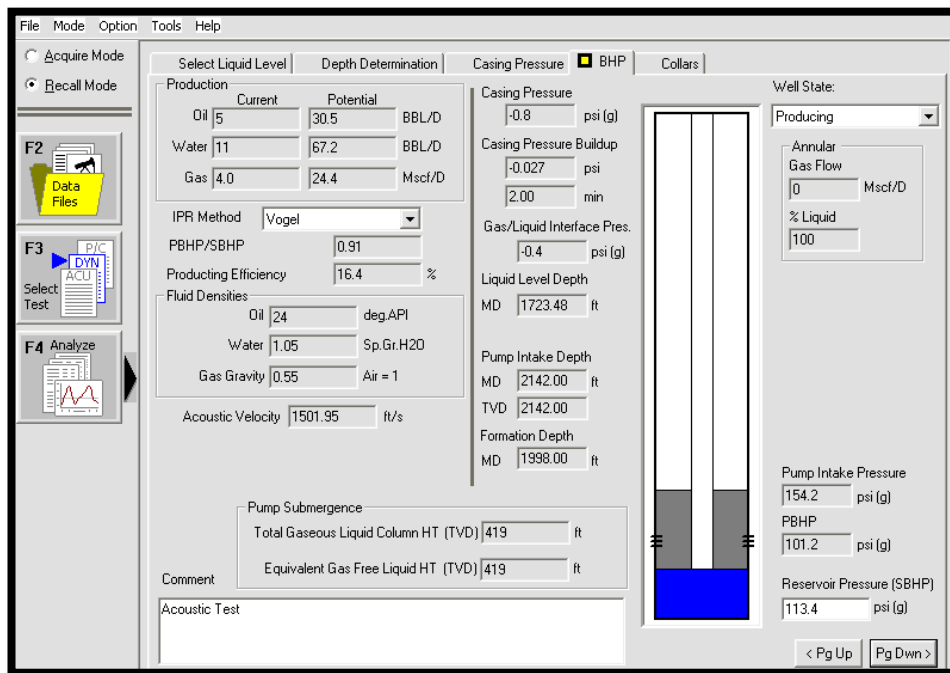
Fuente: Ecopetrol

Figura 47. Carta Dinamométrica: Fuga en la válvula viajera



Fuente: Ecopetrol

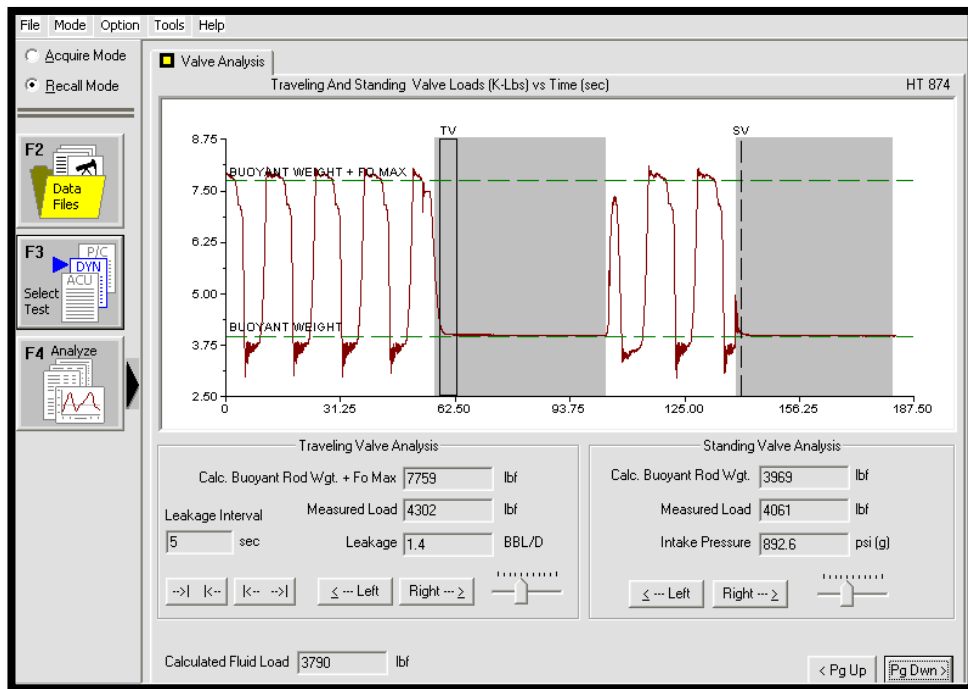
Figura 48. Cartas de Nivel de fluido de Pozo: Fuga en la válvula viajera



Fuente: Ecopetrol

En este caso, se tiene una sumergencia efectiva de 419 pies. Se presenta una fuga total en la válvula viajera que se puede evidenciar tanto en la carta de fondo, ya que esta muestra la porción de la carrera descendente oscilante y este problema se comprueba en la prueba de válvulas, que muestra el escurrimiento en la válvula viajera (Figura 49). También se presenta un leve golpe de fluido asociado a presencia de fluido viscoso ya que la gravedad del fluido es 24° API.

Figura 49. Prueba de válvulas



Fuente: Ecopetrol

3.4 METODOLOGÍA APLICADA AL SISTEMA DE GAS LIFT

En el sistema de Gas Lift, las variables monitoreadas para realizar el diagnóstico son:

- La presión en el casing
- Volumen de inyección

La presión del casing permite determinar el comportamiento del pozo y las características de producción. La cantidad de gas inyectado, afecta directamente la producción del pozo.

Tabla 22. Comportamiento de las variables en Gas Lift

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES	POSIBLES PROBLEMAS
Alta Presión del casing Bajo Volumen de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del choque muy grande • La válvula de operación puede estar parcialmente taponada
Baja Presión del casing	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del choque muy pequeño • El choque puede estar taponado
Reducción en el volumen de Inyección Reducción de la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Depósitos de parafina o costras en la línea de flujo • Apertura parcial de la válvula cheque en la línea de lujo • Tamaños inadecuados en las líneas de flujo
Baja presión en el casing Incremento en el volumen de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga en tubería.

3.4.1 Caso Ejemplo: Tubería rota

Los valores utilizados en este caso son tomados del artículo SPE-100342, titulado “Application of Real Time Surveillance and Optimisation Tools on a LargeAsset”. Estos valores fueron pasados a unidades de psi y ft³/d.

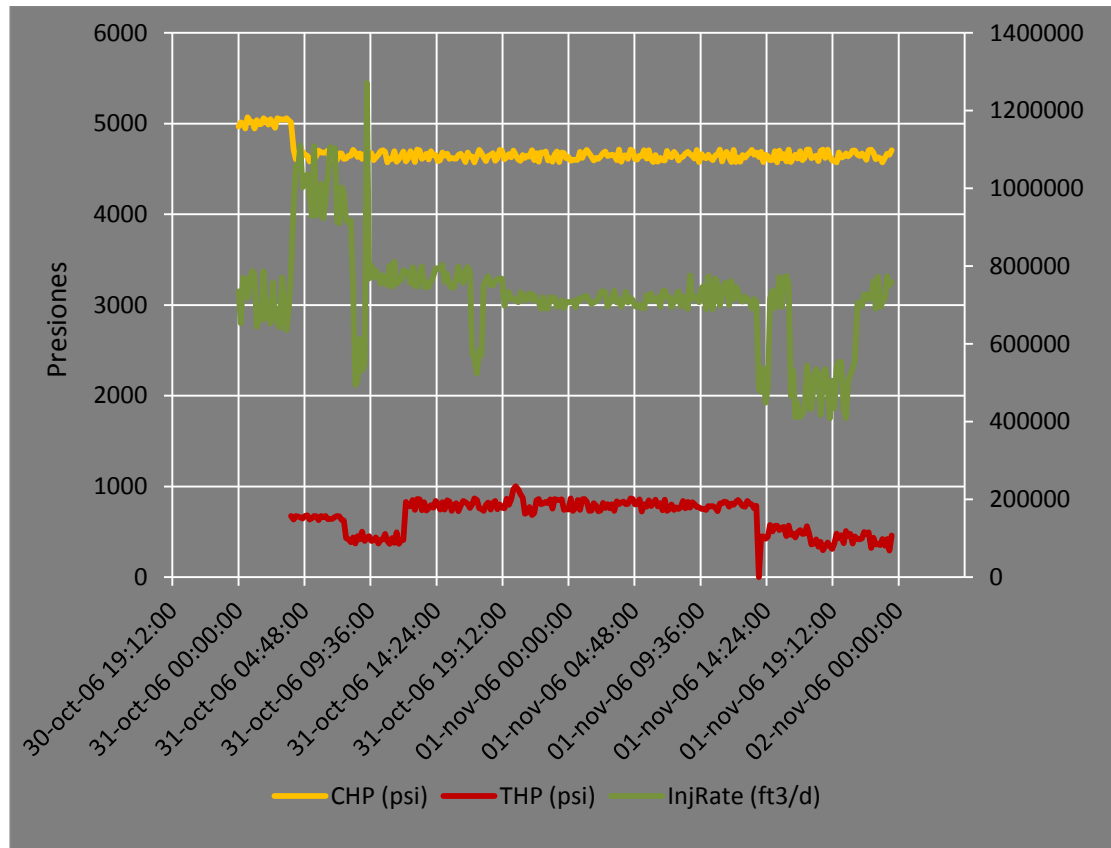
Tabla 23. Tabulación de datos. Caso Ejemplo: Tubería rota

FECHA	THP (psi)	CHP (psi)	Tasa de inyección (ft ³ /d)
31-oct-06 00:00:00	676,088894	4966,81646	735667,6964
31-oct-06 00:10:00	637,100955	5012,66886	653323,9218
31-oct-06 00:20:00	676,038431	5003,38929	770749,4599
31-oct-06 00:30:00	667,812996	4946,96922	766875,6028
31-oct-06 00:40:00	662,72054	5071,157	719161,4815
31-oct-06 00:50:00	648,43934	5028,50558	766323,3644

*La tabla completa es mostrada en el Anexo 7.

En este caso se presenta una caída en la presión del casing es decir la presión de inyección de 5013,07 psi a 4714,25 psi, esto es debido a la rotura que presenta la tubería que también se ve reflejada en la disminución en la presión de producción en el cabezal de pozo (THP) de 626,9 psi a 433,1 psi y un aumento en la tasa de inyección de gas de 791083,0311 ft³/día a 953478,82 ft³/día.

Figura 50. Comportamiento de las variables. Caso ejemplo. Tubería rota.



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- El primer paso para lograr una automatización es el desarrollo de una metodología que permita identificar a partir de datos en tiempo real que problemas se están comenzando a presentar y a partir de esto, reducir los tiempos de detección de fallas a sólo minutos, algo que es vital para el direccionamiento de recursos y disminución de producción diferida por fallas.
- Conocer cada una de las variables que influyen en el comportamiento de cada sistema de levantamiento es el paso más importante en la creación de la metodología de diagnóstico que se ha planteado en este trabajo, ya que son estas, con su comportamiento las que permiten diagnosticar cada problema. Hay que tener en cuenta que estas variables no son sólo las variables de diseño de la bomba, si no variables que son leídas por los sensores de fondo que permiten conocer el comportamiento del pozo.
- Al tener una gran cantidad de mediciones de variables realizadas en tiempo real en los diferentes sistemas de levantamiento, éstas no tendrían algún valor si no son ordenadas y tabuladas por especialistas en el tema que puedan realizar su respectivo análisis y así tomar correctivos de forma inmediata que puedan prevenir el desarrollo de problemas en el desempeño de cada sistema.
- Debido a que en Colombia los principales métodos de explotación de hidrocarburos son los métodos de levantamiento artificial tales como PCP, ESP, Bombeo Mecánico y Gas Lift, surge la necesidad de crear una metodología de diagnóstico que nos permite identificar a partir de datos en tiempo real que problemas se están presentando en el sistema, y poder tomar decisiones en cuestión de horas lo cual optimizaría la producción del pozo y reduciría costos.

- El primer paso para evitar problemas en el pozo es realizar el diseño adecuado para cada sistema de levantamiento de acuerdo a las propiedades y características del yacimiento, pero después de que se presenten los problemas en el sistema de nada sirve tener los datos en tiempo real, que representen el comportamiento de las variables si no existe un plan de análisis y acción sobre las mismas. Por esta razón es absolutamente necesario diseñar una metodología de diagnóstico que permita entender que problema se presenta en el menor tiempo posible.
- Aunque la detección de fallas es el principio de la automatización, es de gran importancia tener claro que los problemas mencionados no se dan todo el tiempo, es más en ocasiones estos problemas nunca llegan a ocurrir, ya que la importancia del monitoreo se basa en poder controlar cada una de las variables medidas para evitar que estas fallas ocurran.
- Uno de los principales objetivos de la ingeniería es la reducción de costos junto a la maximización de la producción, mediante el uso de las herramientas adecuadas como los sensores en pozo que generan datos en tiempo real, será más práctico y eficiente el cumplimiento de dicho objetivo mediante el seguimiento a dichas variables a partir de la metodología de diagnóstico planteada en este trabajo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un trabajo de investigación que trate de la automatización de cada sistema de levantamiento por separado, ya que este tema es demasiado extenso y merece un estudio más profundo.
- También sería muy interesante realizar un trabajo en campos que tengan la tecnología de pozos inteligentes, para manejar de este modo todo el sistema de automatización
- Una vez establecidas las variables que reflejan el comportamiento de cada sistema de levantamiento, se recomienda realizar un estudio para definir cuáles de estas variables pueden ser tomadas como variables de control para evitar que el sistema de levantamiento colapse debido a la presencia de un problema.
- A partir de la metodología desarrollada es posible hacer una evaluación del desempeño de un sistema de levantamiento que se esté aplicando en un campo en específico, para poder observar cuáles son sus falencias y poderlas mejorar a partir del manejo de las variables involucradas, o recomendar otro sistema de levantamiento que se acople más a el campo en estudio.

BIBLIOGRAFIA

1. GOLAN, Michael. Well Performance. 2 ed. 472 p.
2. Gil E., Chamorro A. “Técnicas Recomendadas para el Aumento de la Producción en Campos Maduros”. 2009
3. RODRIGUEZ, William y ROBLES, Carlos. Herramienta software para el análisis y diseño de sistemas de levantamiento artificial convencionales. UIS. Tesis de grado. 2010.
4. Gil J., Rolon J. “Selección, Diseño Prueba de Nuevos Sistemas de Levantamiento Artificial. Aplicación al Campo Colorado”. 2009
5. Gómez J; “Bombeo Neumático (Gas Lift)-Conceptos y Cálculos de Diseño”. 2009
6. Díaz J., López J. “Análisis y Mejoramiento de la Producción en Bombeo Mecánico con Alta Relación Gas-Aceite. Aplicación Campo Payoa”. 2007
7. Peña F. “Proyecto de Grado en la Modalidad de Práctica Empresarial Bombeo Electrosumergible. Descripción, Diseño y Monitoreo” 2005
8. Mendoza E. “Evaluación Técnico Económica del Desempeño de Bombeo Electrosumergible como Nuevo Sistema de Levantamiento Artificial para el Campo Cantagallo”. 2005

9. Mosquera L. “Evaluación y Analisis del desempeño del Sistema de Levantamiento Artificial por Bombas de Cavidades Progresivas (BCP) en el Campo Guando-Melgar”. 2004

10. Pérez H., Sarquez J. “Análisis Teórico de los Principales Problemas que se Presentan en la Etapa de Producción de Pozos Petroleros”. 1987

11. Teknica Petroleum Services Ltd; “Problem Well Analysis”. 2001

12. <http://www.slb.com>

13. Diferentes artículos SPE.

ANEXOS



Anexo 1. TABLA COMPLETA DEL CASO 1 ESP: BLOQUEO DE GAS

FECHA	WHP (PSI)	Frecuencia (Hz)	TM(°F)	PI (PSI)	Corriente (Amp)	Voltaje (V)
25/Feb/2005 14:11	80	55	172,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:16	80	55	172,9	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:21	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:26	80	55	174,0	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:31	80	55	174,7	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:36	80	55	173,5	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:41	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:46	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:51	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 14:56	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:01	80	55	173,1	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:06	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:11	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:16	80	55	172,6	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:21	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:26	80	55	172,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:31	80	55	172,5	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:36	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:41	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:46	80	55	172,2	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:51	80	55	173,7	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 15:56	80	55	172,6	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:01	80	55	173,8	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:06	80	55	173,8	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:11	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:16	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:21	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:26	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:31	80	55	172,0	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:36	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:41	80	55	172,2	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:46	80	55	173,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:51	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 16:56	80	55	173,5	1717,1	33,84	421,666667



25/Feb/2005 17:01	80	55	172,2	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:06	80	55	172,3	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:11	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:16	80	55	172,6	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:21	80	55	174,2	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:26	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:31	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:36	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:41	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:46	80	55	171,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:51	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 17:56	80	55	171,5	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:01	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:06	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:11	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:16	80	55	172,6	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:21	80	55	171,9	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:26	80	55	171,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:31	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:36	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:41	80	55	173,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:46	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:51	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 18:56	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:01	80	55	173,1	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:06	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:11	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:16	80	55	172,6	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:21	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:26	80	55	172,3	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:31	80	55	172,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:36	80	55	172,4	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:41	80	55	173,5	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:46	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:51	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 19:56	80	55	172,6	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:01	80	55	173,8	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:06	80	55	173,8	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:11	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667



25/Feb/2005 20:16	80	55	173,5	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:21	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:26	80	55	173,1	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:31	80	55	172,0	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:36	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:41	80	55	172,2	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:46	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:51	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 20:56	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:01	80	55	172,2	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:06	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:11	80	55	172,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:16	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:21	80	55	174,2	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:26	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:31	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:36	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:41	80	55	172,4	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:46	80	55	171,3	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:51	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 21:56	80	55	171,5	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:01	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:06	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:11	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:16	80	55	172,6	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:21	80	55	171,9	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:26	80	55	171,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:31	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:36	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:41	80	55	173,3	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:46	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:51	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 22:56	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:01	80	55	173,1	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:06	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:11	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:16	80	55	172,6	1717,8	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:21	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:26	80	55	172,3	1718,0	33,84	421,666667



25/Feb/2005 23:31	80	55	172,5	1719,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:36	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:41	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:46	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:51	80	55	173,7	1717,1	33,84	421,666667
25/Feb/2005 23:56	80	55	172,6	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:01	80	55	173,8	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:06	80	55	173,8	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:11	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:16	80	55	173,5	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:21	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:26	80	55	173,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:31	80	55	172,0	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:36	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:41	80	55	172,2	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:46	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:51	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 0:56	80	55	173,5	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:01	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:06	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:11	80	55	172,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:16	80	55	172,6	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:21	80	55	174,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:26	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:31	80	55	173,7	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:36	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:41	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:46	80	55	171,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:51	80	55	173,7	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 1:56	80	55	171,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:01	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:06	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:11	80	55	173,1	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:16	80	55	172,6	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:21	80	55	171,9	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:26	80	55	171,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:32	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:37	80	55	172,2	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:42	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667



26/Feb/2005 2:47	80	55	172,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:52	80	55	172,6	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 2:57	80	55	174,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:02	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:07	80	55	173,7	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:12	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:17	80	55	172,4	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:22	80	55	171,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:27	80	55	173,7	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:32	80	55	171,5	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:37	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:42	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:47	80	55	173,1	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:52	80	55	172,6	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 3:57	80	55	171,9	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:02	80	55	171,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:07	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:12	80	55	172,3	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:17	80	55	172,9	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:22	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:27	80	55	174,0	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:32	80	55	174,7	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:37	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:42	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:47	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:52	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 4:57	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:02	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:07	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:12	80	55	173,5	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:17	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:22	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:27	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:32	80	55	172,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:37	80	55	172,4	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:42	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:47	80	55	172,2	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:52	80	55	173,7	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 5:57	80	55	172,6	1718,6	33,84	421,666667



26/Feb/2005 6:02	80	55	173,8	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:07	80	55	173,8	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:12	80	55	173,3	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:17	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:22	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:27	80	55	173,1	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:32	80	55	172,0	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:37	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:42	80	55	172,2	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:47	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:52	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 6:57	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:02	80	55	172,2	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:07	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:12	80	55	172,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:17	80	55	172,6	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:22	80	55	174,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:27	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:32	80	55	173,7	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:37	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:42	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:47	80	55	171,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:52	80	55	173,7	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 7:57	80	55	171,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:02	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:07	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:12	80	55	173,1	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:17	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:22	80	55	171,9	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:27	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:32	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:37	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:42	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:47	80	55	173,3	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:52	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 8:57	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:02	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:07	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:12	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667



26/Feb/2005 9:17	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:22	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:27	80	55	172,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:32	80	55	172,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:37	80	55	172,4	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:42	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:47	80	55	172,2	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:52	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 9:57	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:02	80	55	173,8	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:07	80	55	173,8	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:12	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:17	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:22	80	55	173,5	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:27	80	55	173,1	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:32	80	55	172,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:37	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:42	80	55	172,2	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:47	80	55	173,3	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:52	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 10:57	80	55	173,5	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:02	80	55	172,2	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:07	80	55	172,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:12	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:17	80	55	172,6	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:23	80	55	174,2	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:28	80	55	173,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:33	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:38	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:43	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:48	80	55	171,3	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:53	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 11:58	80	55	171,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:03	80	55	173,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:08	80	55	172,4	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:13	80	55	173,1	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:18	80	55	172,6	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:23	80	55	171,9	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:28	80	55	171,3	1718,0	33,84	421,666667



26/Feb/2005 12:33	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:38	80	55	173,5	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:43	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:48	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:53	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 12:58	80	55	173,5	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:03	80	55	173,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:08	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:13	80	55	173,5	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:18	80	55	172,6	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:23	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:28	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:33	80	55	172,5	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:38	80	55	172,4	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:43	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:48	80	55	172,2	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:53	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 13:58	80	55	172,6	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:03	80	55	173,8	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:08	80	55	173,8	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:13	80	55	173,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:18	80	55	173,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:23	80	55	173,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:28	80	55	173,1	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:33	80	55	172,0	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:38	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:43	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:48	80	55	173,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:53	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 14:58	80	55	173,5	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:03	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:08	80	55	172,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:13	80	55	172,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:18	80	55	172,6	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:23	80	55	174,2	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:28	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:33	80	55	173,7	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:38	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:43	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667



26/Feb/2005 15:48	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:53	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 15:58	80	55	171,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:03	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:08	80	55	172,4	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:13	80	55	173,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:18	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:23	80	55	171,9	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:28	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:33	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:38	80	55	172,2	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:43	80	55	172,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:48	80	55	172,3	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:53	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 16:58	80	55	174,2	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:03	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:08	80	55	173,7	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:13	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:18	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:23	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:28	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:33	80	55	171,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:38	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:43	80	55	172,4	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:48	80	55	173,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:53	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 17:58	80	55	171,9	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:03	80	55	171,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:08	80	55	172,4	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:13	80	55	172,2	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:18	80	55	172,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:23	80	55	172,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:28	80	55	172,6	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:33	80	55	174,2	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:38	80	55	173,3	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:43	80	55	173,7	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:48	80	55	173,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:53	80	55	172,4	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 18:58	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667



26/Feb/2005 19:03	80	55	173,7	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:08	80	55	171,5	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:13	80	55	173,3	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:18	80	55	172,4	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:23	80	55	173,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:28	80	55	172,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:34	80	55	171,9	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:39	80	55	171,3	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:44	80	55	172,4	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:49	80	55	172,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:54	80	55	172,9	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 19:59	80	55	173,7	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:04	80	55	174,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:09	80	55	174,7	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:14	80	55	175,0	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:19	80	55	172,9	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:24	80	55	173,7	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:29	80	55	174,0	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:34	80	55	174,7	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:39	80	55	172,9	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:44	80	55	173,7	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:49	80	55	174,0	1718,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:54	80	55	174,7	1717,8	33,84	421,666667
26/Feb/2005 20:59	80	55	175,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:04	80	55	175,3	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:09	80	55	177,0	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:14	80	55	178,0	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:19	80	55	178,8	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:24	80	55	180,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:29	80	55	182,5	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:34	80	55	185,0	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:39	80	55	185,8	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:44	80	55	187,4	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:49	80	55	187,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:54	80	55	188,0	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 21:59	80	55	190,8	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:04	80	55	192,3	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:09	80	55	193,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:14	80	55	193,6	1718,0	33,84	421,666667



26/Feb/2005 22:19	80	55	194,3	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:24	80	55	195,2	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:29	80	55	195,9	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:34	80	55	196,1	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:39	80	55	198,3	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:44	80	55	198,5	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:49	80	55	199,0	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:54	80	55	205,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 22:59	80	55	207,8	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:04	80	55	208,9	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:09	80	55	212,0	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:14	80	55	212,8	1718,6	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:19	80	55	212,7	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:24	80	55	215,6	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:29	80	55	217,4	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:34	80	55	217,5	1717,1	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:39	80	55	217,8	1719,3	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:44	80	55	219,6	1717,4	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:49	80	55	220,0	1718,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:54	80	55	225,6	1719,0	33,84	421,666667
26/Feb/2005 23:59	80	55	226,8	1718,6	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:04	80	55	227,0	1717,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:09	80	55	225,6	1718,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:14	80	55	227,8	1719,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:19	80	55	226,0	1725,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:24	80	55	225,7	1726,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 0:29	80	55	226,1	1735,0	33,71	421,666667
27/Feb/2005 0:34	80	55	226,9	1738,4	33,68	421,666667
27/Feb/2005 0:39	80	55	226,7	1739,2	33,6	421,666667
27/Feb/2005 0:44	80	55	226,7	1742,9	33,5	421,666667
27/Feb/2005 0:49	80	55	226,8	1743,5	33	421,666667
27/Feb/2005 0:54	80	55	227,0	1745,3	32	421,666667
27/Feb/2005 0:59	80	55	225,6	1758,0	31,3	421,666667
27/Feb/2005 1:04	80	55	227,8	1759,4	31	421,666667
27/Feb/2005 1:09	80	55	226,0	1760,3	30,8	421,666667
27/Feb/2005 1:14	80	55	225,7	1764,2	30,5	421,666667
27/Feb/2005 1:19	80	55	226,1	1765,8	30	421,666667
27/Feb/2005 1:24	80	55	226,9	1766,1	29,9	421,666667
27/Feb/2005 1:29	80	55	226,7	1766,4	29,4	421,666667



27/Feb/2005 1:34	80	55	228,9	1766,8	29,1	421,666667
27/Feb/2005 1:39	80	55	232,5	1767,4	28,7	421,666667
27/Feb/2005 1:44	80	55	238,4	1767,9	28,3	421,666667
27/Feb/2005 1:49	80	55	240,3	1768,3	28,2	421,666667
27/Feb/2005 1:54	80	55	241,5	1768,5	27,3	421,666667
27/Feb/2005 1:59	80	55	246,2	1768,8	27	421,666667
27/Feb/2005 2:04	80	55	246,9	1769,4	26,4	421,666667
27/Feb/2005 2:09	80	55	250,5	1773,0	25,9	421,666667
27/Feb/2005 2:14	80	55	250,8	1775,1	25,4	421,666667
27/Feb/2005 2:19	80	55	255,4	1777,3	25,2	421,666667
27/Feb/2005 2:24	80	55	258,3	1779,4	24,8	421,666667
27/Feb/2005 2:29	80	55	260,8	1782,5	24,8	421,666667
27/Feb/2005 2:34	80	55	265,9	1793,5	24,7	421,666667
27/Feb/2005 2:39	80	55	273,5	1794,8	24,4	421,666667
27/Feb/2005 2:44	80	55	274,8	1810,0	24,1	421,666667
27/Feb/2005 2:49	80	55	276,4	1812,6	23,8	421,666667
27/Feb/2005 2:54	80	55	276,8	1813,8	23,6	421,666667
27/Feb/2005 2:59	80	55	277,4	1814,5	23,6	421,666667
27/Feb/2005 3:04	80	55	278,4	1818,3	19	421,666667
27/Feb/2005 3:09	80	55	279,5	1819,8	23,3	421,666667
27/Feb/2005 3:14	80	55	280,0	1823,2	18,8	421,666667
27/Feb/2005 3:19	80	55	276,8	1825,3	23,2	421,666667
27/Feb/2005 3:24	80	55	277,4	1826,1	18,7	421,666667
27/Feb/2005 3:29	80	55	278,4	1834,5	23,2	421,666667
27/Feb/2005 3:34	80	55	279,5	1836,2	18,5	421,666667
27/Feb/2005 3:39	80	55	280,0	1836,8	20,5	421,666667
27/Feb/2005 3:44	80	55	276,4	1840,1	20,3	421,666667
27/Feb/2005 3:49	80	55	276,8	1842,4	20,5	421,666667
27/Feb/2005 3:54	80	55	277,4	1842,9	20,4	421,666667
27/Feb/2005 3:59	80	55	278,4	1844,5	20,5	421,666667
27/Feb/2005 4:04	80	55	279,5	1845,2	21	421,666667
27/Feb/2005 4:09	80	55	280,0	1850,1	18,9	421,666667
27/Feb/2005 4:14	80	55	276,8	1851,3	20,8	421,666667
27/Feb/2005 4:19	80	55	277,4	1853,2	18,5	421,666667
27/Feb/2005 4:24	80	55	278,4	1853,4	20,75	421,666667
27/Feb/2005 4:29	80	55	279,5	1855,3	18,43	421,666667
27/Feb/2005 4:35	80	55	280,0	1860,4	10,5	421,666667
27/Feb/2005 4:40	80	55	277,4	1853,2	0	421,666667
27/Feb/2005 4:45	80	55	276,5	1842,9	0	421,666667



27/Feb/2005 4:50	80	55	275,4	1836,2	0	421,666667
27/Feb/2005 4:55	80	55	270,0	1826,1	0	421,666667
27/Feb/2005 5:00	80	55	266,4	1823,2	0	421,666667
27/Feb/2005 5:05	80	55	264,8	1814,5	0	421,666667
27/Feb/2005 5:10	80	55	262,3	1810,0	0	421,666667
27/Feb/2005 5:15	80	55	260,0	1793,5	0	421,666667
27/Feb/2005 5:20	80	55	255,5	1777,3	0	421,666667
27/Feb/2005 5:25	80	55	253,1	1769,4	0	421,666667
27/Feb/2005 5:30	80	55	243,2	1768,3	0	421,666667
27/Feb/2005 5:35	80	55	238,5	1768,5	0	421,666667
27/Feb/2005 5:40	80	55	237,6	1768,8	0	421,666667
27/Feb/2005 5:45	80	55	225,8	1765,0	0	421,666667
27/Feb/2005 5:50	80	55	220,6	1760,4	0	421,666667
27/Feb/2005 5:55	80	55	216,4	1759,4	0	421,666667
27/Feb/2005 6:00	80	55	214,3	1758,6	0	421,666667
27/Feb/2005 6:05	80	55	212,3	1757,3	0	421,666667
27/Feb/2005 6:10	80	55	210,6	1756,8	0	421,666667
27/Feb/2005 6:15	80	55	209,9	1750,0	0	421,666667
27/Feb/2005 6:20	80	55	205,2	1749,9	0	421,666667
27/Feb/2005 6:25	80	55	203,4	1749,5	0	421,666667
27/Feb/2005 6:30	80	55	197,4	1745,0	0	421,666667
27/Feb/2005 6:35	80	55	190,8	1745,3	68,3	421,666667
27/Feb/2005 6:40	80	55	192,3	1758,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 6:45	80	55	193,1	1759,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 6:50	80	55	193,6	1760,3	33,84	421,666667
27/Feb/2005 6:55	80	55	194,3	1764,2	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:00	80	55	195,2	1765,8	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:05	80	55	195,9	1766,1	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:10	80	55	196,1	1766,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:15	80	55	198,3	1766,8	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:20	80	55	198,5	1767,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:25	80	55	199,0	1767,9	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:30	80	55	205,0	1768,3	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:35	80	55	207,8	1768,5	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:40	80	55	208,9	1768,8	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:45	80	55	212,0	1769,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:50	80	55	212,8	1773,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 7:55	80	55	212,7	1775,1	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:00	80	55	215,6	1777,3	33,84	421,666667



27/Feb/2005 8:05	80	55	217,4	1779,4	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:10	80	55	217,5	1782,5	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:15	80	55	217,8	1793,5	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:20	80	55	219,6	1794,8	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:25	80	55	220,0	1810,0	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:30	80	55	225,6	1812,6	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:35	80	55	226,8	1813,8	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:40	80	55	227,0	1814,5	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:45	80	55	225,6	1818,3	33,84	421,666667
27/Feb/2005 8:50	80	55	227,8	1819,8	33,81	421,666667
27/Feb/2005 8:55	80	55	226,0	1823,2	33,7	421,666667
27/Feb/2005 9:00	80	55	226,7	1825,3	33,62	421,666667
27/Feb/2005 9:05	80	55	226,7	1826,1	33,5	421,666667
27/Feb/2005 9:10	80	55	226,8	1834,5	33,32	421,666667
27/Feb/2005 9:15	80	55	227,0	1836,2	32,8	421,666667
27/Feb/2005 9:20	80	55	225,6	1836,8	31,3	421,666667
27/Feb/2005 9:25	80	55	227,8	1840,1	31	421,666667
27/Feb/2005 9:30	80	55	226,0	1842,4	30,8	421,666667
27/Feb/2005 9:35	80	55	225,7	1842,9	30,5	421,666667
27/Feb/2005 9:40	80	55	226,1	1844,5	30	421,666667
27/Feb/2005 9:45	80	55	226,9	1845,2	29,9	421,666667
27/Feb/2005 9:50	80	55	226,7	1850,1	29,4	421,666667
27/Feb/2005 9:55	80	55	228,9	1851,3	29,1	421,666667
27/Feb/2005 10:00	80	55	232,5	1853,2	28,7	421,666667
27/Feb/2005 10:05	80	55	238,4	1855,4	28,3	421,666667
27/Feb/2005 10:10	80	55	240,3	1857,2	28,2	421,666667
27/Feb/2005 10:15	80	55	241,5	1858,3	27,3	421,666667
27/Feb/2005 10:20	80	55	246,2	1859,5	27	421,666667
27/Feb/2005 10:25	80	55	246,9	1862,3	26,4	421,666667
27/Feb/2005 10:30	80	55	250,5	1864,9	25,9	421,666667
27/Feb/2005 10:35	80	55	250,8	1867,4	25,4	421,666667
27/Feb/2005 10:40	80	55	255,4	1867,9	25,2	421,666667
27/Feb/2005 10:45	80	55	258,3	1868,4	24,8	421,666667
27/Feb/2005 10:50	80	55	260,8	1865,3	24,8	421,666667
27/Feb/2005 10:55	80	55	265,9	1866,4	24,7	421,666667
27/Feb/2005 11:00	80	55	273,5	1866,9	24,4	421,666667
27/Feb/2005 11:05	80	55	274,8	1870,0	24,1	421,666667
27/Feb/2005 11:10	80	55	276,4	1872,4	23,8	421,666667
27/Feb/2005 11:15	80	55	276,8	1873,9	23,6	421,666667



27/Feb/2005 11:20	80	55	277,4	1874,0	23,6	421,666667
27/Feb/2005 11:25	80	55	278,4	1875,2	19	421,666667
27/Feb/2005 11:30	80	55	279,5	1876,9	23,3	421,666667
27/Feb/2005 11:35	80	55	280,0	1877,0	18,8	421,666667
27/Feb/2005 11:40	80	55	276,8	1878,2	23,2	421,666667
27/Feb/2005 11:45	80	55	277,4	1878,6	18,7	421,666667
27/Feb/2005 11:50	80	55	278,4	1879,0	23,2	421,666667
27/Feb/2005 11:55	80	55	279,5	1880,1	18,5	421,666667
27/Feb/2005 12:00	80	55	280,0	1881,2	20,5	421,666667
27/Feb/2005 12:05	80	55	276,4	1881,4	20,3	421,666667
27/Feb/2005 12:10	80	55	276,8	1881,5	20,5	421,666667
27/Feb/2005 12:15	80	55	277,4	1882,3	20,4	421,666667
27/Feb/2005 12:20	80	55	278,4	1884,2	20,5	421,666667
27/Feb/2005 12:25	80	55	279,5	1884,5	21	421,666667
27/Feb/2005 12:30	80	55	280,0	1884,8	18,9	421,666667
27/Feb/2005 12:35	80	55	276,8	1884,9	20,8	421,666667
27/Feb/2005 12:40	80	55	277,4	1885,2	18,5	421,666667
27/Feb/2005 12:45	80	55	278,4	1885,4	20,75	421,666667
27/Feb/2005 12:50	80	55	279,5	1885,6	18,43	421,666667
27/Feb/2005 12:55	80	55	280,0	1886,0	10,5	421,666667
27/Feb/2005 13:00	80	55	277,4	1886,3	0	421,666667
27/Feb/2005 13:05	80	55	278,4	1886,5	0	421,666667
27/Feb/2005 13:11	80	55	279,5	1886,7	0	421,666667
27/Feb/2005 13:16	80	55	280,0	1887,1	0	421,666667
27/Feb/2005 13:21	80	55	276,8	1887,2	0	421,666667
27/Feb/2005 13:26	80	55	277,4	1887,5	0	421,666667
27/Feb/2005 13:31	80	55	278,4	1887,9	0	421,666667
27/Feb/2005 13:36	80	55	279,5	1888,2	0	421,666667
27/Feb/2005 13:41	80	55	280,0	1888,4	0	421,666667
27/Feb/2005 13:46	80	55	276,4	1888,5	0	421,666667
27/Feb/2005 13:51	80	55	276,8	1888,6	0	421,666667
27/Feb/2005 13:56	80	55	276,8	1888,8	0	421,666667
27/Feb/2005 14:01	80	55	277,4	1889,4	0	421,666667
27/Feb/2005 14:06	80	55	278,4	1889,6	0	421,666667
27/Feb/2005 14:11	80	55	279,5	1890,1	0	421,666667
27/Feb/2005 14:16	80	55	280,0	1890,3	0	421,666667
27/Feb/2005 14:21	80	55	276,4	1890,7	0	421,666667
27/Feb/2005 14:26	80	55	276,8	1891,0	0	421,666667
27/Feb/2005 14:31	80	55	276,0	1891,3	0	421,666667



27/Feb/2005 14:36	80	55	280,0	1891,6	0	421,666667
27/Feb/2005 14:41	80	55	282,0	1891,9	0	421,666667
27/Feb/2005 14:46	80	55	283,7	1892,1	0	421,666667
27/Feb/2005 14:51	80	55	286,0	1892,3	0	421,666667



Anexo 2. TABLA COMPLETA CASO 2 ESP: PRESENCIA DE SÓLIDOS

FECHA	TM(°F)	PI (Psi)	Corriente	Tm (°C)	Vibración
22/Jun/2005 14:16	150,8	142,211254	24,45	66	1,5
22/Jun/2005 14:21	151,34	142,211254	24,45	66,3	1,2
22/Jun/2005 14:26	149	143,662389	24,45	65	2,1
22/Jun/2005 14:31	153,32	145,113524	24,45	67,4	1,4
22/Jun/2005 14:36	150,98	143,662389	24,45	66,1	2,3
22/Jun/2005 14:41	152,24	145,113524	24,45	66,8	1,1
22/Jun/2005 14:46	149	142,211254	24,45	65	2
22/Jun/2005 14:51	152,42	143,662389	24,45	66,9	1,7
22/Jun/2005 14:56	152,6	143,662389	24,45	67	2,2
22/Jun/2005 15:01	151,7	142,211254	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 15:06	150,44	143,662389	24,45	65,8	2,3
22/Jun/2005 15:11	151,34	142,211254	24,45	66,3	1
22/Jun/2005 15:16	152,78	142,211254	24,45	67,1	2
22/Jun/2005 15:21	152,06	145,113524	24,45	66,7	1,1
22/Jun/2005 15:26	150,8	143,662389	24,45	66	2,3
22/Jun/2005 15:31	150,62	143,662389	24,45	65,9	1,5
22/Jun/2005 15:36	152,6	142,211254	24,45	67	1,2
22/Jun/2005 15:41	151,7	142,211254	24,45	66,5	2,1
22/Jun/2005 15:46	150,98	145,113524	24,45	66,1	1,4
22/Jun/2005 15:51	151,52	143,662389	24,45	66,4	2,3
22/Jun/2005 15:56	150,8	145,113524	24,45	66	1,1
22/Jun/2005 16:01	150,62	142,211254	24,45	65,9	2
22/Jun/2005 16:06	150,8	143,662389	24,45	66	1,7
22/Jun/2005 16:11	151,34	143,662389	24,45	66,3	2,2
22/Jun/2005 16:16	149	142,211254	24,45	65	1,2
22/Jun/2005 16:21	153,32	142,211254	24,45	67,4	2,3
22/Jun/2005 16:26	150,98	142,211254	24,45	66,1	1
22/Jun/2005 16:31	152,24	142,211254	24,45	66,8	2
22/Jun/2005 16:36	149	142,211254	24,45	65	1,1
22/Jun/2005 16:41	152,42	143,662389	24,45	66,9	2,3
22/Jun/2005 16:46	152,6	142,211254	24,45	67	1,5
22/Jun/2005 16:51	151,7	143,662389	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 16:56	150,44	143,662389	24,45	65,8	2,1
22/Jun/2005 17:01	151,34	145,113524	24,45	66,3	1,4
22/Jun/2005 17:06	152,78	145,113524	24,45	67,1	2,3
22/Jun/2005 17:11	152,06	145,113524	24,45	66,7	1,1
22/Jun/2005 17:16	150,8	142,211254	24,45	66	2



22/Jun/2005 17:21	150,62	142,211254	24,45	65,9	1,7
22/Jun/2005 17:26	152,6	143,662389	24,45	67	2,2
22/Jun/2005 17:31	151,7	143,662389	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 17:36	150,98	143,662389	24,45	66,1	2,3
22/Jun/2005 17:41	151,52	142,211254	24,45	66,4	1
22/Jun/2005 17:46	150,8	142,211254	24,45	66	2
22/Jun/2005 17:51	150,62	143,662389	24,45	65,9	1,1
22/Jun/2005 17:56	152,42	142,211254	24,45	66,9	2,3
22/Jun/2005 18:01	152,6	143,662389	24,45	67	1,5
22/Jun/2005 18:06	151,7	142,211254	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 18:11	150,44	143,662389	24,45	65,8	2,1
22/Jun/2005 18:16	151,34	143,662389	24,45	66,3	1,4
22/Jun/2005 18:21	152,78	142,211254	24,45	67,1	2,3
22/Jun/2005 18:26	152,06	143,662389	24,45	66,7	1,1
22/Jun/2005 18:31	150,8	145,113524	24,45	66	2
22/Jun/2005 18:36	150,62	145,113524	24,45	65,9	1,7
22/Jun/2005 18:41	152,6	145,113524	24,45	67	2,2
22/Jun/2005 18:46	151,7	142,211254	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 18:51	150,98	142,211254	24,45	66,1	2,3
22/Jun/2005 18:56	151,52	142,211254	24,45	66,4	1
22/Jun/2005 19:01	150,8	142,211254	24,45	66	2
22/Jun/2005 19:06	150,62	145,113524	24,45	65,9	1,1
22/Jun/2005 19:11	150,8	142,211254	24,45	66	2,3
22/Jun/2005 19:16	151,34	143,662389	24,45	66,3	1,5
22/Jun/2005 19:21	149	142,211254	24,45	65	1,2
22/Jun/2005 19:26	153,32	143,662389	24,45	67,4	2,1
22/Jun/2005 19:31	150,98	143,662389	24,45	66,1	1,4
22/Jun/2005 19:36	152,24	142,211254	24,45	66,8	2,3
22/Jun/2005 19:41	149	142,211254	24,45	65	1,1
22/Jun/2005 19:46	152,42	142,211254	24,45	66,9	2
22/Jun/2005 19:51	152,6	145,113524	24,45	67	1,7
22/Jun/2005 19:56	151,7	142,211254	24,45	66,5	2,2
22/Jun/2005 20:01	150,44	143,662389	24,45	65,8	1,2
22/Jun/2005 20:06	151,34	142,211254	24,45	66,3	2,3
22/Jun/2005 20:11	152,78	145,113524	24,45	67,1	1
22/Jun/2005 20:16	152,06	143,662389	24,45	66,7	2
22/Jun/2005 20:21	150,8	145,113524	24,45	66	1,1
22/Jun/2005 20:26	150,62	145,113524	24,45	65,9	2,3
22/Jun/2005 20:31	152,6	142,211254	24,45	67	1,5



22/Jun/2005 20:36	151,7	142,211254	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 20:41	150,98	142,211254	24,45	66,1	2,1
22/Jun/2005 20:46	151,52	145,113524	24,45	66,4	1,4
22/Jun/2005 20:51	150,8	143,662389	24,45	66	2,3
22/Jun/2005 20:56	150,62	142,211254	24,45	65,9	1,1
22/Jun/2005 21:01	150,62	142,211254	24,45	65,9	2
22/Jun/2005 21:06	152,42	142,211254	24,45	66,9	1,7
22/Jun/2005 21:11	152,6	143,662389	24,45	67	2,2
22/Jun/2005 21:16	151,7	145,113524	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 21:21	150,44	145,113524	24,45	65,8	2,3
22/Jun/2005 21:26	151,34	145,113524	24,45	66,3	1
22/Jun/2005 21:31	152,78	143,662389	24,45	67,1	2
22/Jun/2005 21:36	152,06	143,662389	24,45	66,7	1,1
22/Jun/2005 21:41	150,8	142,211254	24,45	66	2,3
22/Jun/2005 21:46	150,62	142,211254	24,45	65,9	1,5
22/Jun/2005 21:51	152,6	142,211254	24,45	67	1,2
22/Jun/2005 21:56	151,7	143,662389	24,45	66,5	2,1
22/Jun/2005 22:01	150,98	142,211254	24,45	66,1	1,4
22/Jun/2005 22:06	151,52	143,662389	24,45	66,4	2,3
22/Jun/2005 22:11	150,8	142,211254	24,45	66	1,1
22/Jun/2005 22:16	150,62	142,211254	24,45	65,9	2
22/Jun/2005 22:21	150,8	143,662389	24,45	66	1,7
22/Jun/2005 22:26	151,34	142,211254	24,45	66,3	2,2
22/Jun/2005 22:31	149	142,211254	24,45	65	1,2
22/Jun/2005 22:36	153,32	143,662389	24,45	67,4	2,3
22/Jun/2005 22:41	150,98	143,662389	24,45	66,1	1
22/Jun/2005 22:46	152,24	145,113524	24,45	66,8	2
22/Jun/2005 22:51	149	145,113524	24,45	65	1,1
22/Jun/2005 22:56	152,42	142,211254	24,45	66,9	2,3
22/Jun/2005 23:01	152,6	142,211254	24,45	67	1,5
22/Jun/2005 23:06	151,7	143,662389	24,45	66,5	1,2
22/Jun/2005 23:11	150,98	142,211254	24,45	66,1	2,1
22/Jun/2005 23:16	151,52	143,662389	24,45	66,4	1,4
22/Jun/2005 23:21	150,8	143,662389	24,45	66	2,3
22/Jun/2005 23:26	150,62	145,113524	24,45	65,9	1,1
22/Jun/2005 23:31	150,8	142,211254	24,45	66	2
22/Jun/2005 23:36	151,34	145,113524	24,45	66,3	1,7
22/Jun/2005 23:41	149	142,211254	24,45	65	2,2
22/Jun/2005 23:46	153,32	143,662389	24,45	67,4	1,2



22/Jun/2005 23:51	150,98	143,662389	24,45	66,1	2,3
22/Jun/2005 23:56	152,24	145,113524	24,45	66,8	1
23/Jun/2005 0:01	149	143,662389	24,45	65	2
23/Jun/2005 0:06	152,42	142,211254	24,45	66,9	1,1
23/Jun/2005 0:11	152,6	145,113524	24,45	67	2,3
23/Jun/2005 0:16	151,7	143,662389	24,45	66,5	2,3
23/Jun/2005 0:21	149	143,662389	24,45	65	1
23/Jun/2005 0:26	152,42	143,662389	24,45	66,9	2
23/Jun/2005 0:31	152,6	145,113524	24,45	67	1,1
23/Jun/2005 0:36	151,7	142,211254	24,45	66,5	2,3
23/Jun/2005 0:41	150,8	145,113524	24,45	66	3,2
23/Jun/2005 0:46	151,16	143,662389	24,45	66,2	3
23/Jun/2005 0:51	151,52	145,113524	24,5	66,4	2,5
23/Jun/2005 0:56	152,24	142,211254	24,5	66,8	2
23/Jun/2005 1:01	152,78	145,113524	24,5	67,1	2,05
23/Jun/2005 1:06	153,14	145,113524	24,6	67,3	2,1
23/Jun/2005 1:11	153,86	142,211254	24,8	67,7	2,2
23/Jun/2005 1:16	154,22	145,113524	25,5	67,9	2,4
23/Jun/2005 1:21	154,94	145,113524	25,8	68,3	2,3
23/Jun/2005 1:26	155,3	142,211254	26,4	68,5	2,2
23/Jun/2005 1:31	155,66	142,211254	26,4	68,7	2,4
23/Jun/2005 1:36	156,02	145,113524	27,3	68,9	2,7
23/Jun/2005 1:41	156,2	145,113524	27,3	69	2,8
23/Jun/2005 1:46	157,64	142,211254	27,4	69,8	2,2
23/Jun/2005 1:51	158,9	142,211254	27,4	70,5	2,7
23/Jun/2005 1:56	163,04	143,662389	31,4	72,8	3,1
23/Jun/2005 2:01	166,1	145,113524	28,4	74,5	2,9
23/Jun/2005 2:06	170,42	143,662389	29,4	76,9	3,8
23/Jun/2005 2:11	172,94	145,113524	28	78,3	3
23/Jun/2005 2:16	180,5	145,113524	30,1	82,5	4,8
23/Jun/2005 2:21	182,84	142,211254	27,9	83,8	4,2
23/Jun/2005 2:26	185,72	145,113524	30,4	85,4	6,1
23/Jun/2005 2:31	189,14	142,211254	29,4	87,3	5,8
23/Jun/2005 2:36	191,84	145,113524	29,4	88,8	5,6
23/Jun/2005 2:41	192,2	143,517275	29,5	89	4
23/Jun/2005 2:46	199,4	144,678184	36	93	5,1
23/Jun/2005 2:51	202,1	144,678184	35	94,5	4,1
23/Jun/2005 2:56	204,44	144,678184	40	95,8	5,6
23/Jun/2005 3:01	208,4	144,678184	39,4	98	4,2



23/Jun/2005 3:06	210,74	150,918065	47	99,3	6
23/Jun/2005 3:11	212	158,173741	45,2	100	5,4
23/Jun/2005 3:16	208,4	158,173741	0	98	0
23/Jun/2005 3:21	195,8	162,527147	0	91	0
23/Jun/2005 3:26	181,4	162,527147	0	83	0
23/Jun/2005 3:31	177,8	163,252715	0	81	0
23/Jun/2005 3:36	159,8	163,978282	0	71	0
23/Jun/2005 3:41	159,26	165,864758	0	70,7	0
23/Jun/2005 3:46	158,9	166,735439	51,8	70,5	3,8
23/Jun/2005 3:51	158	159,624877	22,4	70	3
23/Jun/2005 3:56	156,2	156,722606	22,5	69	3,4
23/Jun/2005 4:01	161,6	152,3692	22,5	72	1,9
23/Jun/2005 4:06	167	150,337611	22,6	75	1,8
23/Jun/2005 4:11	174,2	145,113524	22,7	79	1,9
23/Jun/2005 4:16	168,8	143,662389	22,8	76	2,7
23/Jun/2005 4:21	165,2	142,211254	23,5	74	2,1
23/Jun/2005 4:26	161,6	145,113524	23,8	72	3
23/Jun/2005 4:31	161,6	145,113524	24,4	72	2,1
23/Jun/2005 4:36	161,6	142,211254	24,6	72	2,5
23/Jun/2005 4:41	161,6	143,662389	25,3	72	2,3
23/Jun/2005 4:46	161,06	142,211254	25,3	71,7	2,7
23/Jun/2005 4:51	160,52	142,211254	25,4	71,4	3,2
23/Jun/2005 4:56	159,8	145,113524	25,5	71	3,5
23/Jun/2005 5:01	160,34	142,211254	29,4	71,3	3,1
23/Jun/2005 5:06	161,24	145,113524	26,2	71,8	2,8
23/Jun/2005 5:11	161,6	145,113524	27,5	72	2,6
23/Jun/2005 5:16	162,32	143,662389	26	72,4	2,8
23/Jun/2005 5:21	164,48	145,113524	28,2	73,6	2,9
23/Jun/2005 5:26	165,2	142,211254	25,9	74	3
23/Jun/2005 5:31	167,72	142,211254	28,4	75,4	3,6
23/Jun/2005 5:36	169,88	145,113524	27,4	76,6	4,3
23/Jun/2005 5:41	170,6	145,113524	27,4	77	4,8
23/Jun/2005 5:46	174,2	142,211254	27,5	79	5,4
23/Jun/2005 5:51	177,44	145,113524	34	80,8	6
23/Jun/2005 5:56	179,6	143,662389	31,5	82	6,8
23/Jun/2005 6:01	184,1	145,113524	33	84,5	6
23/Jun/2005 6:06	190,94	143,662389	30	88,3	5,4
23/Jun/2005 6:11	194	145,113524	44,1	90	5,1
23/Jun/2005 6:16	198,32	143,662389	41,3	92,4	5,5



23/Jun/2005 6:21	201,38	143,662389	45	94,1	5,2
23/Jun/2005 6:26	203	145,113524	42,3	95	5,7
23/Jun/2005 6:31	206,6	142,211254	46	97	5,3
23/Jun/2005 6:36	210,2	143,662389	40,8	99	8
23/Jun/2005 6:41	199,4	143,662389	46	93	0,2
23/Jun/2005 6:46	187,52	143,662389	42,1	86,4	0,4
23/Jun/2005 6:51	180,14	142,211254	0	82,3	0
23/Jun/2005 6:56	174,2	145,113524	0	79	0
23/Jun/2005 7:01	169,52	145,113524	0	76,4	0
23/Jun/2005 7:06	163,58	143,517275	0	73,1	0
23/Jun/2005 7:11	159,8	144,678184	0	71	0
23/Jun/2005 7:16	158,36	144,678184	0	70,2	0
23/Jun/2005 7:21	157,28	144,678184	0	69,6	0
23/Jun/2005 7:26	156,2	144,678184	0	69	0
23/Jun/2005 7:31	155,84	150,918065	0	68,8	0
23/Jun/2005 7:36	154,94	158,173741	0	68,3	0
23/Jun/2005 7:41	154,4	158,173741	0	68	0
23/Jun/2005 7:46	154,4	162,527147	0	68	0
23/Jun/2005 7:51	154,4	162,527147	0	68	0
23/Jun/2005 7:56	154,4	163,252715	0	68	0
23/Jun/2005 8:01	153,86	163,978282	0	67,7	0
23/Jun/2005 8:06	152,96	165,864758	0	67,2	0
23/Jun/2005 8:11	152,6	166,735439	0	67	0
23/Jun/2005 8:16	152,42	159,624877	0	66,9	0
23/Jun/2005 8:21	151,7	156,722606	0	66,5	0
23/Jun/2005 8:26	151,34	152,3692	0	66,3	0
23/Jun/2005 8:31	150,8	150,337611	0	66	0
23/Jun/2005 8:36	150,8	145,113524	0	66	0
23/Jun/2005 8:41	150,8	142,211254	0	66	0

Anexo 3. TABLA COMPLETA DEL CASO 3 ESP: RECIRCULACIÓN

FECHA	TM(°F)	PI (Psi)	Corriente
03/Sep/2007 14:16	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 14:21	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 14:26	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 14:31	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 14:36	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 14:41	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 14:46	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 14:51	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 14:56	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 15:01	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:06	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 15:11	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 15:16	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:21	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:26	152,6	142,211254	24,45
03/Sep/2007 15:31	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:36	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 15:41	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 15:46	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:51	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 15:56	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 16:01	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 16:06	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 16:11	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 16:16	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 16:21	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 16:26	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 16:31	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 16:36	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 16:41	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 16:46	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 16:51	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 16:56	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 17:01	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 17:06	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 17:11	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 17:16	150,8	143,662389	24,45



03/Sep/2007 17:21	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 17:26	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 17:31	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 17:36	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 17:41	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 17:46	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 17:51	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 17:56	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:01	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:06	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 18:11	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 18:16	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 18:21	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 18:26	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:31	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:36	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:41	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 18:46	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 18:51	152,6	142,211254	24,45
03/Sep/2007 18:56	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 19:01	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 19:06	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 19:11	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 19:16	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 19:21	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 19:26	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 19:31	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 19:36	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 19:41	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 19:46	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 19:51	154,4	143,662389	24,45
03/Sep/2007 19:56	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 20:01	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 20:06	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 20:11	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 20:16	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 20:21	154,4	142,211254	24,45
03/Sep/2007 20:26	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 20:31	150,8	142,211254	24,45



03/Sep/2007 20:36	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 20:41	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 20:46	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 20:51	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 20:56	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 21:01	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 21:06	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 21:11	152,6	142,211254	24,45
03/Sep/2007 21:16	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 21:21	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 21:26	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 21:31	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 21:36	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 21:41	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 21:46	152,6	143,662389	24,45
03/Sep/2007 21:51	154,4	145,113524	24,45
03/Sep/2007 21:56	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 22:01	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 22:06	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:11	150,8	143,662389	24,45
03/Sep/2007 22:16	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:21	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:26	152,6	142,211254	24,45
03/Sep/2007 22:31	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:36	150,8	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:41	152,6	145,113524	24,45
03/Sep/2007 22:46	150,8	142,211254	24,45
03/Sep/2007 22:51	156,2	145,113524	24,2
03/Sep/2007 22:56	157,1	148,015795	24
03/Sep/2007 23:01	157,1	148,741362	23,7
03/Sep/2007 23:06	158,18	148,741362	23,5
03/Sep/2007 23:11	158,9	149,612043	23,1
03/Sep/2007 23:16	159,08	150,482725	22,9
03/Sep/2007 23:21	159,08	150,918065	22,6
03/Sep/2007 23:26	161,6	152,078973	22,3
03/Sep/2007 23:31	162,32	152,078973	22
03/Sep/2007 23:36	162,32	152,078973	21,8
03/Sep/2007 23:41	162,86	152,804541	21,6
03/Sep/2007 23:46	163,76	153,094768	21,6

03/Sep/2007 23:51	164,12	153,239882	21,3
03/Sep/2007 23:56	165,56	153,384995	21,2
04/Sep/2007 0:01	166,1	153,820336	21
04/Sep/2007 0:06	166,46	155,271471	20,7
04/Sep/2007 0:11	167	155,271471	20,6
04/Sep/2007 0:16	167,54	155,271471	20,3
04/Sep/2007 0:21	167,9	153,820336	20,2
04/Sep/2007 0:26	168,62	153,820336	20
04/Sep/2007 0:31	168,98	155,271471	21,8
04/Sep/2007 0:36	168,8	153,820336	21,7
04/Sep/2007 0:41	169,34	155,271471	21,5
04/Sep/2007 0:46	169,7	153,820336	21
04/Sep/2007 0:51	170,6	155,271471	20,8
04/Sep/2007 0:56	171,5	155,271471	20,7
04/Sep/2007 1:01	172,04	153,820336	20,6
04/Sep/2007 1:06	172,22	155,271471	18,7
04/Sep/2007 1:11	173,12	155,271471	19,5
04/Sep/2007 1:16	174,2	155,271471	18,4
04/Sep/2007 1:21	174,2	153,820336	20
04/Sep/2007 1:26	172,4	153,820336	19,3
04/Sep/2007 1:31	174,2	153,820336	19,7
04/Sep/2007 1:36	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 1:41	172,4	153,820336	19,3
04/Sep/2007 1:46	174,2	155,271471	18,4
04/Sep/2007 1:51	172,4	153,820336	19,5
04/Sep/2007 1:56	172,4	155,271471	19
04/Sep/2007 2:01	174,2	155,271471	19,9
04/Sep/2007 2:06	174,2	155,271471	18,5
04/Sep/2007 2:11	174,2	155,271471	19,6
04/Sep/2007 2:16	172,4	155,271471	18,4
04/Sep/2007 2:21	172,4	153,820336	19,6
04/Sep/2007 2:26	174,2	153,820336	18,7
04/Sep/2007 2:31	172,4	155,271471	18,8
04/Sep/2007 2:36	174,2	155,271471	18,5
04/Sep/2007 2:41	172,4	155,271471	19,3
04/Sep/2007 2:46	172,4	153,820336	18,6
04/Sep/2007 2:51	172,4	155,271471	19,6
04/Sep/2007 2:56	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 3:01	174,2	153,820336	20

04/Sep/2007 3:06	172,4	155,271471	19,4
04/Sep/2007 3:11	174,2	153,820336	18,054
04/Sep/2007 3:16	172,4	153,820336	21
04/Sep/2007 3:21	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 3:26	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 3:31	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 3:36	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 3:41	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 3:46	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 3:51	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 3:56	174,2	155,271471	19,95
04/Sep/2007 4:01	172,4	153,820336	21
04/Sep/2007 4:06	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 4:11	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 4:16	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 4:21	174,2	153,820336	18,9
04/Sep/2007 4:26	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 4:31	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 4:36	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 4:41	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 4:46	174,2	153,820336	18,9
04/Sep/2007 4:51	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 4:56	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 5:01	172,4	155,271471	18,9
04/Sep/2007 5:06	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 5:11	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 5:16	174,2	153,820336	19,95
04/Sep/2007 5:21	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 5:26	174,2	155,271471	19,95
04/Sep/2007 5:31	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 5:36	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 5:41	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 5:46	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 5:51	172,4	153,820336	18,9
04/Sep/2007 5:56	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 6:01	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 6:06	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 6:11	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 6:16	172,4	153,820336	18,9



04/Sep/2007 6:21	174,2	153,820336	19,95
04/Sep/2007 6:26	172,4	153,820336	18,9
04/Sep/2007 6:31	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 6:36	174,2	153,820336	18,9
04/Sep/2007 6:41	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 6:46	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 6:51	172,4	153,820336	21
04/Sep/2007 6:56	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 7:01	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 7:06	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 7:11	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 7:16	172,4	153,820336	19,95
04/Sep/2007 7:21	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 7:26	174,2	155,271471	19,95
04/Sep/2007 7:31	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 7:36	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 7:41	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 7:46	174,2	155,271471	19,95
04/Sep/2007 7:51	174,2	153,820336	18,9
04/Sep/2007 7:56	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 8:01	174,2	155,271471	21
04/Sep/2007 8:06	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 8:11	174,2	153,820336	21
04/Sep/2007 8:16	172,4	155,271471	19,95
04/Sep/2007 8:21	174,2	153,820336	18,9
04/Sep/2007 8:26	174,2	155,271471	18,9
04/Sep/2007 8:31	172,4	155,271471	21
04/Sep/2007 8:36	174,2	153,820336	19,95
04/Sep/2007 8:41	172,4	155,271471	21



Anexo 4. TABLA COMPLETA DEL CASO 1 DE PCP. FUGA EN TUBERIA

FECHA	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf/pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
10/11/2001 11:15	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 11:58	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 12:12	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 12:55	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 13:10	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 13:53	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 14:07	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 14:51	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 15:05	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 15:48	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 16:03	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 16:46	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 17:00	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 17:43	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 17:58	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 18:41	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 18:55	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 19:39	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 19:53	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 20:36	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 20:51	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 21:34	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 21:48	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 22:31	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 22:46	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 23:29	720	312,6047571	10,5480281	610
10/11/2001 23:43	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 0:27	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 0:41	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 1:24	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 1:39	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 2:22	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 2:36	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 3:19	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 3:34	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 4:17	720	312,6047571	10,5480281	610



11/11/2001 4:31	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 5:15	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 5:29	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 6:12	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 6:27	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 7:10	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 7:24	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 8:07	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 8:22	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 9:05	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 9:19	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 10:03	720	312,6047571	10,5480281	610
11/11/2001 10:17	720	311,466416	10,5288498	612
11/11/2001 11:00	720	311,466416	10,5288498	613
11/11/2001 11:15	720	311,466416	10,5288498	614
11/11/2001 11:58	720	311,466416	10,5288498	615
11/11/2001 12:12	720	310,3301514	10,5096716	616
11/11/2001 12:55	720	310,3301514	10,5096716	618
11/11/2001 13:10	720	310,3301514	10,5096716	620
11/11/2001 13:53	720	310,3301514	10,5096716	621
11/11/2001 14:07	720	310,3301514	10,5096716	623
11/11/2001 14:51	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 15:05	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 15:48	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 16:03	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 16:46	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 17:00	720	310,3301514	10,5096716	625
11/11/2001 17:43	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 17:58	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 18:41	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 18:55	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 19:39	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 19:53	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 20:36	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 20:51	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 21:34	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 21:48	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 22:31	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 22:46	720	308,0638513	10,4713151	625



11/11/2001 23:29	720	308,0638513	10,4713151	625
11/11/2001 23:43	720	308,0638513	10,4713151	625
12/11/2001 0:27	720	304,679974	10,4137804	625
12/11/2001 0:41	720	304,679974	10,4137804	625
12/11/2001 1:24	720	304,679974	10,4137804	625
12/11/2001 1:39	720	304,679974	10,4137804	625
12/11/2001 2:22	720	304,679974	10,4137804	625
12/11/2001 2:36	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 3:19	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 3:34	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 4:17	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 4:31	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 5:15	720	302,4344377	10,375424	625
12/11/2001 5:29	720	299,0817063	10,3178893	625
12/11/2001 6:12	720	299,0817063	10,3178893	625
12/11/2001 6:27	720	299,0817063	10,3178893	625
12/11/2001 7:10	720	299,0817063	10,3178893	625
12/11/2001 7:24	720	295,7476624	10,2603546	625
12/11/2001 8:07	720	295,7476624	10,2603546	625
12/11/2001 8:22	720	295,7476624	10,2603546	625
12/11/2001 9:05	720	295,7476624	10,2603546	625
12/11/2001 9:19	720	294,6404672	10,2411763	625
12/11/2001 10:03	720	294,6404672	10,2411763	625
12/11/2001 10:17	720	293,5353483	10,2219981	625
12/11/2001 11:00	720	293,5353483	10,2219981	625
12/11/2001 11:15	720	293,5353483	10,2219981	625
12/11/2001 11:58	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 12:12	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 12:55	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 13:10	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 13:53	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 14:07	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 14:51	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 15:05	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 15:48	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 16:03	720	290,2324502	10,1644634	625
12/11/2001 16:46	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 17:00	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 17:43	720	288,0409001	10,1261069	625



12/11/2001 17:58	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 18:41	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 18:55	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 19:39	720	288,0409001	10,1261069	625
12/11/2001 19:53	720	282,5983616	10,0302158	625
12/11/2001 20:36	720	282,5983616	10,0302158	625
12/11/2001 20:51	720	282,5983616	10,0302158	625
12/11/2001 21:34	720	281,5160831	10,0110375	625
12/11/2001 21:48	720	280,4358809	9,9918593	625
12/11/2001 22:31	720	280,4358809	9,9918593	625
12/11/2001 22:46	720	279,3577552	9,97268107	625
12/11/2001 23:29	720	279,3577552	9,97268107	625
12/11/2001 23:43	720	278,2817058	9,95350284	625
13/11/2001 0:27	720	277,2077328	9,9343246	625
13/11/2001 0:41	720	277,2077328	9,9343246	625
13/11/2001 1:24	720	277,2077328	9,9343246	625
13/11/2001 1:39	720	277,2077328	9,9343246	625
13/11/2001 2:22	720	277,2077328	9,9343246	625
13/11/2001 2:36	720	275,066016	9,89596814	625
13/11/2001 3:19	720	275,066016	9,89596814	625
13/11/2001 3:34	720	275,066016	9,89596814	625
13/11/2001 4:17	720	272,9326048	9,85761167	625
13/11/2001 4:31	720	272,9326048	9,85761167	625
13/11/2001 5:15	720	271,8690137	9,83843344	625
13/11/2001 5:29	720	271,8690137	9,83843344	625
13/11/2001 6:12	720	268,690699	9,78089874	625
13/11/2001 6:27	720	268,690699	9,78089874	625
13/11/2001 7:10	720	268,690699	9,78089874	625
13/11/2001 7:24	720	266,5822044	9,74254228	625
13/11/2001 8:07	720	266,5822044	9,74254228	625
13/11/2001 8:22	720	266,5822044	9,74254228	625
13/11/2001 9:05	720	263,4350355	9,68500758	625
13/11/2001 9:19	720	263,4350355	9,68500758	625
13/11/2001 10:03	720	263,4350355	9,68500758	625
13/11/2001 10:17	720	263,4350355	9,68500758	625
13/11/2001 11:00	720	263,4350355	9,68500758	625
13/11/2001 11:15	720	261,3473048	9,64665111	625
13/11/2001 11:58	720	261,3473048	9,64665111	625
13/11/2001 12:12	720	259,2678797	9,60829465	625



13/11/2001 12:55	720	259,2678797	9,60829465	625
13/11/2001 13:10	720	259,2678797	9,60829465	625



Anexo 5. TABLA COMPLETA DEL CASO 2 PCP: FLUIDO MULTIFASICO

Fecha	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf.pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
25/feb/2005 14:11	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:16	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:21	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:26	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:31	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:36	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:41	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:46	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:51	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 14:56	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:01	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:06	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:11	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:16	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:21	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:26	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:31	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:36	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:41	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:46	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:51	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 15:56	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:01	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:06	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:11	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:16	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:21	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:26	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:31	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:36	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:41	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:46	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:51	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 16:56	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:01	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:06	560	343,37274	8,7254196	630



25/feb/2005 17:11	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:16	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:21	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:26	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:31	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:36	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:41	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:46	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:51	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 17:56	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 18:01	560	343,37274	8,7254196	630
25/feb/2005 18:06	560	343,37274	10,34593	631
25/feb/2005 18:11	560	350,22038	11,938223	639
25/feb/2005 18:16	560	370,72519	12,246026	640
25/feb/2005 18:21	560	390,70261	9,9498731	635
25/feb/2005 18:26	560	410,35892	10,82229	631
25/feb/2005 18:31	560	430,09134	11,949385	633
25/feb/2005 18:36	560	450,59889	9,9115611	637
25/feb/2005 18:41	560	430,9101	12,579642	639
25/feb/2005 18:46	560	410,07977	10,4773	638
25/feb/2005 18:51	560	390,36662	10,762518	631
25/feb/2005 18:56	560	370,06015	12,387191	635
25/feb/2005 19:01	560	350,73493	12,329944	640
25/feb/2005 19:06	560	370,24182	11,040178	637
25/feb/2005 19:11	560	390,55343	11,835987	631
25/feb/2005 19:16	560	410,77439	10,499366	639
25/feb/2005 19:21	560	430,54309	10,377815	640
25/feb/2005 19:26	560	450,15022	10,450928	635
25/feb/2005 19:31	560	430,98428	12,270091	631
25/feb/2005 19:36	560	410,47828	11,696115	633
25/feb/2005 19:41	560	390,3604	9,7206849	637
25/feb/2005 19:46	560	370,73859	10,031846	639
25/feb/2005 19:51	560	350,38353	11,806427	638
25/feb/2005 19:56	560	370,72149	10,740911	631
25/feb/2005 20:01	560	390,42821	12,97361	635
25/feb/2005 20:06	560	410,64858	10,002263	640
25/feb/2005 20:11	560	430,78585	10,810743	637
25/feb/2005 20:16	560	450,96257	11,327134	633
25/feb/2005 20:21	560	430,56372	11,992618	637



25/feb/2005 20:26	560	410,01881	12,750392	639
25/feb/2005 20:31	560	390,78443	10,849383	638
25/feb/2005 20:36	560	370,34497	9,1295452	631
25/feb/2005 20:41	560	350,21765	9,8040785	635
25/feb/2005 20:46	560	370,80264	12,669242	640
25/feb/2005 20:51	560	390,55421	11,774359	637
25/feb/2005 20:56	560	410,99309	11,350947	631
25/feb/2005 21:01	560	430,57045	12,803431	639
25/feb/2005 21:06	560	450,63572	11,169109	640
25/feb/2005 21:11	560	430,28945	9,8188501	635
25/feb/2005 21:16	560	410,72615	9,2647711	631
25/feb/2005 21:21	560	390,7618	11,536592	633
25/feb/2005 21:26	560	370,02111	12,640676	637
25/feb/2005 21:31	560	350,48445	9,6708286	639
25/feb/2005 21:36	560	370,05268	12,730411	638
25/feb/2005 21:41	560	390,63058	9,8076475	640
25/feb/2005 21:46	560	410,34545	9,4513238	637
25/feb/2005 21:51	560	430,6646	11,422681	631
25/feb/2005 21:56	560	450,62727	9,4683365	639
25/feb/2005 22:01	560	430,4178	11,009621	640
25/feb/2005 22:06	560	410,22219	12,246175	635
25/feb/2005 22:11	560	390,16809	11,636578	631
25/feb/2005 22:16	560	370,04072	9,7803015	633
25/feb/2005 22:21	560	350,18869	12,482269	637
25/feb/2005 22:26	560	370,17668	10,657516	639
25/feb/2005 22:31	560	390,90831	12,638209	638
25/feb/2005 22:36	560	410,99893	9,6655278	631
25/feb/2005 22:41	560	430,15417	12,296509	635
25/feb/2005 22:46	560	450,4155	9,275746	640
25/feb/2005 22:51	560	430,91342	9,1757664	637
25/feb/2005 22:56	560	410,99918	11,701306	633
25/feb/2005 23:01	560	390,67761	10,494622	637
25/feb/2005 23:06	560	370,48031	9,4969943	639
25/feb/2005 23:11	560	350,40073	11,240036	638
25/feb/2005 23:16	560	370,21333	9,0995965	631
25/feb/2005 23:21	560	390,99057	12,52473	635
25/feb/2005 23:26	560	410,06176	9,066923	640
25/feb/2005 23:31	560	430,60615	10,855052	637
25/feb/2005 23:36	560	450,26328	12,524616	631



25/feb/2005 23:41	560	430,14507	9,2318003	637
25/feb/2005 23:46	560	410,60107	11,251168	631
25/feb/2005 23:51	560	390,32115	12,467042	639
25/feb/2005 23:56	560	370,67618	9,8127378	640
26/feb/2005 0:01	560	350,94692	12,267438	635
26/feb/2005 0:06	560	370,62817	9,8491947	631
26/feb/2005 0:11	560	390,80225	11,058007	633
26/feb/2005 0:16	560	410,31926	12,250423	637
26/feb/2005 0:21	560	430,15212	12,866341	639
26/feb/2005 0:26	560	450,61016	10,445665	638
26/feb/2005 0:31	560	430,6558	9,4423063	640
26/feb/2005 0:36	560	410,91779	12,961843	637
26/feb/2005 0:41	560	390,03656	11,19123	631
26/feb/2005 0:46	560	370,20395	9,8717992	639
26/feb/2005 0:51	560	350,56227	12,684532	640
26/feb/2005 0:56	560	370,57268	10,492111	635
26/feb/2005 1:01	560	390,07478	9,467832	631
26/feb/2005 1:06	560	410,90013	12,849508	633
26/feb/2005 1:11	560	430,21626	10,331945	637
26/feb/2005 1:16	560	450,02045	11,4321334	639
26/feb/2005 1:21	560	430,27592	9,687473	638
26/feb/2005 1:26	560	410,90757	12,1677329	631
26/feb/2005 1:31	560	390,12651	11,251168	635
26/feb/2005 1:36	560	370,10083	12,467042	640
26/feb/2005 1:41	560	350,64694	9,8127378	637
26/feb/2005 1:46	560	370,53386	12,267438	633
26/feb/2005 1:51	560	390,07779	9,8491947	637
26/feb/2005 1:56	560	410,32657	11,058007	639
26/feb/2005 2:01	560	430,54812	12,250423	638
26/feb/2005 2:06	560	450,43448	12,866341	631
26/feb/2005 2:11	560	430,04163	10,445665	635
26/feb/2005 2:16	560	410,24191	9,4423063	640
26/feb/2005 2:21	560	390,01413	12,961843	637
26/feb/2005 2:26	560	370,71976	11,19123	633
26/feb/2005 2:32	560	350,33148	9,8717992	637
26/feb/2005 2:37	560	370,6748	12,684532	639
26/feb/2005 2:42	560	390,46328	10,492111	638
26/feb/2005 2:47	560	410,37469	9,467832	640
26/feb/2005 2:52	560	430,38169	12,849508	637



26/feb/2005 2:57	560	450,36646	10,331945	631
26/feb/2005 3:02	560	430,98868	11,4321334	639

Anexo 6. TABLA COMPLETA DEL CASO 3 PCP: CONTENIDO DE SÓLIDOS

FECHA	Velocidad de operación (rpm)	Torque (lbf/pie)	Corriente (A)	Voltaje (V)
03/07/2002 13:15	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 13:58	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 14:12	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 14:55	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 15:10	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 15:53	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 16:07	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 16:51	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 17:05	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 17:48	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 19:03	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 19:46	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 20:00	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 20:43	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 20:58	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 21:41	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 21:55	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 22:39	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 22:53	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 23:36	560	171,83308	4,6624675	590
03/07/2002 23:51	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 0:34	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 0:48	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 1:31	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 1:46	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 2:29	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 2:43	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 3:27	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 3:41	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 4:24	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 4:39	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 5:22	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 5:36	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 6:19	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 6:34	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 7:17	560	171,83308	4,6624675	590



04/07/2002 7:31	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 8:15	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 8:29	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 9:12	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 9:27	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 10:10	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 10:24	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 11:07	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 11:22	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 12:05	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 12:19	560	171,83308	4,6624675	590
04/07/2002 13:03	560	171,83308	6,2177014	597,56469
04/07/2002 13:17	560	191,58239	7,5961268	597,57012
04/07/2002 14:00	560	211,52982	6,1522613	593,89329
04/07/2002 14:15	640	231,24328	8,558564	598,78826
04/07/2002 14:58	720	251,06029	8,886083	592,22544
04/07/2002 15:12	800	231,74219	10,330208	597,65043
04/07/2002 15:55	800	211,53938	5,1936681	592,70538
04/07/2002 16:10	800	191,45152	9,6835465	591,92583
04/07/2002 16:53	800	211,36855	8,5887054	591,74848
04/07/2002 17:07	800	231,76109	8,6705023	599,64775
04/07/2002 17:51	800	251,29695	10,536775	600,77163
04/07/2002 18:05	800	271,22562	5,5931804	592,02429
04/07/2002 18:48	800	251,18472	9,8757523	590,33221
04/07/2002 19:03	800	231,21297	10,151539	599,2021
04/07/2002 19:46	800	211,10266	7,828567	591,89822
04/07/2002 20:00	800	231,92684	6,59027	599,82182
04/07/2002 21:43	800	251,99675	5,9970793	598,10353
04/07/2002 21:58	800	231,68177	8,7493498	598,10135
04/07/2002 22:41	800	251,20878	6,9223684	595,85436
04/07/2002 22:55	800	271,57088	8,882381	592,47725
04/07/2002 23:39	800	291,65833	6,694648	595,87856
04/07/2002 23:53	800	271,98209	6,1968575	593,06645
05/07/2002 0:36	800	251,49848	10,713634	598,05178
05/07/2002 0:51	800	231,21157	10,990514	594,34535
05/07/2002 1:34	800	211,55701	8,0583717	598,77677
05/07/2002 1:48	800	231,25339	8,5275005	599,39018
05/07/2002 2:31	800	251,22127	10,626517	593,28308
05/07/2002 2:46	800	271,65348	8,5548573	592,96351



05/07/2002 3:29	800	291,16958	10,259746	591,1785
05/07/2002 3:43	800	311,48634	8,9831655	600,8481
05/07/2002 4:27	800	291,37563	5,8933033	600,57756
05/07/2002 5:41	800	271,26656	10,524593	591,53154
05/07/2002 6:24	800	251,28879	5,6822492	591,50817
05/07/2002 6:39	800	231,99697	7,1150789	594,9695
05/07/2002 7:22	800	251,76241	6,0316718	597,18707
05/07/2002 7:36	800	271,23853	5,1963336	600,25604
05/07/2002 8:19	800	291,79306	6,5349569	596,85142
05/07/2002 8:34	800	311,80553	8,6384357	598,13885
05/07/2002 9:17	800	291,66983	8,5217911	599,80745
05/07/2002 9:31	800	271,76848	6,0028255	595,31581
05/07/2002 10:15	800	251,02711	5,3158321	593,93074
05/07/2002 10:29	800	231,78702	7,3953423	600,66205
05/07/2002 11:12	800	251,079	9,64786	593,09665
05/07/2002 12:27	800	271,886	6,8045856	591,86376
05/07/2002 13:10	800	291,18891	5,5456004	590,47914
05/07/2002 13:24	800	311,64352	9,5836163	594,08055
05/07/2002 14:07	800	331,06066	7,2095271	594,80541
05/07/2002 14:22	800	311,02502	7,3069644	594,70654
05/07/2002 15:05	800	291,91063	6,5447266	600,40162
05/07/2002 15:19	800	271,76771	5,1626611	597,07041
05/07/2002 16:03	800	251,00479	7,0559932	596,62955
05/07/2002 16:17	800	271,46278	7,17756	596,45521
05/07/2002 17:00	800	291,50076	8,2687482	591,4329
05/07/2002 17:15	800	311,44076	7,1614261	594,14547
05/07/2002 17:58	800	331,17381	7,8120729	594,22052
05/07/2002 18:12	800	311,27413	7,874579	597,89206
05/07/2002 18:55	800	291,97472	5,2637852	590,70235
05/07/2002 19:10	800	271,99045	7,5886285	590,0447
05/07/2002 19:53	800	251,7718	7,2456941	592,39141
05/07/2002 20:07	800	271,79573	7,0573714	599,56878
05/07/2002 21:51	800	291,12405	7,0666673	598,33272
05/07/2002 22:05	800	311,19186	6,0397251	594,44936
05/07/2002 22:48	800	331,0832	8,9389639	591,22013
05/07/2002 23:03	800	351,02519	9,7603041	599,13689
05/07/2002 23:46	800	331,8276	7,4236394	596,48248
06/07/2002 0:00	800	311,30756	6,3529101	593,85367
06/07/2002 0:43	800	291,37651	5,6533948	598,67134



06/07/2002 0:58	800	271,92479	9,2029173	591,04003
06/07/2002 1:41	800	251,98442	10,965968	591,49891
06/07/2002 1:55	800	271,39918	8,7915439	599,55747
06/07/2002 2:39	800	291,63016	8,0340107	594,66866
06/07/2002 2:53	800	311,07558	9,9203452	594,84108
06/07/2002 3:36	800	331,62811	8,5485095	599,05086
06/07/2002 3:51	800	351,3561	5,4757645	594,30516
06/07/2002 4:34	800	331,3669	9,8342055	600,6091
06/07/2002 4:48	800	311,23111	5,9157283	590,5648
06/07/2002 5:31	800	291,31886	6,5788644	595,27903
06/07/2002 5:46	800	271,21797	10,666397	592,43568
06/07/2002 6:29	800	251,78496	10,742593	600,60862
06/07/2002 6:43	800	271,76451	8,6859555	598,46063
06/07/2002 7:27	800	291,92228	7,5728356	596,88799
06/07/2002 7:41	800	311,91271	10,991126	599,33302
06/07/2002 8:24	800	331,05945	8,0759199	591,7985
06/07/2002 8:39	800	351,53393	9,5282389	598,68046
06/07/2002 9:22	800	371,61759	9,9180265	598,12233
06/07/2002 9:36	800	351,33145	7,232292	597,71591
06/07/2002 10:19	800	331,41996	9,7151814	596,56517
06/07/2002 10:34	800	311,63662	7,0680463	600,87325
06/07/2002 11:17	800	291,07486	6,9004879	591,66792
06/07/2002 11:31	800	271,77842	9,8292137	598,27288
06/07/2002 12:15	800	251,76845	7,4184487	598,08669
06/07/2002 12:29	800	271,57942	8,051436	595,98118
06/07/2002 13:12	800	291,28009	5,2021291	592,96925
06/07/2002 13:27	800	311,07147	8,1702775	599,52202
06/07/2002 14:10	800	331,53947	5,1722505	598,50103
06/07/2002 14:24	800	351,87078	10,173201	598,11737
06/07/2002 15:07	800	371,39127	5,5842792	590,80393
06/07/2002 15:22	800	351,50587	9,8980343	593,4844
06/07/2002 16:05	800	331,19922	8,1659311	595,63206
06/07/2002 16:19	800	311,72919	6,8016728	595,02177
06/07/2002 17:03	800	291,88085	6,9224057	596,24214
06/07/2002 17:17	800	271,90912	10,909968	594,27602
06/07/2002 18:00	800	251,383	10,200069	596,59427
06/07/2002 18:15	800	271,14611	8,3340486	592,94605
06/07/2002 18:58	800	291,59665	5,5694333	593,56237
06/07/2002 19:12	800	311,68526	10,893239	600,25567

06/07/2002 19:55	800	331,25647	7,1245537	599,16073
06/07/2002 20:10	800	351,59373	5,2878962	590,5522

Anexo 7. Tabla completa Caso Gas Lift. Tubería rota.

FECHA	THP (psi)	CHP (psi)	Tasa de inyección (ft3/d)
31-oct-06 00:00:00	676,088894	4966,81646	735667,6964
31-oct-06 00:10:00	637,100955	5012,66886	653323,9218
31-oct-06 00:20:00	676,038431	5003,38929	770749,4599
31-oct-06 00:30:00	667,812996	4946,96922	766875,6028
31-oct-06 00:40:00	662,72054	5071,157	719161,4815
31-oct-06 00:50:00	648,43934	5028,50558	766323,3644
31-oct-06 01:00:00	675,240858	5017,71635	788104,0869
31-oct-06 01:10:00	680,892572	4945,86977	776967,3838
31-oct-06 01:20:00	637,219978	5038,97411	643816,1464
31-oct-06 01:30:00	650,321842	4994,52966	698482,9005
31-oct-06 01:40:00	676,797577	4996,56021	660613,5405
31-oct-06 01:50:00	671,929681	5058,6408	787482,7645
31-oct-06 02:00:00	629,745715	5038,15651	666420,4486
31-oct-06 02:10:00	675,370481	4989,77358	707881,9374
31-oct-06 02:20:00	660,242166	5049,57135	652294,7723
31-oct-06 02:30:00	675,521998	4998,12841	758764,9882
31-oct-06 02:40:00	639,343864	4952,45138	677753,9601
31-oct-06 02:50:00	643,975287	5058,61526	658306,7183
31-oct-06 03:00:00	644,182611	5047,94821	642264,9019
31-oct-06 03:10:00	664,429312	5044,4396	770850,0228
31-oct-06 03:20:00	674,882176	5045,62194	684853,3312
31-oct-06 03:30:00	671,272638	5059,20191	635832,9333
31-oct-06 03:40:00	632,702758	5033,79856	693180,6987
31-oct-06 03:50:00	626,914796	5013,0712	791083,0311
31-oct-06 04:00:00	433,103404	4714,2504	953478,8263
31-oct-06 04:10:00	418,048134	4607,51791	1059449,415
31-oct-06 04:20:00	386,422066	4652,71819	1052670,167
31-oct-06 04:30:00	439,253175	4707,80091	1110569,604
31-oct-06 04:40:00	371,312919	4692,52739	1002621,817
31-oct-06 04:50:00	453,090866	4655,56151	1012918,547
31-oct-06 05:00:00	417,434028	4648,66924	1036514,716
31-oct-06 05:10:00	501,86399	4582,47667	978714,0208
31-oct-06 05:20:00	401,444679	4618,98084	929676,2775
31-oct-06 05:30:00	431,017685	4615,51374	1108641,984
31-oct-06 05:40:00	452,2635	4642,18803	929856,4655
31-oct-06 05:50:00	398,501567	4702,494	936283,9341

31-oct-06 06:00:00	407,150122	4682,30246	1012621,918
31-oct-06 06:10:00	438,29009	4677,18081	922906,8088
31-oct-06 06:20:00	372,826596	4683,48733	969133,8727
31-oct-06 06:30:00	413,084425	4703,08448	1029264
31-oct-06 06:40:00	417,014803	4612,26755	1106908,752
31-oct-06 06:50:00	478,677166	4637,7004	1082845,843
31-oct-06 07:00:00	401,143862	4665,84936	1103789,925
31-oct-06 07:10:00	366,602141	4599,68452	912924,8896
31-oct-06 07:20:00	431,916777	4672,13353	910455,4449
31-oct-06 07:30:00	379,498288	4673,34721	1002533,861
31-oct-06 07:40:00	495,956301	4611,39133	990167,2886
31-oct-06 07:50:00	367,864069	4615,26045	918172,3106
31-oct-06 08:00:00	412,229984	4648,13545	911775,3304
31-oct-06 08:10:00	409,501688	4648,06007	917724,8443
31-oct-06 08:20:00	829,897936	4711,52757	741594
31-oct-06 08:30:00	787,930598	4677,98229	494396
31-oct-06 08:40:00	782,593693	4634,45242	506751,0583
31-oct-06 08:50:00	850,937828	4672,69596	613537,2182
31-oct-06 09:00:00	740,886918	4611,39969	531956,4972
31-oct-06 09:10:00	861,908714	4669,71368	546327,8402
31-oct-06 09:20:00	856,930725	4602,76498	1271304
31-oct-06 09:30:00	739,458336	4676,68353	767975,8084
31-oct-06 09:40:00	825,839571	4677,1312	801796,8314
31-oct-06 09:50:00	736,641936	4597,15533	771371,9692
31-oct-06 10:00:00	758,190939	4624,2435	789064,8468
31-oct-06 10:10:00	794,180097	4656,34267	773907,7034
31-oct-06 10:20:00	765,643043	4694,90938	754431,6308
31-oct-06 10:30:00	839,606651	4705,77627	776461,8449
31-oct-06 10:40:00	809,639036	4688,06719	768702,3594
31-oct-06 10:50:00	745,842708	4574,02955	751284,4987
31-oct-06 11:00:00	828,187968	4612,59065	802022,3092
31-oct-06 11:10:00	744,830563	4612,83086	747199,4708
31-oct-06 11:20:00	849,272819	4695,26566	811540,7897
31-oct-06 11:30:00	834,404454	4579,47361	754417,7035
31-oct-06 11:40:00	732,752188	4608,43123	762526,2295
31-oct-06 11:50:00	795,144033	4645,59465	764165,7322
31-oct-06 12:00:00	817,463884	4693,37096	790059,0055
31-oct-06 12:10:00	729,209696	4585,40977	783910,0996
31-oct-06 12:20:00	787,516359	4618,98334	783753,5075



31-oct-06 12:30:00	840,778667	4695,67031	755597,2108
31-oct-06 12:40:00	826,874798	4658,76143	798037,9079
31-oct-06 12:50:00	810,090589	4576,74698	749114,9028
31-oct-06 13:00:00	763,644667	4715,30996	747521,9376
31-oct-06 13:10:00	801,96052	4705,13548	787000,7802
31-oct-06 13:20:00	870,028519	4613,45491	799541,1856
31-oct-06 13:30:00	853,192963	4638,05505	745218,8075
31-oct-06 13:40:00	760,199991	4669,52385	758995,8128
31-oct-06 13:50:00	754,40679	4605,90086	746429,6175
31-oct-06 14:00:00	731,864206	4695,28474	760305,7611
31-oct-06 14:10:00	793,344295	4649,41394	775908,1032
31-oct-06 14:20:00	824,112015	4654,75203	794824,0096
31-oct-06 14:30:00	746,858219	4587,32303	794954,9767
31-oct-06 14:40:00	821,349335	4596,90114	793770,6155
31-oct-06 14:50:00	842,685484	4682,09437	803720,9925
31-oct-06 15:00:00	747,868377	4648,5662	760624,658
31-oct-06 15:10:00	801,589411	4666,96565	779963,5532
31-oct-06 15:20:00	768,082091	4613,12933	750711,3669
31-oct-06 15:30:00	761,088744	4621,99807	744305,6153
31-oct-06 15:40:00	864,771439	4615,34832	746372,827
31-oct-06 15:50:00	798,039984	4616,34008	767537,1167
31-oct-06 16:00:00	859,085192	4653,52928	798763,7964
31-oct-06 16:10:00	971,55263	4667,50415	767771,9775
31-oct-06 16:20:00	1003,46614	4629,36368	757469,243
31-oct-06 16:30:00	969,528126	4576,53322	787498,7225
31-oct-06 16:40:00	914,800019	4683,76928	797638,6693
31-oct-06 16:50:00	877,673035	4634,9794	785409,7593
31-oct-06 17:00:00	700,637319	4636,47086	574572,9878
31-oct-06 17:10:00	715,463811	4574,68403	564027,9965
31-oct-06 17:20:00	772,640695	4647,13436	523934,6695
31-oct-06 17:30:00	686,339901	4710,38895	585718,5889
31-oct-06 17:40:00	707,653299	4677,07213	571903,0515
31-oct-06 17:50:00	847,60455	4627,93296	749984,4367
31-oct-06 18:00:00	860,823668	4586,72607	765866,6362
31-oct-06 18:10:00	805,632021	4645,22983	774011,1325
31-oct-06 18:20:00	813,444644	4653,84751	750862,0968
31-oct-06 18:30:00	828,653369	4676,82407	750603,1766
31-oct-06 18:40:00	816,130098	4592,22791	761884,8358
31-oct-06 18:50:00	859,644199	4615,11817	767388,2758

31-oct-06 19:00:00	755,033156	4709,35251	765903,2429
31-oct-06 19:10:00	861,536981	4704,36502	768086,0806
31-oct-06 19:20:00	852,113129	4609,89406	698528,759
31-oct-06 19:30:00	851,756511	4628,88458	725389,8486
31-oct-06 19:40:00	858,169938	4663,3933	733979,0686
31-oct-06 19:50:00	740,51338	4628,56559	715949,1511
31-oct-06 20:00:00	753,715993	4703,88163	716008,2794
31-oct-06 20:10:00	744,573555	4652,48721	712476,6183
31-oct-06 20:20:00	870,546664	4603,53625	707093,5139
31-oct-06 20:30:00	731,602673	4590,71186	732587,4348
31-oct-06 20:40:00	767,907044	4653,97326	727058,623
31-oct-06 20:50:00	851,415099	4621,61752	711553,4124
31-oct-06 21:00:00	741,508602	4647,45827	721229,6465
31-oct-06 21:10:00	857,384071	4635,98118	730609,9886
31-oct-06 21:20:00	860,991392	4707,2605	713142,2075
31-oct-06 21:30:00	834,299279	4596,33428	726600,0401
31-oct-06 21:40:00	732,241669	4674,62779	713473,7435
31-oct-06 21:50:00	736,732245	4579,36303	707059,5515
31-oct-06 22:00:00	814,53338	4681,65029	690191,4715
31-oct-06 22:10:00	793,264324	4674,00509	720339,1857
31-oct-06 22:20:00	728,94599	4694,7738	691349,0698
31-oct-06 22:30:00	736,247398	4594,26591	690927,0116
31-oct-06 22:40:00	818,752803	4620,4098	720910,2301
31-oct-06 22:50:00	762,342651	4580,62736	712702,391
31-oct-06 23:00:00	805,779317	4659,57394	719919,6265
31-oct-06 23:10:00	760,219333	4694,37736	695350,4609
31-oct-06 23:20:00	805,250806	4577,73087	700714,2594
31-oct-06 23:30:00	732,457692	4683,2272	712464,1783
31-oct-06 23:40:00	836,318721	4675,96197	691647,2888
31-oct-06 23:50:00	805,829735	4618,02715	709338,2808
01-nov-06 00:00:00	822,704468	4632,20296	706527,2124
01-nov-06 00:10:00	833,712041	4590,91393	708560,552
01-nov-06 00:20:00	804,077893	4602,69976	711058,2734
01-nov-06 00:30:00	810,24444	4602,95419	694181,4126
01-nov-06 00:40:00	867,447653	4600,1167	715775,9656
01-nov-06 00:50:00	863,425681	4690,31345	710555,5465
01-nov-06 01:00:00	800,983498	4621,46757	720482,8913
01-nov-06 01:10:00	808,332793	4675,03426	721655,8201
01-nov-06 01:20:00	858,097379	4708,93746	723581,8889

01-nov-06 01:30:00	725,947644	4671,19949	710203,5866
01-nov-06 01:40:00	806,012709	4638,23633	703536,8672
01-nov-06 01:50:00	775,686509	4595,65032	706931,2068
01-nov-06 02:00:00	847,023492	4623,31414	709545,4292
01-nov-06 02:10:00	783,611218	4610,14225	714766,4927
01-nov-06 02:20:00	815,838834	4635,07507	732869,051
01-nov-06 02:30:00	856,223571	4674,98168	736558,5827
01-nov-06 02:40:00	781,044815	4694,35758	731741,8579
01-nov-06 02:50:00	816,55759	4641,88615	695837,2701
01-nov-06 03:00:00	738,308094	4649,27995	706907,781
01-nov-06 03:10:00	855,590724	4657,71734	715282,7978
01-nov-06 03:20:00	731,627659	4649,04848	737280,3462
01-nov-06 03:30:00	750,626588	4597,69696	706907,73
01-nov-06 03:40:00	802,129635	4715,58657	713738,0107
01-nov-06 03:50:00	741,979372	4581,14734	695492,3596
01-nov-06 04:00:00	770,047915	4646,56501	710804,5337
01-nov-06 04:10:00	753,851828	4650,52931	734486,3284
01-nov-06 04:20:00	773,808338	4612,886	706386,9499
01-nov-06 04:30:00	841,496137	4712,62305	717821,4014
01-nov-06 04:40:00	759,583135	4698,06745	712819,1055
01-nov-06 04:50:00	831,052249	4608,37121	696317,5388
01-nov-06 05:00:00	766,514689	4606,26438	696046,8178
01-nov-06 05:10:00	827,901455	4647,11473	701993,2318
01-nov-06 05:20:00	804,177273	4642,38594	692501,4008
01-nov-06 05:30:00	772,268244	4707,65396	691638,3352
01-nov-06 05:40:00	770,717181	4616,29158	726455,3605
01-nov-06 05:50:00	751,41149	4705,5886	711455,9494
01-nov-06 06:00:00	751,813505	4607,9169	729731,3539
01-nov-06 06:10:00	742,845263	4575,55873	711204,2355
01-nov-06 06:20:00	783,442255	4654,22304	711819,8877
01-nov-06 06:30:00	782,231181	4580,22398	719570,9734
01-nov-06 06:40:00	783,120093	4623,37318	696082,5876
01-nov-06 06:50:00	768,002929	4598,63718	735233,949
01-nov-06 07:00:00	729,503345	4595,43429	737039,6029
01-nov-06 07:10:00	814,233202	4698,85498	719828,651
01-nov-06 07:20:00	813,362815	4641,18687	721723,2644
01-nov-06 07:30:00	834,387495	4631,23959	694028,9471
01-nov-06 07:40:00	828,356553	4690,84782	708960,9105
01-nov-06 07:50:00	777,690562	4658,86916	723484,6273

01-nov-06 08:00:00	812,787068	4595,84337	735268,6272
01-nov-06 08:10:00	796,873029	4625,89566	696460,0698
01-nov-06 08:20:00	828,774667	4637,46313	722492,2932
01-nov-06 08:30:00	851,853803	4670,07033	698554,527
01-nov-06 08:40:00	819,952489	4687,92831	690214,3366
01-nov-06 08:50:00	783,844697	4664,36059	776374,335
01-nov-06 09:00:00	776,430681	4644,36366	715983,7533
01-nov-06 09:10:00	839,690274	4615,56636	719921,3549
01-nov-06 09:20:00	812,122287	4706,8117	719866,9367
01-nov-06 09:30:00	801,484553	4576,81084	707120,9427
01-nov-06 09:40:00	758,895967	4666,30531	744202,7657
01-nov-06 09:50:00	789,388879	4629,68586	749727,2399
01-nov-06 10:00:00	0	4618,67727	689414,787
01-nov-06 10:10:00	449,83816	4657,66579	773946,4897
01-nov-06 10:20:00	449,377437	4619,47751	715887,369
01-nov-06 10:30:00	425,897098	4599,34304	689225,0728
01-nov-06 10:40:00	444,269449	4652,09766	768189,9557
01-nov-06 10:50:00	575,87324	4659,57533	752126,6457
01-nov-06 11:00:00	504,766136	4713,16217	699335,7711
01-nov-06 11:10:00	564,528568	4584,02804	725453,5954
01-nov-06 11:20:00	569,198654	4656,82372	755061,7046
01-nov-06 11:30:00	521,153264	4689,85935	758211,4964
01-nov-06 11:40:00	543,471237	4630,27631	699566,9586
01-nov-06 11:50:00	554,036078	4575,9471	761514,9108
01-nov-06 12:00:00	451,409217	4710,76926	715522,7998
01-nov-06 12:10:00	569,529295	4577,1081	747046,4003
01-nov-06 12:20:00	467,411819	4624,77735	737864,7825
01-nov-06 12:30:00	481,789897	4581,79638	712548,3246
01-nov-06 12:40:00	440,485059	4653,60313	708640,0345
01-nov-06 12:50:00	494,216823	4624,82939	721957,1983
01-nov-06 13:00:00	520,020679	4656,88928	715608,3095
01-nov-06 13:10:00	476,071105	4679,21709	709527,2165
01-nov-06 13:20:00	481,863412	4709,05565	690765,2569
01-nov-06 13:30:00	560,752076	4658,49835	715350,492
01-nov-06 13:40:00	479,903941	4680,83951	706696,9061
01-nov-06 13:50:00	361,136185	4631,86469	485418,8619
01-nov-06 14:00:00	371,715455	4688,16859	477016,1587
01-nov-06 14:10:00	416,30078	4577,51718	536659,6517
01-nov-06 14:20:00	335,389153	4658,7962	448796,291



01-nov-06 14:30:00	389,529634	4642,16584	487300,4314
01-nov-06 14:40:00	295,981664	4597,60161	716099,4834
01-nov-06 14:50:00	341,077499	4601,75071	738151,9702
01-nov-06 15:00:00	383,445587	4696,34619	692526,7511
01-nov-06 15:10:00	338,42487	4571,94913	706813,1367
01-nov-06 15:20:00	311,426593	4703,51153	773101,5073
01-nov-06 15:30:00	376,470522	4618,22219	695405,1998
01-nov-06 15:40:00	479,597243	4665,40739	760980,7316
01-nov-06 15:50:00	429,973273	4583,43715	775037,2549
01-nov-06 16:00:00	463,049071	4715,934	755971,4582
01-nov-06 16:10:00	375,33206	4575,66811	466374,2973
01-nov-06 16:20:00	507,877354	4617,86589	532147,0451
01-nov-06 16:30:00	453,368662	4658,64951	411091,0967
01-nov-06 16:40:00	479,325993	4615,88117	447484,8743
01-nov-06 16:50:00	371,852439	4695,94542	412234,2127
01-nov-06 17:00:00	448,704509	4597,35088	421053,5702
01-nov-06 17:10:00	422,179732	4621,54061	432611,9029
01-nov-06 17:20:00	418,991358	4712,60792	545546,3356
01-nov-06 17:30:00	428,753337	4713,50732	515953,7882
01-nov-06 17:40:00	497,141778	4618,88864	431226,7745
01-nov-06 17:50:00	474,962361	4633,74015	505675,9841
01-nov-06 18:00:00	496,741154	4646,95744	535007,5586
01-nov-06 18:10:00	321,548665	4586,22442	523621,641
01-nov-06 18:20:00	437,020753	4699,19207	417531,0623
01-nov-06 18:30:00	362,887464	4712,68882	503427,9571
01-nov-06 18:40:00	369,209142	4623,31055	536379,5842
01-nov-06 18:50:00	354,640749	4713,4498	484929,0033
01-nov-06 19:00:00	421,773528	4634,25504	408312,4064
01-nov-06 19:10:00	346,18306	4594,01678	505990,4926
01-nov-06 19:20:00	420,777679	4588,09334	434869,6247
01-nov-06 19:30:00	293,85817	4572,32556	540680,3579
01-nov-06 19:40:00	458,90795	4681,65371	554272,1008
01-nov-06 19:50:00	382,402701	4624,53182	553173,6125
01-nov-06 20:00:00	501,676424	4638,24311	434351,5326
01-nov-06 20:10:00	456,047573	4671,80036	409602,1873
01-nov-06 20:20:00	416,262084	4639,85278	503970,2383
01-nov-06 20:30:00	391,574306	4662,94391	521845,5265
01-nov-06 20:40:00	342,067054	4704,98863	537790,756
01-nov-06 20:50:00	312,634243	4702,34957	556453,8203

01-nov-06 21:00:00	367,569146	4656,45321	706944,8338
01-nov-06 21:10:00	500,82779	4642,2896	696481,1654
01-nov-06 21:20:00	458,335178	4670,1156	697277,0475
01-nov-06 21:30:00	496,088293	4644,48132	728094,6508
01-nov-06 21:40:00	392,531276	4602,01003	726806,0314
01-nov-06 21:50:00	462,151961	4705,43543	714649,5102
01-nov-06 22:00:00	367,501407	4712,89006	719100,8529
01-nov-06 22:10:00	430,491331	4677,21062	762060,696
01-nov-06 22:20:00	313,005747	4609,84967	691247,6479
01-nov-06 22:30:00	292,908001	4628,18858	773206,7125
01-nov-06 22:40:00	307,472573	4617,85978	695234,0425
01-nov-06 22:50:00	492,34241	4573,47185	706211,1994
01-nov-06 23:00:00	424,02875	4626,08681	718171,2467
01-nov-06 23:10:00	399,568657	4670,08925	773741,4622
01-nov-06 23:20:00	421,604841	4657,47643	751725,5947
01-nov-06 23:30:00	360,181921	4706,99821	759455,0888