

**EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SEPARACIÓN DE ARENA EN
FLUIDOS DE PRODUCCIÓN EN LA SUBESTACIÓN DE GUARILAQUE**

VÍCTOR LEAN BARAJAS CORTINA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2011

**EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SEPARACIÓN DE ARENA EN
FLUIDOS DE PRODUCCIÓN EN LA SUBESTACIÓN DE GUARILAQUE**

VÍCTOR LEAN BARAJAS CORTINA

**Monografía presentada para optar al título de especialista en producción de
hidrocarburos**

Director: Msc. Luis José Abaunza Sepúlveda

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2011

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad la Fe y la Fuerza para poder cumplir esta meta satisfactoriamente.

A mi abuela y madre, ya que gracias a su ejemplo de lucha continua, me enseñaron a esforzarme para lograr las metas propuestas.

A mi esposa e hijas, por regalarme su tiempo, comprensión y apoyo, ya que son la razón de mis luchas.

A todos.

AGRADECIMIENTO

A Dios padre todo poderoso por darme la vida, por darme inteligencia y una voluntad férrea; cualidades necesarias para cumplir cabalmente con el propósito trazado.

A mis Madres, Carmen Bertilde y Denia, por su amor, confianza, comprensión y apoyo en mi desarrollo intelectual y personal.

A mi esposa e hijas, por ser mi motivación y mi inspiración, por ser la energía que no me deja desfallecer, por ser la fuerza en los momentos de flaqueza y por ser esa luz que ilumina el camino de mi vida.

A todos muchas Gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCION	13
CAPITULO 1	16
1. EL PROBLEMA	16
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	29
1.1.1 Objetivo General	29
1.1.2 Objetivo Específicos	29
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	29
CAPITULO 2	31
2. MARCO TEORICO	31
2.1 FUNCIONAMIENTO DE UN HIDROCICLÓN	32
CAPITULO 3	43
3. FALLAS DE LOS SITEMAS INSTALADOS	43
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	43
CAPITULO 4	48
4. PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA	48
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFIA	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema líneas GRL – SAD	15
Figura 2. Perdidas 2007	22
Figura 3. Perdidas 2008	23
Figura 4. Perdidas 2009	23
Figura 5. Diagrama de flujo en un hidrociclón	32
Figura 6. Dimensiones del hidrociclón	33
Figura 7. Curva Tromp	35
Figura 8. Diagrama de velocidades tangenciales	36
Figura 9. Origen de la curva de Tromp	39
Figura 10. Sistema actual de separación de sólidos a la entrada bombas reciprocantes	44
Figura 11. Entrada de sólidos a UJP – 1	45
Figura 12. Salida sólidos UJP – 1	46
Figura 13. Entrada de sólidos a UJP – 2	46
Figura 14. Salida sólidos UJP – 2	47
Figura 15. Estudio de granulometría	49
Figura 16. Tamaño de grano de los sólidos producidos	50
Figura 17. Modelos de hidrociclones y su configuración	51

Figura 18. Configuración del hidrociclón sugerido	51
Figura 19. Conexión en paralelo de los hidrociclones	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Correctivos mecánicos a equipos de superficie en subestación GRL	17
Tabla 2. Instalación de grapas en oleoducto 10" GRL – SAD a 200 m aguas del caño Duya	24
Tabla 3. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL - SAD	24
Tabla 4. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL – SAD 18 y 19 de noviembre en k 1 + 400 y 25 de noviembre en k 2 + 400 estación sardianas	25
Tabla 5. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL – SAD k1 +180	25
Tabla 6. Colocación grapa en oleoducto GRL - SAD	25
Tabla 7. Colocación de grapa en oleoducto GRL – SAD k3 + 600	26
Tabla 8. Instalación de 6 grapas en la línea de flujo de 10" del oleoducto GRL – SAD en el recorrido del k 0 + 250	26
Tabla 9. Instalación grapa oleoducto GRL – SAD k 0 + 800	26
Tabla 10. Cambio de tres tramos de 24 ml de tubería 10" sch 40 del oleoducto GRL - SAD	27
Tabla 11. Cambio de 5 km de línea de flujo entre GRL y SAD	28

RESÚMEN

TITULO: EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA SEPARACIÓN DE ARENA EN FLUIDOS DE PRODUCCIÓN EN LA SUBESTACIÓN DE GUARILAQUE ¹

AUTOR: VICTOR LEAN BARAJAS CORTINA ²

PALABRAS CLAVES: Velocidad Angular, aceleración centrífuga, flujo superior, vórtice, flujo interior, hidrociclón.

La subestación Guarilaque está ubicada en el municipio de Orocué departamento del Casanare, se encuentra adscrita y supervisada desde la estación Sardinas, en la cual se realiza el tratamiento del fluido producido en esta y otras subestaciones aledañas.

Continuamente se han roto las líneas de flujo de la subestación Guarilaque a la estación Sardinas, igualmente las bombas de superficie y fondo utilizadas en el levantamiento tipo jet se han reparado por daño en sus partes internas; todo esto debido a la arena presente en el fluido de producción, la cual no se separa del sistema, sino que viaja a través de las tuberías junto con él. Si esto continúa, la empresa verá incrementos significativos año a año en los costos de operación y pérdidas anuales incrementándose, debido a los cierres de pozos para intervenciones, reparaciones en líneas y equipos de levantamiento. Se sugiere entonces diseñar un sistema de separación que permita retirar los sólidos y eliminar así los daños ocasionados y las pérdidas de producción por su causa.

Por lo anteriormente expuesto se pretende minimizar sobrecostos operativos, hacer la operación más amigable, segura y confiable; evitando continuos daños de los equipos asociados al levantamiento tipo jet y de las líneas de flujo, debido a la presencia de arena, tanto en el fluido de potencia, como en el fluido de producción

¹ Monografía.

² Ingeniero de Petróleos. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Especialización en Producción de Hidrocarburos. Director: Ing. Luis José Abaunza Sepúlveda.

ABSTRACT

TITLE: GUARILAQUE SUBSTATION TECHNICAL ECONOMIC EVALUATION SAND IN PRODUCTION FLUID SEPARATION ¹

AUTHOR: VICTOR LEAN BARAJAS CORTINA ²

KEYWORDS: angular velocity, vortex, centrifugal acceleration, underflow, overflow, hydrocyclon.

Guarilaque substation is located in the Orocué town, Casanare department, is assigned and monitored from the Sardinias station, in which we handle the produced fluid in this and other nearby substations. The wells were completed to produce the Carbonera reservoir, sand control had be installed, but it be retired because oil production drop.

Continuously have been broken flow lines of the Guarilaque substation to Sardinias station, also surface pumps and used for lifting type jet Fund have repaired damage internal; parts all this due to the sand in the fluid's production, which not separated system that travels through the pipes together with him. If this continues, the company will see significant increases every year in the costs of operation and losses annually increasing, due to the closure of wells for interventions, repair lines and lifting equipment. It is suggested then design a system of separation to remove solids and eliminate the damage and loss of production because of him.

By the foregoing is intended to minimize cost overruns operating, make the operation more friendly, safe and reliable; avoiding continuous damage equipment associated with the lifting type jet and flow lines, due to the presence of sand in fluid power, both in fluid production.

¹ Monograph.

² Petroleum Engineer. Physiochemical Engineering Faculty. Hydrocarbon Production Specialization. Director: Eng. Luis Jose Abaunza Sepúlveda.

INTRODUCCIÓN

La subestación Guarilaque se encuentra ubicada en el departamento de Casanare en el municipio de Orocué, en la asociación del mismo nombre; campo Sardinias y operada por Perenco Colombia Limited.

Los pozos fueron completados para producir de Carbonera-7, se cañonearon 7' en promedio a razón de 5 SPF, con 4 ½" HSD POWER JET OMEGA 4505. Al inicio de la producción del campo se detectó la presencia de arena, con lo cual se realizaron trabajos de "Sand Control". El potencial del campo cayó debido a los trabajos realizados, se eliminaron los sistemas de control de arena en fondo y la empresa decidió lidiar con el problema en superficie, y hasta el momento no se ha encontrado una solución satisfactoria.

Actualmente hay 2 pozos abandonados y 7 pozos productores, de los cuales 2 cuentan con sistema de levantamiento hidráulico tipo jet (GRL-05 Y GRL-07) y los otros 5 son producidos con bombeo electrosumegible (GRL-01, GRL-02, GRL-03, GRL-06 Y GRL-09).

La subestación cuenta con 2 unhidraulic que alimentan 4 bombas reciprocantes NAT J165 de motor eléctrico, las cuales suministran el fluido de potencia para los pozos GRL-5 y 7. La energía para las bombas llega de la estación Sardinias a través de una red eléctrica de media tensión.

Todo el fluido producido es enviado a la estación Sardinias, para el tratamiento tanto de crudo como de agua, ya que la subestación no cuenta con equipos de separación. La estación Sardinias, cuenta con sistemas de separación bifásicos (FWKO); que sacan dos corrientes: una de crudo y otra de agua. La corriente de crudo va al HT y finalmente al GUN BARREL, desde donde se bombea bajo

especificaciones (BS&W max = 0.5 %) a los tanques de CHIGUIROS para su fiscalización y transferencia de custodia a ECOPETROL.

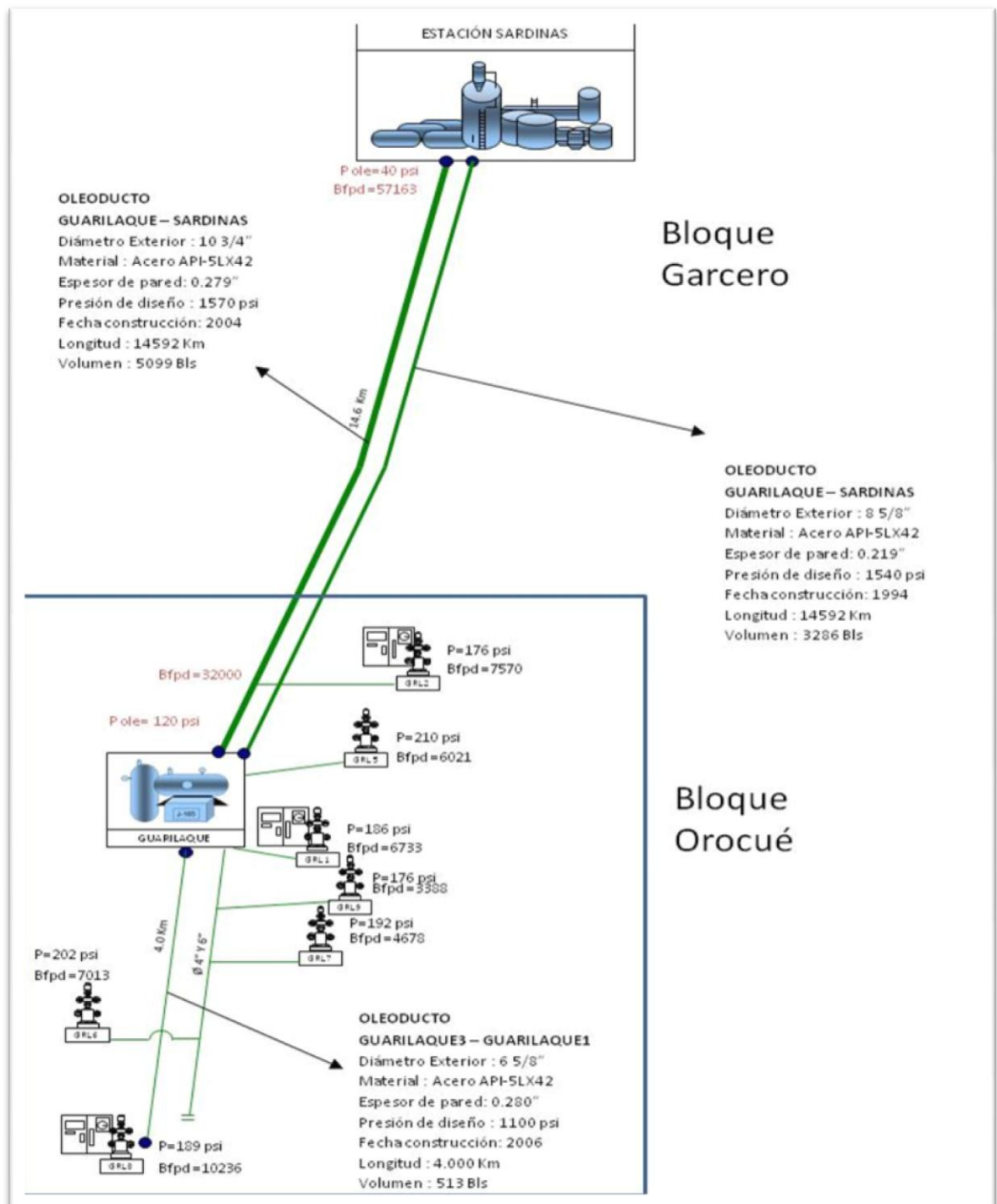
La corriente de agua llega a los SKIMMING TANK, luego pasa a través de una batería de filtros y finalmente una parte se vierte (28000 bwpd) al caño DUYA y otra se inyecta a pozos dispuestos para tal fin (SAD – 1, 4 y 5). El agua que se vierte, pasa a través de un sistema de enfriamiento (torres de salpique, aspersion y piscinas), que le da las condiciones exigidas por el ministerio de medio ambiente, antes de ser dispuesta.

Todos los pozos son recibidos en la subestación y algunos se pueden direccionar o no a las unidráulics, a través del manifold. Aunque, todo el fluido se envía a la estación Sardinias, el que se usa como fluido de potencia se circula a través de los hidrociclones de las unidades para retirar algo de sólidos y así evitar erosión en las bombas tanto de superficie como de fondo. El sólido retirado es devuelto a la línea de transferencia hacia Sardinias, lo que ocasiona problemas aguas abajo.

Se hicieron mediciones con equipos ultrasónicos, para tratar de determinar la eficiencia de los sistemas instalados en superficie; se encontraron buenas eficiencias, pero no suficientes, para minimizar el problema en forma notoria.

Se contrató también la medición de los diámetros de partículas asociados a estos sólidos, con el fin de hallar métodos más eficientes para retirarlos, pero todo quedó en la etapa inicial del proyecto y no se concluyó nada al respecto.

Figura 1. Esquema líneas GRL-SAD



Fuente: el autor

CAPÍTULO - 1

1. EL PROBLEMA

Desde el inicio de las operaciones en el campo Sardinias y más específicamente en la Asociación Orocué (agrupa los pozos de la subestación Guarilaque), se ha tenido inconvenientes con los sólidos producidos, ya que en la subestación sólo se cuenta con dos unidráulic de doble separador para el tratamiento del fluido de potencia que se va a utilizar en los pozos con levantamiento tipo jet, el resto del fluido va directamente del pozo a las líneas de flujo que van hacia la estación Sardinias.

Los sólidos de producción ocasionaban continuamente problemas en las bombas de fluido de potencia, generando pérdidas de producción y excesivos costos de operación, por estos correctivos; el pozo GRL-05 llegó a producir hasta 5000 ppm de arena, lo que generó cambios de válvulas en las bombas de superficie cada 8 hr, hasta agotar las existencias de éstos materiales en el distrito, se incrementaron las frecuencias de cambio de culatas, plunger y prensaestopas, las limpiezas de los equipos de tratamiento (FWKO's, SKIMMING TANK) en la estación Sardinias, igualmente las intervenciones con slick line y los cambios de bombas de fondo también se incrementaron. Algún tiempo después, se empezaron a presentar fisuras en la línea de flujo GRL-SAD, generando contaminación y pérdidas asociadas a las reparaciones.

Estos daños ocasionaban que hubiera en la estación Sardinias personal adicional para atender todo este tipo de emergencias; personal técnico de mantenimiento, de slick line, de proyectos y de medioambiente, adicionalmente equipos y herramientas para cumplir con los requerimientos generados.

Los datos presentados abajo, hacen referencia a los correctivos realizados a los equipos de superficie, debido a la alta producción de arena de los pozos, lo cual asoció sin lugar a dudas una pérdida de producción.

Tabla 1. Correctivos mecánicos a equipos de superficie en subestación GRL

Fecha	Observación
2/4/08	J165-3: cambia tendido de válvulas y empaquetadura pistón#3
3/4/08	J165-2: cambio de culata
4/4/08	J165-1: cambia tendido de válvulas
5/4/08	J165-2 y 3: cambia tendido de válvulas
6/4/08	J165-3: cambia tendido de válvulas
8/4/08	J165-1: cambia tendido de válvulas y empaquetadura
12/4/08	J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas y empaquetadura 1 pistón
14/4/08	J165-2: cambia tendido de válvulas
15/4/08	J165-2: cambia tendido de válvulas
16/4/08	J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas. Realizada limpieza a ds horizontal
18/4/08	J165-1: cambia empaquetadura a pistones # 1 y 3
19/4/08	J165-1: cambia tendido de válvulas. Se cambia platina 3/4" desarenador y cambia hidrociclón
20/4/08	J165-3: cambia o'ring entre camisa y culata
22/4/08	J165-1: cambia tendido de válvulas, pistón y camisa-1 y empaquetadura pistón-3
27/4/08	J165-2: cambia tendido de válvulas
29/4/08	J165-1: cambia tendido de válvulas

30/4/08 J165-3: cambia o'ring entre culata y camisa-
1

1/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

5/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas y empaquetadura
pistón -3

7/5/08 J165-1: cambia empaquetadura a pistón#1

8/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

15/5/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas

17/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

19/5/08 J165-2 y 3: cambia tendido de válvulas. J165-1: cambia
empaquetadura pistón # 2 y

20/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

21/5/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas y empaquetadura pistón -1

22/5/08 Ujp-1: cambio de 2 hidrociclones

23/5/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

25/5/08 J165-1: cambia pistón y empaquetadura

29/5/08 J165-1: cambio 2 pistones y empaquetadura
3 pistones

30/5/08 J165-1: cambio o'ring pistón#1

31/5/08 J165-2: cambia culata. J165-1 y 3: cambia tendido de
válvulas

2/6/08 J165-1: cambia tendido de válvulas

4/6/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas

5/6/08 J165-1: cambia tendido de válvulas y 3
pistones

6/6/08 Ujp-1: cambio desarenador, boquilla 1 1/8" y
platina 3/4".

7/6/08 J165-1, 2 y 3: cambia tendido de válvulas. Ujp-1: limpieza
ds horizontal 2.9 m3 de arena

- 8/6/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas, cambia pistones y empaquetaduras
- 10/6/08 J165-1: cambia tendido de válvulas, culata y empaquetaduras. J165-2: tendido de válvulas
- 11/6/08 **J200-4: entra en operación**
- 13/6/08 J165-1: cambia tendido de válvulas
- 14/6/08 J165-1: cambio o'ring culata y camisa. Limpieza ds horizontal 2,4 m3 arena
- 27/6/08 J165-3 y 4: cambia tendido de válvulas. J165-1: se cambia camisa y pistón-3
- 28/6/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas. J200-4: cambia empaquetadura 3 pistones
- 29/6/08 Ujp-1: limpieza ds horizontal y vertical, 3 m3 arena. Ujp-2: limpieza ds horizontal y vertical 2 m3
- 1/7/08 J165-1 y 2: cambia tendido de válvulas
- 2/7/08 J165-2: cambia tendido de válvulas. Grl-7: cambia diseño de fondo
- 5/7/08 J165-2: cambia tendido de válvulas
- 6/7/08 J165-2: cambian válvulas. Limpieza, Ujp-1: ds horizontal 1,2 m3, Ujp-2: ds horizontal 0,6 m3
- 7/7/08 J165-1: cambia tendido de válvulas. J200-4: cambia 3 pistones con empaquetadura
- 8/7/08 J165-2 y 3: cambian válvulas, o'ring entre camisa y culata
- 9/7/08 J165-1 y 4: cambia o'ring camisa-1. J165-2: cambian válvulas y empaquetaduras
- 10/7/08 J165-2 y 4: cambian válvulas. Ujp-2: cambia interno hidrociclón
- 11/7/08 J165-1 y 2: cambian válvulas y empaquetaduras. Ujp-1: cambia hidrociclones
- 12/7/08 **Se construye isométrico para conectar grl-5 al oleoducto y**

gri-1 y 2 entrando a las ujp

- J165-1: cambia o'ring camisa-1. J165-2: cambian válvulas.
Limpieza ds horizontal y vertical ujp-1: 3.5 m3 Ujp-2: 0.5 m3 de arena
- 13/7/08 J165-1, 2, 3 y 4: cambian válvulas. J165-2: cambia válvula succión 6x150.
- 14/7/08 J165-1: cambio o'ring camisa-2. J165-4: cambian válvulas 2 veces
- 15/7/08 J165-1, 3 y 4: cambian válvulas. **Se pasa gri-1 y 6 a las ujp, gri-5 y 7 van al oleoducto**
- 16/7/08 J165-2 y 3: cambian válvulas j165-1: cambia o'ring camisa-1
- 17/7/08 Ujp-1 y 2: limpieza ds horizontal 0,4 m3 arena. Limpieza colector de succión bombas
- 19/7/08 J165-1: cambia culata
- 21/7/08 J165-1: cambia o'ring camisa-1 y 2
- 25/7/08 J165-3 y 4: cambia tendido de válvulas
- 1/8/08 J165-3 y 4: cambian válvulas
- 6/8/08 Ujp-1: cambia 2 hidrociclones
- 7/8/08 J165-2: cambia empaquetadura pistón-2
- 10/8/08 Grl-6: revisión bomba jet w/l
- 15/8/08 Grl-5: se cambia chocke fluido motriz
- 17/8/08 J200-4: cambia pistón-2 y 3
- 18/8/08 J165-3: cambia pistón-1 y 2
- 21/8/08 J165-1 y 4: cambian válvulas
- 22/8/08 Grl-5: revisión bomba jet w/l. Limpieza ds horizontal ujp-1: 0,8 m3; ujp-2: 0,4 m3 de arena
- 24/8/08 J165-2 y 3: cambian válvulas y pistón-1
- 26/8/08 J165-1: cambio o'ring camisa-1
- 5/9/08 J165-1: cambio o'ring camisa-1

7/9/08 J165-4: cambian válvulas

8/9/08 Ujp-2: se cambia hidrociclón (b=0,500" p=0,375")

9/9/08 J165-1: cambia o'ring camisa-1. J165-4: cambian válvulas

10/9/08 J165-4: cambia o'ring camisa 2 veces

11/9/08 J165-4: cambian válvulas

12/9/08 J165-2: cambian válvulas, cambia prensaestopas pistón-1 y 3

14/9/08 J165-3 y 4: cambian válvulas. Ujp-1: se cambian 3 hidrociclones, estaban sin internos

16/9/08 J165-3: cambia o'ring camisa-1. J165-4: cambian válvulas

17/9/08 J165-3: cambia o'ring camisa-1

19/9/08 J165-2: cambian válvulas y prensaestopas

25/9/08 J165-4: cambio pistón-1 y 2

7/10/08 Cambio válvula y chocke recirculación general. J165-4: cambio pistón. J165-3: cambian válvulas

14/10/08 J165-2 y 3: cambia 2 pistones y prensaestopas

19/10/08 Limpieza ds horizontal y vertical ujp-2=1 m3, ujp-1=1,4 m3 arena.
J165-2 y 4: cambian válvulas

20/10/08 J165-4: cambian pistones

4/11/08 Limpieza ds horizontal ujp-1 y 2: 5l c/u. J165-2 y 3: cambian válvulas

6/11/08 J165-2 y 3: cambian 3 pistones

14/11/08 J165-2 y 4: cambian válvulas. J165-3: cambian prensaestopas

17/11/08 J165-2: cambian válvulas. Limpieza ds horizontal ujp-1 y 2: 5 l arena

18/11/08 J165-1, 2 y 4: cambian válvulas. J165-3: cambian prensaestopas a 3 pistones

27/11/08 J165-2 y 4: cambian válvulas

4/12/08 J165-2: cambian pistones-2 y 3

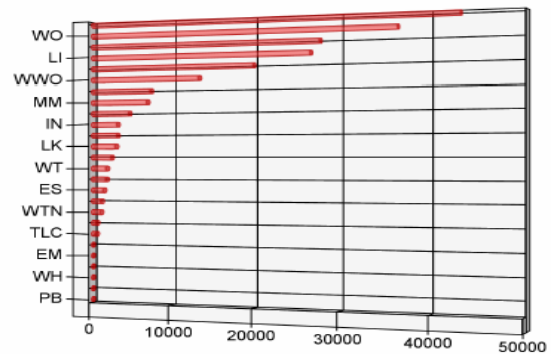
11/12/08 J165-2, 3 y 4: cambian válvulas

- 16/12/08 J165-2: cambia culata. J165-3: cambia pistones-2 y3
- 21/12/08 J165-2, 3 y 4: cambian válvulas
- 23/12/08 J165-1: cambia empaquetadura pistón-2. J165-2: cambia pistón-1 y empaquetadura pistón-2
- 6/1/09 J165-2 y 4: cambian válvulas y prensaestopas
- 13/1/09 J165-3 y 4: cambia pistón-3

Las gráficas abajo mostradas, describen las pérdidas en términos de barriles netos, asociadas a la producción del distrito Casanare en el año 2007, 2008 y 2009, donde la causa de nuestro interés “MF” (mechanical fault), ocupa un lugar importante en el porcentaje de las pérdidas del año.

Figura 2. Pérdidas 2007

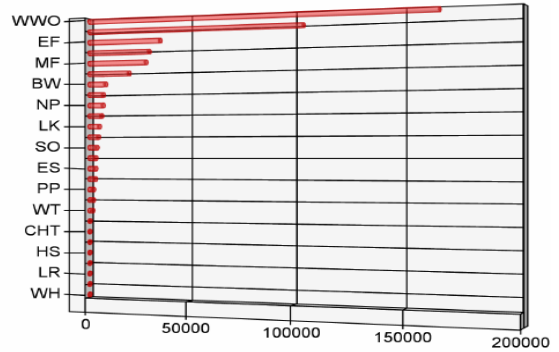
Cód.	Causa	Bls	%
PB	PIG BLOCKAGE	21	0.01
PP	PROCESS PROBLEM	22	0.01
WH	WELLHEAD MAINTENANCE	25	0.01
SS	SUSPENDED SOLIDS	34	0.02
EM	ELECTRICAL MAINTENANCE	133	0.06
CP	CHANGE PLUNGER	143	0.07
TLC	TRANSPORTATION LOGISTIC CONTROL	665	0.32
LGP	LOW GAS PRODUCTION	707	0.34
WTN	WAITING ON WIRELINE UNIT	1,205	0.57
SO	SAND OBSTRUCTION	1,292	0.62
ES	ELECTRICAL STORM	1,594	0.76
WL	WIRELINE	1,918	0.92
WT	WATER TREATMENT	1,960	0.94
NP	NEW PROJECT	2,579	1.23
LK	LEAK	3,122	1.49
BF	BATCH FLOW	3,314	1.58
IN	INSTRUMENTS FAILURE	3,330	1.59
BW	BLOCKAGE WELL	4,818	2.30
MM	MECHANICAL MAINTENANCE	7,092	3.38
COR	CORROSION REPAIR	7,556	3.60
WVO	WAITING WORKOVER	13,489	6.44
EF	ELECTRICAL FAULT	20,078	9.58
LI	LOW WATER INJECTIVITY	26,717	12.75
PEP	PETROLEUM ENGINEERING PROGRAMS	27,815	13.27
WO	WORKOVER	36,563	17.44
MF	MECHANICAL FAULT	43,416	20.71
TOTAL		209,608	



Fuente: Base de datos departamento de producción Perenco

Figura 3. Pérdidas 2008

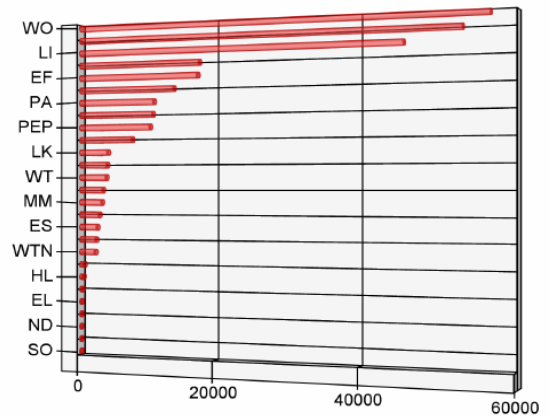
Cód.	Causa	Bls	%
WH	WELLHEAD MAINTENANCE	2	0.00
ND	NO DISPONIBLE	7	0.00
LR	LINE RUPTURE	15	0.00
TLC	TRANSPORTATION LOGISTIC CONTROL	36	0.01
HS	HIGH TANK STORAGE LEVEL	49	0.01
WTN	WAITING ON WIRELINE UNIT	188	0.04
CHT	CHEMICAL TREATMENT	203	0.04
BF	BATCH FLOW	693	0.15
WT	WATER TREATMENT	2,164	0.48
WL	WIRELINE	2,535	0.56
PP	PROCESS PROBLEM	2,548	0.56
IN	INSTRUMENTS FAILURE	3,488	0.77
ES	ELECTRICAL STORM	3,679	0.81
MM	MECHANICAL MAINTENANCE	3,739	0.83
SO	SAND OBSTRUCTION	4,319	0.96
EM	ELECTRICAL MAINTENANCE	5,026	1.11
LK	LEAK	5,509	1.22
COR	CORROSION REPAIR	6,730	1.49
NP	NEW PROJECT	7,401	1.64
LGP	LOW GAS PRODUCTION	7,515	1.66
BW	BLOCKAGE WELL	8,803	1.95
PEP	PETROLEUM ENGINEERING PROGRAMS	20,613	4.56
MF	MECHANICAL FAULT	29,090	6.44
LI	LOW WATER INJECTIVITY	30,765	6.81
EF	ELECTRICAL FAULT	36,181	8.01
WO	WORKOVER	104,767	23.20
WWO	WAITING WORKOVER	165,480	36.65
TOTAL		451,545	



Fuente: Base de datos departamento de producción Perenco

Figura 4. Pérdidas 2009

Cód.	Causa	Bls	%
SO	SAND OBSTRUCTION	8	0.00
WH	WELLHEAD MAINTENANCE	16	0.01
ND	NO DISPONIBLE	21	0.01
PP	PROCESS PROBLEM	219	0.08
EL	ECONOMIC LIMIT	232	0.08
BF	BATCH FLOW	353	0.13
HL	HIGH POND LEVEL	529	0.19
BW	BLOCKAGE WELL	722	0.26
WTN	WAITING ON WIRELINE UNIT	2,371	0.85
IN	INSTRUMENTS FAILURE	2,502	0.90
ES	ELECTRICAL STORM	2,673	0.96
LGP	LOW GAS PRODUCTION	2,993	1.07
MM	MECHANICAL MAINTENANCE	3,377	1.21
EM	ELECTRICAL MAINTENANCE	3,555	1.27
WT	WATER TREATMENT	4,063	1.46
WL	WIRELINE	4,213	1.51
LK	LEAK	4,322	1.55
NP	NEW PROJECT	7,975	2.86
PEP	PETROLEUM ENGINEERING PROGRAMS	10,645	3.81
VER	DISPOSAL PERMISSION	11,034	3.95
PA	PUBLIC AFFAIRS	11,199	4.01
COR	CORROSION REPAIR	14,128	5.06
EF	ELECTRICAL FAULT	17,591	6.30
MF	MECHANICAL FAULT	17,837	6.39
LI	LOW WATER INJECTIVITY	45,918	16.46
WWO	WAITING WORKOVER	53,527	19.18
WO	WORKOVER	57,027	20.44
TOTAL		279,050	



Fuente: Base de datos departamento de producción Perenco

Las tablas mostradas abajo dejan ver los costos asociados a las reparaciones hechas a la línea de transferencia de la subestación GRL a la estación SAD.

Tabla 2. Instalación de grapas en oleoducto 10" GRL-SAD a 200 m aguas arriba del caño Duya

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANTIDAD EJECUTADA X DIA		CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
				3-Aug-09	4-Aug-09			
1.0	SUMINISTRO DE PERSONAL							
1.1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 160.000	\$ 320.000
1.2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 130.000	\$ 260.000
1.3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	4,00	2,0	2,0	4,0	\$ 100.000	\$ 400.000
1.4	Suministro de personal - Obrero x 12 horas	Día	4,00	2,0	2,0	4,0	\$ 80.000	\$ 320.000
2.0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.							
2.1	Suministro de equipo - Cama-baja	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 1.350.000	\$ 2.700.000
2.2	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 200.000	\$ 400.000
2.3	Suministro de equipo - Retroexcavador de oruga	hr	24,00	10,0	10,0	20,0	\$ 105.833	\$ 2.116.660
2.4	Suministro de equipo - Herramienta menor obra civil	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 10.000	\$ 20.000
2.5	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 100.000	\$ 200.000
3.0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE							
3.1	Alimentación x Comida x Persona	un	36,00	18,0	18,0	36,0	\$ 8.000	\$ 288.000
3.2	Agua x Día x Persona	un	12,00	6,0	6,0	12,0	\$ 10.000	\$ 120.000
3.3	Hospedaje x Día x Persona	un	6,00	6,0	6,0	6,0	\$ 15.000	\$ 90.000
TOTAL OBRA EJECUTADA (COSTO DIRECTO)								\$ 7.234.660
ADMINISTRACION							13,00%	\$ 940.506
IMPREVISTOS							2,00%	\$ 144.693
SUBTOTAL (COSTO DIRECTO+A+I)								\$ 8.319.859
UTILIDAD							5,00%	\$ 361.733
VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA								\$ 8.681.592

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 3. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL-SAD

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANTIDAD EJECUTADA X DIA			CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
				12-Nov-09	13-Nov-09	14-Nov-09			
1.0	SUMINISTRO DE PERSONAL								
1.1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 192.000	\$ 576.000
1.2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 156.000	\$ 468.000
1.3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	6,00	2,0	2,0	2,0	6,0	\$ 120.000	\$ 720.000
2.0	SUMINISTRO DE MATERIALES								
2.1	suministro de materiales - Poliken	m2	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 48.000	\$ 144.000
2.2	suministro de materiales - Primer	Galon	1,00			1,0	1,0	\$ 96.000	\$ 96.000
2.0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.								
2.3	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
2.4	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	2,00		1,0	1,0	2,0	\$ 240.000	\$ 480.000
3.0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE								
3.1	Alimentación x Comida x Persona	un	36,00	12,0	12,0	12,0	36,0	\$ 9.600	\$ 345.600
3.2	Agua x Día x Persona	un	12,00	4,0	4,0	4,0	12,0	\$ 12.000	\$ 144.000
VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA)								\$ 3.333.600	

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 4. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL-SAD 18 y 19 de noviembre en k 1 +400 y 25 de noviembre en k 2 +400 estación sardinas

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANTIDAD EJECUTADA X DIA			CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
				18-Nov-09	19-Nov-09	20-Nov-09			
1,0	SUMINISTRO DE PERSONAL								
1,1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 192.000	\$ 576.000
1,2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 156.000	\$ 468.000
1,3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	6,00	2,0	2,0	2,0	6,0	\$ 120.000	\$ 720.000
2,0	SUMINISTRO DE MATERIALES								
2,1	suministro de materiales - Poliken	m2	3,00			3,0	3,0	\$ 48.000	\$ 144.000
2,2	suministro de materiales - Primer	Galon	1,00			1,0	1,0	\$ 96.000	\$ 96.000
2,0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.								
2,3	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
2,4	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	2,00		1,0	1,0	2,0	\$ 240.000	\$ 480.000
3,0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE								
3,1	Alimentación x Comida x Persona	un	36,00	12,0	12,0	12,0	36,0	\$ 9.600	\$ 345.600
3,2	Agua x Día x Persona	un	12,00	4,0	4,0	4,0	12,0	\$ 12.000	\$ 144.000

VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA)

\$ 3.333.600

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 5. Personal para colocar grapas en el oleoducto 10" GRL-SAD k1+800 y k2+180

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,0	SUMINISTRO DE PERSONAL					
1,1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	1,00	1,0	\$ 192.000	\$ 192.000
1,2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	1,00	1,0	\$ 156.000	\$ 156.000
1,3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	2,00	2,0	\$ 120.000	\$ 240.000
2,0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.					
2,1	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	1,00	1,0	\$ 120.000	\$ 120.000
2,2	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	1,00	1,0	\$ 240.000	\$ 240.000
3,0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE					
3,1	Alimentación x Comida x Persona	un	12,00	12,0	\$ 9.600	\$ 115.200
3,2	Agua x Día x Persona	un	4,00	4,0	\$ 12.000	\$ 48.000

VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA) \$ 1.111.200

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 6. Colocación grapa en oleoducto GRL-SAD

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,0	SUMINISTRO DE PERSONAL					
1,1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	1,00	1,0	\$ 192.000	\$ 192.000
1,2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	1,00	1,0	\$ 156.000	\$ 156.000
1,3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	4,00	4,0	\$ 120.000	\$ 480.000
2,0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.					
2,1	Suministro de equipo - Tractomula con Cama Baja	Viaje	1,00	1,0	\$ 1.765.217	\$ 1.765.217
2,2	Suministro de equipo - Retroexcavadora con Oruga	hr	12,00	12,0	\$ 130.900	\$ 1.570.800
2,3	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	1,00	1,0	\$ 213.120	\$ 213.120
2,4	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	1,00	1,0	\$ 120.000	\$ 120.000
3,0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE					
3,1	Alimentación x Comida x Persona	un	18,00	18,0	\$ 9.600	\$ 172.800
3,2	Agua x Día x Persona	un	6,00	6,0	\$ 12.000	\$ 72.000

VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA) \$ 4.741.937

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 7. Colocación de grapa en oleoducto GRL-SAD k3+600

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0	SUMINISTRO DE PERSONAL					
1.1	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	1,00	1,0	\$ 192.000	\$ 192.000
1.2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	1,00	1,0	\$ 156.000	\$ 156.000
1.3	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	4,00	4,0	\$ 120.000	\$ 480.000
2.0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.					
2.1	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	1,00	1,0	\$ 213.120	\$ 213.120
2.2	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	1,00	1,0	\$ 120.000	\$ 120.000
3.0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE					
3.1	Alimentación x Comida x Persona	un	18,00	18,0	\$ 9.600	\$ 172.800
3.2	Agua x Día x Persona	un	6,00	6,0	\$ 12.000	\$ 72.000
VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA)						\$ 1.405.920

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 8. Instalación de 6 grapas en la línea de flujo de 10" del oleoducto GRL-SAD en el recorrido del k 0+250

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANTIDAD EJECUTADA X DIA			CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
				26-Nov-10	27-Nov-10	28-Nov-10			
1.0	SUMINISTRO DE PERSONAL								
2.0	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 192.000	\$ 576.000
2.1	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 156.000	\$ 468.000
2.2	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	9,00	3,0	3,0	3,0	9,0	\$ 120.000	\$ 1.080.000
3.0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.								
3.1	Suministro de equipo - Retroexcavadora con Oruga	hr	36,00	10,0	10,0	10,0	30,0	\$ 130.900	\$ 3.927.000
3.2	Suministro de equipo - Tractor con Cama Baja	Día	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0	\$ 876.000	\$ 876.000
3.3	Suministro de equipo - Tractor con Cama Baja	Viaje	1,50	1,0	1,0	0,5	1,5	\$ 1.765.217	\$ 2.647.826
3.4	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 213.120	\$ 639.360
3.5	Suministro de equipo - Herramienta menor obra mecánica	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
3.6	Suministro de equipo - Motobombas 2" con mangueras	Día	3,00	1,0	1,0	1,0	3,0	\$ 84.000	\$ 252.000
4.0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE								
4.1	Alimentación x Comida x Persona	un	45,00	15,0	15,0	15,0	45,0	\$ 9.600	\$ 432.000
4.2	Hospedaje x Día x Persona	un	10,00	5,0	5,0	5,0	10,0	\$ 18.000	\$ 180.000
4.3	Agua x Día x Persona	un	15,00	5,0	5,0	5,0	15,0	\$ 12.000	\$ 180.000
VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA)									\$ 11.618.186

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 9. Instalación grapa oleoducto GRL-SAD K 0+800

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANTIDAD EJECUTADA X DIA		CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
				10-Dec-10	11-Dec-10				
1.0	SUMINISTRO DE PERSONAL								
2.0	Suministro de personal - Ayudante mec Calificado	Día	6,00	3,0	3,0	6,0	\$ 120.000	\$ 720.000	
2.1	Suministro de personal - Soldador 1A	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 240.000	\$ 480.000	
2.2	Suministro de personal - Supervisor HSE	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 156.000	\$ 312.000	
2.3	Suministro de personal - Supervisor mecánico	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 192.000	\$ 384.000	
3.0	SUMINISTRO DE EQUIPOS.								
3.1	Suministro de equipo - Retroexcavadora con Oruga	hr	48,00	24,0	24,0	48,0	\$ 130.900	\$ 6.293.200	
3.2	Suministro de equipo - Tractor con Cama Baja	Día	3,00	3,0	3,0	3,0	\$ 876.000	\$ 2.628.000	
3.3	Suministro de equipo - Tractor con Cama Baja	Viaje	1,00	1,0	1,0	1,0	\$ 1.765.217	\$ 1.765.217	
3.4	Suministro de equipo - Camión 350 Día	Día	1,00	1,0	1,0	1,0	\$ 276.000	\$ 276.000	
3.5	Suministro de equipo - Camión 350 Viaje CNG	Viaje	1,00	1,0	1,0	1,0	\$ 516.000	\$ 516.000	
3.6	Suministro de equipo - Camioneta con conductor	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 213.120	\$ 426.240	
3.7	Suministro de equipo - Equipos de soldadura (motosoldador Diesel, incluye combustible)	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 120.000	\$ 240.000	
3.8	Suministro de equipo - Motobombas 4" con mangueras	Día	2,00	1,0	1,0	2,0	\$ 96.000	\$ 192.000	
4.0	ALIMENTACION Y HOSPEDAJE								
4.1	Alimentación x Comida x Persona	un	36,00	18,0	18,0	36,0	\$ 9.600	\$ 345.600	
4.2	Hospedaje x Día x Persona	un	6,00	6,0	6,0	6,0	\$ 18.000	\$ 108.000	
4.3	Agua x Día x Persona	un	12,00	6,0	6,0	12,0	\$ 12.000	\$ 144.000	
VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA)									\$ 14.820.257

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 10. Cambio de tres tramos de 24 ml de tubería 10" sch 40 del oleoducto GRL-SAD

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,0	CAMBIO DE 24 ML DE TUBERIA 10" SCH 40 DEL OLEDUCTO GRL-SAD EN EL KM 1+4000 (ADICIONAL SE DEBE PREVEER RETROEXCAVADORA DE ORUGA PARA REALIZAR EXCAVACIÓN Y APOYO PARA MANEJO DE CARGAS Y DE 2 CARROTANQUE PARA EL MANEJO DE FLUIDOS CUANDO SE REALICE EL CORTE DE LA TUBERIA). GARANTIZAR LA COMPACTACIÓN CON MATERIAL DE ARCILLOSO (PUEDE UTILIZAR EL MATERIAL DE LA PLATAFORMA SAD-1) Y DESCUBRIR EL OLEDUCTO DE 8" GRL-SAD POR LO MENOS 5 ML, RETIRO DE POLIKEN PARA REALIZAR MEDICIÓN DE ESPESORES Y	GLB	1,00	1,0	\$ 31.581.840	\$ 31.581.840
1,1	CAMBIO DE 24 ML DE TUBERIA 10" SCH 40 DEL OLEDUCTO GRL-SAD EN EL KM 2+400 (ADICIONAL SE DEBE PREVEER RETROEXCAVADORA DE ORUGA PARA REALIZAR EXCAVACIÓN Y APOYO PARA MANEJO DE CARGAS Y 2 CARROTANQUE PARA MANEJO DE FLUIDOS CUANDO SE REALICE EL CORTE DE LA TUBERIA) Y DESCUBRIR EL OLEDUCTO DE 8" GRL-SAD POR LO MENOS 5 ML, RETIRO DE POLIKEN PARA REALIZAR MEDICIÓN DE ESPESORES Y REPARACIÓN DEL MISMO DESPUES DE REALIZAR LA MEDICIÓN	GLB	1,00	1,0	\$ 31.581.840	\$ 31.581.840
1,2	CAMBIO DE 24 ML DE TUBERIA 10" SCH 40 DEL OLEDUCTO GRL-SAD A NIVEL DEL POZO SAD-1 EN EL KM 4+000 (ADICIONAL SE DEBE PREVEER RETROEXCAVADORA DE ORUGA PARA REALIZAR EXCAVACIÓN Y APOYO PARA MANEJO DE CARGAS Y 2 CARROTANQUE PARA MANEJO DE FLUIDOS CUANDO SE REALICE EL CORTE DE LA TUBERIA) Y DESCUBRIR EL OLEDUCTO DE 8" GRL-SAD POR LO MENOS 5 ML, RETIRO DE POLIKEN PARA REALIZAR MEDICIÓN DE ESPESORES Y REPARACIÓN DEL MISMO DESPUES DE REALIZAR LA MEDICIÓN	GLB	1,00	1,0	\$ 31.581.840	\$ 31.581.840

VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA \$ 94.745.520

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Tabla 11. Cambio de 5 km de línea de flujo entre GRL y SAD

4.- CANTIDADES DE SERVICIOS EJECUTADOS

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION					
1.1	Movilización y desmovilización, campamento, polizas.	Gbl	1,00	1,0	\$ 25.277.220	\$ 25.277.220
2.0	OBRAS DE CONSTRUCCIÓN LINEAS DE FLUJO EN TUBERIA DE ACERO A CAMPO					
2.1	Replanteo topográfico, apertura y conformación del derecho de vía (15 m de ancho), reconformación y limpieza del terreno intervenido de acuerdo con la especificación técnica mecánica PT-ET-MEC-009	M	4760,00	4909,0	\$ 3.694	\$ 18.133.846
2.2	Tendido de tubería 10" SCH 40 A-106 ERW sin recubrimiento. Incluye cargue en Yopal, transporte, descargue en el lugar de los trabajos, tendido, limpieza de juntas, alineación, soldadura y todos los trabajos de recubrimiento con cinta poliken en la zona de juntas. De acuerdo con la especificaciones técnica mecánicas PT-ET-MEC-009 y PT-ET-MEC-005	M	4760,00	4981,0	\$ 139.132	\$ 693.016.492
2.3	Zarjado, bajado y tapado de tubería 10" SCH 40 A-106 ERW. De acuerdo con la especificación técnica mecánica PT-ET-MEC-009	M	4760,00	900,0	\$ 15.224	\$ 13.701.600
2.4	Prueba hidrostática de tubería 10" @ 720 psi durante 1 hora. Para procedimiento completo ver especificación técnica mecánica PC-ET-MEC-003	M	4760,00	4909,0	\$ 5.713	\$ 28.045.117
2.5	Doblado de tubería 10" SCH 40. De acuerdo con la especificación técnica mecánica PT-ET-MEC-009	M	120,00	74,0	\$ 36.300	\$ 2.686.200
2.6	Proteccion catódica y demarcación. Instalación a todo costo de postes de medición de potencial y postes de demarcación de acuerdo con la especificación técnica mecánica PT-ET-MEC-009	Gbl	1,00		\$ 15.102.353	
2.7	Junta especial en zanja para tubería de 10" Sch 40 . Solo para los trabajos especiales ordenados y autorizados formalmente por PERENCO requeridos para cruce simples de acuerdo a la especificación técnica PT-ET-MEC-006	Un	4,00	4,0	\$ 5.790.446	\$ 23.161.784
3.0	CRUCES ESPECIALES					
3.1	Junta especial en zanja para tubería de 10" Sch 40 para cruces subfluviales especiales (Caño	Un	4,00		\$ 4.437.818	

SUB-TOTAL CONTRACTUAL \$ 804.022.259

5.- DESCRIPCION DE ADICIONALES:

LAS JUNTAS ESPECIALES SON EN LAS SIGUIENTES LOCALIZACIONES DOS SE REALIZARAN PARA EL EMPALME DE LOS 3500 ML PARA HABILITAR EL OLEODUCTO, CUATRO SE REALIZARON EN EL CRUCE DE VIA EN LA ESCUELA MIRALINDO Y DOS EN LA VIA LA UNIÓN - OROCUE

6.- CANTIDAD DE ADICIONALES EJECUTADOS

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT. ESTIM.	CANT. EJEC.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0	Junta especial en zanja para tubería de 10" Sch 40 . Solo para los trabajos especiales ordenados y autorizados formalmente por PERENCO requeridos para cruce simples de acuerdo a la especificación técnica PT-ET-MEC-006	Un		8,0	\$ 5.790.446	\$ 46.323.568

SUB TOTAL ADICIONAL \$ 46.323.568

VALOR TOTAL OBRA EJECUTADA (SIN IVA \$ 850.345.827

Fuente: Archivo departamento de proyectos Perenco

Cada trabajo realizado conlleva cierre de pozos y por ende una pérdida adicional en barriles de aceite. Así mismo, los materiales y accesorios utilizados en cada reparación, son suministrados por Perenco y no aparecen relacionados en la liquidación, lo que incrementa aún más el costo final del daño.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de separación de arena que permita reducir costos operacionales por cierre de pozos para intervenciones, reparaciones de líneas y equipos de levantamiento

1.1.2 Objetivo Específicos

- Reunir información histórica de los costos y pérdidas de producción asociadas a la presencia de arena en los fluidos de producción en la subestación Guarilaque
- Analizar el modelo matemático de mecánica de fluidos para el diseño de hidrociclones e identificar las variables que lo afectan
- Identificar las fallas de los sistemas de retiro de sólidos instalados hasta ahora
- Realizar la propuesta técnico económica para implementar el nuevo sistema de separación de sólidos

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Continuamente se han roto las líneas de flujo de la subestación Guarilaque a la estación Sardinias, igualmente las bombas de superficie y fondo utilizadas en el levantamiento tipo jet se han reparado por daño en sus partes internas; todo esto debido a la arena presente en el fluido de producción, la cual no se separa del

sistema, sino que viaja a través de las tuberías junto con él. Si esto continúa, la empresa verá incrementos significativos año a año en los costos de operación y pérdidas anuales incrementándose, debido a los cierres de pozos para intervenciones, reparaciones en líneas y equipos de levantamiento. Se sugiere entonces diseñar un sistema de separación que permita retirar los sólidos y eliminar así los daños ocasionados y las pérdidas de producción por su causa.

Por lo anteriormente expuesto se pretende minimizar sobre costos operativos, hacer la operación más amigable, segura y confiable; evitando continuos daños de los equipos asociados al levantamiento tipo jet y de las líneas de flujo, debido a la presencia de arena, tanto en el fluido de potencia, como en el fluido de producción.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

El ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en que la gravedad se sustituye con la aceleración centrífuga.

Los ciclones son aparatos diseñados para separar la parte sólida de la fluida en mezclas bifásicas donde una de las fases está formada por partículas sólidas. Si la fase fluida es un líquido, se denominan hidrociclones y si es un gas, aerociclones.

Los ciclones constituyen uno de los medios menos costosos de recolección, tanto desde el punto de vista de operación como de la inversión. Éstos son básicamente construcciones simples que no tienen partes móviles, lo cual facilita las operaciones de mantenimiento; pueden ser hechos de una amplia gama de materiales y pueden ser diseñados para altas temperaturas (que ascienden incluso a 1000 °C) y presiones de operación.

El diseño más típico de los ciclones consiste en introducir la mezcla sólido/fluido tangencialmente o axialmente en la parte superior de un recipiente cilíndrico. El momento angular a la entrada se puede lograr mediante una entrada tangencial o, en el segundo caso, mediante unos álabes directrices.

Los ciclones son adecuados para separar partículas con diámetros mayores a 5 μm ; aunque partículas mucho más pequeñas, en ciertos casos, pueden ser separadas.

Los ciclones presentan eficiencias mayores que la cámara de sedimentación gravitacional y eficiencias menores que los filtros de talegas, lavadores y precipitadores electrostáticos.

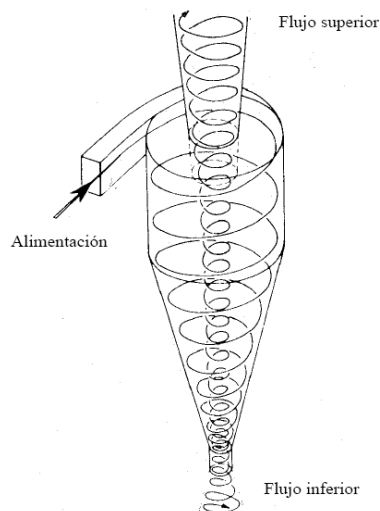
La fuerza centrífuga generada por los giros del fluido dentro del ciclón puede ser mucho mayor que la fuerza gravitacional, ya que la fuerza centrífuga varía en magnitud dependiendo de la velocidad y del radio de giro.

Teóricamente el aumento de la velocidad de entrada al ciclón aumentaría la fuerza centrífuga, lo que implica, un aumento de la eficiencia; sin embargo, velocidades de entrada muy altas generan resuspensión de material particulado de las paredes del ciclón, lo cual disminuye su eficiencia; adicionalmente, incrementar la velocidad de entrada implica un mayor consumo de energía.

2.1. FUNCIONAMIENTO DE UN CICLÓN

En un ciclón, la trayectoria del fluido comprende un doble vórtice, en donde el fluido dibuja una espiral descendente en el lado externo y ascendente en el lado interno. Ver figura 5.

Figura 5. Diagrama de flujo en un hidrociclón

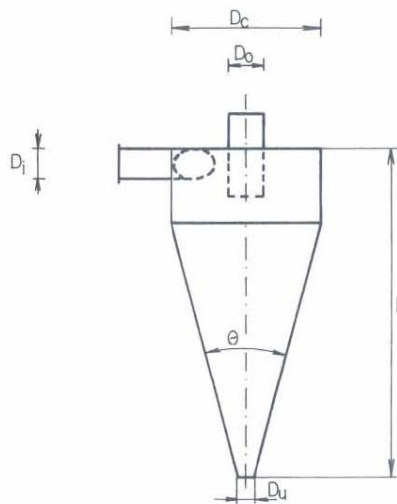


Fuente: Aplicaciones y funcionamiento práctico de los hidrociclones pág. 1

En un ciclón, el fluido entra en la cámara superior tangencialmente y desciende en espirales hasta el ápice de la sección cónica; luego, asciende en un segundo espiral, con diámetro más pequeño y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado. Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan por las paredes y son recogidos en la parte inferior.

El diseño apropiado de la sección cónica del ciclón obliga a que el vórtice descendente cambie de dirección; el vórtice ascendente tiene un diámetro menor, lo que aumenta las velocidades tangenciales, en el cono se presenta la mayor colección de partículas, especialmente de las partículas pequeñas al reducirse el radio de giro.

Figura 6. Dimensiones del hidrociclón



Fuente: Possibilities of the efficient solid-liquid separation in the hydrocyclone of 25 mm diameter, pág. 1

Las partes cónica y cilíndrica del hidrociclón crean conjuntamente un área de separación. Como no hay partes en rotación, el vórtice necesario es producido por la caída de presión de la suspensión que entra tangencialmente. La geometría del hidrociclón y los tamaños relativos de los orificios de salida causa que la mayor

parte de agua, así como parte de las partículas más pequeñas salgan del equipo como overflow (por el vortex), mientras que las partículas sólidas con menos cantidad de agua salgan como underflow (por el ápex).

La eficiencia del hidrociclón se evalúa por los siguientes indicadores principales:

- Eficiencia de separación total, E_T
- Grado de separación, $E_{a(i)}$
- Tamaño de corte, d_{50}

La eficiencia total se obtiene como una relación de masa de sólidos en el underflow y la entrada, en porcentaje:

$$E_T = (\text{razlomag}) \quad E_T = \frac{M_c}{M}$$

M_c , caudal másico de sólidos en el underflow, kg/s

M , caudal másico de sólidos en la entrada, kg/s

El grado de separación, se define como la recuperación de sólidos en el underflow en relación a la entrada para un determinado tamaño de partícula d_i :

$$E_{a(i)} = (\text{razlomag}) \quad E_{a(i)} = \frac{M_c W_{u(i)}}{M W_u}$$

$W_{u(i)}$, concentración de partículas de tamaño d_i en el underflow, %

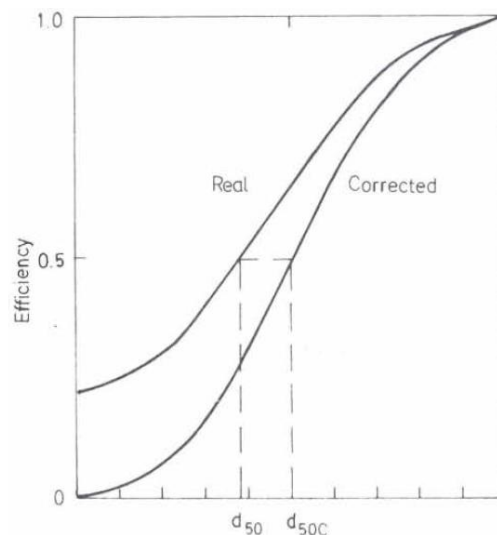
W_u , concentración de partículas de tamaño d_i en la entrada, %

Los valores de grado de eficiencia tienen carácter de probabilidad y representan una serie de valores aproximadamente de 1.0, para partículas sólidas, hasta 0.0 aproximadamente para partículas finas. La descripción gráfica de estos valores es llamada *curva Tromp* o curva de grado de eficiencia (curva de probabilidad de partición).

El tamaño de corte d_{50} es aquel cuya probabilidad de separación en el underflow es igual a la probabilidad de ser dibujada dentro del overflow junto con el líquido.

La sección medida por la curva de Tromp en la ordenada es atribuida al llamado corto circuito (by-pass). Numéricamente, una cierta cantidad de sólidos que entra al hidrociclón, pasa a través del equipo en una forma que evitan la clasificación y terminan en el underflow.

Figura 7. Curva Tromp



Fuente: Possibilities of the efficient solid-liquid separation in the hydrocyclone of 25 mm diameter, pág. 1

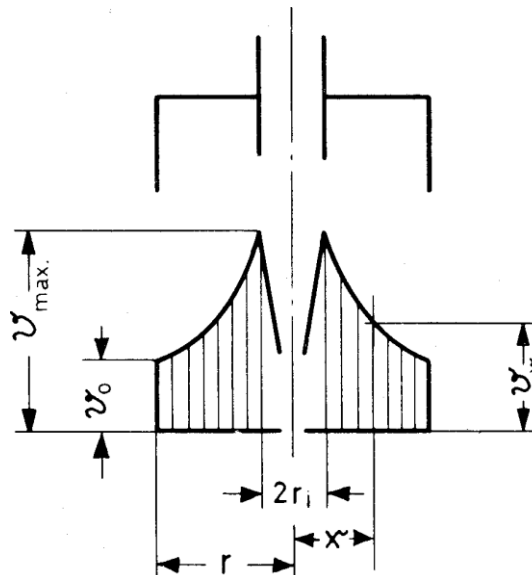
Kellsal (1952) aseguró que la cantidad de partículas en corto circuito es directamente proporcional a la parte de agua, R_f , que es separada en el underflow, por unidad de volumen de la corriente de entrada. Se presume que la misma cantidad de cada diámetro de partícula d_i , proporcional a R_f termina en el underflow sin clasificación. Así, el concepto de grado de eficiencia corregido $E_{c(i)}$ se introdujo para que represente el valor de grado de eficiencia $E_a(i)$ corregido para la cantidad de sólidos de corto circuito en el underflow causado por el flujo de fluidos (Bradley, 1958).

El valor del grado de eficiencia corregido, y por ende la curva Tromp corregida se obtiene de acuerdo a la expresión:

$$E_{c(i)} = \frac{E_{a(i)} - R_f}{1 - R_f}$$

Y R_f es calculado en base al caudal medido del overflow y el underflow. De la Fig. 6 se ve que la curva corregida ha sido movida a la derecha, y por tal razón el d_{50c} corregido es mayor que el real.

Figura 8. Diagrama de velocidades tangenciales



Fuente: Aplicaciones y funcionamiento práctico de los hidrociclones pág. 2

El flujo normal, dentro del ciclón, puede ser descrito como un torbellino potencial, generando un incremento en la velocidad tangencial en dirección radial hacia el núcleo; ver figura 7. La ecuación de Helmholtz para el torbellino ideal, sin influencia de la fricción es:

$$v \cdot r = cte \text{ (1ª) o}$$

$$v_o \cdot r = v_x \cdot x \text{ (1b)}$$

La velocidad a cualquier distancia radial x , debe ser entonces:

$$v_x = \frac{v_o \cdot r}{x} \text{ (2ª)}$$

La velocidad angular ω asciende a un mayor grado con:

$$v = r \cdot \omega$$

El torbellino de Helmholtz es descrito por la ecuación:

$$\omega \cdot r^2 = cte \text{ (1c) o}$$

$$\omega_o \cdot r^2 = \omega_x \cdot x^2 \text{ (1d)}$$

De aquí obtenemos:

$$\omega_x = \omega_o \left(\frac{r}{x}\right)^2 \text{ (2b)}$$

Conocemos por experiencia que la ecuación que define la corriente del torbellino, cuando se tienen en cuenta las fuerzas de fricción, es de la forma:

$$v \cdot r^n = cte \text{ (3ª)}$$

Para agua clara Bradley reivindicó $n= 0,7$ y Krijgsman determinó $n= 0,5$ para suspensiones con promedios de contenidos sólidos. Basados en esta última aproximación, la ecuación del torbellino debe quedar como:

$$v \cdot \sqrt{r} = cte \text{ (3b), resultando}$$

$$v_x = v_o \sqrt{\frac{r}{x}} \text{ (4ª) o}$$

$$\omega_x = \omega_o \left(\frac{r}{x}\right)^{3/2} \quad (4b)$$

Junto con el incremento de las velocidades tangencial o angular, la aceleración centrífuga b aumenta. Esta es definida por:

$$b = r \cdot \omega^2 \quad (5a), \text{ Es decir}$$

$$b_o = r \cdot \omega_o^2 \quad (5b) \text{ o}$$

$$\omega_o^2 = \frac{b_o}{r} \quad (5c) \text{ y}$$

$$b_x = x \cdot \omega_x^2 \quad (5d)$$

Introduciendo la ecuación (4b) obtenemos:

$$b_x = x \cdot \omega_o^2 \cdot \left(\frac{r}{x}\right)^3 \quad (6a)$$

Ahora reemplazando ω_o^2 por la ecuación (5c), obtenemos

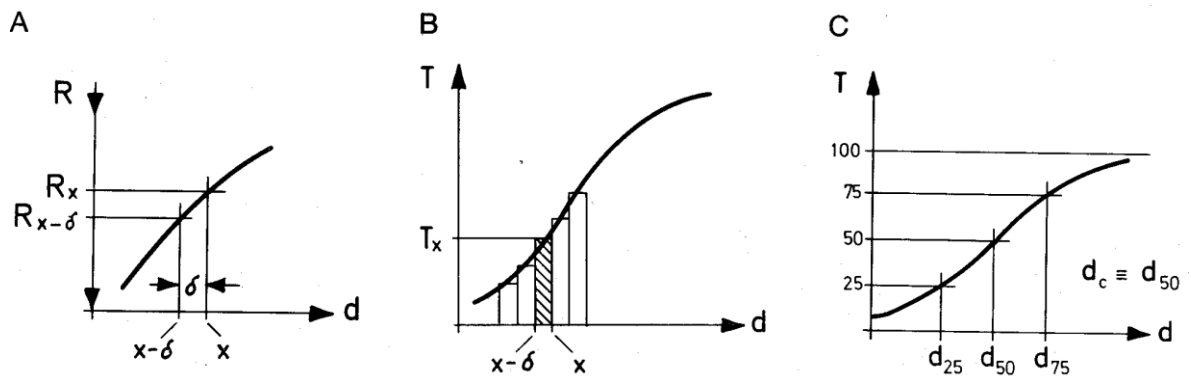
$$b_x = b_o \left(\frac{r}{x}\right)^2 \quad (6b)$$

Estas ecuaciones muestran claramente que la aceleración centrífuga en el torbellino secundario, es más alta que en el primario, por la relación inversa de los radios respectivos al cuadrado. Por consiguiente, es obvio que el torbellino interior es el que determina el tamaño de separación (corte). En resumen, podemos deducir que las altas fuerzas de separación son características en el flujo de un ciclón, impidiendo la floculación y consiguientemente limitando la recuperación de sólidos (mass recovery). Sin embargo esto es compensado por la eficacia del tamaño de separación alcanzada por los ciclones, en comparación con los hidro-separadores-tanques de decantación.

Para determinar el punto de corte (tamaño de separación), de unos ensayos, hay que trazar la curva de Tromp; ver la figura 9. El diagrama A, muestra la

distribución granulométrica de un conjunto de partículas, trazada como los residuos retenidos R , entre diámetros de partículas d , en el gráfico Rosin-Rammler-Bennet. Si δ es la diferencia entre dos diámetros de partículas x y $x-\delta$, nosotros definimos la diferencia entre los residuos correspondientes ΔR como $R_x - R_{(x-\delta)}$. Hay que tomar parejas de valores de ΔR en las granulometrías del flujo superior ΔR_F y flujo inferior ΔR_G . Finalmente requerimos el valor del reparto de sólidos (mass recovery) θ que puede obtenerse por la relación del peso de sólidos en el flujo inferior M_G con respecto al peso de sólidos en alimentación M_E .

Figura 9. Origen de la curva de Tromp. A) Curva granulométrica (Rosin-Rammler-Bennett). B) Repartos de pesos diferenciales que generan la curva de Tromp. C) Puntos de la curva de Tromp, que determinan la malla de separación (punto de corte) y la imperfección (ver ecuación 10).



Fuente: Aplicaciones y funcionamiento práctico de los hidrociclones pág. 3

$$\theta = \frac{M_G}{M_E} \quad (7)$$

O bien tomando simultáneamente en las pruebas, el contenido de sólidos en la alimentación E , e , flujo superior F , f y flujo inferior G , g (donde la letra mayúscula representa la concentración en grs/ltr., y las minúsculas el tanto por ciento en peso) y usando las siguientes ecuaciones:

$$\theta = \frac{E-F}{G-F} \cdot \frac{G}{E} \quad (8^a)$$

$$\theta = \frac{e-f}{g-f} \cdot \frac{\gamma_s - g}{\gamma_s - e} \quad (8b)$$

Siendo γ_s el peso específico de los sólidos. La curva de Tromp es la representación gráfica de los números de distribución T_x , es decir, el reparto de peso diferencial para el tamaño de partículas entre $x - \delta$ y x , frente al diámetro de partículas d , calculado como sigue:

$$T = \frac{\theta \cdot \Delta R_G}{\theta \cdot \Delta R_G + (1 - \theta) \cdot \Delta R_F} \quad (9)$$

Los escalones resultantes en el diagrama han sido aproximados por una curva continua, ver diagrama B.

El punto de corte (tamaño de separación) d_c , es definido como: aquél punto de la curva de Tromp para el cual T es igual a 0,5 o 50%, es decir, el punto donde las partículas tienen las mismas posibilidades de ir con el flujo superior o inferior; ver diagrama C. La precisión del corte, depende del diámetro de partículas para $T = 0,75$ (d_{75}) y $T = 0,25$ (d_{25}) ambos de los cuales pueden tomarse de la curva de Tromp. La llamada imperfección I ha sido calculada así:

$$I = \frac{d_{75} - d_{25}}{2 \cdot d_c} \quad (10)$$

En la bibliografía sobre hidrociclones se pueden encontrar varias fórmulas para el cálculo del tamaño de separación. El punto de partida, en cualquier caso, será la ley de Stokes que describe la velocidad de sedimentación en un flujo laminar. A pesar de que el flujo de la suspensión en un hidrociclón es turbulento (el número de Reynolds es alto), la corriente alrededor de la partícula en sedimentación es laminar (pequeño número de Reynolds). El valor de la velocidad de sedimentación en el campo gravitatorio es:

$$U_{so} = \frac{d^2 \cdot (\rho_s - \rho_l)}{18\eta} \cdot g \quad (11)$$

ρ_s y ρ_l son las densidades de sólido y líquido respectivamente, η es la viscosidad dinámica del líquido y g la aceleración de la gravedad. Dentro del campo centrífugo, la aceleración gravitacional g es reemplazada por la aceleración centrífuga b o por el producto de g y el factor de aceleración z . Por consiguiente, el aumento del valor de sedimentación en el hidrociclón se eleva a:

$$U_s = \frac{d^2 \cdot (\rho_s - \rho_l)}{18\eta} \cdot b = U_{s0} \cdot z \quad (12)$$

La velocidad de sedimentación de las partículas cuyo diámetro sea el del punto de corte d_c , es decir, la velocidad U_s de la ecuación (12), determina la capacidad del clasificador de superficie para dicho punto de corte.

$$q_F = \frac{Q}{F} \quad (13)$$

Consiguientemente podemos escribir:

$$U_s = q_F \quad (14)$$

Podemos introducir ahora las siguientes relaciones:

Para el área de separación

$$F = \frac{2}{3} D \cdot \pi \cdot L_e \sim \lambda D^2$$

Donde la esbeltez es definida como la relación entre la longitud efectiva L_e y el diámetro del ciclón D . Para el factor de aceleración z ; usando $r = D/2$ y $v = 2gH$ con H como "presión" (presión medida dividida por la densidad de sólido y expresada en metros).

$$z = \frac{v^2}{g \cdot r} = 4 \cdot \frac{H}{D} \quad (15)$$

Para la capacidad o caudal (semi-empírica)

$$Q = X \cdot D^2 \cdot \sqrt{H} \quad (16)$$

Siendo X el factor de corrección debido a la geometría particular de cada ciclón (p.e. longitud de cilindro, ángulo de cono, diámetro de boquilla, etc.).

Finalmente obtenemos para el punto de corte.

$$d_c \sim \sqrt{\frac{\eta}{g \cdot (\rho_s - \rho_l)}} \cdot \sqrt{\frac{X}{\lambda}} \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt[4]{H}} \quad (17)$$

El primer término recoge los datos característicos de la suspensión, el segundo los de la geometría particular del ciclón mientras que el tercero demuestra que el tamaño de separación es influenciado por la raíz cuadrada del diámetro del ciclón, pero solamente por el inverso de la raíz cuarta de la presión. Podemos entonces resumir estas consideraciones, diciendo que un punto de corte pequeño, al menos en teoría, se alcanzará con grandes ciclones operando a altísima presión. Las restricciones económicas (consumo de potencia, abrasión, etc.) son sin embargo de gran importancia, y en la práctica el punto de corte es determinado primeramente por el tamaño del ciclón. Las separaciones finas, sin lugar a dudas, requieren ciclones pequeños. Dado que estos ciclones tienen pequeña capacidad, deberán conectarse varios ciclones en paralelo si se requiere una gran capacidad de tratamiento.

CAPÍTULO 3

3. FALLAS DE LOS SISTEMAS INSTALADOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Como se expresó al inicio de esta monografía, la subestación GRL no cuenta con facilidades de tratamiento de fluidos, todo lo que hay es; una red eléctrica que llega desde la estación Sardinas, 4 bombas recíprocas NAT J165 de motor eléctrico y 2 unidráulic de doble separador con 3 hidrociclones de 4" en medio de ellos.

Al cabo de un tiempo, alguien sugirió instalar un hidrociclón más grande ($d=8"$, $L=4$ ft) a la entrada de cada separador vertical, con el fin de retener más sólidos. Dicha sugerencia no dio los resultados esperados, ya que no se tenía clara la teoría del funcionamiento de los hidrociclones.

Figura 10. Sistema actual de separación de sólidos a la entrada de las bombas reciprocantes



Fuente: El Autor

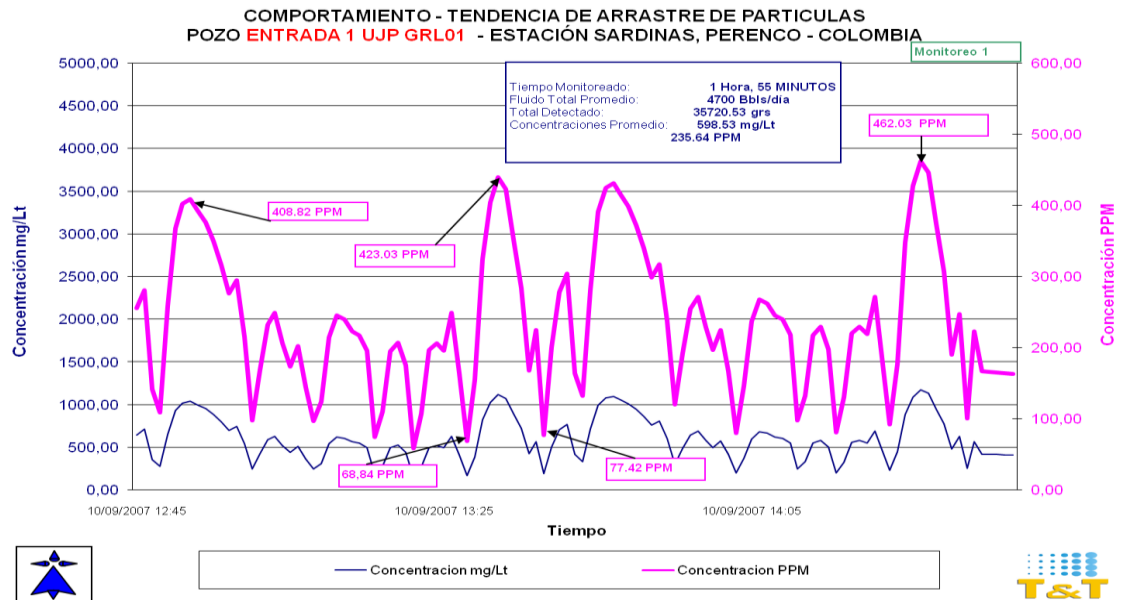
Cuando los daños ocasionados se hicieron evidentes, no se había realizado ninguna medición de los parámetros que intervienen en la separación de sólidos tal como tamaño de grano, eficiencia de los equipos instalados y volumen de sólidos entrando a las unidades. Sólo entonces se tomó conciencia de la importancia de retirarlos del sistema y darles otro curso, pero dichas sugerencias no pasaron el análisis económico en su momento.

Se espera que ahora, cuando los costos asociados se han incrementado, se dé la atención necesaria a este problema operativo.

Las mediciones hechas de los sólidos entrando a las unidades se presentan en las gráficas de abajo. Dado el poco tiempo que se tuvo para realizar las mediciones, los datos no son del todo representativos, pero si son un indicativo de lo que sucede. De los anteriores resultados deducimos la necesidad de implementar un

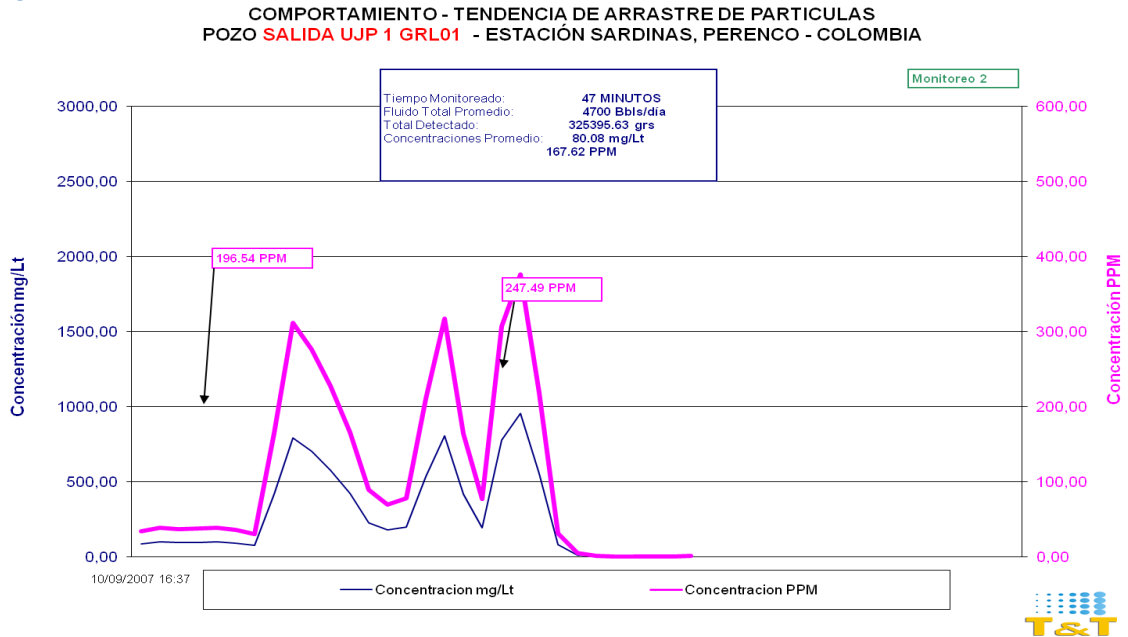
sistema más eficiente de separación y la sugerencia de retirar la arena en lugar de enviarla por las líneas de flujo.

Figura 11. Entrada de sólidos a UJP-1



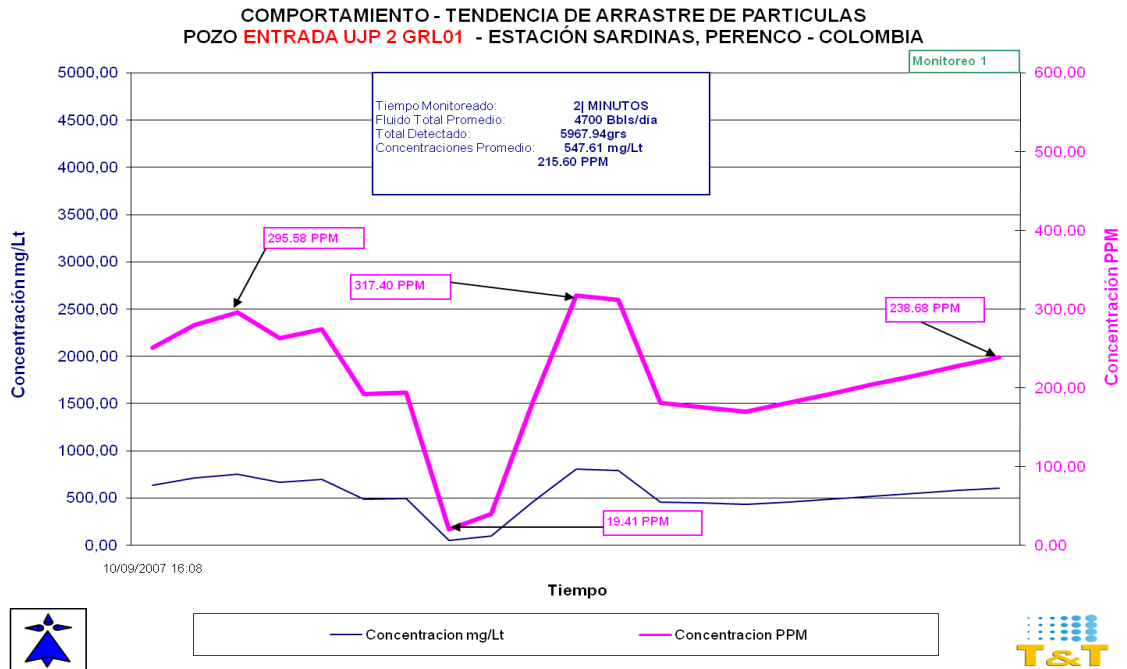
Fuente: Archivo departamento de producción Perenco

Figura 12. Salida sólidos UJP-1



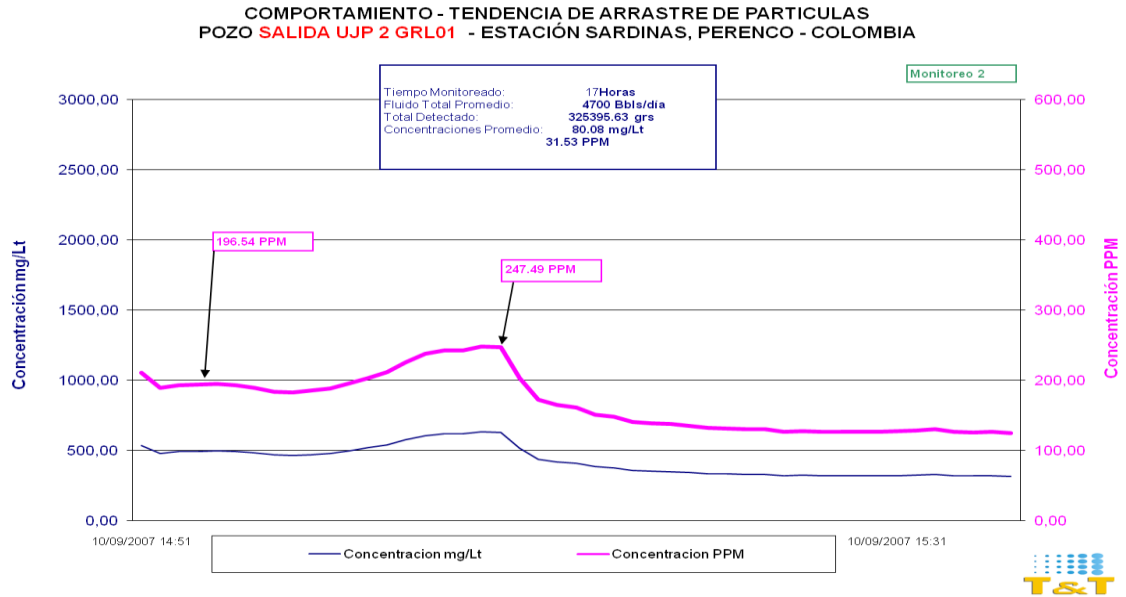
Fuente: Archivo departamento de producción Perenco

Figura 13. Entrada de sólidos a UJP-2



Fuente: Archivo departamento de producción Perenco

Figura 14. Salida sólidos UJP-2



Fuente: Archivo departamento de producción Perenco

Básicamente, ningún sistema implementado en superficie ha funcionado, porque no se hace un análisis técnico previo, no se tiene en cuenta la teoría de su diseño y se basan en la experiencia de otros campos en condiciones diferentes a las de la zona.

CAPÍTULO 4

4. PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Basados en el análisis de las ecuaciones de diseño de hidrociclones y teniendo en cuenta los regulares resultados obtenidos hasta ahora en el tratamiento de los sólidos del fluido de producción, se deduce que se requiere:

- a) Retirar la arena del sistema, no sólo protege el sistema de levantamiento (bombas de superficie y de fondo), sino también las líneas de flujo de los pozos a la subestación y de transferencia de la subestación GRL a la estación SAD.
- b) Instalar banco de hidrociclones de menor diámetro, con lo cual se aumenta la eficiencia de separación y se disminuyen las pérdidas de energía del sistema.
- c) Construir instalación para la colección de la arena retirada en el proceso y su posterior tratamiento.

Para determinar el tamaño de grano, se contrató la granulometría que se ve en la figura de abajo, de la cual se puede observar que el mayor porcentaje es grano fino y se sobre éste se debe enfocar el diseño del sistema de separación de sólidos.

Figura 15. Estudio de granulometría

Informe No. RA – 002



MTC INGENIERIA LTDA
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
Servicio Técnico – Mantenimiento – Calibración - Verificación

FECHA EMISIÓN: Ene-13-2010

DEPARTAMENTO TÉCNICO

REPORTE DE ANÁLISIS

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : TRES (3) MUESTRAS DE
Description of sample ARENAS MARCADAS COMO
REMACHE SUR, LINEA 8 GRL-SAD
Y LINEA 10 GRL - SAD

CLIENTE : PERENCO COLOMBIA LIMITED
Client

DIRECCIÓN : BASE - YOPAL
Address

FECHA DE ANÁLISIS: : 12 de Diciembre de 2009
Date of analysis

NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS: 4
Number of pages including annexes

NOMBRE: Ing. Constanza Bernal Avella
CARGO: Directora de Laboratorio
T.P. 3126
Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia

Figura 16. Tamaño de grano de los sólidos producidos

MALLA		PESO	%	%	%
No.	m.m.	RETENIDO	INDIVIDUAL	ACUMULADO	RETENIDO QUE PASA
5	4.00				
6	3.36				
8	2.38				
10	2.00	3.70	1.85	1.85	98.15
12	1.68	8.50	4.25	6.10	93.90
14	1.41	12.30	6.15	12.25	87.75
16	1.19	15.60	7.80	20.05	79.95
18	1.00	34.40	17.20	37.25	62.75
20	0.84	44.70	22.35	59.60	40.40
25	0.71				
30	0.59	60.30	30.15	89.75	10.25
40	0.42	17.80	8.90	98.65	1.35
50	0.30				
60	0.25				
70	0.21				
FONDO		2.70	1.35	1.00	0.00
TOTAL					

RESULTADO

D:10	0.58	D:60	0.98	
T.E.		0.58		
C.U.		1.69		

Fuente: Archivo departamento de producción Perenco

De la ecuación de asentamiento deducida en el capítulo 2, se obtiene que:

$$d_c \sim \sqrt{\frac{\eta}{g \cdot (\rho_s - \rho_l)}} \cdot \sqrt{\frac{X}{\lambda}} \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt[4]{H}} \quad (17)$$

Para pequeños diámetros de partículas se requiere entonces un hidrociclón con pequeño diámetro (D), o una alta presión de operación (H).

Para el diámetro de partícula que estamos viendo en la granulometría (~200 μm), se sugiere un hidrociclón de cono pronunciado, de 3" de diámetro y boquilla de entrada de $\frac{3}{4}$ ", dicho equipo no superará los 20 psi de pérdida de presión.

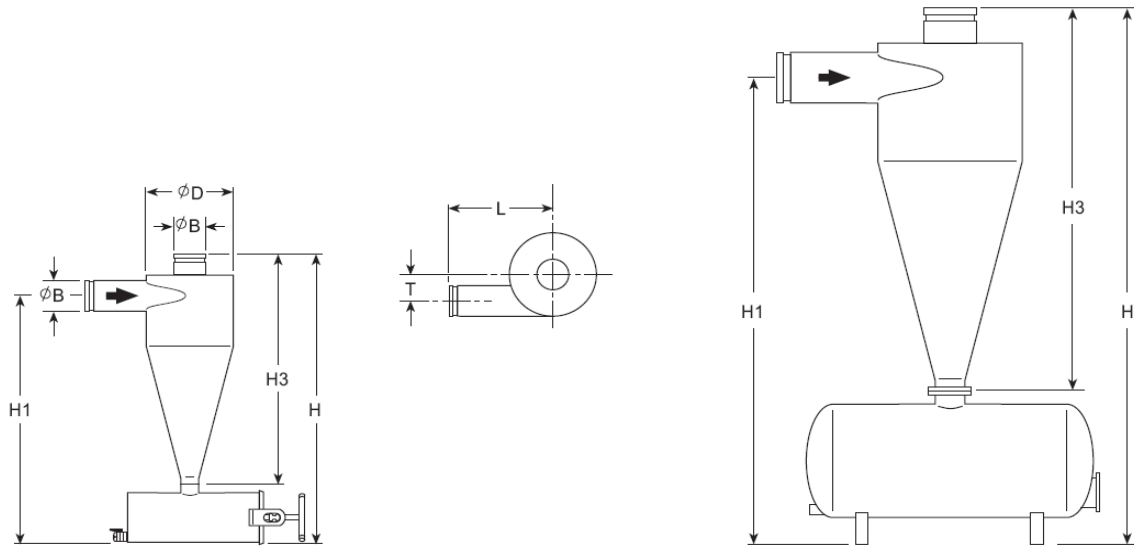
Figura 17. Modelos de hidrociclones y su configuración

U.S. Units

Model	B inch	D inch	H inch	H1 inch	H3 inch	L inch	T inch	Weight lbs*
50307	¾"	3"	16**	12.6	11.2	4.7	1.2	18
50410	1"	4"	18**	15	13.6	5.5	1.6	20
50615	1½"	6"	28**	22.8	18.9	9.5	2.4	40

Fuente: ODIS, Hydrocyclone sand separators serie 5000, pág. 3

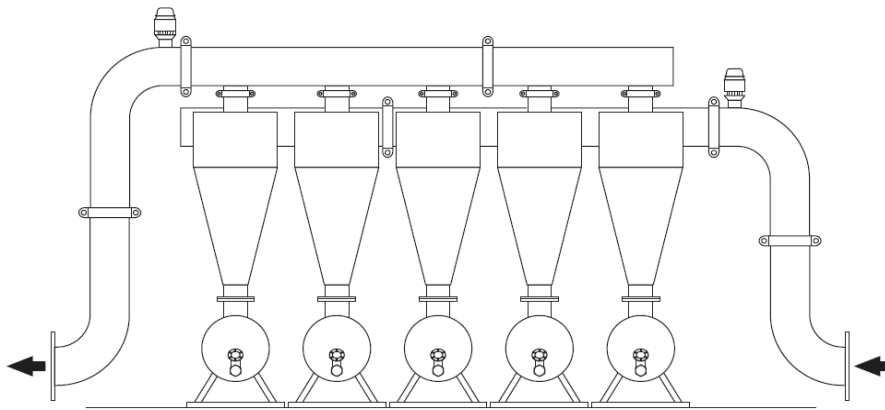
Figura 18. Configuración del hidrociclón sugerido



Fuente: ODIS, Hydrocyclone sand separators serie 5000, pág. 3

Para cumplir con los requerimientos de caudal (10000 bfpd), se necesitan 6 de estos hidrociclones, conectados en paralelo, una configuración como la mostrada en la Fig. 13, uno de los cuales será de respaldo cuando se requiera sacar de operación alguno de los equipos.

Figura 19. Conexión en paralelo de los hidrociclones



Fuente: ODIS, Hydrocyclone sand separators serie 5000, pág. 14

Los costos finales de instalación deben ser evaluados por el departamento de proyectos, quienes manejan las cotizaciones con los contratistas. Los costos correspondientes al traslado y tratamiento

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y al desarrollo de cada uno de ellos, se presentan las siguientes deducciones del trabajo realizado.

Con respecto al primer objetivo planteado de reunir la información histórica de los costos asociados a la producción de arena en el campo Guarilaque, se puede decir que fue bastante dispendioso, ya que no hay base de datos por pozo o por campo, sino por departamentos y cada uno guarda la información para sus reportes. El departamento de proyectos fue el que más fácil aportó la información solicitada, los departamentos de mantenimiento, medio ambiente y perforación, realmente no fue posible extraer información ya que, los costos son almacenados de manera que es difícil saber si corresponden a dicha causa.

El segundo objetivo planteado, hace referencia a las ecuaciones de diseño de hidrociclones y para tal efecto se consultó la mayor cantidad de bibliografía posible. La dificultad estuvo en que no hay mucha bibliografía al respecto y todos los diseños están sustentados en la experimentación que cada fabricante hace con dichos equipos, así que las ecuaciones están influenciadas por constantes propias de cada empresa, lo que hace más difícil el desarrollo numérico y lo máximo que se puede lograr es una aproximación de lo que se quiere.

El tercer objetivo, relacionado con las fallas del sistema actual, fue la base del desarrollo de esta monografía, ya que los costos asociados a esta operación saltaban a la vista y se requería sugerir una solución a dicho inconveniente. Los datos presentados corresponden a periodos en los cuales estuve en dicha área, la situación actual puede ser un poco diferente, ya que la evidencia del impacto del problema ha obligado a la empresa a tomar acciones al respecto.

Del cuarto objetivo propuesto hace referencia a la propuesta técnico-económica realizada para ser analizada por los directivos de la empresa. En este momento, puede no verse claramente la necesidad de implementar dicho sistema, ya que como se dijo anteriormente, la empresa ha tomado acciones para minimizar el deterioro provocado por la producción de este volumen de arena. La práctica de retornar la arena producida a la línea de flujo GRL-SAD, aún continúa y por ende queda este riesgo latente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOUSO Juan Luis. ERAL, Equipos y Procesos S.A. Aplicaciones y Funcionamiento práctico de los Hidrociclones. Mayo de 1990. 17 pag.
2. DYAKOWSKI T., NOWAKOWSKI A. F., KRAIPECH W and WILLIAMS R. A. A Three Dimensional Simulation of Hydrocyclone Behaviour. Second International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries. CSIRO, Melbourne, Australia. 6-8 December 1999.
3. ICONTEC-Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Normas colombianas para la presentación de trabajos escritos.
4. LONDOÑO ECHEVERRI CARLOS ALBERTO. Diseño Óptimo de Hidrociclones. Medellín, 2006.
5. McCABE WARREN L., SMITH JULIAN C., HARRIOT PETER. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Cuarta Edición, McGraw-Hill.
6. SALOPEK BRANKO, FILPOVIC SUZANA and KRASIC DRAGAN. Possibilities of the Efficient Solid-Liquid Separation in the Hydrocyclone of 25 mm Diameter. Zagreb, 1995.