

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

FACTIBILIDAD DE OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE CAÑONEO ENFOCADO EN EL MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LOS CAMPOS HATO-SINCO Y BORBURATA DE LA SUB-CUENCA BARINAS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Franklin E. Misle C.
Para optar al Título
de Ingeniero de Petróleo

Caracas, 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

FACTIBILIDAD DE OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE CAÑONEO ENFOCADO EN EL MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LOS CAMPOS HATO-SINCO Y BORBURATA DE LA SUB-CUENCA BARINAS

TUTORES ACADÉMICOS:

Prof. Pedro Martorano y Prof. René Rojas.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Msc. Libsen Castillo.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Franklin E. Misle C.

Para optar al Título
de Ingeniero de Petróleo

Caracas, 2011

Caracas, Noviembre de 2011

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Franklin E. Misle C., titulado:

**“FACTIBILIDAD DE OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE
CAÑONEO ENFOCADO EN EL MEJORAMIENTO DE
PRODUCTIVIDAD EN LOS CAMPOS HATO-SINCO Y BORBURATA DE
LA SUB-CUENCA BARINAS”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Pedro Díaz
Jurado

Prof. Ovidio Suárez
Jurado

Prof. Pedro Martorano
Tutor Académico

Prof. René Rojas
Co-Tutor Académico

Ing. MA. Libsen Castillo
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar conmigo apoyándome y dándome energías para seguir adelante.

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela (UCV), por formarme integralmente como persona y profesional.

A los Profesores Pedro Martorano y René Rojas por su ayuda en el desarrollo de este trabajo; por su apoyo y disponibilidad en los momentos necesarios.

A Libsen Castillo, no sólo por aceptar la responsabilidad de ser mi tutor industrial sino por toda la ayuda incondicional prestada en la realización de todo el trabajo.

A todo el equipo de Yacimientos Barinas por su colaboración y ayuda prestada a lo largo de la investigación.

A Magaly Castro y a Franklin Misle por ser los mejores padres del mundo. Gracias a su constancia, dedicación, sabiduría y todas las enseñanzas buenas que me han dado para ser la persona que soy el día de hoy.

A mi hermana Maglys Misle que se siempre me ha apoyado y ha estado para escucharme en los momentos difíciles. Más que mi hermana, es mi amiga.

Franklin E. Misle C.

Misle C., Franklin E.

**FACTIBILIDAD DE OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS
DE CAÑONEO ENFOCADO EN EL MEJORAMIENTO DE
PRODUCTIVIDAD EN LOS CAMPOS HATO-SINCO Y
BORBURATA DE LA SUB-CUENCA BARINAS**

Tutores Académicos: Prof. Pedro Martorano y Prof. René Rojas.

Tutor Industrial: Msc. Libsen Castillo.

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de
Petróleo. Año 2011, 161 p.**

**Palabras Claves: cañoneo, productividad del pozo, zona dañada, cargas de
alta penetración, invasión del fluido de control, TCP, tubing conveyed
perforating.**

Resumen: El diseño óptimo del cañoneo desempeña un papel fundamental en la producción de hidrocarburos. Por tal motivo, el objetivo principal de ésta investigación es la optimización de las técnicas de cañoneo en los campos Borburata y Hato-Sinco de la Sub-Cuenca Barinas, orientada al mejoramiento de la productividad para futuros trabajos de completación original y reacondicionamientos en el área. La técnica aplicada consistió en el análisis de ochenta cañoneos ejecutados, estudiándose detalladamente los principales parámetros de diseño utilizados mediante el uso de simuladores comerciales y técnicas modernas para posteriormente establecer comparaciones en cuanto a las prácticas empleadas y sus principales efectos en la productividad de los pozos. Es por ello, que el trabajo implicó la evaluación de la productividad como uno de los principales aspectos para lograr diferenciar la técnica de disparo más eficiente. Los resultados muestran que una de las variables relevantes en la realización del diseño de los parámetros del disparo, es la longitud máxima de penetración de las cargas; ya que, se evidenció que muchos de los cañoneos ejecutados no sobrepasaban la zona dañada. De la experiencia en el estudio, se concluyó que la Técnica Tubing Conveyed Perforating (TCP) con Bajo-Balance acompañada de cargas de alta penetración, generan la mayor productividad. Los resultados son alentadores siempre y cuando, el pozo sea completado mediante flujo natural con la sarta de cañones en fondo. Esto debido a que se observó una disminución significativa de la productividad causada por la invasión del fluido de control posterior al cambio de sarta. Para los pozos que requieren ser completados mediante levantamiento artificial, es inevitable la reducción de la productividad debido al cambio de sarta, por lo que los tiempos y costos serán determinantes para la selección del tipo de cañoneo (TCP ó casing gun).

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación	5
1.4. Alcances	5
CAPÍTULO II	
GEOLOGÍA DEL ÁREA	
2.1. Generalidades de la sub-cuenca Barinas-Apure	6
2.2. Sistemas Petroleros	7
2.3. Ubicación geográfica de los campos en estudio	8
2.4. Estratigrafía	9
2.5. Geología Regional	13
2.5.1. Geología Estructural del Campo Borburata	13
2.5.1.1. Modelo sedimentológico de la Formación Gobernador, Miembro “A/B”	14
2.5.2. Geología Estructural del Campo Hato-Sinco	15
2.5.1.2. Modelo sedimentológico de la Formación Escandalosa, Miembro “P”	17
CAPÍTULO III	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
3.1. Reseña Histórica	20
3.2. Descripción del Cañoneo	20
3.3. Medio de Transporte y Tipo de Cañones y Cargas	22
3.3.1. Cañones bajados con cable	22
3.3.1.1. Cañones Recuperables entubados	23
3.3.1.2. Cañones Desechables y Semi-desechables	25
3.4. Tipo de Cañones	26

3.4.1. Partes de un cañón tipo chorro	28
3.4.2. Cargas huecas con <i>liner</i> y sin <i>liner</i>	29
3.4.3. Componentes de la carga hueca	30
3.4.4. Tipo de carga hueca	32
3.4.5. Diseño y comportamiento de las cargas huecas	33
3.4.6. Fabricación y Pruebas de las cargas huecas	35
3.4.7. Secuencia de la detonación de las cargas	41
3.5. Descripción de las Técnicas de Cañoneo con TCP y <i>Wireline</i>	43
3.5.1. Técnica de <i>Wireline</i> Convencional	43
3.5.1.1. <i>Casing Gun</i>	44
3.5.1.2. <i>Through Tubing</i>	46
3.5.1.3. Procedimiento con <i>Wireline</i> Convencional	48
3.5.2. Técnica TCP	49
3.5.2.1. Breve descripción del Sistema TCP	50
3.6. Factores que afectan los resultados de los disparos	54
3.6.1. Taponamiento de los disparos	54
3.6.2. Limitaciones de Presión y Temperatura	55
3.6.3. Costo	56
3.6.4. Daños del cemento y la tubería de revestimiento	57
3.6.5. Necesidad de controlar el Claro de los cañones	58
3.6.6. Medición de la Profundidad	59
3.6.7. Penetración contra Tamaño del Agujero	59
3.6.8. Efecto de usar Fluidos Limpios	60
3.6.9. Efecto de la Resistencia de Compresión	60
3.6.10. Efecto de la Presión Diferencial	60
3.7. Factores que afecta la Productividad de los pozos	61
3.8. Cálculo del efecto del Daño causado por el cañoneo	68
3.9. Diseño Analítico de un Cañoneo Óptimo	72
 CAPÍTULO IV	
 METODOLOGÍA	 79
 CAPÍTULO V	
 ANÁLISIS DE RESULTADOS	 102
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
APÉNDICE	151
GLOSARIO	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus provincias	6
Fig. 2.2. Tabla de eventos para el sistema La Luna-Burguita de la cuenca Barinas- Apure	8
Fig. 2.3. Tabla de eventos para el sistema Navay-Gobernador de la cuenca Barinas- Apure	8
Fig. 2.4. Ubicación geográfica de los Campos en estudio	9
Fig. 2.5. Columna Estratigráfica de la sub-cuenca Barinas	12
Fig. 2.6. Mapa de la distribución de ambientes sedimentarios de la Formación Gobernador, campos área Norte de Barinas	14
Fig. 2.7. Columna estratigráfica con las asociaciones de facies de la Formación Gobernador	15
Fig. 2.8. Visualización Sísmica mostrando las principales estructuras en el campo Hato-Sinco	17
Fig. 2.9. Evolución sedimentaria de las unidades del miembro P de la Formación Escandalosa en el campo Sinco	19
Fig. 3.1. Cañones recuperables entubados	24
Fig. 3.2. Cañones desechables y semi-desechables	25
Fig. 3.3. Cargas huecas con <i>liner</i> y sin <i>liner</i>	30
Fig. 3.4. Componentes de la carga hueca	31
Fig. 3.5. Materiales para la elaboración del <i>liner</i>	36
Fig. 3.6. Preparación del <i>liner</i> .	37
Fig. 3.7. Secuencia de la detonación en el proceso de cañoneo	42
Fig. 3.8. Cañoneo con <i>Wireline</i>	43
Fig. 3.9. Cañoneo con <i>Casing Gun</i>	45
Fig. 3.10. Cañoneo con <i>Through Tubing Gun</i>	47
Fig. 3.11. Cañoneo con TCP	50
Fig. 3.12. Sarta de Cañoneo con TCP	51
Fig. 3.13. Factores Geométricos del Sistema de disparo	62
Fig. 3.14. Dirección de los Disparos	64
Fig. 3.15. Efecto de la presión diferencial previa al disparo	65
Fig. 3.16. Daño producido a la formación por los disparos	67
Fig. 3.17. Máxima presión (UM) para cañoneo bajo balance	74
Fig. 3.18. Máxima presión (UM) para cañoneo bajo balance	74
Fig. 3.19. Relación porosidad- compresibilidad de la formación	77
Fig. 3.20. Densidad de cañoneo	78
Fig. 3.21. Rango de Temperatura para los Explosivos	78
Fig. 4.1. Diagrama de Fases ejecutadas durante la investigación	79
Fig. 4.2. Hoja de cálculo utilizada para el cálculo del IP por Suabo y por Bomba	83
Fig. 4.3. Modelo para permeabilidades menores a 250 md	85
Fig. 4.4. Modelo para permeabilidades entre 250 md y 1000 md	85
Fig. 4.5. Modelo para permeabilidades mayores a 1000 md	85
Fig. 4.6. Evaluación Petrofísica del pozo SIN-100	86
Fig. 4.7. Correlación obtenida de los núcleos del BOR-2E y BOR-31	

para la obtención de la permeabilidad absoluta	87
Fig.4.8. Evaluación Petrofísica del BOR-49	88
Fig.4.9. Correlación obtenida del núcleo SIN-89 para el cálculo de la Ko a la Swirr	90
Fig. 4.10. Correlación obtenida del núcleo BOR-2E para el cálculo de Ko a la Swirr	90
Fig. 4.11. Radio de drenaje vs Diferencial de presión	93
Fig. 4.12. Estudio realizado por Zoback	95
Fig. 4.13. Comparación de los resultados de UCS realizados en el área	96
Fig. 4.14. Etapas del Análisis de Incertidumbre	97
Fig. 4.15. Diagrama Causa y Efecto de los parámetros que pueden afectar directamente la Práctica del Cañoneo	98
Fig. 5.1. Distribución del número de cañoneos estudiados	103
Fig. 5.2. Distribución porcentual del Tipo de cañoneo utilizado	104
Fig. 5.3. Distribución porcentual del Diámetro del cañón utilizado	105
Fig. 5.4. Distribución numérica de la Densidad de tiro utilizada para TCP	106
Fig. 5.5. Distribución numérica de la Densidad de tiro utilizada para C.G.	106
Fig. 5.6. Distribución porcentual de los °Fase utilizados por TCP	107
Fig. 5.7. Distribución porcentual de los °Fase utilizados por Casing Gun	108
Fig. 5.8. Distribución porcentual del Intervalo cañoneado por TCP	109
Fig. 5.9. Distribución porcentual del Intervalo cañoneado por Casing Gun	110
Fig. 5.10. IP flujo natural vs IP con Bomba para el campo Hato-Sinco	111
Fig. 5.11. IP por Suabo vs IP con Bomba para el campo Hato-Sinco	112
Fig. 5.12. IP flujo natural vs IP con Bomba para el campo Borburata	114
Fig. 5.13. IP por Suabo vs IP con Bomba para el campo Borburata	115
Fig. 5.14. Daño Total en función de la productividad y cañoneo utilizado para bajas permeabilidades en Hato-Sinco	116
Fig. 5.15. Daño Total en función de la productividad y cañoneo utilizado para medias permeabilidades en Hato-Sinco	117
Fig. 5.16. Daño Total en función de la productividad y cañoneo utilizado para altas permeabilidades en Hato-Sinco	118
Fig. 5.17. Daño Total en función de la productividad y cañoneo TCP <i>PURE</i> y TCP con cargas <i>PowerJet Omega</i> en Borburata	119
Fig. 5.18. Daño Total en función de la productividad y cañoneo <i>Casing Gun</i> Y TCP con cargas <i>PowerJet Omega</i> en Borburata	120
Fig. 5.19. Sensibilidad de la Productividad en función de la longitud de penetración de las cargas en el pozo BOR-49	122
Fig. 5.20. Sensibilidad de la Productividad en función de la densidad de tiro utilizada al no sobrepasar de la zona dañada. Pozo BOR-49.	122
Fig. 5.21. Combinación de la longitud de penetración obtenida con máxima densidad de cañoneo para pozos que no atraviesen la zona dañada	123
Fig. 5.22. Sensibilidad para el pozo BOR-49 de la longitud máxima de penetración al sobrepasar la zona dañada en función de los °Fase del cañoneo	124
Fig. 5.23. Penetración de cañoneo alcanzada para el pozo BOR-49	125
Fig. 5.24. Longitud de Penetración alcanzada por el pozo BOR-49 en función del UCS	125
Fig. 5.25. Daño total vs densidad de disparos para el pozo BOR-49	126

Fig. 5.26. Porcentaje de completación vs razón de productividad para el pozo BOR-49	127
Fig. 5.27. Diseño del Cañoneo para el pozo BOR-26 que permita rebasar el radio dañado	128
Fig. 5.28. Análisis de productividad por flujo natural para el pozo BOR-26	129
Fig. 5.29. Análisis de la Variación de presión de fondo fluyente del pozo BOR-26	130
Fig. 5.30. Modelo de flujo radial para el pozo BOR-26	131
Fig. 5.31. Resumen del estudio realizado al pozo BOR-26	131
Fig. 5.32. Análisis del estudio del modelo de flujo radial para el pozo BOR-26	132
Fig. 5.33. Regresión Lineal obtenida que involucra la longitud de Penetración real Vs longitud de penetración calculada con el UCS	133
Fig. 5.34. Regresión Lineal obtenida del daño por cañoneo simulado Vs el daño por el cañoneo a través de la correlación resultante	135
Fig. 5.35. Frecuencia del daño ocasionado a través de la simulación Monte Carlo	135
Fig. 5.36. Regresión Lineal obtenida del Bajo balance simulado vs Bajo balance resultante con el uso de la correlación	137
Fig. 5.37. Frecuencia del bajo balance a través de la simulación Monte Carlo	137
Fig. 5.38. Propuesta de Cañoneo. Parte I. Fase Básica operacional	138
Fig. 5.39. Propuesta de Cañoneo. Parte II. Campo Hato-Sinco	139
Fig. 5.40. Propuesta de Cañoneo. Parte III. Campo Borburata	140
Fig. 5.41. Comparación de métodos en costos para 20 pies cañoneados	141
Fig. 5.42. Comparación de métodos en costos para 40 pies cañoneados	142
Fig. 5.43. Comparación en costos para TCP con cañones recuperables y No recuperables 20 pies	143
Fig. 5.44. Evaluación de costos entre cargas convencionales y cargas de Alta penetración.	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Comparación del <i>Through Tubing</i> y <i>Casing Gun</i>	48
Tabla 3.2. Constantes para el cálculo del efecto <i>Skin</i> para cañoneo	72
Tabla 3.3. Resistencia compresiva de materiales	75
Tabla 4.1. Total de cañoneos estudiados en el Campo Hato-Sinco	81
Tabla 4.2. Total de cañoneos estudiados en el Borburata	82
Tabla 4.3. Pruebas PVT validadas	84
Tabla 4.4. Datos PVT utilizados	84
Tabla 4.5. Diseño de la matrix considerando el modelo Box- Behken	100
Tabla 5.1. Total de cañoneos estudiados	102
Tabla 5.2. Tipo de cañoneo estudiados	103
Tabla 5.3. Diámetro del cañón utilizado	104
Tabla 5.4. Densidad de tiro estudiada para TCP	105
Tabla 5.5. Densidad de tiro estudiada para <i>Casing Gun</i>	106
Tabla 5.6. °Fase estudiados para TCP	107
Tabla 5.7. °Fase estudiados para <i>Casing Gun</i>	108
Tabla 5.8. Distribución numérica del intervalo cañoneado con TCP	109
Tabla 5.9. Distribución numérica del intervalo cañoneado con <i>Casing Gun</i>	109
Tabla 5.10. Comparación numérica del daño Total en función de la Productividad para bajas permeabilidades en Hato-Sinco	116
Tabla 5.11. Comparación numérica del daño Total en función de la Productividad para permeabilidades medias en Hato-Sinco	117
Tabla 5.12. Comparación numérica del daño Total en función de la Productividad para permeabilidades altas en Hato-Sinco	118
Tabla 5.13. Comparación numérica del daño Total en función de la Productividad por cañoneo TCP <i>PURE</i> y TCP con cargas <i>Powerjet Omega</i>	119
Tabla 5.14. Comparación numérica del daño total en función de la Productividad para cañoneo <i>Casing Gun</i> y TCP <i>PowerJet Omega</i>	120
Tabla 5.15. Variable fundamental que afectó las 17 corridas de la longitud de penetración	133
Tabla 5.16. Resumen de la estadística de regresión para la variable UCS	133
Tabla 5.17. Variables fundamentales que afectaron las 17 corridas del daño por cañoneo	134
Tabla 5.18. Resumen de la estadística de regresión para la variable Daño por cañoneo	134
Tabla 5.19. Corridas de las variables que afectan directamente el Bajo balance	136
Tabla 5.20. Resumen de la estadística de regresión para la variable Bajo balance	136

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El objetivo primario de un pozo revestido radica en obtener una productividad muy cercana a la de una completación a hoyo desnudo; por lo tanto, para lograr esta máxima productividad se debe seleccionar la técnica de cañoneo idónea para cada pozo, tomando como base a ciertos factores relacionados con el tipo de cañón, las condiciones de la formación en cuanto a la presión, temperatura del yacimiento y litología; tipo y características del fluido de perforación y de terminación utilizado; y muy especialmente, el diferencial de presión entre el pozo y la formación.

El conocimiento de los mecanismos que rigen el comportamiento de la producción de los pozos y la relevancia del “factor de daño” como uno de los aspectos más resaltantes a tomar en cuenta por los investigadores, han conllevado a la aplicación de diferentes técnicas de cañoneo. Cada una de éstas técnicas posee ventajas y limitaciones que son dignas de conocer para obtener el máximo rendimiento de ellas.

En el pasado, el cañoneo a menudo consistía simplemente en orificios realizados en el acero de revestimiento con cortadores mecánicos (antes de 1932), mediante el disparo de balas (a partir de 1932), por bombeo de abrasivos (desde 1958) o, más comúnmente, detonando explosivos con cargas huecas especiales fabricadas específicamente para los campos petroleros. Lejos de ser simple, el cañoneo constituye un elemento importante dentro de la terminación del pozo, que cobra mayor relevancia gracias a las investigaciones contemporáneas y a la comprensión de sus principios básicos.

Es necesario mencionar que no sólo la técnica aplicada es fundamental para sobrepasar la barrera dañada, ya que es aquí donde sale a relucir el factor del

diseño de los disparos. Éste diseño comprende una mezcla de parámetros como lo son: la longitud de penetración en la formación requerida en función de sus características, el tamaño del orificio, el número de disparos y el ángulo entre cada uno de ellos, que en conjunto con el tipo carga utilizada tendrán un impacto significativo sobre la caída de presión en las cercanías del pozo y, por lo tanto, sobre la optimización de la producción.

La optimización de productividad mediante el diseño y las técnicas de cañoneo empleadas es el principal objetivo de la investigación, la cual está basada en el estudio de cañoneos en los campos Hato-Sinco y Borburata de la Sub-Cuenca Barinas, operados por PDVSA, para determinar el Sistema de disparo recomendable en futuros trabajos de completación original y reacondicionamientos en el área.

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El índice de productividad esperado dependerá directamente de la presión que aporta el yacimiento, la permeabilidad, el espesor de la arena prospectiva y del daño total de la formación que ocurre en la vecindad del pozo. El daño total está comprendido por diferentes tipos de pseudo daños; como el aportado por la penetración parcial y el generado en la matrix por diversos factores en los que resalta la invasión de fluido como principal agente causante. Adicionalmente, el pseudo daño producido por el cañoneo, se podrá minimizar si la comunicación efectiva entre las zonas de petróleo y el revestimiento se logra de forma eficiente, utilizando la tecnología de disparo basada en las propiedades promedio de la formación y en el comportamiento de las cargas huecas, donde igualmente es importante considerar las necesidades específicas de cada pozo. El diseño de los disparos y el método de cañoneo a utilizar constituyen una parte integral de la proyección de la terminación del pozo, en el que se tienen en cuenta las condiciones del yacimiento y las características de la formación; debido a esto, se estudiará y se contrastará el comportamiento de los pozos de un mismo yacimiento con propiedades estáticas y dinámicas similares, donde se hayan aplicado diferentes técnicas de cañoneo y que permitirá establecer la optimización de esta práctica y obtener una menor caída de presión, para maximizar la productividad total de los pozos de la Formación Gobernador, Arena “A/B” y Formación Escandalosa, Arena “P” en los Campos Hato-Sinco y Borburata de la sub-cuenca Barinas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad de optimizar las prácticas de cañoneo enfocado al mejoramiento de productividad en la Formación Gobernador, Arena “A/B” y Formación Escandalosa, Arena “P” en los Campos Hato-Sinco y Borburata de la Sub-Cuenca Barinas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la estadística del tipo de cañones y configuración de los mismos utilizados en el período 2005 – 2010 en los Campos Hato-Sinco y Borburata en las arenas en estudio.
- ✓ Evaluar las técnicas y prácticas utilizadas mediante, el uso de un simulador para el período 2005 – 2010 en los Campos Hato-Sinco y Borburata en las arenas en estudio y establecer comparaciones en cuanto a productividad.
- ✓ Evaluar las variables de diseño para analizar la factibilidad de optimizar las prácticas de cañoneo enfocado en el mejoramiento de productividad.
- ✓ Realizar análisis de sensibilidad y evaluación de incertidumbre.
- ✓ Realizar la propuesta de cañoneo para los pozos de rehabilitación y completación original a ser cañoneados en las arenas en estudio en los Campos Hato-Sinco y Borburata.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La correcta selección del sistema de disparos es de gran importancia, ya que es posible optimizar la productividad del pozo y la disminución de intervenciones adicionales. Por tal motivo, los cañoneos de pozos de petróleo y/o gas, deben diseñarse de modo que se minimice las futuras reparaciones y se alargue al máximo la vida útil del pozo.

La optimización de la producción demanda diseños cuidadosos, para obtener disparos conductores limpios; por ende, un diseño óptimo enfocado al mejoramiento de la productividad, se refiere a la revisión y elección del mejor y más eficiente sistema de disparos, cargas, cañones, grados fase, diámetro de los orificios y densidad de disparo, que dependerán de las propiedades del yacimiento en estudio.

1.4 ALCANCES

Con los resultados a obtener con el desarrollo de la investigación se podrá lograr una comprensión más clara de la operación del cañoneo, que englobará entre otras cosas; la metodología apropiada a emplear, el método a utilizar en las zonas de interés para optimizar la productividad de los pozos e igualmente minimizar los riesgos de operaciones no exitosas.

Así mismo, se realizará una propuesta de cañoneo para los pozos de rehabilitación y completación original a ser cañoneados en las arenas de estudio en los campos Hato-Sinco y Borburata respectivamente, que de acuerdo a los resultados obtenidos, gracias a la comprensión y análisis detallado de las variables de diseño, se realizará una sensibilidad y evaluación de incertidumbre enfocada siempre en la factibilidad del mejoramiento de la productividad.

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA DEL ÁREA

2.1.-Generalidades de la Subcuenca de Barinas-Apure.

La Cuenca Barinas-Apure está situada en la región Suroccidental de Venezuela, al Norte de la frontera con Colombia (Figura 2.1). La Cuenca de Barinas comprende un área aproximada de 100.000 Km², extendiéndose entre la Cordillera de los Andes y el Escudo de Guayana. Limitada por rasgos estructurales claramente definidos, como son: al Este, el Arco de El Baúl, que la separa de la Sub-Cuenca de Guárico, y al Oeste, el Arco de Arauca, que constituye el elemento divisorio con la Sub-cuenca de Apure (Schlumberger, Wec 1997).

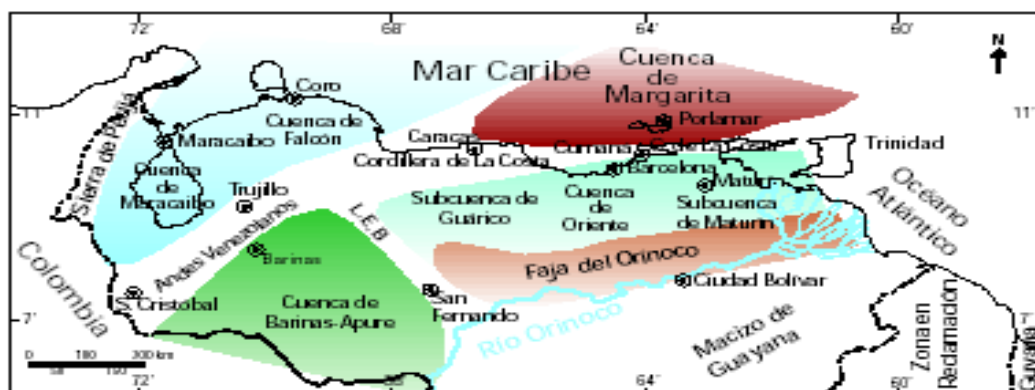


Figura 2.1. Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias (Tomado del Wec, 1997).

La roca madre por excelencia es la Formación Navay, de edad Cretácico Tardío, cuyas facies son equivalentes laterales a las de la Formación La Luna. Se han encontrado rocas madre de importancia secundaria en el Grupo Orocué (Formación Los Cuervos), pero ésta sólo habría generado en los depocentros más profundos, asociados con la acumulación de grandes espesores de molasa por el levantamiento andino (González de Juana *et al.*, 1980).

Las principales arenas petrolíferas constituidas por rocas clásticas son las Formaciones Escandalosa, Gobernador (Eoceno medio), Burgüita (Cretácico), Grupo Orocué (Paleoceno), Mirador-Guafita (Miembro Arauca) (Eoceno-Oligoceno).

2.2.-Sistemas Petroleros

Tomando como referencia a la publicación realizada por Schlumberger (Wec, 1997), la cual describe que se han identificado dos eventos para la generación, migración y entrapamiento (Figuras 2.2 y 2.3). El primero se relaciona con el sistema La Luna-Burgüita, debido a la generación de petróleo en la cuenca de Maracaibo y su migración al Sur-Sureste. En este caso, el sello lo constituyen unidades cretácicas: el superior, la lutita basal de la Formación Burgüita, y el inferior, las lutitas del Miembro La Morita (Formación Navay).

El yacimiento principal estaría constituido por unidades cretácicas, como las Formaciones Aguardiente, Escandalosa (la Caliza “O” o Miembro Guayacán) y las arenas basales de la Formación Burgüita.

El segundo evento se relaciona con el depocentro del Flanco Surandino, el cual tiene su momento crítico hoy en día. La roca madre sigue siendo cretácica y el yacimiento llega a incluir unidades Eocenas como las Formaciones Gobernador y Pagüey, siendo el Miembro Guardulio de la Formación Guafita el sello Oligoceno de mayor importancia regional. En este segundo evento, pudo haber habido re-migración de crudos entrapados durante el pulso eoceno del sistema La Luna-Burgüita.

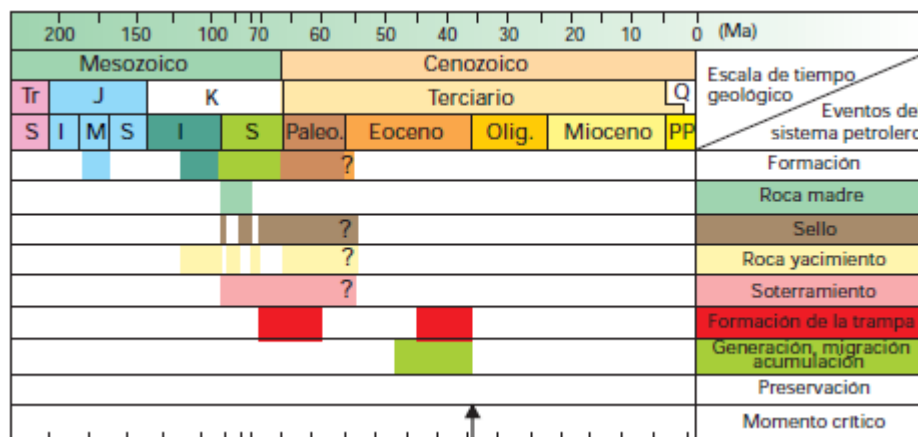


Figura 2.2.- Tabla de eventos para el sistema La luna-Burguita (!) de la cuenca Barinas-Apure (Tomado del Wec, 1997)

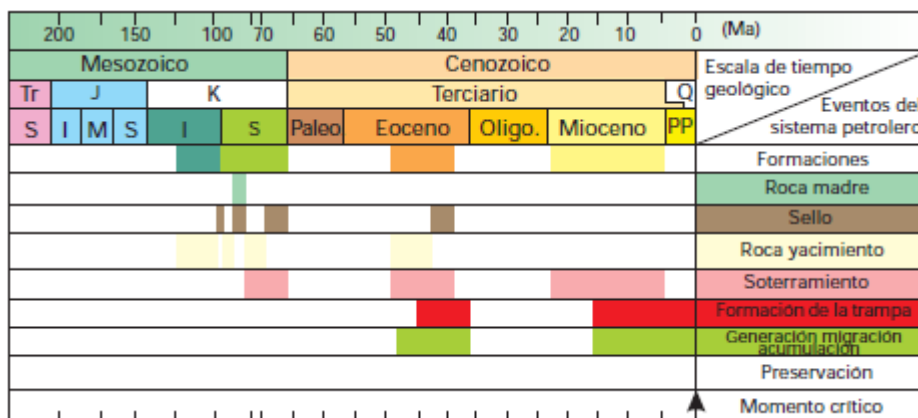


Figura 2.3.- Tabla de eventos para el sistema Navay-Gobernador (!), en la cuenca Barinas-Apure (Tomado del Wec, 1997).

2.3.-Ubicación Geográfica de los Campos en Estudio.

El Campo Borburata se encuentra a 20 Km al Suroeste de la Ciudad de Barinas. Geológicamente el área está conformada por varios segmentos limitados por fallas y ocupa la región Norcentral de la Cuenca de Barinas, con una extensión areal de 10 Km², limita con las trampas: Bejucal-2 al Sur, al Este con la trampa Torunos-3E y al Noroeste con la trampa de las Lomas (Figura 2.4).

Por su parte, el Campo Hato-Sinco perteneciente a la Cuenca Barinas- Apure se localiza a unos 45 Km al Sureste de la Ciudad de Barinas, Estado Barinas y limita

al Suroeste con el Campo Paez-Mingo, y hacia el Noreste con el Campo Silvestre (Figura 2.4).

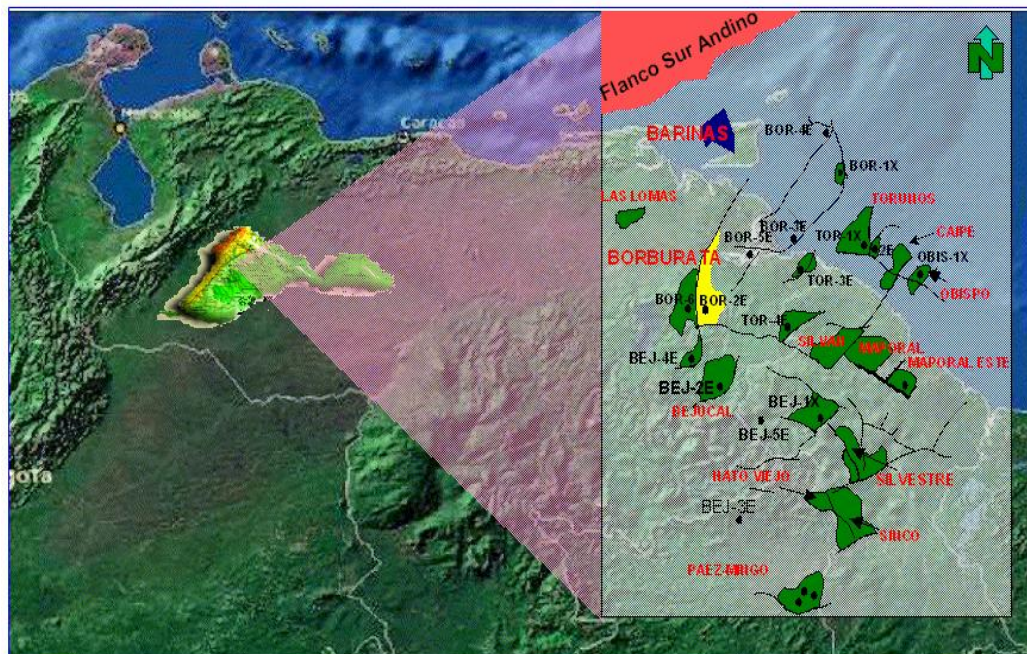


Figura 2.4.- Ubicación geográfica de los Campos Hato-Sinco Y Borburata (Tomado de Sometimiento de Reservas de Borburata. Reporte Interno de PDVSA, 2008)

2.4- Estratigrafía.

La columna sedimentaria generalizada del área está compuesta por un basamento ígneo metamórfico de edad Pre-Cretácico. Sobre este basamento se depositaron discordantemente sedimentos, cuyas edades oscilan entre Cretácico y el Reciente. Durante el Cretácico Temprano, se depositaron sedimentos fluviales que corresponden a la Formación Río Negro, de origen continental y están constituidos por conglomerados y areniscas de grano grueso. Posteriormente, se depositaron sedimentos marino-costeros de la Formación Aguardiente (Albiense-Aptiense), caracterizada por areniscas calcáreas, duras, de grano variable y lutitas. Durante el Cretácico Medio, el área estuvo sujeta a sedimentación marina somera, representada por las arenas basales de la Formación Escandalosa, seguida por carbonatos de ambiente marino somero del Miembro Guayacán (Miembro “O”)

de la misma formación, las lutitas de los miembros: La Morita y Quevedo de la Formación Navay (Turonense a Campaniense) que infrayacen a la Formación Burgüita (Campaniense a Maachstrichtiense) constituida por areniscas, lutitas y lodolitas, algunas veces glauconíticas de ambiente más profundo (Sometimiento de Reservas de Borburata. Reporte Interno de PDVSA, 2008).

Entre el Cretácico y los sedimentos suprayacentes del Eoceno, existe una discordancia que representa un levantamiento y erosión de las rocas del Paleoceno al Eoceno Temprano. Directamente sobre la discordancia se encuentra la Formación Gobernador de edad Eoceno Medio, que consiste de areniscas cuarzosas, conglomerados y lutitas carbonosas. La Formación Gobernador comprende los clásticos basales depositados discordantemente sobre el Cretácico, por la transgresión marina que se inició en la Cuenca de Barinas en el Eoceno Medio. Litológicamente es una secuencia de areniscas cuarzosas, localmente cuarcíticas, de grano medio a grueso y en parte conglomerático, intercaladas con limolitas y lutitas y cantidades subordinadas de lechos carbonosos. El espesor de la unidad disminuye al Sureste, aumenta en dirección del frente de montañas al Noroeste y desaparece por acuñaamiento a lo largo del flanco oriental de la cuenca. Esta formación presenta una megasecuencia tipo progradante, donde hay un mayor predominio de canales asociados a alta energía en los ciclos B y C, mientras que la secuencia en el ciclo A hay un predominio de la transgresión, con mayor aparición de barras de frente deltaico. Al momento de la depositación de la Formación Gobernador en el área prevaleció el aporte de sedimentos sobre una subsidencia constante.

Suprayacente a la Formación Gobernador, se encuentra la Formación Masparrito, constituida por calizas de plataforma marina somera abierta. Las lutitas y areniscas de la Formación Pagüey, suprayacen a la Formación Masparrito, cuando esta última está presente, el ambiente de sedimentación varía de continental a marino. La edad de esta formación, corresponde al Eoceno Tardío; está limitado por la discordancia Eoceno-Mioceno, con las capas del Eoceno Superior y las del

Oligoceno erosionadas o no sedimentadas. Los depósitos continentales de la Formación Parángula de edad Oligoceno a Mioceno Medio se encuentran discordantemente sobre la Formación Pagüey y están conformados por conglomerados masivos, areniscas y lodolitas. La Formación Río Yuca, suprayace a la Formación Parángula y en la mayoría de las localidades, el contacto es considerado como una discordancia. Está constituida por conglomerados y areniscas masivas, es considerada como depósitos continentales, aunque también, ha sido considerada como depósitos de molasa. Los depósitos continentales de la Formación Guanapa, del Pleistoceno, constituyen el tope de la secuencia sedimentaria.

En el área de Barinitas la Formación Escandalosa fue dividida en cuatro miembros (González de Juana *et al.*, 1980), en base a la litología y características de los registros eléctricos. Estos miembros de base a tope son: el Miembro “S”, que corresponde a una lutita que es una capa guía regional, el Miembro “R” compuesto de areniscas glauconíticas y calizas arenosas, el Miembro “P”, importante reservorio de hidrocarburos, compuesto de areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas carbonosas, y por último el Miembro “O”, también importante reservorio de hidrocarburos, compuesto de una mezcla de calizas, dolomías y areniscas (ver columna estratigráfica del área, Figura 2.5).

EDAD		FORMACIÓN * MIEMBRO	Nom.	REGISTRO TIPO			Falamb.	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
PERIODO/EPOCA								
PLEISTOCENO		GUANAPA	—				C	Gravas, arenas, limos y arcillas
NEÓGENO	PLIOCENO	RIO YUCA	—				C	Conglomerados, areniscas y lutitas
	MIOCENO	PARANGULA	—				C	Conglomerados, areniscas, limolitas y lodolitas
	OLIGOCENO							
	EOCENO	TARDIO	PAGUEY	—			NI NM	Lutitas, limolitas areniscas glauconíticas y calcáreas
		MEDIO	* MASPARRITO	A			NE	Calizas orbitoidales, limolitas y lutitas
			GOBERNADOR	AB CD			NM NI	Areniscas conglomeráticas, limolitas y lutitas
PALEÓGENO	TEMPRANO							
	PALEOCENO							
	MAASTRICHTIENSE	BURGUITA	H				NI NM	Areniscas micáceas, limolíticas y calcáreas intercalada con lutitas.
	CAMPANIENSE						NM	
	SANTONIENSE	NAVAY	QUEVEDO	I			NI	Areniscas Fosfáticas calizas y lutitas con capas de ftanitas
				J			NI	
				K			NM	
				L			NI	
				M			NI	
	CONIACIENSE			N			T NI NM	Lutitas de color gris oscuro.
	TURONIENSE			O P R S			NM NI	Areniscas, lutitas y carbonatos
	CENOMANIENSE			T			T	Areniscas, lutitas, además de intercalaciones de carbonatos hacia la parte superior
	ALBIENSE							
	APTIENSE							
	NEOCOMIENSE							
	PRE-CRETACICO							Granitos, gneises, esquistos y filitas

 Emisión o no deposición.
 C = Continental
 T = Transicional
 NI = Nerítico Interno
 NM = Nerítico Medio
 NE = Nerítico Externo
 BS = Bañal Superior

Figura 2.5 Columna Estratigráfica de la subcuenca Barinas (Tomado de Martínez M. 2005).

2.5.- Geología Regional.

2.5.1.- Geología Estructural del Campo Borburata.

La estructura en el Campo Borburata, a nivel de la arena Gobernador, Miembro “A/B”, consiste en un anticlinal formado por un sistema de esfuerzos compresionales dominados por una falla principal de tipo Inversa. Transversal a esta falla principal, se formó una falla secundaria, la cual, actúa de manera sellante, a nivel de Gobernador “A/B”. Este sistema compresivo, dominado por la falla principal y un conjunto de fallas secundarias, dieron paso a la formación de un anticlinal donde se han perforado varios pozos exitosos. Estudios realizados sobre la dirección de los esfuerzos regionales indican que el esfuerzo principal mayor es horizontal con dirección NO-SE en concordancia con el tectonismo regional (Sometimiento de Reservas de Borburata. Reporte Interno de PDVSA, 2008).

El modelo estructural interpretado como el resultado de dos regímenes principales de deformación, se describen a continuación:

Fase distensiva: asociada a la etapa del margen pasivo que afecta al Norte de Venezuela. Durante este evento se generaron patrones de fracturas que muchas de ellas fueron reactivadas. La sedimentación *post-rifting* en Barinas, marca una subsidencia continua en un margen pasivo, generando fallamiento predominantemente normal con una orientación NO-SE.

Fase compresiva: relacionada con la orogénesis de los Andes Centrales Colombianos. En Barinas, este evento se manifiesta por una tectónica compresiva de basamento de poco relieve estructural, originando fallas inversas de rumbo NE-SO, así ocurre también la reactivación de muchas fallas normales generadas en la fase anterior.

2.5.1.1-Modelo Sedimentológico de la Formación Gobernador Miembro “A/B”

El modelo establecido para la Formación Gobernador fue realizado por Bejarano (1999), y abarca los campos del área de Barinas Norte (Borburata, Torunos, Bejucal, Caipe y Maporal); esta autora analizó núcleos de los diferentes campos, e interpretó finalmente un ambiente que va desde fluvio deltaico a marino somero, con una distribución de subambientes como muestra la Figura 2.6.

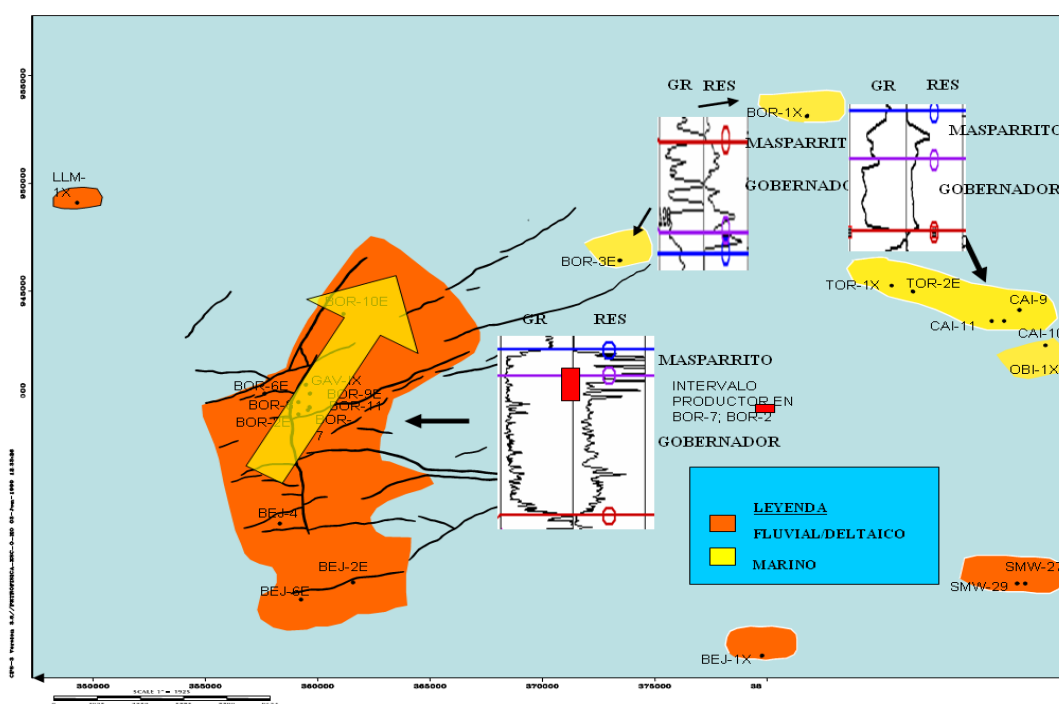


Figura 2.6.- Mapa de distribución de ambientes sedimentarios de la Formación Gobernador, campos área Norte de Barinas (Sometimiento de Reservas de Borburata. Reporte Interno de PDVSA, 2008).

Entre los dominios de ambiente determinados por Bejarano están: llanura entrelazada aluvial, canal distributivo, barras de desembocadura de dominio fluvial, delta entrelazado, anteplaya a depósitos de costafuera y lóbulos de plataforma; en la figura 2.7 se observa la columna estratigráfica donde se muestran las asociaciones de facies con las litologías que la componen.

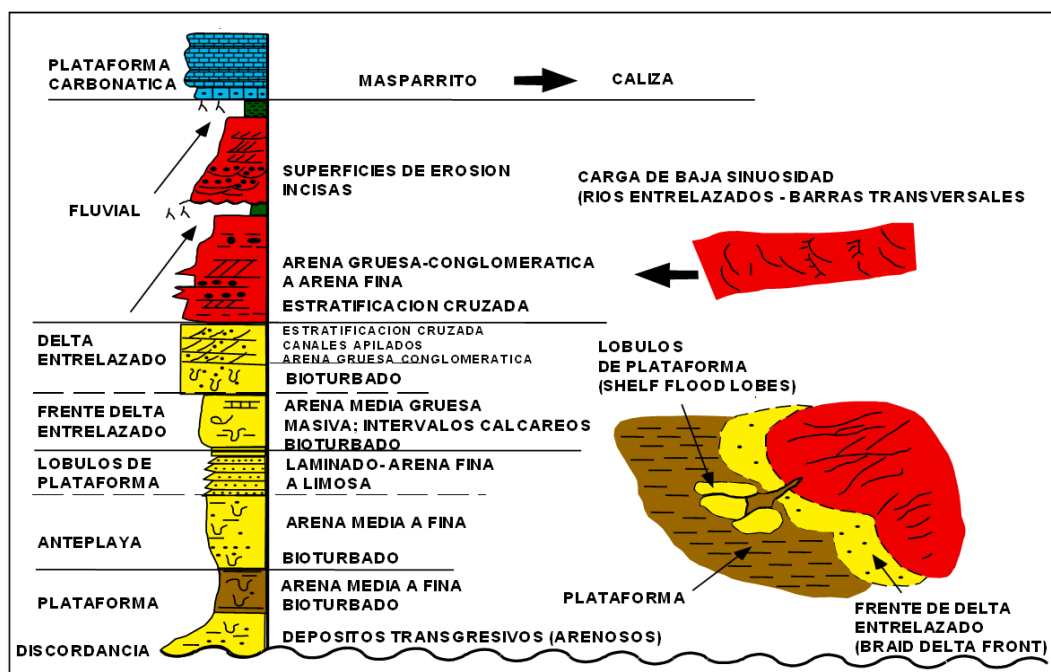


Figura 2.7.- Columna Estratigráfica con las asociaciones de facies identificadas en la Formación Gobernador (Sometimiento de Reservas de Borburata. Reporte Interno de PDVSA, 2008).

La existencia de grandes espesores correspondientes al Miembro A/B de la Formación Gobernador en el Campo Borburata, indica que esta zona estuvo contenida en el depocentro sedimentario perteneciente a la transgresión del Eoceno medio a superior. Con las descripciones sedimentológicas realizadas al núcleo del pozo BOR-2E se han reconocido tamaño de granos grueso a muy grueso, en su mayoría grawacas, lo que infiere una alta energía de sedimentación y una fuente de aporte cercana.

2.5.2.- Geología Estructural del Campo Hato-Sinco.

Desde el punto de vista tectónico el régimen extensional que se desarrolló en el Cretácico tardío y el Eoceno medio a tardío, repercutió en el desarrollo, evolución y formación de fallas normales en toda la cuenca. Sin embargo, eventos compresivos manifestados en la formación de plegamientos, fallas inversas y en consecuencia, altos estructurales marcan la contraparte y muestran su mayor

intensificación en las deformaciones presentes a lo largo de la secuencia cretácica (Martínez M., 2005).

En general se puede observar en el área sistemas de fallas en dos direcciones principales, Sureste y en sentido Noreste que marcan el desarrollo de las principales fallas en el subsuelo. En este sistema la mayoría de las fallas orientadas en sentido Noreste conforma un patrón de fallas normales que revelan el carácter distensivo en el área, manifestado probablemente durante el Eoceno medio a tardío; y el comportamiento de las fallas orientadas en sentido Sureste reflejan un período compresional asociado a la orogénesis andina que da origen a la formación de estructuras plegadas y sistemas de fallas inversas observables a lo largo de la secuencia (Figuerola L., 1994).

Entre las principales estructuras formadas a partir del sistema estructural previamente descrito destacan las siguientes:

- El alto donde se encuentra el pozo SIN-77, la cual es una de las estructuras dominantes del área; está limitada en ambos flancos por fallas inversas y cierra abruptamente al sur contra una falla de orientación E-O promedio. Este pliegue está parcialmente fallado al Norte por una falla menor de orientación E-O justo al norte del pozo SIN-32 (ver Figura 2.8).
- El pliegue donde se ubica el pozo SIN-59, cortado al norte por una falla normal de dirección noreste y al sur por una falla inversa de orientación NO. Este es un pliegue asimétrico en el cual, en la parte más oriental del flanco Este se ubica el pozo SIN-11 que delinea el yacimiento (ver Figura 2.8)
- El área de Hato-Viejo (campo vecino) donde se encuentra el pozo HAT-1, en la cual se identifica la falla Oeste de Hato Viejo de carácter inverso y sellante, (Ver Figura 2.8).
- Anticlinal donde se ubica el pozo SIN-87, el cual se encuentra entre los campos Hato Viejo y Sinco y define la estructura más prominente del yacimiento en esta área. Este anticlinal presenta un rumbo Noroeste y se encuentra limitado por una falla inversa del mismo rumbo y de buzamiento norte, la cual se encuentra al sur

del pozo SIN-87. Este anticlinal cierra contra la falla sintética al sistema de rumbo principal Noreste.

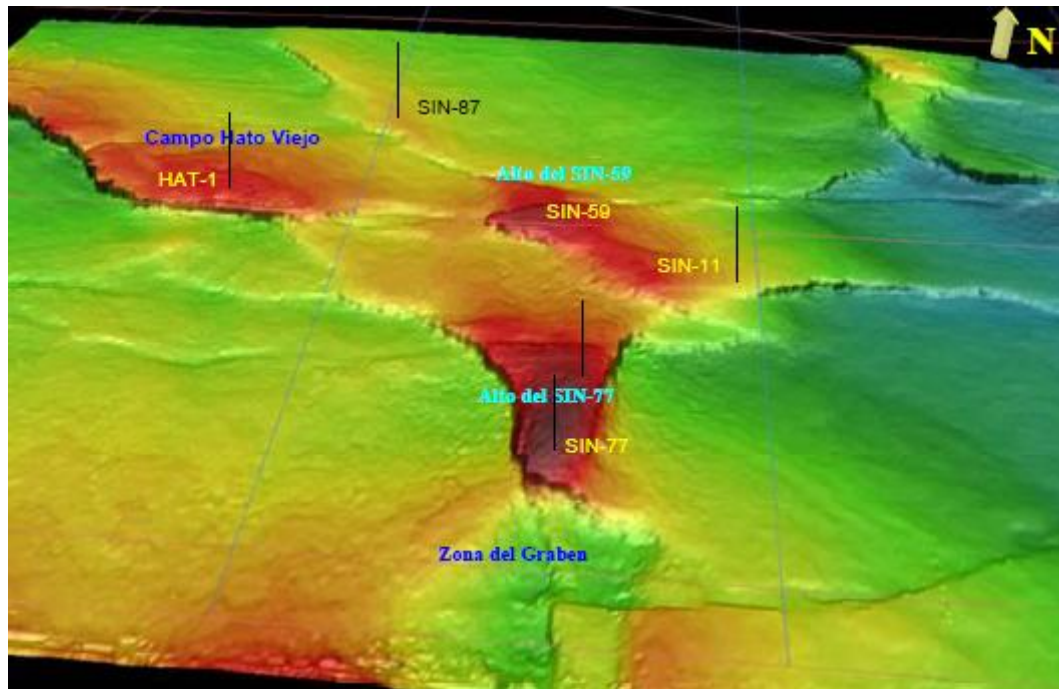


Figura 2.8.- Visualización Sísmica mostrando la configuración de las principales estructuras en los campos Hato Viejo y Sinco. (Modificado de Ramirez A., 2004)

2.5.2.1-Modelo Sedimentológico de la Formación Escandalosa Miembro “P” en el Campo Sinco

Martínez M. (2005), describe que existe una clara variación vertical de facies en tres unidades distintivas definidas como unidad P0, P1 y P2 (Ver Figura 2.9). Cada una de estas unidades fue asociada a un tipo de depósito, el cual fue calibrado con la respuesta del registro de rayos gamma, a fin de lograr una caracterización de la respuesta del perfil y de esta manera extrapolar la información de los núcleos hacia los pozos vecinos que no los poseen.

La primera unidad de base a tope, unidad P2, constituye la depositación de una sección progradante relacionada con depósitos de barras distales de frente deltaico con influencia de mareas. La connotación ambiental de estas barras sugiere una clara influencia marina, representado por la presencia de facies bioturbadas y minerales indicadores de ambientes marino somero como la glauconita; por otra

parte la presencia de capas de pirita y concentraciones nodulares de este mineral indican ambientes reductores.

Luego se tiene la unidad P1, la cual contiene una diversidad de facies depositacionales con ocurrencia de un canal estuarino progradando hacia el Noroeste sobre un sistema de barras de marea. Las barras de marea están limitadas lateralmente por los depósitos de arena de canal de marea, de manera que los depósitos de barra y canal alternan de lado a lado en el fondo del estuario. La sucesión de facies en este intervalo representa una sección agradable, donde se repiten verticalmente facies que denotan la influencia mixta entre las corrientes fluviales y de marea. Estos depósitos son el producto de la migración del canal que da como resultado una erosión de los sedimentos de la llanura de marea y la redeposición complementaria a los lados del canal.

Seguido en la secuencia aparece la unidad sedimentaria P0, la cual consiste en un sistema de barras de llanura submareal con frecuentes intercalaciones de material carbonáceo y contenido glauconítico. En algunas ocasiones se describieron vetas de calcita y puntos de carbón asociados a zonas de marismas o pantanos.

En el Miembro P de la Formación Escandalosa las asociaciones de facies reflejan una clara influencia marina, además de esto, los grandes espesores que posee este miembro y la granulometría y naturaleza de las estructuras que este presenta, permitieron inferir un ambiente deltaico con dominio de mareas, asociado a sistemas estuarinos y llanura submareal (ver figura 2.9).

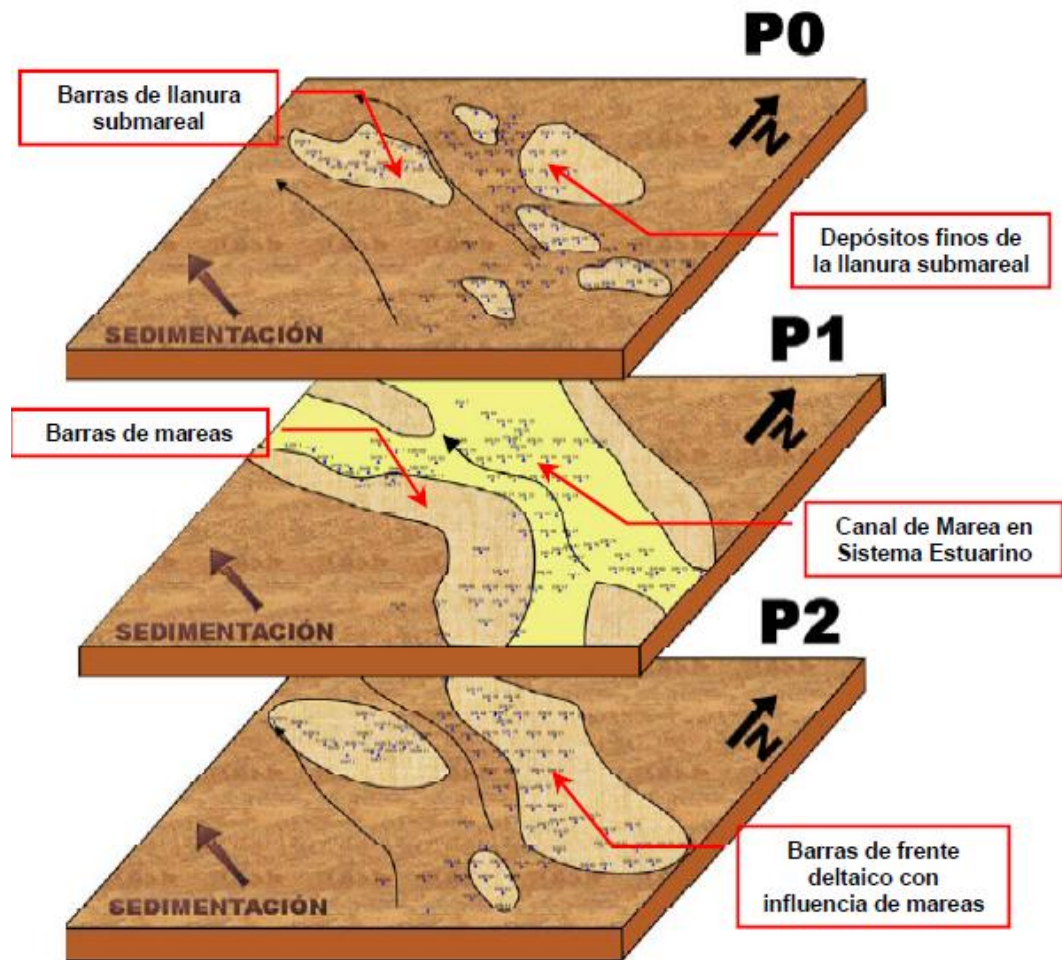


Figura 2.9.- Evolución Sedimentaria de las Unidades del Miembro P de la Formación Escandalosa en el campo SINCO (Tomado de Martínez M., 2005)

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1.-Reseña Histórica.

Antes de 1932, los disparos a menudo consistían simplemente en orificios realizados en el acero de revestimiento con cortadores mecánicos. A partir de 1932, los disparos se realizaban mediante balas hasta que a partir del año 1958 se introdujo el bombeo de abrasivos, hasta que comenzó la fabricación para los pozos petroleros de cargas huecas especiales detonadas con explosivos. Después de la caída del precio del petróleo ocurrida en 1986, el objetivo principal de la tecnología de cañoneo consistía en optimizar la capacidad de penetración de las cargas y el tamaño del hueco de entrada, de acuerdo con las especificaciones fijadas por el Instituto Americano del Petróleo (API). Si bien es cierto que se logró mejorar la productividad de los pozos, no se reconocían los avances importantes con respecto al rendimiento y a la reducción de costos, que se habrían podido alcanzar si se hubiese considerado el diseño global del sistema de cañoneo como, por ejemplo, el método de armado al pie del pozo y las restricciones operativas. En los últimos años, se ha adoptado un enfoque totalmente diferente, que consiste en trabajar en forma conjunta con las compañías operadoras en el desarrollo de sistemas adecuados para la resolución de problemas específicos. Como resultado de ello, se ha logrado una amplia variedad de cargas y sistemas de cañoneo.

3.2.-Descripción e Importancia del Cañoneo

De acuerdo a M. Watters, L. y Dunn-Norman, S.,(1988), una vez que ha sido finalizada la perforación de un pozo, ya sea de petróleo o gas, éste queda aislado de la formación que la rodea por el revestimiento y el cemento. Para establecer comunicación entre la formación y la tubería es necesario aplicar el proceso de

cañoneo, el cual consiste en la apertura de agujeros y canales a través del revestimiento, cemento y formación productora.

El éxito de la operación no depende solamente del equipo de cañoneo, sino también de la mejor técnica aplicada combinada con la apropiada práctica de terminación para alcanzar óptimos resultados, ya que no hay margen para errores durante estas operaciones.

Frecuentemente la estrategia de cañoneo durante las operaciones de completación no recibe la importancia debida, lo cual lleva a problemas potenciales. El cañoneo establece la comunicación entre el pozo y la formación, y puede afectar tanto el diseño de terminación, el flujo de formación al pozo y futuras estimulaciones. Este trabajo de operación se debe planear tan pronto sea posible en el diseño del pozo, ya que puede hasta afectar el tamaño de revestimiento y los tubulares en el mismo. Cuando se ubica el cañón en el pozo, es imposible, realizar la perforación sin causar daño a la formación adyacente. Es importante tener precaución con respecto a los explosivos utilizados en las operaciones de cañoneo, éstos son peligrosos y pueden ocurrir accidentes si no son manejados cuidadosamente, o si no se siguen los procedimientos adecuados. No es fácil determinar la estrategia de cañoneo para un pozo. El objetivo principal es maximizar la productividad; sin embargo, si las estrategias de cañoneo son pobres, se puede fácilmente reducir la productividad de 10 a 50 %.

Es indiscutible que existen muchos aspectos que deben ser planeados cuidadosamente para realizar la operación de cañoneo. Los intervalos a cañonear se deben elegir basados en consideraciones de producción y yacimientos. Las condiciones de la terminación de un pozo se deben planificar para asegurar el mejor resultado de dicha operación. El cañón adecuado se debe elegir para satisfacer las condiciones del entorno del pozo de acuerdo a su tipo de fluido, presión, temperatura y requerimientos mecánicos.

Indudablemente, también los costos son un factor relevante en estas consideraciones, donde se debe pensar que la operación de cañoneo menos costosa es aquella que se realiza adecuadamente en el primer intento de acuerdo con el diseño de la terminación.

Cuando las técnicas de cañoneo se aplican incorrectamente se pueden originar resultados adversos, tales como:

- ✓ Daño al revestimiento.
- ✓ Daño a la formación.
- ✓ Daño a la tubería de producción.
- ✓ Deficiente penetración (no traspasar la zona dañada).
- ✓ Evaluaciones incorrectas del Sistema: yacimiento-pozo.
- ✓ Pérdidas de materiales y de dinero.

Estas consecuencias negativas pueden conducir al abandono de la zona cañoneada que posea potencial para producir hidrocarburos. Igualmente, se puede incurrir en costos elevados al implementar las operaciones necesarias, para corregir algunos de los problemas causados. Entre estas operaciones están: trabajos de estimulación a altos costos, recañoneo de zonas y cambios de zonas productoras y transporte de cañones por tubería o mediante equipos de guaya (Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

3.3.-Medio de Transporte y Tipo de Cañones y Cargas

Un sistema de disparo consiste de una combinación de cargas explosivas, cordón detonante, estopín y portacargas. Esta mezcla de componentes de tamaño y sensibilidades diferentes, pueden ser bajados con cable y/o con tubería.

3.3.1.-Cañones Bajados con Cable.

El sistema de Disparo Bajado con Cable (*Wireline*) puede usarse antes de introducir la tubería de producción, o después de introducir la tubería de

producción. La ventaja es que se pueden emplear cañones de diámetro más grande, generando un disparo más profundo. Los componentes explosivos son montados en un portacargas, el cual puede ser un tubo, una lámina ó un alambre. Los portacargas se clasifican en:

- ✓ Recuperables (no expuestas).
- ✓ Semi-desechables (expuestas).
- ✓ Desechables (expuestas).

3.3.1.1.-Cañones Recuperables Entubados.

Consisten de un tubo de acero dentro del cual las cargas explosivas moldeadas están selladas y protegidas de la presión hidrostática del fluido (ver figura 3.1). La carga está en un ambiente de aire a la presión atmosférica. Cuando la carga dispara, la fuerza explosiva expande ligeramente las paredes del tubo transportador, pero el cañón y los restos son recuperados (Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

Los cañones que operan a través del revestimiento y las tuberías de producción, tanto los cañones desechables/semidesechables como los sistemas recuperables entubados se bajaban anteriormente con cable de acero, pero a principios de la década de los 80 adquirieron gran popularidad los cañones de Alta Densidad de Disparo (HSD) bajados con la tubería de producción (TCP). El tamaño y la longitud de los cañones que operan a través de las tuberías o del revestimiento y los cañones HSD se encuentran limitados por el diseño de la terminación del pozo y el equipamiento de superficie para el control de la presión.

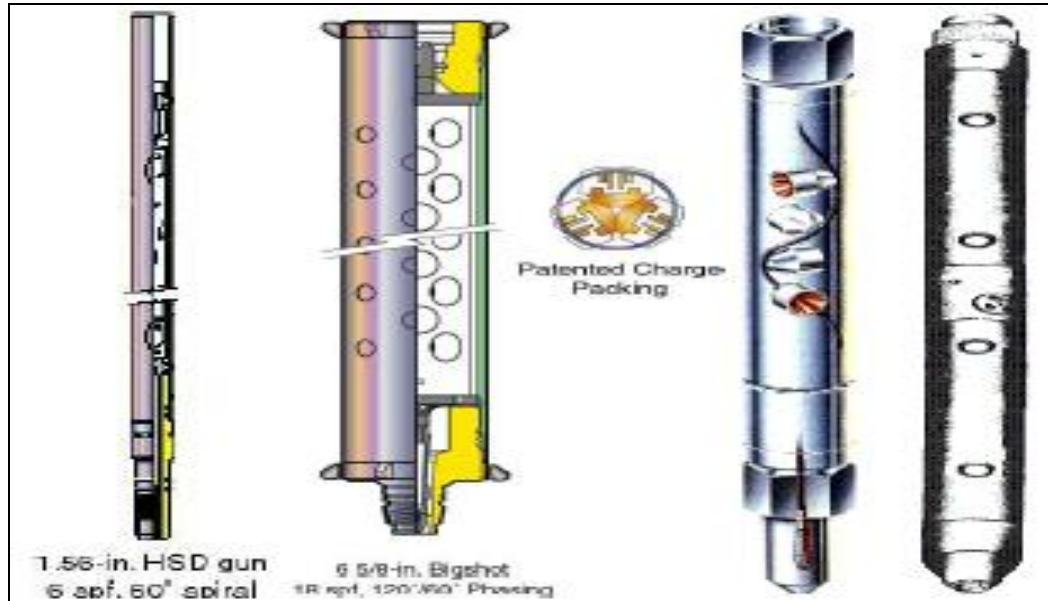


Figura 3.1. Cañones recuperables entubados (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

▪ Ventajas

- ✓ No dejan residuos en el pozo.
- ✓ No causan deformaciones en el revestimiento.
- ✓ La operación es muy segura, ya que el explosivo está completamente encerrado.
- ✓ Resistentes a altas temperaturas y alta presión: 470 °F y 25000 lpc.
- ✓ Mecánicamente fuertes y resistentes: adaptables a tratamiento severo y con mayor peso para facilidad de llegar a la profundidad de cañoneo.
- ✓ Poseen buena resistencia química.
- ✓ Alta confiabilidad: mínimo índice de disparos fallidos por tener el cable detonador y la carga protegidos dentro del tubo transportador.

▪ Desventajas

- ✓ Son más costosos que los otros tipos de cañones.
- ✓ Su rigidez limita la longitud del ensamble, especialmente en cañones de gran diámetro.

- ✓ En cañones pequeños se limita la cantidad de explosivos que puede ser utilizada, obviamente debido al tamaño de la carga. Por lo tanto, se reduce la penetración que puede alcanzar.

3.3.1.2.-Cañones Desechables y Semi-Desechables.

En este tipo de cañones, las cargas están expuestas a las condiciones del pozo y se deben encapsular en contenedores separados y resistentes a la presión como se visualiza en la figura 3.2. Una vez efectuado el disparo, los residuos de estos cañones desechables quedan en el pozo.

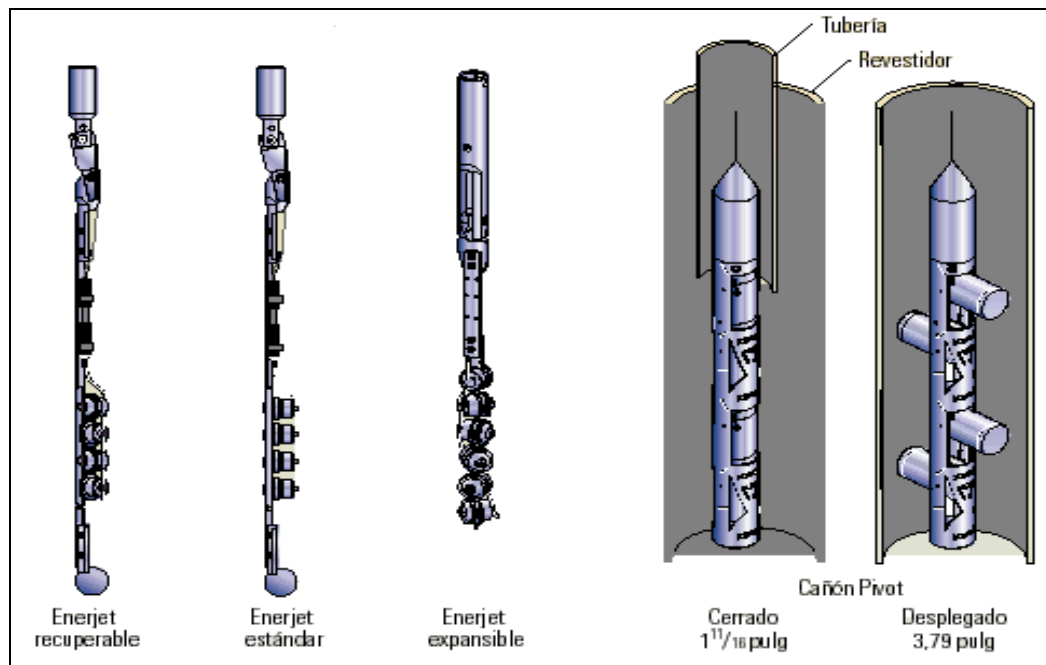


Figura 3.2 Cañones Desechables y Semi-Desechables (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

- Ventajas
 - ✓ Pueden ser corridos en longitudes mayores a los cañones de revestimiento.
 - ✓ Son dispositivos ligeros y flexibles.
 - ✓ Su paso a través de tuberías de diámetros pequeños es generalmente sencillo. Por esta razón, es posible usarlos en pozos ya terminados o en tubería con empacaduras de prueba.

- ✓ Facilita las operaciones de cañoneo en trabajos de aislamiento y cementación de intervalos.
 - ✓ Permite el cañoneo de bajo balance y con mayor seguridad en pozos con elevadas presiones de fondo.
- Desventajas
- ✓ Los cañones desechables no son selectivos.
 - ✓ En algunos casos se produce deformación de la tubería de revestimiento.
 - ✓ En caso que se rompa el cable, la pesca del cañón es difícil.
 - ✓ Los desechos quedan en el fondo del pozo.
 - ✓ Por lo general la longitud máxima del cañón está limitada a 30 pies.

Ventajas de los Cañones Semi-Desechables vs. Cañones Desechables.

- ✓ Dejan menos residuos en el pozo. Esto se debe al uso de cintas o alambres recuperables, en lugar de usar cables desechables para suspender el equipo, como es el caso de los cañones desechables.
- ✓ Las características del residuo en los cañones desechables se mejora al usar envases de cerámica o vidrio. De esta manera se reducen las posibilidades de taponamiento.
- ✓ Los residuos de cerámica o vidrio ofrecen resistencia al desgaste, a la acción química y a las presiones.
- ✓ En resumen, los cañones semi-desechables brindan un beneficio entre los recuperables y los desechables.

3.4.-Tipos de Cañones

Rodríguez Díaz Johan (2007), define diversos tipos de cañones que se han utilizado a lo largo del tiempo, entre los cuales resaltan:

- Tipo Balas.
- Tipo Hidráulico.
- Tipo Chorro.

➤ **Cañoneo utilizando Balas:** en este método, las balas son disparadas hacia el revestidor atravesando el cemento hasta llegar a la formación, pero su desempeño disminuye al incrementar la dureza de las formaciones, del revestidor y cementos de alta consistencia. Es poco utilizado en la actualidad.

➤ **Cañones con chorros de Agua a Alta Presión (Hidráulico):** utiliza altas presiones de fluido (algunas veces con arena) para abrir agujeros a través del revestidor, cemento y formación. Estos fluidos son bombeados a través de la tubería hasta llegar a un arreglo de orificios direccionados hacia la pared del revestidor.

La principal desventaja de éste método es que los agujeros son creados uno a la vez, lo que hace del sistema bastante lento y costoso.

➤ **Cañoneo con Cargas moldeadas Tipo Chorro:** involucra el uso de explosivos de alta potencia y cargas moldeadas con una cubierta metálica. El sistema resulta altamente versátil, debido a que las cargas son seleccionadas para los diferentes tipos de formación y los cañones pueden ser bajados simultáneamente dentro del pozo utilizando guayas eléctricas, guayas mecánicas, tubería de producción o tubería flexible (*Coiled tubing*).

Es la técnica de cañoneo más utilizada en la actualidad y actualmente en Venezuela prácticamente la totalidad de los trabajos de cañoneo se realizan con este tipo de cañón (tipo chorro).

3.4.1.-Partes de un Cañón Tipo Chorro

- **Iniciadores**

Los iniciadores son usados para la detonación de la secuencia de explosión en la sarta de cañones. El iniciador siempre está localizado en el cabezal de disparo, el cual se encuentra justamente arriba de los cañones de perforación. Los cabezales de disparo pueden tener un martillo que es forzado a iniciar el impacto en la parte superior del iniciador. Cuando el martillo hace reaccionar el iniciador con un impacto suficientemente fuerte, el iniciador convierte el impacto de detonación, la cual es entonces transferida al resto de la secuencia de explosión. Todos los iniciadores están diseñados para ser extremadamente sensibles al impacto mecánico y deben ser manejados con cuidado y respeto. Los iniciadores se encuentran entre los componentes más peligrosos y sensibles en la secuencia de la explosión (Baker Hughes, 1997).

El ensamble del iniciador está soldado completamente, sellado de manera hermética, con una unidad que funcionará de manera apropiada después de ser expuesto a la humedad y a las altas temperaturas.

- **Cordón Detonante**

Un sistema de conexiones es usado para transmitir la detonación del iniciador a las cargas huecas. El cordón detonante actúa como un camino, dirigiendo la detonación de cada una de las cargas huecas. Los detonadores están sujetos a las terminales del cordón detonante y actúan como terminales que transmiten la detonación de un cañón al siguiente a través de un espacio de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " (Baker Hughes, 1997).

▪ Cargas Huecas

Las encargadas de crear las detonaciones y hacer el trabajo de penetrar hacia la formación, son las cargas huecas. El primer diseño se piensa que fue creado por F.X. Von Baader, quien escribió en una revista de minería alrededor del año 1700 acerca del uso de un cono, o de un espacio en forma de hongo en el extremo frontal de una carga explosiva para aumentar el efecto explosivo y para ahorrar pólvora.

Más tarde, específicamente en 1886, una patente en Estados Unidos le fue otorgada a Gustav Bloem por el diseño de una cavidad hemisférica, lo que supuestamente concentraba el efecto de la explosión en una dirección axial. Para este momento no era utilizado el diseño tipo *liner*.

En 1888, Charles Monroe, demostró el efecto que tenía un *liner* en la cavidad de las cargas huecas. Su experimento llevó al mejoramiento de esta técnica mediante la incorporación de un *liner* en la superficie del material explosivo de las cargas huecas que actúan al enfocar el efecto explosivo y en la formación del chorro. Hoy en día, la mayor aplicación para cargas huecas se encuentra en la industria petrolera.

3.4.2-Cargas Huecas con *Liner* y sin *Liner*

En la Figura 3.3 puede observarse como la carga hueca que posee *liner* es más efectiva, porque el *liner* permite la formación de un chorro a alta velocidad que mejora la penetración en la formación al dirigir la onda explosiva.

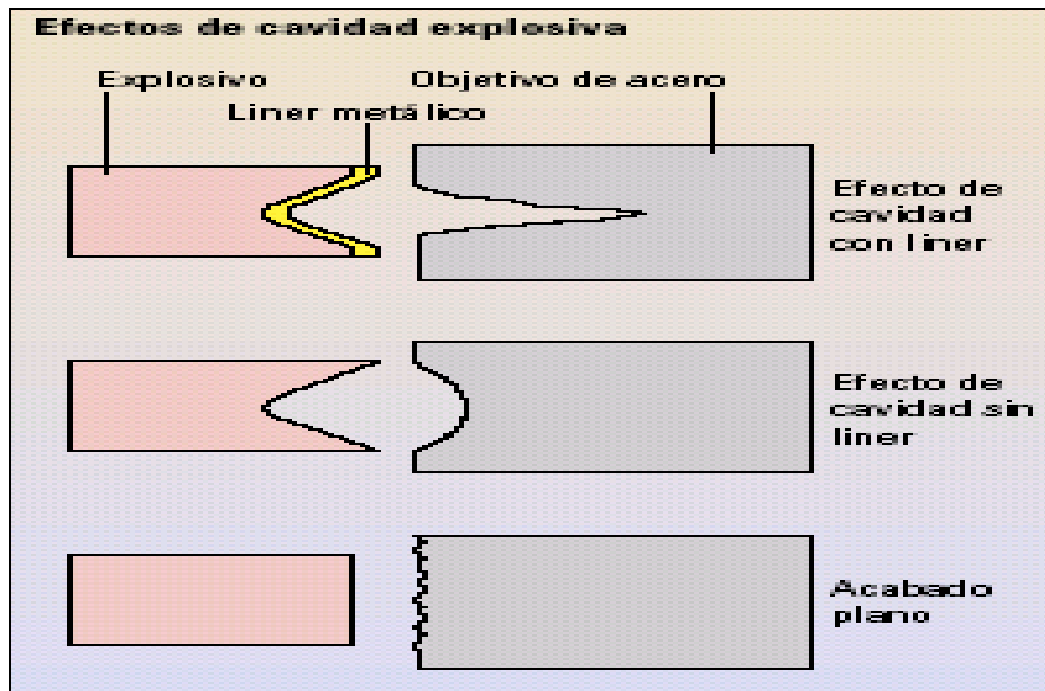


Figura 3.3. Cargas Huecas con *Liner* y sin *Liner* (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

3.4.3.-Componentes de la Carga Hueca

- ✓ **Casco:** esta parte está hecha de metal, la cual posee una geometría de gran importancia para el rendimiento de la carga, además sirve como protección del explosivo (ver figura 3.4).
- ✓ **Liner:** este componente generalmente está hecho de una aleación de metales pesados. De manera que al ser comprimidos se logra menos partículas de metal que puedan obstruir el paso de fluido en las vecindades de las perforaciones. De la forma del *liner* se determina el rendimiento del chorro (ver figura 3.4).
- ✓ **Explosivo Principal:** el explosivo es generalmente RDX, HMX, HNS y PYX y es comprimido o fundido y es el encargado de generar la energía para producir la perforación (ver figura 3.4).

- ✓ **Explosivo de Alta Velocidad:** sirve como terminales entre los cordones detonantes y los demás explosivos del equipo (ver figura 3.4).

La geometría interior de la carcasa y el *liner* determinan la forma y tamaño del chorro generado por la carga. El material explosivo está empacado de manera incrementada dentro de la carcasa de forma tal, que llena un poco más de la mitad del mismo. Los detonadores están formados por una carcasa de aluminio que se encuentra cerrada en un extremo y abierta en el otro extremo (Baker Hughes, 1997).

Dentro del extremo abierto del detonador se introduce uno de los extremos del cordón detonante, que está recién cortado para este propósito, hasta que el extremo hace contacto ligeramente con el explosivo dentro del detonador. Los dos (2) componentes son colocados de manera que se mantengan en contacto mientras están aprisionados.

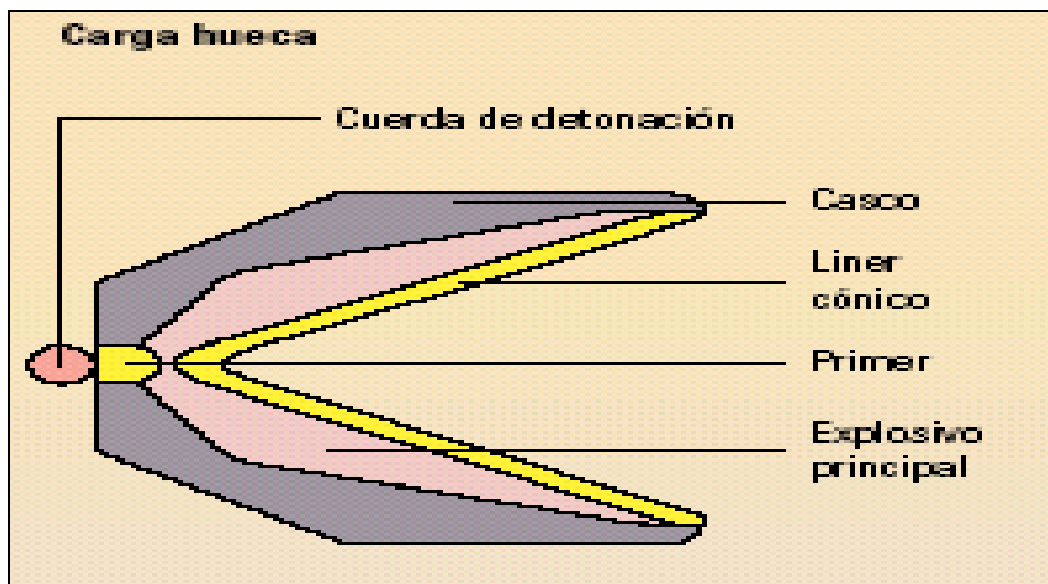


Figura 3.4 Componentes de la carga hueca (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E., 1991).

3.4.4.-Tipos de Carga Hueca

Generalmente las cargas huecas usadas para perforación se encuentran disponibles en dos (2) variedades: Carga de Penetración Profunda (DP) y Cargas de Hueco Grande (BH).

Las cargas (DP) crean una perforación que deja en el revestimiento un hoyo de diámetro de entrada relativamente pequeño y una penetración relativamente grande.

Las cargas (BH) tienen una forma menos profunda y más redondeada y parecido al interior de una esfera. La carga BH deja en el revestimiento un hoyo con diámetro de entrada relativamente grande y con una profundidad de penetración relativamente menor (Baker Hughes, 1997).

CARACTERÍSTICAS DE UNA CARGA DE MÁXIMA PENETRACIÓN

- ✓ *Liner* con ángulo agudo (de 42 a 45°).
- ✓ Diámetro de entrada del hoyo relativamente pequeño (de 3/8" a 1/2").
- ✓ Longitud de penetración relativamente profunda (mayores a 13").

CARACTERÍSTICAS DE CARGAS DE HUECO GRANDE

- ✓ *Liner* redondeado y menos profundo.
- ✓ Diámetro de entrada del hoyo relativamente grande (de 1/2" a 1"). En ocasiones un poco más.
- ✓ Longitud de penetración relativamente corta (de 6" a 8").

3.4.5.-Diseño y Comportamiento de las Cargas Huecas

Behrmann, L.A. & Brooks, J.E. (1991), describen que las cargas huecas están diseñadas para generar combinaciones óptimas en lo que respecta al tamaño del orificio y a la penetración, utilizando un mínimo de material explosivo. Un chorro asimétrico o torcido provoca una reducción en el rendimiento de la carga, por lo cual los chorros se deben formar exactamente de acuerdo con las especificaciones del diseño. En consecuencia, la efectividad de las cargas huecas depende de la simetría de las mismas y de las características del chorro. Para lograr mayor penetración, es necesario emitir chorros prolongados en forma constante con perfiles de velocidad óptimos. El perfil de velocidad se debe establecer entre ambos extremos del chorro y los chorros de las cargas deben viajar con la mayor velocidad posible. Si el perfil de velocidad es incorrecto, la penetración disminuye. El tamaño del orificio está relacionado con la forma del chorro.

Anteriormente, se utilizaban *liner* de metal sólido, a menudo de cobre, para generar chorros de alta densidad y orificios grandes, lo cual producía restos de metal que taponaban los orificios. Se pensaba que este fenómeno se compensaba con el diámetro de los orificios y la alta permeabilidad de las formaciones en las que se utilizaban las cargas de orificio grande.

La nueva tecnología para eliminar los restos de metal y maximizar el área abierta al flujo (A.O.F) ha reconsiderado este enfoque. Si bien todavía se siguen utilizando los *liner* de cobre sólido en algunas cargas que producen orificios grandes, los diseños más recientes permiten generar los chorros de las cargas sin dejar ningún resto de metal sólido.

Penetración profunda: La invasión de los fluidos de perforación y completación puede oscilar entre pocas pulgadas a varios pies. Cuando el daño de la formación es severo y los disparos no atraviesan la zona invadida, la caída de presión es elevada y la productividad se ve reducida. Los disparos que atraviesan el daño incrementan el radio efectivo del hueco e interceptan mayor cantidad de fracturas

naturales, si las hubiera. La penetración más profunda también reduce la caída de presión en los intervalos con disparos para prevenir o reducir la producción de arena.

Si bien es sabido que los *liner* de alta densidad producen una penetración más profunda, resulta difícil trabajar con estos materiales. Los adelantos recientes respecto a las posibilidades de fabricación permiten producir *liner* de alta densidad en forma constante. Dichos adelantos incluyen el uso de procedimientos estrictos y continuados, de herramientas de precisión y un mayor control de calidad.

Por otra parte, las cargas se prueban disparándolas sobre diferentes materiales-núcleos de areniscas de gran resistencia, concreto estándar y concreto conforme a las especificaciones fijadas por la Sección 1 del Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) de manera que el rendimiento no sea optimizado sólo para las muestras de concreto.

En las rocas de gran resistencia, la penetración se ve reducida hasta en un 75% en comparación con los resultados obtenidos sobre el concreto estándar según la Sección 1 del A.P.I. Sin embargo, las cargas se pueden fabricar especialmente para adecuarse a formaciones específicas. En estos yacimientos con alta permeabilidad, la porosidad es moderada y las gargantas de los poros son grandes, lo cual contribuye al daño provocado por el fluido. El bajo nivel de penetración combinado con la invasión profunda, resultó en una baja productividad de los disparos que no atravesaban la zona dañada.

Para mejorar la producción, se utilizó un sistema dividido en tres etapas. Se reformularon los fluidos de perforación con el fin de reducir la invasión y el daño, se duplicó el número de disparos y se diseñaron cargas especiales para aumentar la penetración. En un primer paso se rediseñó sólo la geometría del *liner*, lo cual aumentó la penetración de 12,8 a 14 pulgadas [32 a 36 cm]. Sin embargo, todavía no se había alcanzado el objetivo de 16 pulgadas [40 cm]. La penetración aumentó

a 15,9 pulgadas optimizando el diseño de la carga explosiva. En las pruebas de campo las cargas especiales permitieron mejorar la producción y la inyección.

Los detritos resultantes de las operaciones de disparo deberían ser minimizados, ya que constituyen un peligro para la integridad del pozo y la producción. Los restos de los cañones y de las cargas huecas aumentan el riesgo de atascamiento, se acumulan en el fondo en los pozos verticales, mientras que en los pozos desviados pueden no alcanzar el fondo o pueden llegar a la superficie y dañar los equipos de producción.

El sistema convencional utiliza cascos de zinc que se quiebran en pequeñas partículas solubles en ácidos, que también se pueden hacer circular hacia afuera. Una posible desventaja del zinc es que produce daño a la formación. Las pruebas de laboratorio indican que los fluidos ricos en cloruros y el gas que se filtra en un pozo inactivo, pueden combinarse y precipitar un sólido a partir de los restos de zinc que puede atascar los cañones.

Otra desventaja son las vibraciones adicionales de los cañones provocadas por la energía que se libera cuando el zinc se consume parcialmente durante la detonación de la carga. Debido a estas desventajas, los operadores están dejando de utilizar las cargas con cascos de zinc que producen pequeños detritos.

Los cañones más recientes que generan mayor área abierta al flujo, dejan el revestimiento con disparos con una mayor resistencia remanente y producen menor cantidad de detritos, constituyen ejemplos de soluciones especiales para disparar pozos con alta tasa de flujo y empacados con grava.

3.4.6.-Fabricación y Prueba de las Cargas Huecas

Behrmann, L.A. & Brooks, J.E.,(1991), describen que en la mayor parte de las cargas utilizadas, los *liners* sólidos han sido reemplazados por mezclas de partículas metálicas pulverizadas y prensadas, inhibidores de corrosión y lubricantes que facilitan el fluir de las partículas pulverizadas. Los *liners* y las

cargas se producen en una serie de operaciones de prensado (abajo). Con los componentes pulverizados se forma un cono utilizando un punzón mecánico. Por lo general, se utilizan partículas pulverizadas de cobre, tungsteno, estaño, zinc y plomo para producir la densidad de chorro y la velocidad necesarias, que son las propiedades críticas para el rendimiento de los disparos. El explosivo principal se vierte en un casco, se nivela y se prensa con una gran carga para lograr la densidad óptima. Por último, se prensa un *liner* en el explosivo para completar la carga, como se muestra en la Figura 3.5 y Figura 3.6.



Figura 3.5 Materiales para la elaboración del *Liner* (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E.,1991)

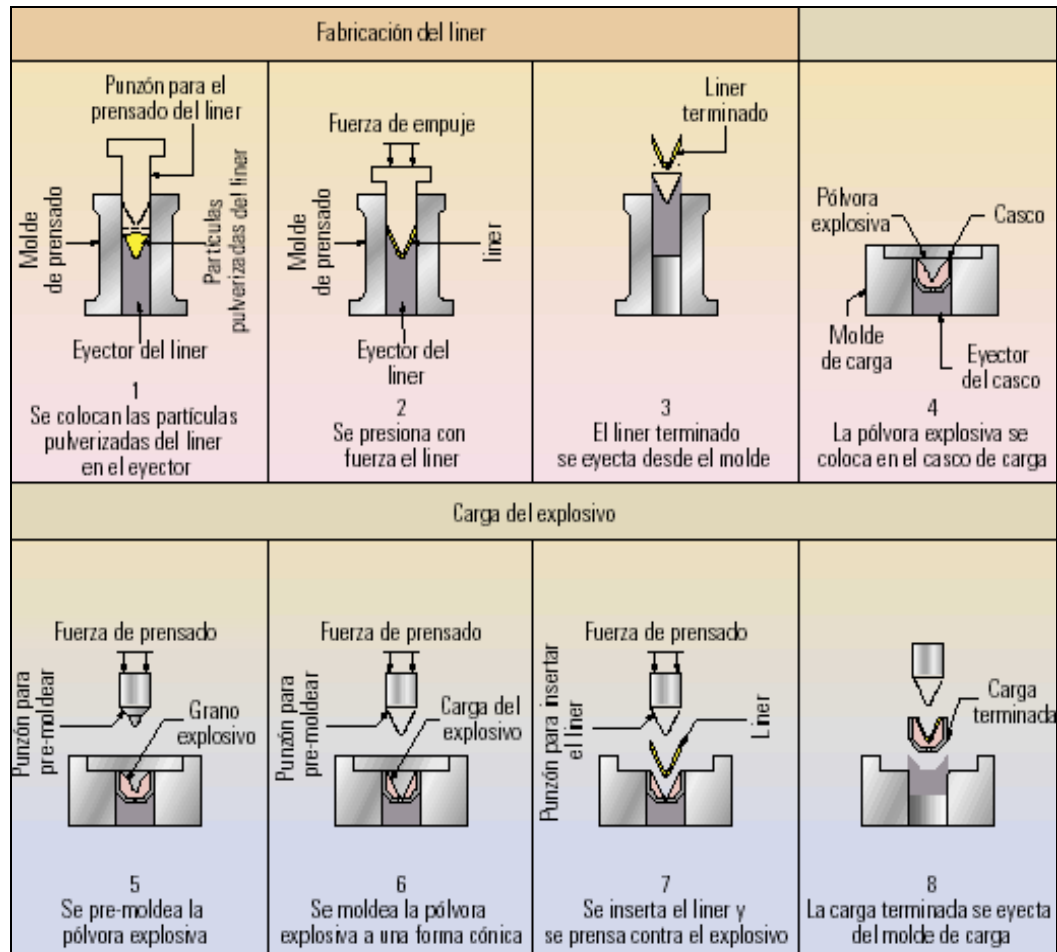


Figura 3.6 Preparación del *Liner* (Tomado de Behrmann, L.A. & Brooks, J.E.,1991)

✓ **Herramientas de Fabricación.** Para mantener la tolerancia correcta, se produce y mantiene matrices, punzones mecánicos y equipos de precisión para los que existe un taller de maquinarias interno con los últimos adelantos tecnológicos.

Si bien parece simple desde un punto de vista conceptual, la fabricación de las cargas huecas requiere una gran precisión. Los componentes de la carga: el casco, el explosivo de alta velocidad, el explosivo principal y el *liner*, deben ajustarse a estrictos estándares de calidad y deben ser fabricados con niveles de tolerancia muy estrictos para garantizar que los chorros perforantes se formen exactamente de acuerdo con las especificaciones del diseño. El colapso de un *liner* no uniforme provoca irregularidades en las densidades, las formas y los perfiles de velocidad

de las descargas, lo cual perjudica el tamaño y la forma del orificio, y reduce drásticamente el rendimiento.

Para mantener las tolerancias correctas, las herramientas de fabricación de gran precisión se construyen y se mantienen en un taller de maquinarias de última generación. Por medio de operaciones de prensado computarizadas se garantiza un alto nivel de calidad y se minimizan las posibles variaciones.

La fabricación de las cargas está controlada por computadora, pero existe intervención humana en el manejo de los *liner*, la verificación de la existencia de grietas, las inspecciones visuales y la limpieza de las herramientas. Los técnicos fabrican y empaacan millones de cargas por año. Se utiliza un sistema de trabajo en equipo con funciones localizadas en una sola área, lo cual facilita la eficiencia de la fabricación y permite optimizar el rendimiento de las cargas. El proceso de fabricación se acelera mediante la organización en áreas de trabajo divididas en varios compartimientos, lo cual proporciona la flexibilidad necesaria para poder ajustarse a los frecuentes cambios en los requerimientos de las terminaciones de los pozos.

Los parámetros de fabricación se despliegan en tiempo real para poder detectar posibles desviaciones durante el proceso.

El control de calidad se mantiene sobre todos los materiales utilizados en la fabricación de las cargas, desde los cascos y las partículas metálicas pulverizadas hasta los explosivos. El control de todas las cargas se realiza por medio de una base de datos que incluye los números de serie, tarjetas de historial, diseños asociados e información histórica. Estos registros permiten controlar día a día la calidad de producción de las cargas huecas y resalta las mejoras de fabricación que influyen en el rendimiento de las cargas. Por ejemplo, ciertos procedimientos iniciados mientras se desarrollaban nuevas cargas de penetración profunda fueron implementados en otras cargas, con lo cual se logró mejorar su rendimiento.

Los sistemas de disparo se prueban de acuerdo con los procedimientos determinados por la norma RP 19B, del Instituto Americano del Petróleo (A.P.I).

Las nuevas normas RP 19B son compatibles con la RP 43, pero se exige una mayor revisión para prevenir inconsistencias en las muestras de disparo. La arena utilizada en las muestras de concreto se especifica como mallado americano 16/30. Este cambio, que se encuentra en proceso de implementación, fue aprobado recientemente con el fin de solucionar discrepancias en las pruebas de profundidad de penetración, originadas en las grandes variaciones en los tamaños de los granos de arena utilizados para fabricar las muestras de concreto.

Estas pruebas incluyen la certificación de nuevas cargas, además de la recertificación periódica, para garantizar que los datos publicados representen efectivamente las cargas que se están produciendo en ese momento. Las instalaciones donde se realizan las pruebas A.P.I también se utilizan para pruebas especiales de los clientes, que incluyen muestras incluidas en la Sección 1 del A.P.I. Resultan de gran interés las pruebas especiales que comprenden diversas geometrías del revestimiento o de la terminación que no se encuentran dentro de la configuración estándar de la norma RP 43 del A.P.I.

- ✓ **Pruebas de las Cargas Huecas.** Las pruebas incluyen tanto la certificación de nuevas cargas como la recertificación periódica de las cargas existentes.
- ✓ **Funciones de la Fabricación.** Los equipos de técnicos capacitados arman y empacan millones de cargas por año. Para facilitar la fabricación eficiente y de alta calidad y el comportamiento óptimo de las cargas, las operaciones de prensado del *liner* y recargado de las cargas se concentran en un solo lugar. Las áreas de trabajo divididas en varios compartimientos otorgan flexibilidad y la capacidad de responder en forma rápida a las necesidades cambiantes de las operaciones de disparo. Una habitación de pesaje especial se utiliza para controlar cuidadosamente el contenido explosivo de las cargas huecas.

- ✓ **Garantía de Calidad.** Se mantiene un estricto control de todos los materiales desde los cascos de acero y las partículas metálicas pulverizadas hasta los explosivos y las herramientas mecánicas utilizadas para fabricar las cargas. Un despliegue en tiempo real les permite a los técnicos identificar rápidamente las desviaciones ocurridas en el proceso de fabricación y una base de datos registra cada una de las cargas. Estos registros se utilizan para supervisar las operaciones diarias y permiten cuantificar los avances del proceso de manera tal, que los nuevos procedimientos que afecten el rendimiento de los disparos puedan ser implementados en todo el proceso de fabricación de otras cargas.

La penetración esperada se calcula sobre la base de la Sección 1 del A.P.I y se establece una exigencia de penetración mínima para la fabricación. La producción completa comienza una vez que los resultados de las pruebas indican que se han superado los requerimientos mínimos. Para controlar la calidad de la carga se realizan mediciones repetidas de la penetración total de la muestra y del tamaño mínimo y máximo del orificio de entrada.

Durante el ciclo de fabricación, se realizan pruebas periódicas para confirmar que se están respetando las especificaciones de funcionamiento establecidas con respecto a los estándares de penetración y tamaño del orificio. Las muestras se prueban cada 240 cargas en los ciclos largos y cada 120 cargas en los ciclos más cortos asociados con las cargas de alta temperatura. Para verificar la integridad del casco y el *liner* se realiza una prueba de vibración o caída, y también se comprueba la sensibilidad de la transferencia balística.

Se realizan mediciones detalladas acerca de todos los componentes sobre grupos de cargas escogidas en forma aleatoria. Se almacenan algunas cargas de cada ciclo de fabricación con el fin de realizar auditorías. Durante este período, se extraen cargas de los *Bunkers* de almacenamiento y se disparan a intervalos regulares para comprobar los efectos de envejecimiento de las cargas. Las auditorías internas también verifican el funcionamiento correcto de las cargas.

Además de mejorar el rendimiento de los cañones, la posibilidad de realizar pruebas estándares y especiales les permite a los investigadores y a los clientes adquirir confianza en las técnicas de disparo, verificando que los sistemas funcionen en forma continua en las condiciones de temperatura y presión registradas a lo largo de toda la operación.

3.4.7.-Secuencia de la Detonación de las Cargas

Baker Hughes (1997), define la secuencia que sigue como el proceso de detonación:

- El iniciador recibe el estímulo que lo obliga a iniciar una reacción en cadena que primeramente hace detonar el cordón detonante tipo cordón.
- Se detona el explosivo de alta velocidad.
- Se detona la carga explosiva principal.
- La explosión de los diferentes detonantes crea un frente de onda expansiva, que se propaga a través de la carga explosiva principal. Esta onda viaja al ápice de la camisa cónica hasta chocar con ella y crear una zona de alta presión.
- La alta presión hace que la parte metálica de la camisa cónica fluya. De esta manera se logra separar la parte inferior y exterior de la camisa cónica. Esto da origen a un chorro “tipo aguja” de partículas muy finas, que se originan en el vértice del cono. A medida que el chorro se mueve hacia delante, se alarga debido al gradiente de velocidad. Cuando el chorro hace impacto en el blanco se produce un proceso combinado de pulverización y desplazamiento de las partículas que integran el blanco. Esto se debe a la compresión ejercida por el chorro y a la gran cantidad de energía que el transmite al blanco.

Todo el proceso de perforación se realiza aproximadamente en 100 microsegundos. Es importante notar que el agujero que se logra es mucho más grande que el chorro que lo forma.

- Simultáneamente, al proceso descrito en el punto anterior, la parte exterior de la camisa cónica colapsa para formar un tapón de partículas. Este tapón se desplaza en sentido contrario al desplazamiento del chorro de partículas de alta velocidad. El tapón puede eventualmente obstruir la perforación. Esto ha motivado el desarrollo de cañones “sin tapón”, lo cual consiste en reducir el tapón a pequeñas partículas que dejan poco o nada del residuo.

En la Figura 3.7 se muestra como se realiza la secuencia de detonación en un proceso de cañoneo.

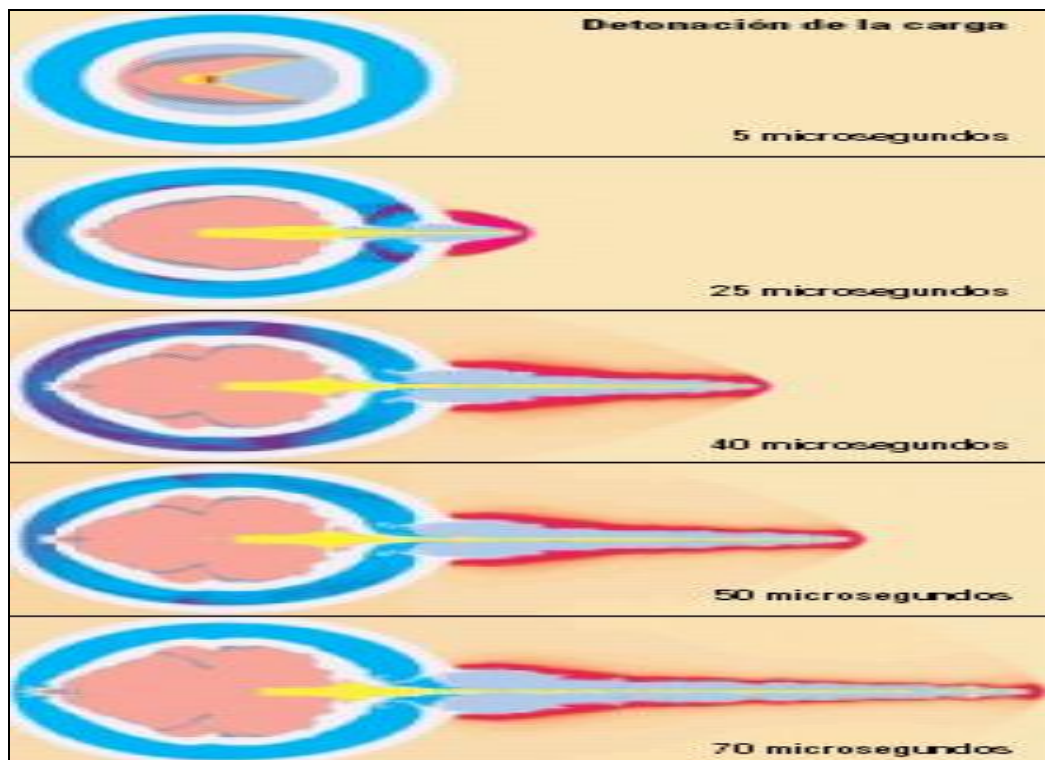


Figura 3.7.- Secuencia de la detonación en el proceso de cañoneo (Tomado de Baker Hughes, 1997).

En la detonación, la carga hueca produce un plasma o chorro que tiene una oleada de presión extremadamente alta hasta (3.000.000 lpc). Este chorro produce un hoyo dentro del revestimiento, el cemento y la formación.

La ola de alta presión y el material colapsado del *liner* son proyectados hacia la línea central de la carga a una velocidad de 8000 pies/seg creando una presión aún

mayor, de aproximadamente 7.000.000 lpc, ya que la única dirección por la que puede salir la ola de presión es de adentro del extremo abierto de la carga, se forma un chorro, el cual viaja a una velocidad de 23.000 pies/seg.

3.5.-Descripción de las Técnicas de Cañoneo con TCP y Wireline

3.5.1.-Técnica de Wireline Convencional

Este sistema de cañoneo se realiza utilizando una unidad de cable eléctrico, el equipo necesario para realizar el cañoneo se muestra en la Figura 3.8, los portadores de carga jet son los dispositivos más usados para lograr este propósito. El cañoneo debe ser realizado en condiciones de sobre-balance (*overbalance*) hacia la formación; es decir, que la presión hidrostática necesaria para controlar el pozo es mayor o igual que la presión de formación, esto se hace con el fin de evitar el soplado de los cañones hacia arriba, altas presiones en el espacio anular y en la superficie.

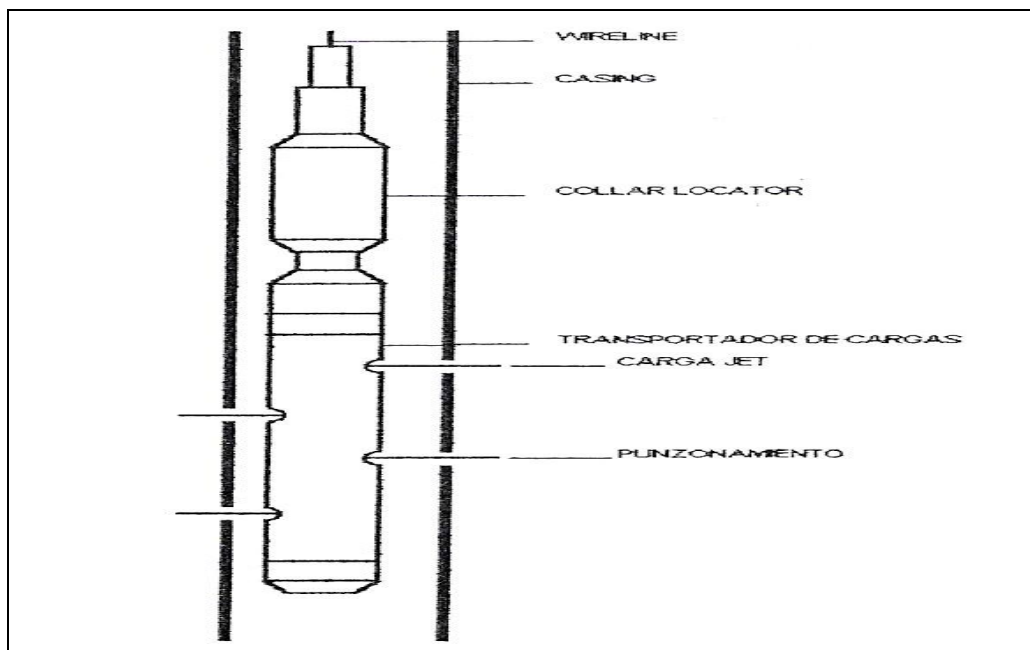


Figura 3.8 Cañoneo con Wireline (Tomado de Rodríguez Díaz, Johan, 2007)

Los tipos de portadores *jet* están basados en el área de aplicación y son de dos tipos: *Casing gun* (Tipo de cañón que sirve para cañonear el revestidor) y *Through tubing* (Cañones que son de menor diámetro que el *casing gun* y que son bajados a través de la tubería de producción).

3.5.1.1.-Casing Gun

Los cañones convencionales bajados con cable eléctrico (ver figura 3.9), producen orificios de gran penetración que atraviesen la zona dañada por el lodo de perforación. Sin embargo, el cañoneo debe ser realizado con el pozo en condiciones de sobre-balance, con el fin de evitar el soplado de los cañones hacia arriba, altas presiones en el espacio anular y en la superficie.

Esta condición de sobre-balance deja los orificios perforados taponados por los restos de las cargas, aún si el intervalo cañoneado es achicado o el pozo puesto a producción; es muy raro que se pueda generar un diferencial de presión que limpie la mayoría de los orificios perforados, creándose con esta condición altas velocidades de flujo y turbulencia en el frente productor. La zona compactada alrededor de los orificios perforados y los restos de las cargas, son muy difíciles de remover acidificando o achicando; tan solo la zona compactada reduce la permeabilidad original hasta un 80%. Esto se hace más crítico en campos con alto índice de agotamiento.

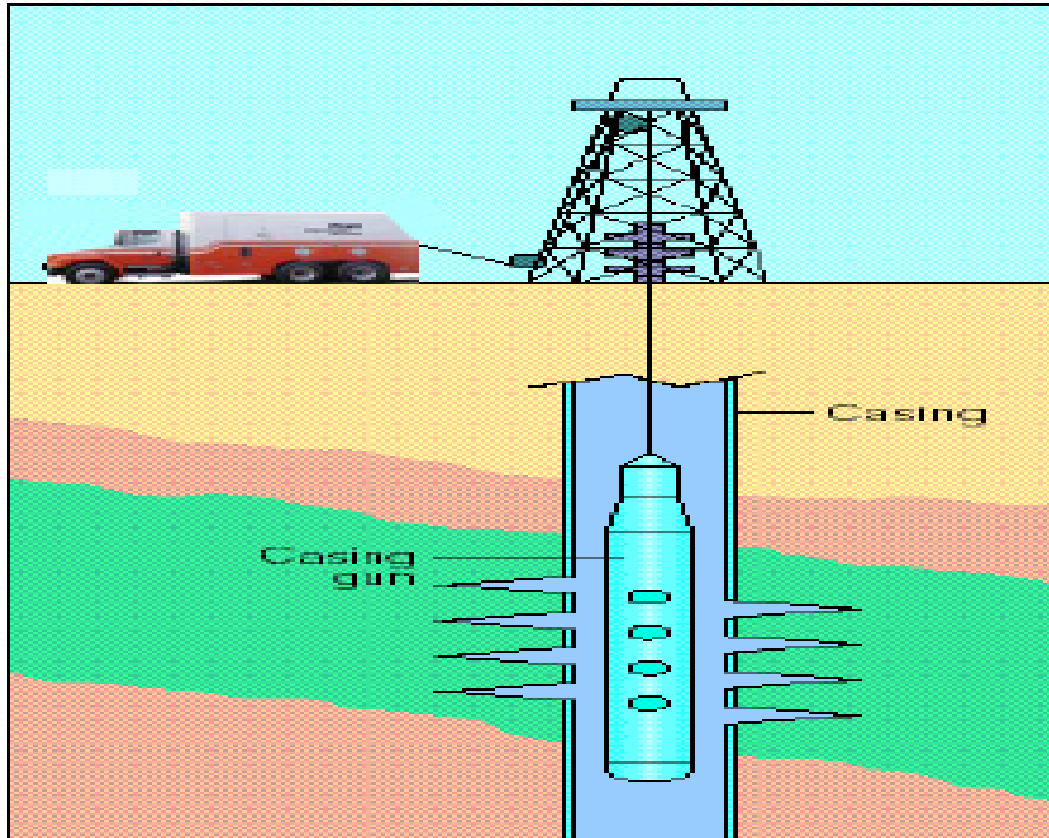


Figura 3.9 Cañoneo con *Casing Gun* (Tomado de Rodríguez Díaz Johan, 2007).

▪ **Ventajas del sistema *Casing Gun*.**

Las principales ventajas de este sistema son las siguientes:

- Opción para cargas de alta penetración.
- Opción para cargas de gran diámetro de entrada.
- En caso de falla tiene pérdida de tiempo mínimo.
- Servicio más económico con respecto a TCP (cañones transportados por tuberías de producción).
- Operación rápida aumentando el rango de temperatura para las cargas usadas.
- Hasta 12 tiros por pie.
- Permite selección del tamaño del cañón compatible con diámetro de la tubería de revestimiento.
- Puede disparar en zonas de alta presión.
- Tiempo de operación de 4 a 8 horas.

- **Desventajas del sistema *Casing Gun*.**

Las principales limitaciones del método son:

- Daño severo por dispararse en condiciones de sobre-balance
- Punto débil del cable eléctrico.
- Se dispara con pozo lleno de fluido de control.
- Reducción de la permeabilidad en un 70 a 80%.
- Durante el trabajo se debe interrumpir las comunicaciones de radio, operaciones de soldadura pues interfieren en el disparo.

3.5.1.2.-Through Tubing

Los cañones bajados a través de la tubería de producción con cable eléctrico como se visualiza en la figura 3.10, son utilizados ampliamente para cañonear pozos productores o inyectores, porque se puede aplicar un diferencial pequeño de presión estático a favor de la formación que puede ser usada sin soplar las herramientas hacia arriba, no es suficiente para remover y eliminar los restos de las cargas y la zona compactada creada alrededor del orificio perforado. Es igualmente preocupante la penetración de las pequeñas cargas utilizadas y la fase de disparos de este sistema. Estas cargas no pueden penetrar en la formación y, frecuentemente tampoco atraviesan la zona dañada por el lodo de perforación.

Otra desventaja es que el pequeño diferencial de presión a favor de la formación, sólo se puede aplicar en la primera zona o intervalo a cañonear, por limitaciones en el lubricador, punto débil del cable eléctrico o en la tubería de producción.

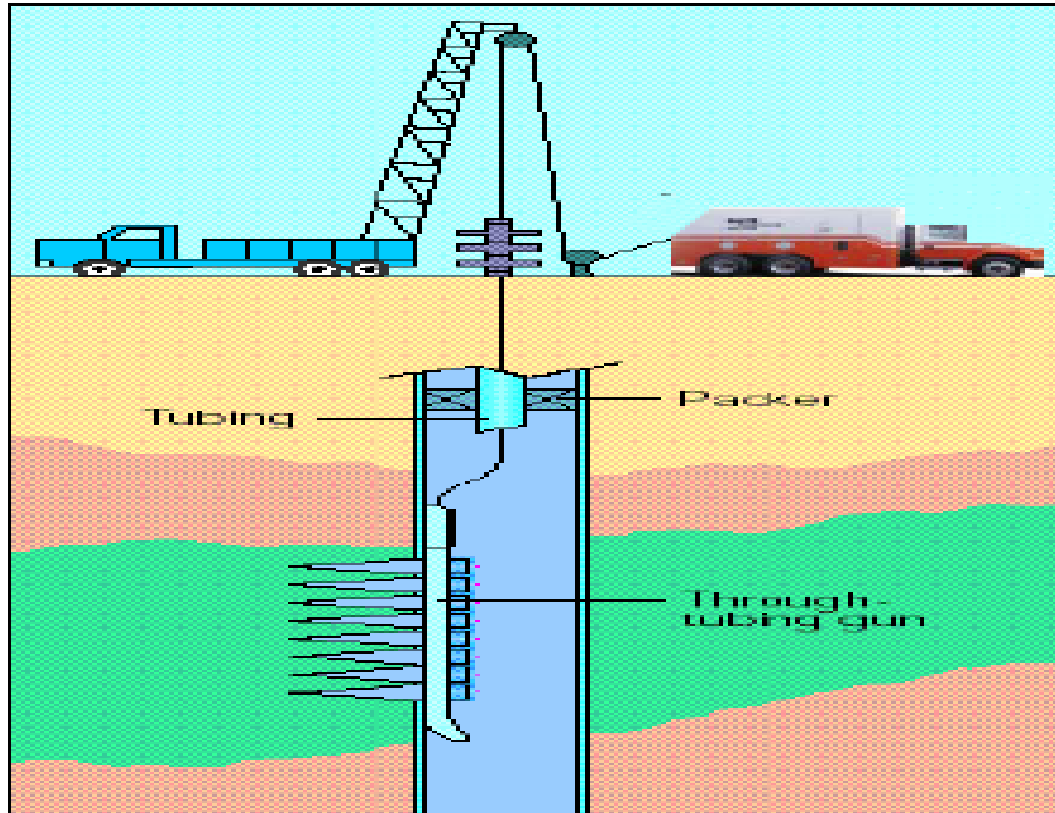


Figura 3.10 Cañoneo con *Through tubing Gun* (Tomado de Rodríguez Díaz Johan, 2007).

▪ **Ventajas del sistema *Through Tubing Gun***

Las principales ventajas de esta técnica son las siguientes:

- Los pozos pueden ser perforados con un pequeño bajo balance, lo cual permite que los fluidos de formación limpien las perforaciones efectuadas.
- Para la completación de una nueva zona o reacondicionamiento de una zona existente no se requiere el uso de taladro.
- Un registro CCL permite un posicionamiento preciso en profundidad.

▪ **Desventajas del sistema *Through Tubing Gun***

La principal limitación de este método es:

- Debido a que el cañón es bajado a través de la tubería de producción, pequeñas cargas son utilizadas, obteniendo reducidas penetraciones, para lograr penetraciones mayores con este sistema, el cañón usualmente es

posicionado contra el casing para eliminar la pérdida de rendimiento cuando se perfora a través de líquido en el pozo. Este arreglo requiere una fase del cañón a 0°.

En la tabla 3.1 que se muestra a continuación, se mostrará la comparación entre el Cañoneo *Through Tubing* y *Casing gun*

Tabla 3.1 Comparación del Through Tubing y Casing Gun

CANONEO THRU TUBING	CANONEO CASING GUN
Usando este sistema se puede crear desbalance.	Con este tipo de cañones no se puede crear desbalance.
Al no tener rigidez, no se puede utilizar en pozos desviados.	Se puede utilizar en pozos desviados.
Este tipo de cañones produce mucho daño en el casing, por que esta muy deparado de las paredes internas del casing.	Al estar mas cercanos a la pared interna del casing, el daño que se produce al casing no es muy grande.
Los desperdicios producto del cañoneo se depositan en el fondo del pozo.	Los desperdicios producto del cañoneo, se depositan dentro del cañón, manteniendo limpio el pozo.
La velocidad para bajar en el pozo esta restringida a un máximo de 200 ft/min.	La velocidad para bajar en el pozo puede ser mayor de 200 ft/min.
La penetración de estos cañones se ve disminuida por el tamaño de carga que se utiliza.	Se tiene mayor efectividad en cuanto a penetración, considerando que las cargas son grandes.
No se requiere tener taladro de perforación en sitio, lo cual baja los costos grandemente	Se requiere tener taladro en locacion, por lo que los gastos se incrementan.
El clearance es grande, y la uniformidad del cañoneo se ve afectada.	El clearance es pequeño, el cañoneo es uniforme.

3.5.1.3.-Procedimiento con Wireline Convencional

El cañoneo con cable eléctrico permite disparar utilizando una conexión eléctrica desde superficie por medio de un cable de acero (*wireline*).

- Los intervalos a ser disparados se eligen de registros eléctricos, luego que el pozo ha sido revestido o cuando se realiza el reacondicionamiento respectivo.
- El tipo de cañón y la densidad de disparo son establecidos por un simulador.
- La longitud real y la longitud efectiva (recorrido de los cañones), lo mismo que sus combinaciones, dependen del espesor y la distancia de los intervalos a ser cañoneados, lo más alejado del contacto Agua - Petróleo (CAP).

- La distancia de los cañones son considerados entre las cargas de los extremos del mismo y existe una distancia de cople de cañón de 1.5 pies y del cañón al centro del CCL (registro de cuellos del revestidor) 2,5 pies a 3,3 pies.
- Los disparos se efectúan luego de haberse ubicado a la profundidad correcta en base a un punto de referencia (profundidad total para señales en el cable) y después de haber correlacionado los registros del CCL con otros corridos originalmente o con alguno corrido anteriormente de control de cementación (CBL, VDL).
- Se deben cañonear las zonas más profundas por problemas de atascamiento que pueden darse debido a la deformación que sufre la superficie de la tubería a la entrada de los orificios por la acción explosiva de la carga.
- En un solo viaje no se puede utilizar más de dos cañones (no sobrepasar los 40 pies). Al cañonear se debe disparar el cañón inferior antes del superior, con ayuda de un diodo que comunica a los dos cañones y envía desde superficie un voltaje positivo para disparar el cañón y un voltaje negativo para el otro. Se dispara el cañón inferior primero para proteger al superior de las entradas de fluidos que se ocasionan.
- Cuando las cargas no se accionan por fallas imprevistas y no se penetran los intervalos programados, los cañones son sacados, revisados, armados nuevamente y bajados con una posición que permite corregir la falla.

3.5.2.-Técnica TCP

La figura 3.11 muestra este método de cañoneo que emplea *TUBING CONVEYED PERFORATING* (TCP), y cañones del tipo *casing gun*. El método de TCP debe ser operado en fluido limpio con una presión de bajo-balance (*underbalance*), es decir, que la presión de la formación es mayor que la presión de la columna hidrostática.

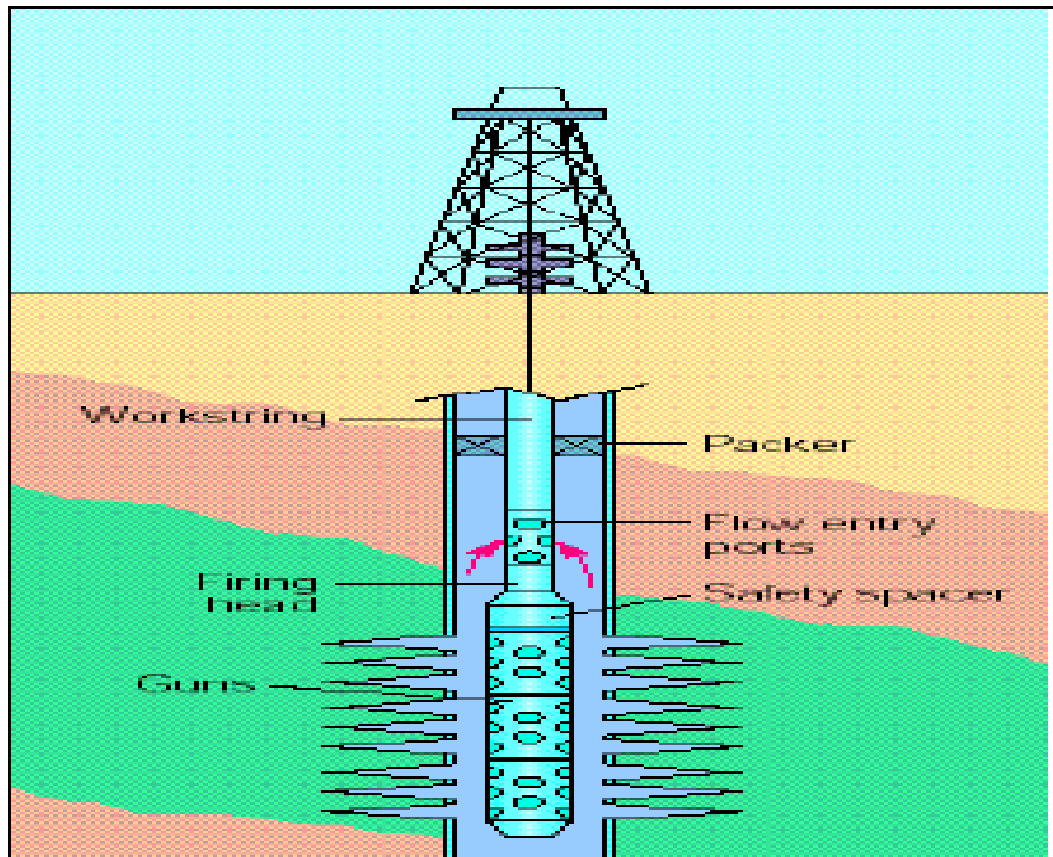


Figura 3.11 Cañoneo con TCP (Tomado de Rodríguez Díaz Johan, 2007).

3.5.2.1.-Breve Descripción del sistema TCP

Aunque varias opciones fueron realizadas para bajar los cañones de perforación dentro del pozo a través del *tubing* esto no sucedió hasta el año de 1980 cuando el extenso uso de este servicio comenzó. La técnica básica implica un ensamblaje de fondo el cual contenía un transportador de cañones a través del *casing* en forma vertical con una cabeza de disparo (ver figura 3.12).

El tope de la cabeza de disparo es usado para permitir el flujo de los fluidos del reservorio hacia el *tubing*. Una empacadura de producción es colocada por encima de la salida de los fluidos de la formación. Todo el ensamblaje es bajado dentro del pozo al final de la sarta de *tubing*. La sarta es colocada en la profundidad deseada usualmente con un detector de rayos gamma.

Después de que los cañones son posicionados, la empacadura es asentada y el pozo es alistado para la producción. Esto incluye establecer la correcta condición de bajo-balance dentro del *tubing*. Luego que los cañones son disparados, los fluidos de la formación fluyen hacia el pozo ayudando en la limpieza de las perforaciones. Dependiendo la situación los cañones serán retirados o dejados en el fondo del pozo. Algunas variaciones del procedimiento descrito anteriormente son usadas en estos días.

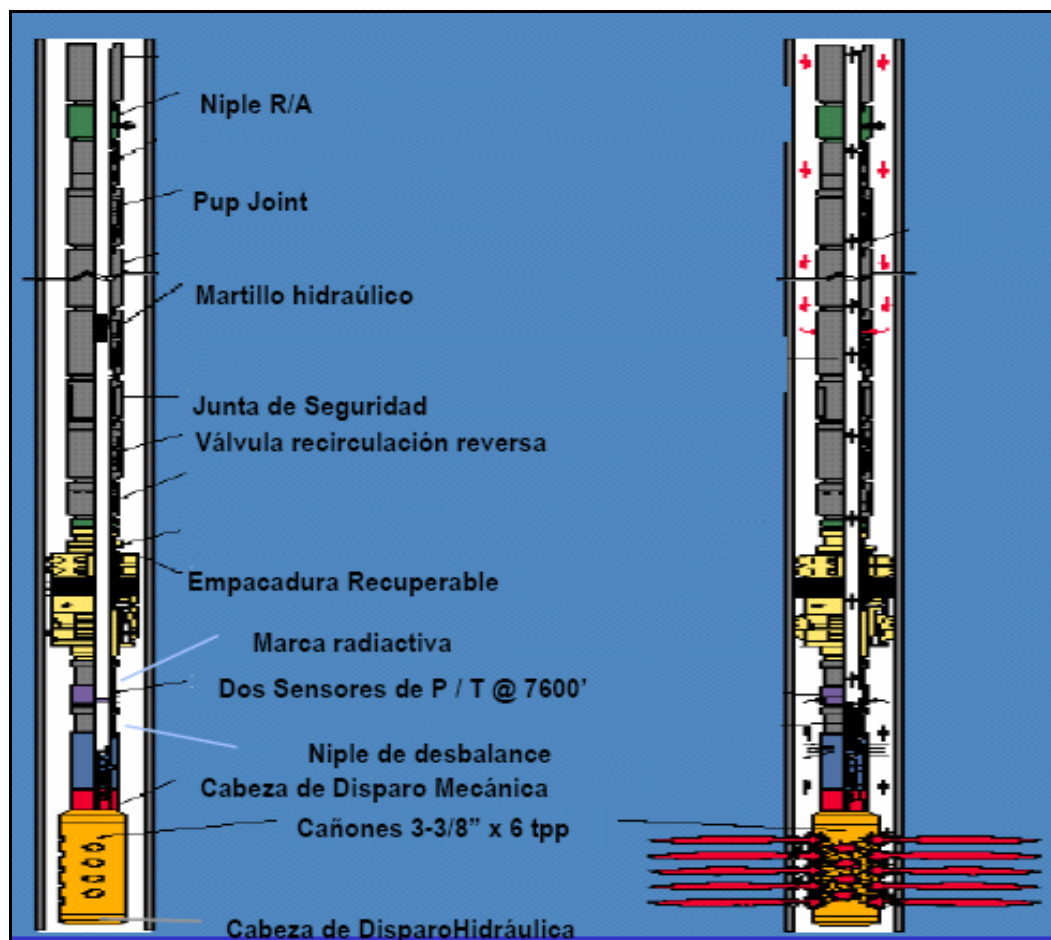


Figura 3.12 Sarta de cañoneo con TCP (Tomado de Baker Hughes, 1997).

Con este sistema se logran orificios limpios, profundos y simétricos, ya que permite utilizar cañones de mayor diámetro, cargas de alta penetración, alta densidad de disparos, sin límites en la longitud de intervalos a cañonear en un mismo viaje; todo esto combinado con un diferencial de presión óptimo a favor de la formación en condiciones dinámicas al momento mismo del cañoneo. Este

sistema permite eliminar el daño creado por la perforación, la cementación y el cañoneo, utilizando para ello la misma energía del yacimiento.

El poder combinar una buena penetración en la formación, alta densidad y fase de disparos y un diferencial de presión a favor de la formación, nos permite obtener una relación de productividad óptima (producción real vs. producción teórica), aún después de haberse taponado la mitad o las terceras partes de los orificios cañoneados.

La relación de productividad, es una función directa de la eficiencia del cañoneo, en conjunto con las características del yacimiento. En yacimientos de baja porosidad y permeabilidad esta relación se hace más importante, debido a la invasión creada por el lodo, durante la perforación.

▪ **Ventajas del sistema TCP**

Las principales ventajas de esta técnica son las siguientes:

- El pozo puede ser perforado con un gran diámetro, gran funcionamiento, alta densidad de disparo en el *casing* con la presión de pozo inferior a la presión de formación (condición de bajo-balance) permitiendo una limpieza instantánea de las perforaciones.
- El cabezal de pozo está en el sitio y la empacadura es asentada antes de que los cañones sean disparados.
- Grandes intervalos pueden ser perforados simultáneamente en un mismo viaje dentro del pozo.
- Pozos horizontales y desviados pueden ser perforados empujando los cañones dentro del pozo.

▪ Desventajas del sistema TCP

Las principales limitaciones de esta técnica son las siguientes:

- A menos que todos los cañones sean retirados del pozo es difícil confirmar si todos los cañones fueron disparados. Un sistema de detección de la efectividad de los disparos superará esta limitación.
- Los explosivos se degradan cuando están expuestos a elevadas temperaturas, reduciendo el desempeño de las cargas. Toma mucho tiempo correr la sarta de TCP en el pozo comparado con hacer la corrida mediante *Wireline*. Para compensar esto, en algunos casos explosivos menos poderosos deben ser usados en operaciones con TCP. Sin embargo, esto no es cierto, ya que debido a las temperaturas de fondo alrededor de los 200°F, la corrida con *Wireline* usa explosivos RDX debido a que su tiempo de operación es bajo y es un explosivo más barato. En el caso de TCP se usan explosivos HMX que resisten muy bien los 200°F por muchísimo tiempo sin degradarse, pero que en comparación con los RDX tienen mayor poder de explosión y por tanto, cargas de este material tienen una penetración mucho mayor.
- Las opciones de perforación con TCP son limitadas. En algunos casos no es económico realizar perforaciones con la técnica TCP.
- El posicionamiento preciso a profundidad de la sarta de cañones es más difícil en tiempo y consumo que el posicionamiento a profundidad mediante *Wireline*. Aunque esto depende, ya que usualmente los cañones con *Wireline* se los posiciona usando CCL solamente, que es la ubicación de profundidad por medio de los collares del *casing*, pero con TCP la determinación de la profundidad se hace con GR lo cual es mucho más seguro y preciso.

3.6.-Factores que afectan los resultados de los disparos

3.6.1.- Taponamiento de los disparos

El taponamiento de los disparos con residuos del recubrimiento metálico puede ser muy severo. Mediante el empleo de recubrimientos cónicos elaborados con metal pulverizado, los residuos mayores han sido eliminados en varias de las cargas especiales. Los residuos del recubrimiento también se forman, pero son acarreados al fondo del agujero en forma de partículas del tamaño de arena o más pequeñas. Las pruebas superficiales a presión atmosférica, no son confiables para evaluar este tipo de taponamiento de los disparos, debido a que los residuos frecuentemente son desviados de los disparos a la presión atmosférica.

Los disparos tienden a llenarse con roca triturada de la formación, con sólidos de lodo, y residuos de las cargas cuando se dispara en lodo. Estos tapones no son fácilmente removidos por el contra flujo. La presencia de partículas compactadas y trituradas de la formación alrededor de los disparos reduce aún más la probabilidad de limpiar los disparos. Los lodos con alta densidad mezclados con sólidos pesados, provocan la formación de tapones densos en los disparos.

Cuando se abren algunos disparos que requieren una presión diferencial baja, el flujo a través de estos disparos dificulta la creación de la mayor caída de presión requerida para abrir más disparos. En formaciones estratificadas, como las constituidas por secuencias de lutita y arena, un gran número de disparos permanecen taponados y pueden evitar que se drenen algunas zonas específicas. Cuando están taponadas o parcialmente obstruidas una o más zonas de un yacimiento estratificado, las pruebas de formación, las de producción y las mediciones del índice de productividad, pueden proporcionar una evaluación errónea sobre el daño del pozo, su productividad y su recuperación (Rodríguez Díaz Johan, 2007).

3.6.2.- Limitaciones de Presión y Temperatura

Rodríguez Díaz Johan, (2007), describe que existen especificaciones sobre las presiones y temperaturas de operación para todos los cañones. Las presiones en el fondo del pozo pueden limitar el uso de algunos cañones con cargas expuestas.

Como regla general, las cargas de alta temperatura no deben ser empleadas en pozos con un rango de temperatura entre 300-400 °F. Esta recomendación está basada en lo siguiente:

- Algunas cargas de alta temperatura proveen baja penetración.
- Son menos sensibles, lo que puede provocar un incremento en las fallas.
- Estas cargas son más costosas.
- Hay menos opción de selección.

Cuando se usan cargas de baja temperatura y se está operando en los límites máximos de operación de temperatura, las siguientes opciones pueden ser consideradas:

- Los pozos pueden ser circulados con fluidos que tengan baja temperatura, esto se realiza para bajar la temperatura de la formación y zona circundante; esto es aplicable para cañones *through tubing*, los cuales pueden ser corridos inmediatamente después de que el fluido ha sido parado.
- Si existe alguna duda en cuanto a si el límite de temperatura de los cañones puede ser alcanzado antes de disparar los cañones, los detonadores de alta temperatura pueden ser empleados en cañones equipados con cargas convencionales de baja temperatura. Esta opción prevendrá cañoneos accidentales en un intervalo erróneo, debido a la alta temperatura del fondo del pozo. Las cargas expuestas a una alta temperatura quemarán sin penetrar el *casing*, a menos que se disparen con un cañón con detonador.

3.6.3.- Costo

El precio de los disparos varía; sin embargo, generalmente los costos son inferiores cuando se usan bajas densidades de disparo. El empleo de cañones selectivos puede ahorrar un tiempo apreciable en las intervenciones en que se tienen zonas productoras separadas por intervalos no productores. El empleo de cañones que se corren a través de la tubería de producción puede frecuentemente permitir el ahorro de tiempo, si la tubería de la producción está abierta en su extremo y situada arriba de las zonas que serán disparadas. En los pozos nuevos la tubería de producción puede colocarse en unas cuantas horas después de cementar el pozo. A continuación pueden efectuarse los disparos a través de la tubería de producción sin tener un equipo en el pozo. En esta forma no se carga tiempo por equipo en la terminación de pozo.

Rodríguez Díaz Johan, (2007), sugieren algunas recomendaciones generales que indican la elección apropiada de equipos y técnicas, con respecto al balance de costos, desempeño en el cañoneo y aspectos mecánicos:

- Para minimizar el tiempo de trabajo del taladro, remover el mismo de la localización y cañonear a través de la tubería.
- Para mejor desempeño del cañoneo, se debe realizar la operación en condiciones de presión bajo balance y así lograr obtener la máxima densidad de disparos efectiva.
- Al cañonear a través de la tubería, ubicar un dispositivo de posicionamiento para asegurar el desempeño óptimo del cañón.
- Si se cañonea bajo condiciones de presión de sobrebalance, se debe evitar realizar la operación utilizando lodo, éste debe ser sustituido por salmuera o un fluido base aceite.
- Minimizar el tiempo de filtración en las perforaciones. Si el pozo no responde de la forma esperada, se debe repetir la operación a través la tubería.
- Usar cargas que tengan el diseño con mayor tecnología para así obtener perforaciones más limpias.

- El tamaño del cañón seleccionado debe ser el más grande que se pueda utilizar para el revestimiento o la tubería en particular para poder así lograr el mayor desempeño.
- Escoger el tipo de cañón que mejor satisfaga las condiciones del pozo. Se debe considerar como primera opción utilizar cañones recuperables ya que estos no dejan desperdicios en el pozo, no producen deformación o daño al revestidor, son mejores en términos de características mecánicas y ahorran tiempo.
- Se debe estar seguro que las técnicas y el equipo de control de presión en el cabezal son los apropiados en el interés de la seguridad.

Es importante que las perforaciones se ubiquen apropiadamente y se debe insistir en buenas técnicas de control de profundidad y documentación adecuada.

3.6.4.-Daños del Cemento y la Tubería de Revestimiento

Los cañones con cargador de tubo absorben la energía no empleada al detonar las cargas. Esto evita el agrietamiento de la tubería de revestimiento y elimina virtualmente que el cemento se resquebraje. Con el uso de los cañones a bala convencionales no se dañan mucho las tuberías de revestimiento. Al disparar con un claro igual a cero se tiende a eliminar las asperezas dentro de la tubería de revestimiento. Los cañones a chorro con cargas expuestas, como las de tipo encapsuladas o en tiras, pueden causar la deformación, fracturamiento y ruptura de la tubería de revestimiento, así como un notable agrietamiento del cemento. La cantidad de explosivo, el grado de adherencia de la tubería de revestimiento con el cemento, la densidad de los disparos, el diámetro de la tubería de revestimiento y la “masa resistencia” de la tubería de revestimiento, son factores que afectan el agrietamiento de las tuberías de revestimiento expuestas a disparos con cargas a chorro. La masa resistencia de la tubería de revestimiento ha sido definida como el producto del peso unitario y su resistencia hasta el punto de cedencia.

3.6.5.-Necesidad de controlar el claro de los cañones

Un claro excesivo con cualquier cañón a chorro puede ocasionar una penetración inadecuada, un agujero de tamaño inadecuado y una forma irregular de estos agujeros. Los cañones a bala deberán generalmente dispararse con un claro de 0,5 pulgadas, para evitar una pérdida apreciable en la penetración. Generalmente los cañones a chorro convencionales de diámetro grande, presentan poco problema, excepto cuando se disparan en tuberías de revestimiento de 9 5/8 pulgadas ó mayores (Rodríguez Díaz Johan, 2007).

El control del claro puede lograrse a través de resortes tipo deflectores, magnetos, y otros procedimientos. Dos magnetos, uno localizado en la parte superior y el otro en el fondo de las pistolas que se corren a través de la tubería de producción, se necesitan generalmente, para aumentar la probabilidad de obtener un claro adecuado. Dependiendo del diseño de los cañones y las cargas, generalmente se obtiene una máxima penetración y tamaño de agujero con claros de 0 a 0,5 pulgadas, cuando se usan cañones a chorro. Con algunos cañones de revestidor, se han observado cambios notables en el tamaño de los disparos al aumentar el claro de 0 a 2 pulgadas. En algunos casos la centralización de los cañones produce agujeros de tamaño más consistente y satisfactorio. Cuando los claros son mayores de 2 pulgadas, es generalmente conveniente descentralizar y orientar la dirección de los disparos de los cañones.

La centralización de los cañones no es recomendable para los cañones a chorro que se corren a través de la tubería de producción, ya que éstas están generalmente diseñadas para dispararse con un claro igual a cero. Los cañones con cargas a chorro giratorios pueden generalmente aliviar el problema del claro, cuando se corren a través de las tuberías de producción. Sin embargo, se pueden tener residuos y problemas mecánicos bastantes severos.

La distancia entre cañón y *casing* viene dado por el diámetro del cañón a usarse en determinado *casing*. Se debe tomar en consideración que al tener el mayor

diámetro de cañón se pueden ubicar dentro de éstos cargas de mayor tamaño y por lo tanto, tener mayor penetración en los disparos o mayor densidad de disparos. Por otro lado, se tienen límites en cuanto al tamaño del cañón a meter en un *casing*, ya que luego que el cañón ha sido disparado, su diámetro externo cambia y se debe tener en cuenta que si su diámetro externo aumenta demasiado, de pronto se puede quedar atorado en el fondo y sería muy difícil el pescarlo por el pequeño espacio entre el revestidor y el cañón.

3.6.6.-Medición de la profundidad

El método aceptado para asegurar un control preciso en la profundidad de los disparos consiste en correr un registro localizador de cuellos (CCL) con los cañones, y medir la profundidad de los collares que han sido localizados, respecto a las formaciones, usando registros radioactivos.

Pastillas radioactivas pueden ser insertadas dentro de la sarta de cañoneo para ayudar en la localización exacta de profundidad del cañoneo con un registro de rayos gamma. Los registros del collar pueden mostrar viejas penetraciones hechas con cargas expuestas, éstas se muestran a manera de hinchamientos o abultamientos en el revestidor debido a la detonación de las cargas.

3.6.7.-Penetración contra tamaño del agujero.

Al diseñar cualquier carga moldeada puede obtenerse una mayor penetración sacrificando el tamaño del agujero. Debido a que una máxima penetración parece ser más importante, con fundamento en los cálculos teóricos de flujo, se han solicitado frecuentemente a la industria petrolera, y se han recibido a menudo, cargas de mayor penetración sacrificando el tamaño del agujero. Cuando se perforan tuberías de revestimiento de alta resistencia y de pared gruesa, o formaciones densas de alta resistencia, probablemente se requiera una penetración máxima aún cuando el tamaño del agujero sea reducido hasta 0,4 pulgadas.

Sin embargo, en situaciones normales, debido a la dificultad en remover el lodo, los residuos de las cargas, la arena y las partículas calcáreas de un orificio, deberán normalmente tener un diámetro mínimo de entrada de 0,5 pulgadas, con un agujero liso y de tamaño uniforme de máxima penetración (Rodríguez Díaz Johan, 2007).

3.6.8.-Efecto de usar fluidos limpios

La productividad del pozo, en todos los pozos de arena y carbonato, será maximizada por el cañoneo en aceite o salmuera limpios con una presión diferencial a favor de la formación, además, es necesario tener un período de limpieza en los cañoneos. Si el pozo está cerrado hay que recuperar los cañones antes de completar la limpieza de todos los cañoneos; muchos túneles podrán permanecer taponados debido a un asentamiento de sólidos en el pozo durante el período de cierre.

3.6.9.-Efecto de la resistencia a la compresión

La penetración y tamaño del hueco hechos por los cañones son reducidos cuando aumenta la resistencia de compresión del revestidor, cemento y roca de formación.

3.6.10.- Efecto de la presión diferencial

Cuando se dispara en lodo, con una presión diferencial hacia la formación, los disparos se llenan con partículas sólidas de lodo de la formación y residuos de las cargas. Los tapones del lodo son difíciles de remover, produciendo en algunos disparos un taponamiento permanente y reduciendo la productividad del pozo.

Aún cuando se dispare en fluidos limpios tales como aceite o agua que tienen altos ritmos de filtrado, las partículas procedentes de las arcillas, residuos de las cargas, o de otro tipo, pueden originar algún taponamiento de los disparos y un daño profundo en la formación. Las formaciones con permeabilidad de 250 md o

mayores, permiten que las partículas de tamaño de las arcillas se desplacen hacia los poros de la formación o por las fracturas ocasionando un daño muy severo.

Cuando los disparos se efectúan con una presión diferencial desde el pozo y con fluidos limpios, se ayuda a obtener una buena limpieza de los disparos. Este es el método preferido de areniscas y carbonatadas.

3.7.-Factores que afectan la productividad de un pozo.

El índice de productividad permite evaluar la potencialidad de un pozo, y se define como el volumen de fluido producido, por unidad de caída de presión entre el yacimiento y el pozo.

Los principales factores que afectan la productividad del pozo son:

- a) Factores geométricos del disparo.
- b) Presión diferencial al momento del disparo.
- c) Efecto del Daño.

Como se puede observar, los dos primeros factores que afectan la productividad pueden ser controlados durante el diseño del disparo. Por lo tanto, con el análisis de las condiciones del pozo y la selección del sistema de disparo adecuado, es posible obtener la máxima producción del pozo.

a) Factores Geométricos del disparo

La geometría de los agujeros hechos por las cargas explosivas en la formación influye en la Relación de Productividad del pozo y está definida por los Factores Geométricos que se pueden visualizar en la figura 3.13. Estos determinan la eficiencia del flujo en un pozo cañoneado y son:

- Penetración.
- Diámetro del agujero (del disparo).
- Densidad de cargas.
- Fase angular entre perforaciones.

Otros factores geométricos que pueden ser importantes en casos especiales son: Penetración parcial, desviación del pozo y radio de drenaje.

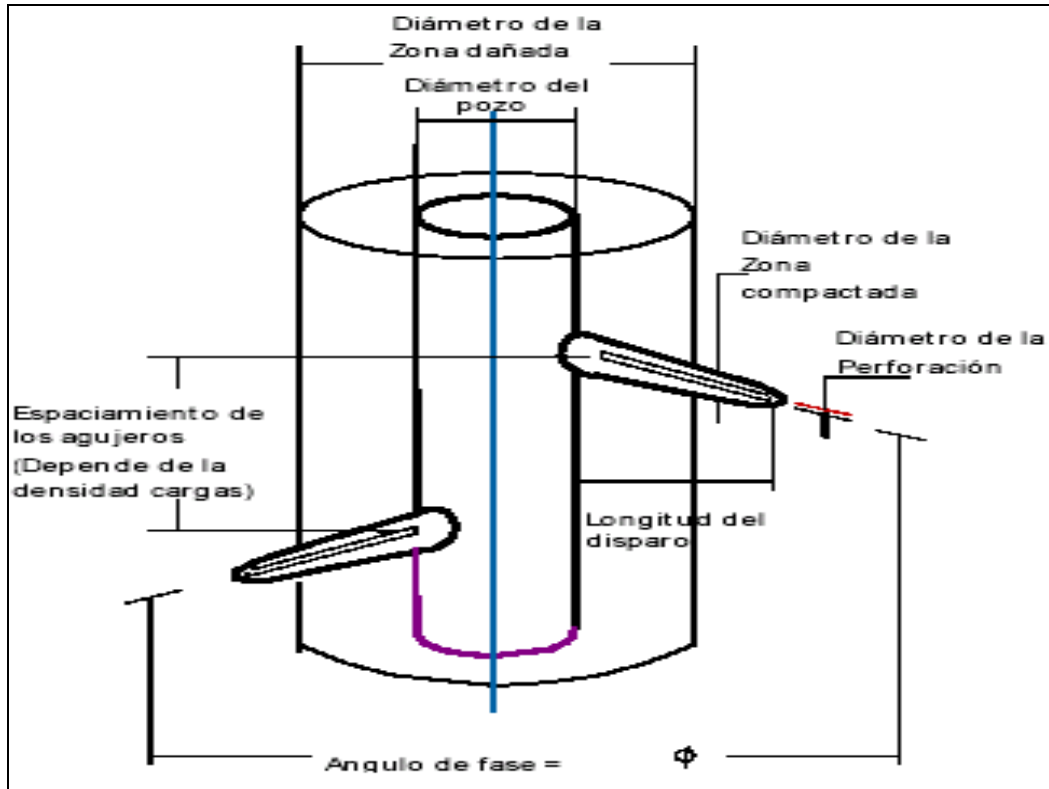


Figura 3.13.- Factores geométricos del sistema de disparo (Tomado de Rodríguez Díaz Johan, 2007).

✓ Penetración de las cargas huecas en la formación

Cuando las cargas huecas penetran en la formación deben realizar orificios que sobrepasen los daños producidos por las mechas y los fluidos de perforación, si esto sucediera así, se lograría tener contacto con la formación que no ha sido agredida o dañada, lo cual permite un mejor paso de los fluidos ya sea hacia la formación o desde la formación.

En principio pareciera lógico buscar la mayor penetración posible y en la mayoría de los casos es así, pero existen formaciones que por sus características o por problemas que presenten, requieren mayor diámetro de la perforación. Aún cuando se sacrifique longitud por diámetro de la penetración, elegir la penetración

deseada requiere de un análisis un poco más allá que buscar la máxima penetración.

También es conveniente destacar que al final de las perforaciones y los trabajos que deban efectuarse, lo que se desea es una mayor área de flujo para que pueda circular mayor fluido.

✓ **Diámetro a la entrada de la perforación.**

Cuando el chorro entra en el revestimiento rumbo a la formación crea una perforación circular. El diámetro de este agujero en el revestimiento es el diámetro de la perforación. Las cargas (BH) crean diámetros de perforación mayores que las (DP), esto hace que los trabajos de fracturamiento o los empaques con grava resulten más exitosos.

✓ **Densidad de Disparo.**

La densidad de disparo de un cañón de perforación es el número de hoyos que se hace por cada pie, esto es el número de cargas por unidad de longitud y se llama normalmente Tiros Por Pie (TPP). La cantidad de TPP es escogido según en el grado de producción que se espera.

La densidad de disparo es muy importante a la hora de lograr la productividad en formaciones muy anisotrópicas o laminadas. Los cañones de alta densidad de disparo se están utilizando en formaciones de poca productividad, con el objeto de simular el hoyo desnudo y fomentar un flujo regulado al pozo, así como para mejores resultados en pozos que tengan que ser sometidos a constantes cambios en la dirección del flujo, tal es el caso de lavados, inyección de vapor y respuesta en producción.

Un factor que debe tomarse en cuenta al elegir densidades de disparo es la resistencia al colapso de un revestimiento, ya que esto puede ocasionar resultados no deseados.

✓ **Dirección del Disparo (Fase).**

El ángulo medido en entre las cargas disparadas es definido como fase. Estas fases son normalmente 0° , 45° , 60° , 90° y 120° como se muestra en la Figura 3.14. Pero en el mercado existen fases especiales como las de ± 10 las cuales son seleccionadas en caso que la operación de cañoneo lo amerite. Estos cañones con fase especial deben ser orientados o alineados de la manera apropiada y con las herramientas adecuadas para que puedan perforar el revestimiento de la manera esperada.

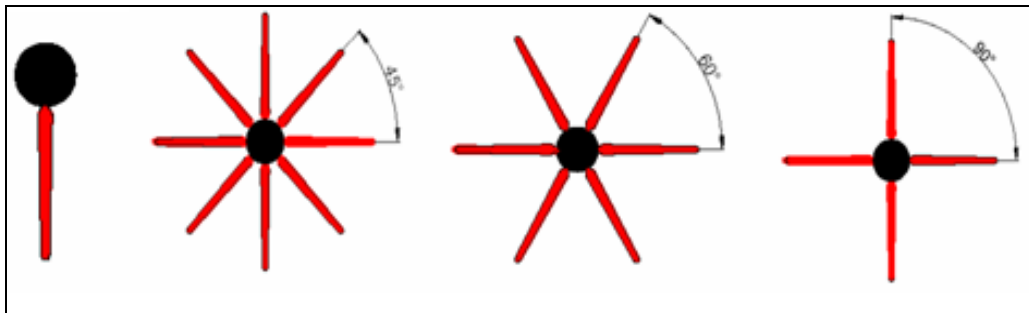


Figura 3.14.- Dirección de disparos (Tomado de Anaya O. Alfimar G. y Millán. Reyinson M, 2006)

b) Presión diferencial al momento del disparo.

El modo en que el pozo es terminado ejerce una gran influencia en su productividad. Existen dos técnicas que pueden aplicarse durante la ejecución de los disparos:

- Sobre – balance

Presión hidrostática > Presión de la formación

- Bajo – balance

Presión hidrostática < Presión de la formación

El objetivo de una terminación sobre-balanceada (ver figura 3.15) es fracturar la formación al momento del disparo, sin embargo, si la presión no es alcanzada después del disparo y antes de que fluya el pozo, se forman tapones con los residuos de las cargas.

Después de dejar fluir el pozo, es posible que aun se tenga una perforación parcialmente taponada y una zona compactada de baja permeabilidad.

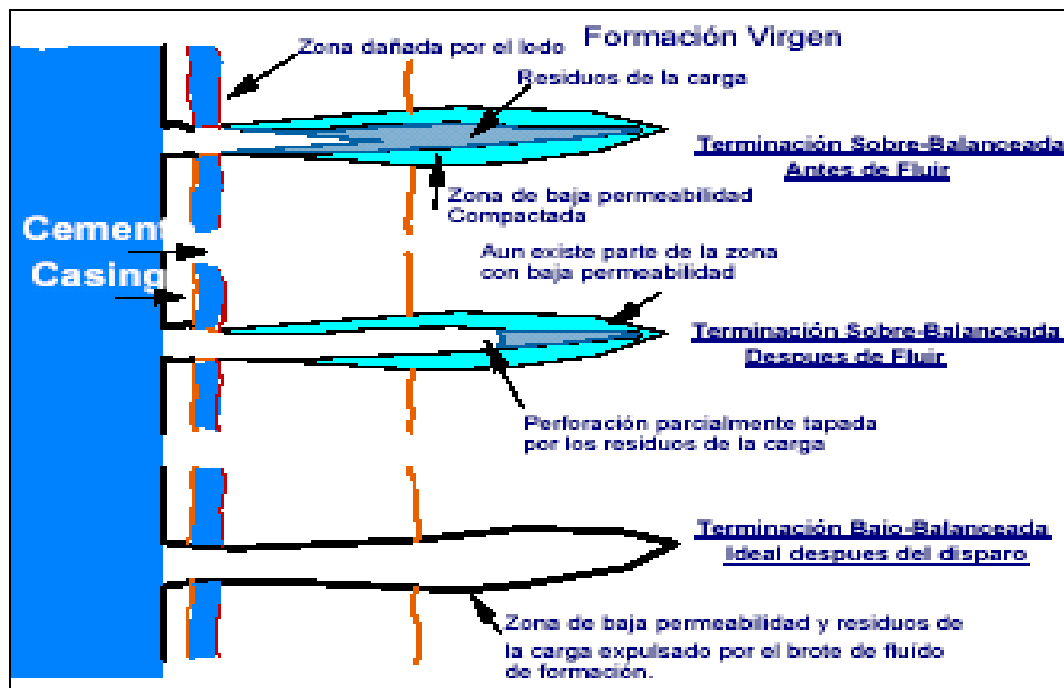


Figura 3.15 Efecto de la presión diferencial previa al disparo (Tomado de Rodríguez Díaz Johan, 2007).

Cuando se tiene una terminación diferencial bajo-balanceada, los residuos de las cargas y la zona comprimida podrían ser expulsados por la acción del brote de fluido de terminación.

Disparar el pozo con una presión diferencial a favor de la formación es recomendable para obtener la limpieza de los agujeros. Sin embargo, usar presiones diferenciales muy altas es inadecuado, ya que arriba de cierto valor no se obtiene ninguna mejora en el proceso de limpiado. Una presión diferencial excesiva puede provocar arenamiento o aporte de finos de formación que impedirán el flujo a través de la perforación, o un colapso de la tubería de revestimiento.

Debido a lo antes mencionado, para calcular la presión diferencial a establecer durante el disparo se deberán considerar los siguientes factores:

- Grado de consolidación de la formación.
- Permeabilidad de la formación.
- Fluido en los poros.
- Presión de colapso de las tuberías y equipo.
- Grado de invasión del fluido de perforación.
- Tipo de cemento.

La magnitud de la presión diferencial negativa dependerá básicamente de dos factores:

- La permeabilidad de la formación.
- El tipo de fluido.

c) Efectos del daño producido por el proceso de cañoneo

La reducción de la permeabilidad que se produce alrededor de un pozo se denomina daño, la cual es una representación adimensional de la caída de presión que ocurre a través de la zona cercana a la cara de la formación y que obedece al paso de fluidos a través de una zona dañada cercana al pozo. El daño lo constituye cualquier restricción al flujo en la vecindad del pozo. Este valor puede ser determinado a través de una prueba de restauración de presión y el mismo es

consecuencia de la invasión de fluidos, que ocurre durante las operaciones de perforación y terminación del pozo.

✓ **Daño a la formación.**

Es el daño causado durante las operaciones de perforación, terminación, reacondicionamiento, producción o inyección (ver figura 3.16). Los movimientos hacia afuera o adentro de la formación puede causar daño en los canales de flujo, especialmente los tipos de daños causados por sólidos de cemento prelavado, residuos de carga durante el cañoneo, y sólidos de fluidos de terminación, bloques de emulsión, precipitados de acidificaciones, residuos de material de fractura, parafinas, asfaltos, costras y otros sólidos.

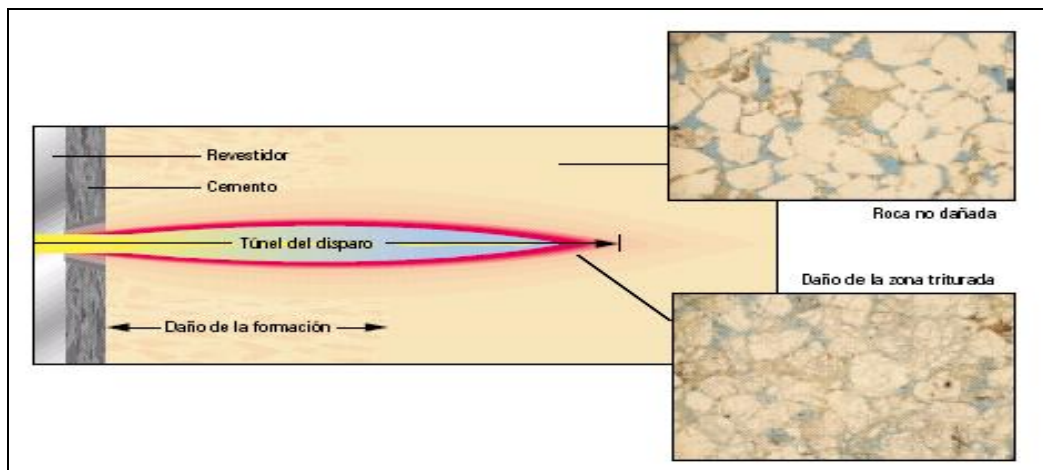


Figura 3.16.- Daño producido a la formación por los Disparos (Tomado de Schlumberger, 1995).

✓ **Daño producido por el proceso de cañoneo**

El patrón de cañoneo y la penetración afecta la productividad de un pozo. De penetrar el chorro a la formación se produce desplazamiento y compactación de la formación en la cercanía de la zona cañoneada lo cual altera la permeabilidad de esa zona. Además, la cavidad creada por el cañoneo se llena de material de la formación y de restos de explosivos pulverizados. Este material es usualmente removido, mediante el lavado de las perforaciones hasta recuperar el flujo original (Schlumberger, 1995).

Es recomendable que las perforaciones se dejen fluir hasta tener una capacidad de flujo máximo, por lo tanto, si se intenta lavar las perforaciones antes de que eso ocurra, se puede reducir la capacidad de flujo posterior, ya que las partículas finas pueden taponar los poros, idealmente después del cañoneo el pozo se debe poner a producir, después el período de limpieza de las perforaciones con fluidos limpios.

El impacto que sobre la roca produce el cañón al ser disparado hacia la formación resulta en un choque de presiones de 150.000 lpc en la entrada del túnel hasta 1.500.000 lpc en el límite de las perforaciones, la cual desintegra la roca adyacente, fractura los granos de arena y quiebra la cementación intergranular (Schlumberger, 1995).

- **Tipos de daños.**

Desde el punto de vista de limpieza, el daño total después de la perforación puede ser subdividido en 2 renglones:

a.- **El daño que está inicialmente presente:** Las partículas cuyo diámetro es mucho más pequeño que el diámetro de los canales del medio poroso y la invasión del filtrado entra en esta categoría.

b.- **El daño que está firmemente alojado que requiere gradientes de presión y velocidades de flujo extremadamente grandes para su remoción:** Las partículas cuyo diámetro es comparable al diámetro de los canales del medio poroso, residuos metálicos alojados firmemente en el túnel de la perforación y partículas adheridas por fuerzas capilares y electrostáticas son las causas de este tipo de daño.

3.8.-Cálculo del Efecto del Daño causado por el Cañoneo

Guerra & Paz (2006), describen un mecanismo utilizado para estimar el efecto del cañoneo sobre la producción de un pozo, es la introducción del efecto del daño

causado por el cañoneo, S_p , en la ecuación de producción de un pozo, por ejemplo, la ecuación para estado estable queda:

$$q = \frac{k h (P_e - P_{wf})}{141.2 \beta \mu \left(\ln \frac{r_e}{r_w} + S_p \right)} \quad (3.1)$$

Donde:

- q : tasa de producción, BNPD.
- k : permeabilidad, md.
- h : espesor de estrato productor, pies.
- P_e : presión de yacimiento, lpc.
- P_{wf} : presión de fondo fluyente, lpc.
- β : factor volumétrico del petróleo, BY/BN.
- μ : viscosidad del petróleo. cp.
- r_e : radio de drenaje del yacimiento, pies.
- r_w : radio del pozo, pies.
- S_p : efecto del daño causado por el cañoneo, adimensional.

La solución semi-analítica para el cálculo del efecto del daño causado por el cañoneo, se divide en varios componentes; el efecto de flujo horizontal, S_H ; el efecto vertical convergente, S_V ; y el efecto del pozo, S_{wb} . El efecto del daño total causado por el cañoneo va a ser entonces,

$$S_p = S_H + S_V + S_{wb} \quad (3.2)$$

El método para estimar estos componentes de la ecuación (3.2) son:

Cálculo de S_H :

$$S_H = \ln \frac{r_w}{r'_w} \quad (3.3)$$

Donde:

$r'_w(\theta)$: radio efectivo del pozo, función del ángulo de fase θ .

$$r'_w(\theta) = \begin{cases} \frac{l_{perf}}{4} & \text{para } \theta = 0 \\ a_\theta (r_w + l_{perf}) & \text{para } \theta \neq 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

La constante a_θ depende del ángulo de fase y se puede obtener de la tabla 3.2.

Este efecto de daño es negativo, a menos que $\theta = 0$, sin embargo, su contribución total es pequeña normalmente.

Cálculo de S_V :

Para obtener S_V , primero se deben calcular dos variables adimensionales,

$$h_D = \frac{h_{perf}}{l_{perf}} \sqrt{\frac{k_H}{k_V}} \quad (3.5)$$

Donde:

k_H : permeabilidad horizontal, md.

k_V : permeabilidad vertical, md.

h_{perf} : altura de la perforación, pulg.

l_{perf} : longitud de perforación, pulg.

h_D : altura, adimensional.

$$r_D = \frac{r_{perf}}{2h_{perf}} \left(1 + \sqrt{\frac{k_V}{k_H}} \right) \quad (3.6)$$

Donde:

r_D : radio, adimensional

El pseudo daño vertical es entonces,

$$S_V = 10^a h_D^{b-1} r_D^b \quad (3.7)$$

con

$$a = a_1 \text{Log } r_D + a_2 \quad (3.8)$$

y

$$b = b_1 r_D + b_2 \quad (3.9)$$

Donde:

a_1 , a_2 , b_1 , y b_2 : constantes que son función del ángulo de fase del cañoneo.

Estas constantes se obtienen de la tabla 3.2. El efecto de daño vertical, S_V , es potencialmente el contribuidor al S_p ; para pequeñas densidades de cañoneo, es decir, con gran h_{perf} , S_V puede ser muy grande.

Cálculo de S_{wb} :

Para el cálculo de S_{wb} , primero se determina una variable adimensional,

$$r_{wD} = \frac{r_w}{I_{perf} + r_w} \quad (3.10)$$

por último,

$$S_{wb} = c_1 e^{c_2 r_{wD}} \quad (3.11)$$

Donde las constantes c_1 y c_2 también se pueden obtener de la tabla 3.2.

Tabla 3.2.- Constantes para el Cálculo del Efecto *Skin* para Cañoneo (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

Fase	a_0	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2
0°	0,250	-2,091	0,0453	5,1313	1,8672	$1,6E^{-1}$	2,675
(360°)	0,250	-2,091	0,0453	5,1313	1,8672	$1,6E^{-1}$	2,675
180°	0,500	-2,025	0,0943	3,0373	1,8115	$2,6E^{-2}$	4,532
120°	0,648	-2,018	0,0634	1,6136	1,7770	$6,6E^{-3}$	5,320
90°	0,726	-1,905	0,1038	1,5674	1,6935	$1,9E^{-3}$	6,155
60°	0,813	-1,898	0,1023	1,3654	1,6490	$3,0E^{-4}$	7,509
45°	0,860	-1,788	0,2398	1,1915	1,6392	$4,6E^{-5}$	8,791

3.9.-Diseño Analítico de un Cañoneo Óptimo

Guerra & Paz (2006), describen que para determinar el método mediante el cual se va a realizar el cañoneo en un pozo, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Determinar el tipo de formación:

Para usar un diferencial de presión apropiado, necesario para eliminar el daño total en el momento del cañoneo, conviene definir primero que se entiende por formación consolidada y por formación no consolidada.

➤ **Consolidada** ($< 100\mu s / pie$; $> 2,4$ grs/cc densidad de lutita).

Se define a una formación consolidada cuando los granos de arena están cementados o compactados lo suficiente como para que queden intactos y no fluyan, aún en el caso de que haya flujo turbulento de fluido en sus espacios porosos. El grado de consolidación de una arenisca se identifica usando los registros sínicos y densidad. Se identifica a las formaciones consolidadas por sus lutitas adyacentes (encima o debajo), que están compactadas de tal manera, que el tiempo de tránsito del registro sínico en ellas es de $100 \mu s / pie$ o menos. Las compañías petroleras y de registro más importantes han podido comprobar que las

areniscas cuyas lutitas adyacentes tienen un tiempo de tránsito de 100 $\mu\text{seg/ pie}$ o menos están lo suficientemente consolidadas, para que su registro pueda usarse y obtener valores de porosidad sin que haga falta usar la corrección por compactación.

➤ **No Consolidada** ($>100\mu\text{s/ pie}$; $< 2,4 \text{ grs/cc}$ densidad de lutita).

Se define una formación como no consolidada cuando las lutitas adyacentes tienen un tiempo de tránsito en el registro sónico mayor a 100 $\mu\text{seg/ pie}$.

2. Determinar la permeabilidad. Existen varias metodologías para hallar la permeabilidad. Una de ellas es usando la correlación de Timur (ecuación 3.12).

$$k = 0,136 \left(\frac{\phi^{4,4}}{S_{wf}^2} \right) \quad (3.12)$$

Donde:

k : permeabilidad, md.

ϕ : porosidad, %.

S_{wf} : saturación del frente de agua, %.

3. Determinar el mínimo desbalance para superar el factor de daño,

$$U_m = \frac{3500}{k^{0,37}} \quad (\text{petróleo}) \quad (3.13)$$

$$U_m = \frac{2500}{k^{0,17}} \quad (\text{gas}) \quad (3.14)$$

Donde:

U_m : mínimo desbalance, lpc.

k : permeabilidad, md.

4. **Determinar el máximo desbalance seguro (UM).** Se toma de la lectura del tiempo de tránsito del registro sónico de una lutita adyacente a la arena, o la densidad de lutita según el caso y se utilizan las figuras 3.17 y figura 3.18.

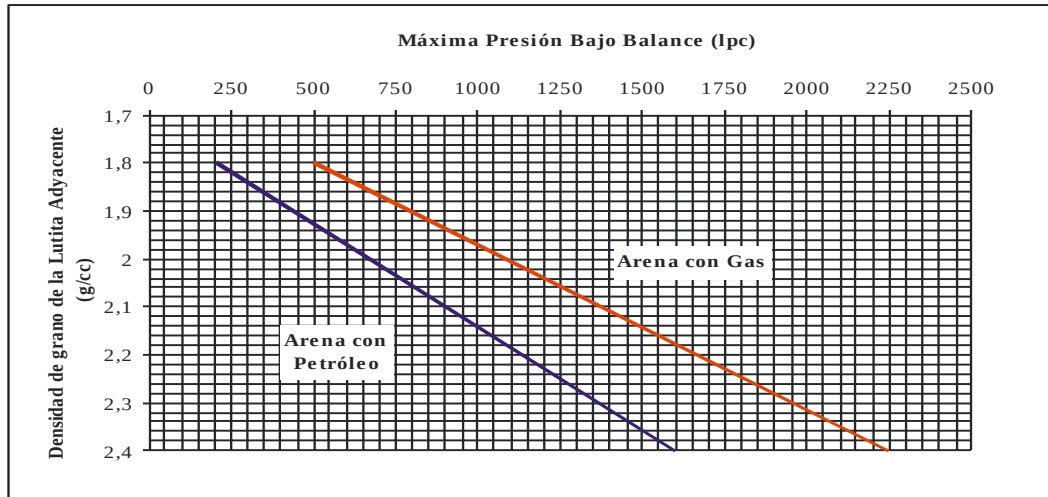


Figura 3.17.- Máxima Presión (UM) para Cañoneo Bajo Balance (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

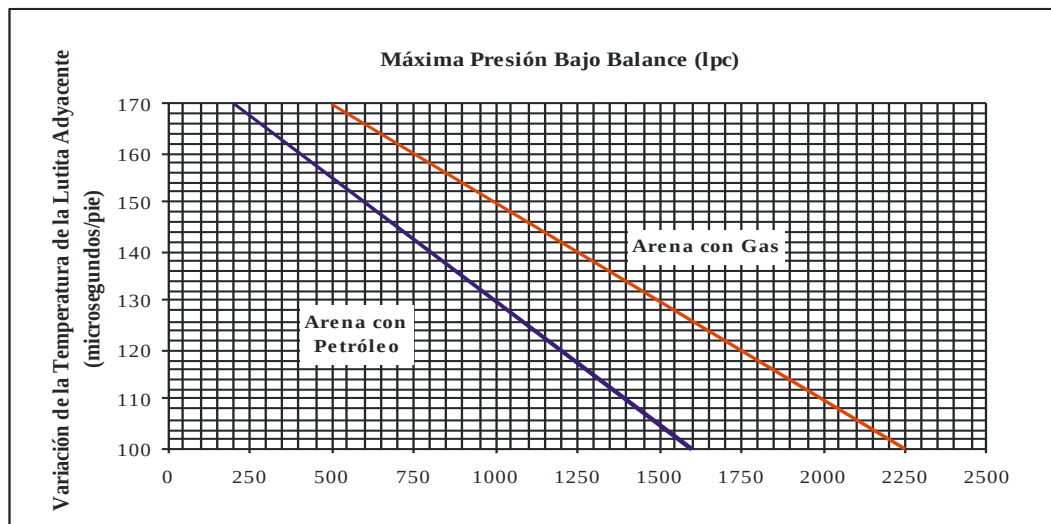


Figura 3.18.- Máxima Presión (UM) para Cañoneo Bajo Balance (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

5. **Calcular el promedio entre U_m y el UM,**

$$U_{prom} = \frac{U_m + UM}{2} \quad (3.15)$$

Donde:

U_{prom} : promedio entre mínimo y máximo desbalance, lpc.

U_m : mínimo desbalance, lpc.

UM : máximo desbalance, lpc.

6. **Si hay poca invasión o la lechada de cemento es de bajo filtrado, se debe utilizar un valor entre el mínimo y el promedio.** En caso contrario se debe utilizar un valor entre el promedio y el máximo.

$$U = \frac{U_m + U_{prom}}{2} \quad \text{ó} \quad U = \frac{UM + U_{prom}}{2} \quad (3.16)$$

7. **Determinar la longitud estimada de penetración.** En la industria del petróleo Thompson (1962) fue el primero en publicar datos, mostrando que la penetración de las cargas decrecía a medida que la fuerza compresiva de la formación incrementaba. Sus datos se correlacionaron en la expresión semi-logarítmica:

$$Ln l_{perf} = Ln l_{ps} + 0,086 (C_1 - C_2) \times 10^{-3} \quad (3.17)$$

Donde:

l_{perf} : longitud de cañoneo, pulg.

l_{ps} : longitud de la muestra de la prueba, pulg.

C_1 : resistencia compresiva de la prueba (ver tabla 3.3), lpc.

C_2 : resistencia compresiva de la formación, lpc.

Tabla 3.3.- Resistencias Compresivas de Materiales (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

Muestra	Resistencia compresiva C_1 (lpc)	Esfuerzo efectivo (lpc)	Penetración (pulg.)
Concreto	6600	0	15,49
Arenisca Berea	7000	100	10,25
Arenisca Berea	7000	1500	9,21
Arenisca Nugget	13.000	100	6,68

El trabajo de Thompson fue luego expandido por Behrmann y Halleck (1988), donde confirmaron sus conclusiones y también notaron que las diferencias de penetración en varias muestras fueron no solo; en función de la fuerza compresiva, sino también del tipo de muestra (Concreto o Berea) y el diseño de la carga (ecuación 3.18 y figura 3.19).

Para la penetración de formaciones, no solamente es importante la fuerza de compresión sino también el desgaste efectivo de las mismas, el cual es igual a la sobrecarga de desgaste menos la presión de poro. Este “desgaste efectivo” actúa para hacer la roca más fuerte y en consecuencia más resistente a la penetración. El trabajo hecho por Saucier y Lands (1978) mostró que la penetración decrecía incrementando el desgaste efectivo in-situ, de una meseta de 5000 a 6000 lpc.

Los modelos de penetración fueron refinados, más aún, cuando se descubrió que los efectos de compresibilidad deben ser considerados cuando se está prediciendo la penetración en muestras porosas, tales como formaciones de rocas. Más allá, aún si el chorro posee una velocidad mayor que la velocidad del sonido en la muestra, es posible que ocurran descargas localizadas durante el proceso de penetración, reduciendo la penetración. Regalbuto (1988) propuso un método simple, usando la velocidad del sonido en la masa de la muestra, la compresibilidad y los efectos de descargas.

Un trabajo posterior de Halleck (1991) usó el modulo de masa para medir la compresibilidad y encontrar que la penetración decrece cuando se incrementa el modulo de masa.

En resumen, muchos factores son conocidos para reducir la penetración del chorro en formaciones de rocas, bajo condiciones de subsuelo, cuando se comparan con las penetraciones obtenidas en muestras de concreto.

Finalmente, Ott (1994), propuso un modelo para predecir la longitud de penetración en formaciones, basado en la longitud de penetración de tiros de

prueba en concreto. El método es simple y usado en muchos programas de análisis nodales populares.

ECUACIÓN DE THOMPSON (Tomado de CorelLab. Owen Tools)

$$\text{Comp}_{\text{Formación}} = 28510 - (1023,3 \times \text{POR}) \quad (3.18)$$

Donde:

$\text{Comp}_{\text{Formación}}$ = fuerza de compresión de la formación [lpc]

POR = porosidad de la formación [%]

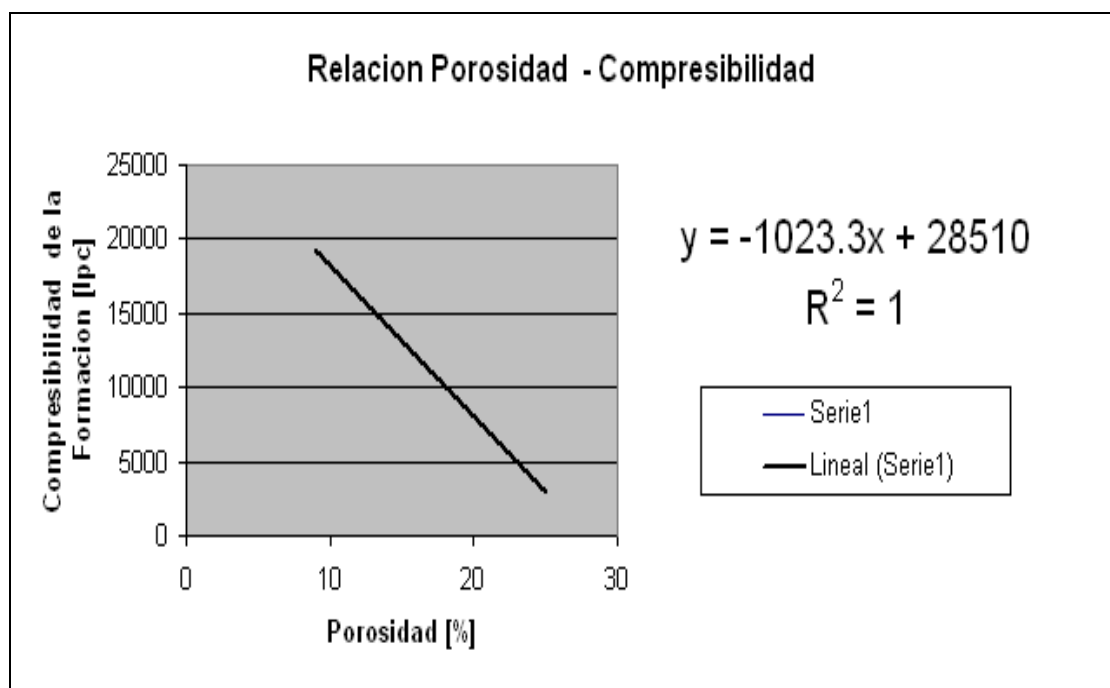


Figura 3.19.- Gráfico de Relación Porosidad – Compresibilidad de la formación (Tomado de Anaya O. Alfimar G. y Millan. Reyinson M, 2006)

8. Determinar la densidad aproximada de cañoneo, usando figura 3.20.

Para completación simples se utiliza de 2 a 3 veces la densidad de cañoneo encontrada, para empaques con grava se utiliza de 3 a 5.

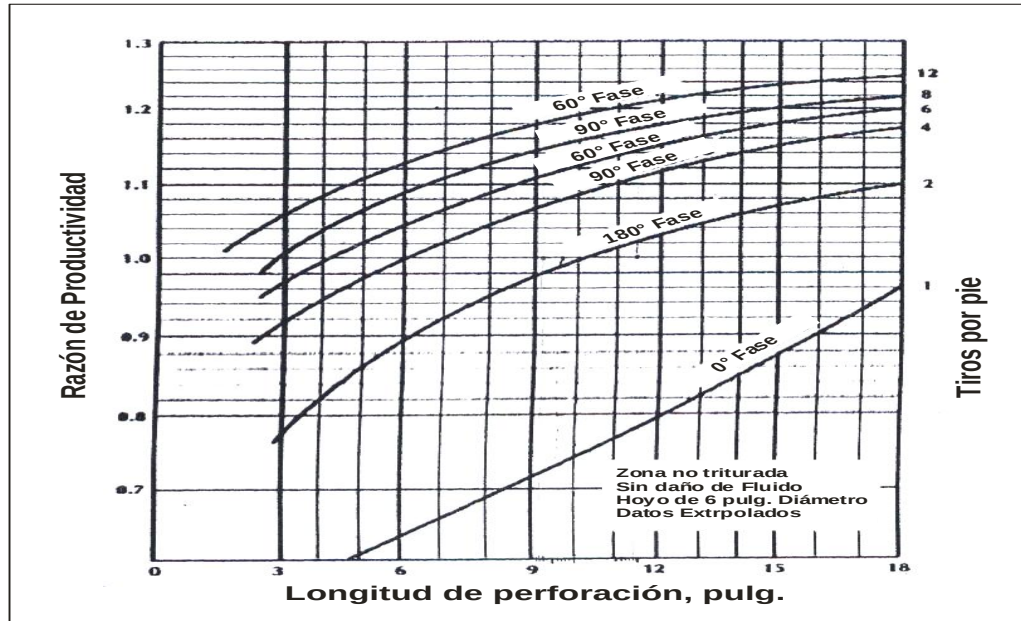


Figura 3.20.- Densidad de Cañoneo (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

9. Determinar el tipo de explosivo de acuerdo a la temperatura usando la figura 3.21.

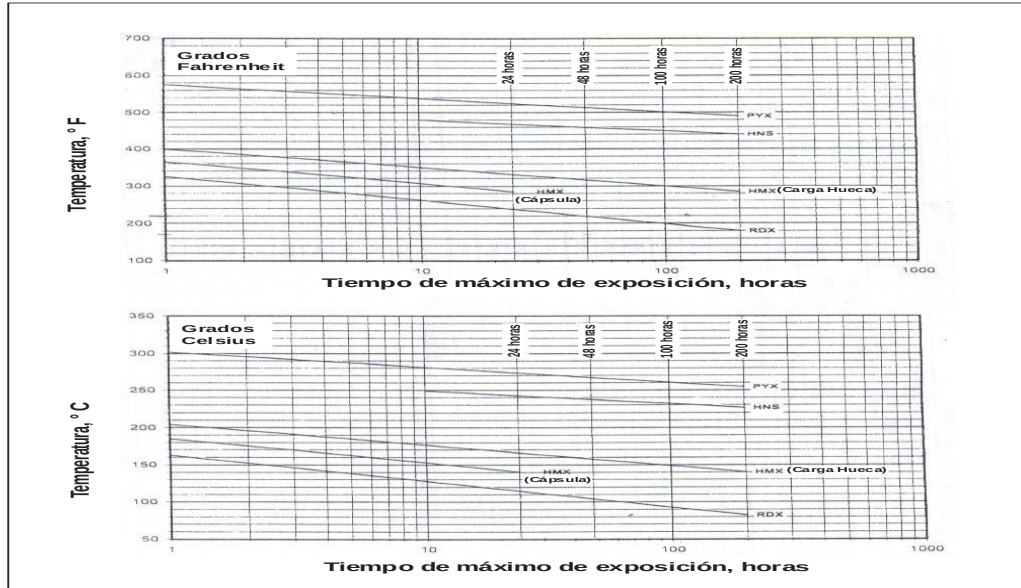


Figura 3.21.- Rangos de Temperaturas para los Explosivos (Tomado de Guerra & Paz, 2006)

10. Seleccionar el tipo de cañón apropiado, usando el listado de los cañones suministrados por la compañía de servicios (ver Apéndice).

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo se desarrolló en siete (VII) Fases como se muestra en la siguiente figura (Figura 4.1):

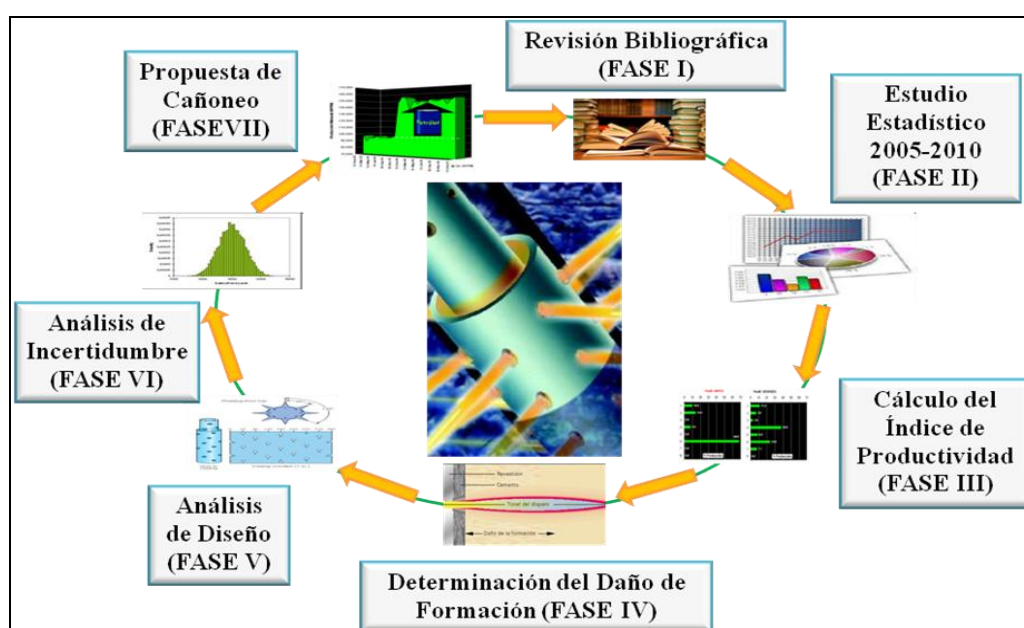


Figura 4.1. Diagrama de las Fases ejecutadas durante de la Investigación

Cada una de las fases que se llevaron a cabo para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la presente investigación se describen a continuación:

➤ **Fase 1: Revisión Bibliográfica**

Esta fase consistió en revisar todo lo referente al proceso de cañoneo en pozos productores de petróleo e igualmente analizar trabajos previos realizados acerca del tema a nivel mundial.

➤ **Fase 2: Elaboración de Estadística de Cañoneo para el Período 2005 – 2010**

Esta fase consistió en recopilar de la carpeta de los pozos la información referente a la configuración y tipo de cañones utilizados en el período 2005-2010 de los pozos cañoneados en la Formación Gobernador, Arena “A/B” y Formación Escandalosa, Arena “P” en los Campos Hato-Sinco y Borburata. Posteriormente, se creó una base de datos con la información recopilada. Finalmente, se realizó la estadística del tipo y configuración de los cañones utilizados en el período de tiempo descrito.

Para el estudio se tomaron en consideración las siguientes variables:

- Intervalo cañoneado.
- Tipo de cañoneo.
- Configuración del cañoneo (densidad de tiro, tipo de carga, orientación y dimensiones).
- Tipo de fluido de control.
- Parámetros de la evaluación con suabo y/o flujo natural posterior al cañoneo.
- Tiempos totales empleados con cada una de las técnicas en estudio.
- Costos del cañoneo en los informes post-mortem de los trabajos de RA/Rc y/o C.O.
- Tipo de lodo y densidad utilizada durante la perforación de dichos pozos.

En la Tabla 4.1 se muestra cada uno de los cañoneos realizados en los pozos del Campo HATO-SINCO que se estudiaron.

Tabla 4.1.- Total de Cañoneos estudiados en el Campo HATO- SINCO

POZO	Fecha del Cañoneo	CAMPO HATO- SINCO		
		YACIMIENTO	CO ó RA/RC	FORMACIÓN
SIN-61	21/10/2005	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-89	05/01/2006	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SHW-12	20/05/2006	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-39	15/06/2006	P SIN03	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-90	15/08/2006	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-91	16/09/2006	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-92	25/01/2007	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-92	05/03/2007	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-61	20/03/2007	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-93	03/04/2007	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-94	14/05/2007	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SIN-96	13/09/2007	P SIN03	CO	ESCANDALOSA
SHW-7	03/11/2007	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-95	24/12/2007	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SHW-6	21/01/2008	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-89	28/06/2008	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-77	14/11/2008	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SHW-16	19/01/2009	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SHW-16	01/03/2009	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-98	02/03/2009	P SIN03	CO	ESCANDALOSA
SIN-33	23/03/2009	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-92	10/04/2009	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SHW-4	06/05/2009	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SIN-100	30/09/2009	P SIN03	CO	ESCANDALOSA
SIN-101	16/01/2010	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
SHW-6	27/02/2010	P SIN01	RA/RC	ESCANDALOSA
SHW-17	22/12/2010	P SIN01	CO	ESCANDALOSA
13H-103	19/03/2005	AB SIN1	RA/RC	GOBERNADOR
SIN-19	03/04/2006	A/B SIN 2	RA/RC	GOBERNADOR
SIN-99	20/06/2009	A/B SIN04	CO	GOBERNADOR
SIN-99	22/06/2009	A/B SIN04	RA/RC	GOBERNADOR
SHW-16	19/10/2010	AB SIN1	RA/RC	GOBERNADOR

(Tomado de la carpeta de cada uno de los pozos)

De igual manera se presenta el listado de cañoneos en estudio para el Campo BORBURATA (Tabla 4.2).

Tabla 4.2.-Total de cañoneos estudiados del Campo BORBURATA

POZO	Fecha del Cañoneo	CAMPO BORBURATA		
		YACIMIENTO	CO ó RA/RC	FORMACIÓN
BOR-23	06/09/2005	P BOR 23	RA/RC	ESCANDALOSA
BOR-23	26/10/2005	P BOR 23	RA/RC	ESCANDALOSA
BOR-31	11/03/2007	P BOR 0031	CO	ESCANDALOSA
BOR-37	30/07/2007	P BOR 2	CO	ESCANDALOSA
BOR-38	31/07/2007	P BOR 2	CO	ESCANDALOSA
BOR-38	12/09/2007	P BOR 2	CO	ESCANDALOSA
BOR-39	13/03/2008	P BOR 2	CO	ESCANDALOSA
BOR-44	27/08/2008	P BOR 2	CO	ESCANDALOSA
BOR-43	08/10/2008	P BOR 0031	CO	ESCANDALOSA
BOR-43	17/07/2009	P BOR 0031	RA/RC	ESCANDALOSA
BOR-43	31/05/2010	P BOR 0031	RA/RC	ESCANDALOSA
BOR18	09/03/2004	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-22	30/05/2005	A/B BOR 22	CO	GOBERNADOR
BOR-21	18/06/2005	A/B BOR 19	CO	GOBERNADOR
BOR-24	11/10/2005	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-25	05/12/2005	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-20	10/02/2006	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-26	11/02/2006	A/B BOR 19	CO	GOBERNADOR
BOR-18	05/11/2006	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-29	12/02/2007	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-31	14/03/2007	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-35	02/06/2007	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-38	31/07/2007	A/B BOR 38	CO	GOBERNADOR
BOR-38	17/09/2007	A/B BOR 38	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-36	17/10/2007	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-30	30/10/2007	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-7	20/01/2008	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-39	14/03/2008	A/B BOR 38	CO	GOBERNADOR
BOR-39	25/05/2008	A/B BOR 38	CO	GOBERNADOR
BOR-40	13/06/2008	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-44	30/08/2008	A/B BOR 38	CO	GOBERNADOR
BOR-46	13/10/2008	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-24	25/12/2008	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-45	17/02/2009	A/B BOR 22	CO	GOBERNADOR
BOR-22	04/03/2009	A/B BOR 22	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-22	08/03/2009	A/B BOR 22	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-49	22/06/2009	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-50	01/10/2009	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-54	28/01/2010	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR-40	12/02/2010	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-50	31/03/2010	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-30	16/04/2010	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-43	05/06/2010	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-43	06/06/2010	A/B BOR 2	RA/RC	GOBERNADOR
BOR-53	26/07/2010	A/B BOR 19	CO	GOBERNADOR
BOR-59	29/09/2010	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR
BOR60	30/03/2011	A/B BOR 22	CO	GOBERNADOR
BOR61	18/04/2011	A/B BOR 2	CO	GOBERNADOR

(Tomado de la carpeta de cada uno de los pozos)

➤ Fase 3: Estimación el Índice de Productividad

El cálculo del índice de productividad a partir de los resultados de la evaluación con suabo se realizó mediante el uso de la hoja de cálculo elaborada por Ojeda (2005), donde se requiere la presión del yacimiento, la cual fue obtenida de los resultados de los registros de presión tomados en los últimos pozos y el algunos casos de pruebas de presión. Adicionalmente, se requiere el nivel dinámico, nivel de suabo, viajes por hora, porcentaje de agua y sedimentos y el intervalo perforado (Ver Figura 4.2).

Igualmente, la hoja de cálculo mencionada se utilizó para los pozos completados mediante bombeo electrosumergible (BES), donde se requiere la tasa de producción, profundidad de la bomba y nivel dinámico, medido con *echometer* en vez de los parámetros de la evaluación con suabo. Ojeda (2005) utilizó el *software* Wellflo para el cálculo del gradiente dinámico, debido a que éste permite generar gráficos de presión y temperatura versus profundidad a lo largo de todo el sistema del pozo en producción y basándose en este gráfico, se determinó la pendiente que representa el gradiente dinámico para cada etapa. Por esta razón, estimar el I.P mediante la hoja de cálculo mencionada ó mediante el uso del simulador Wellflo es similar para los pozos completados con BES.

CÁLCULO DE ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD SINCO

V-2.60

Pe (lpc) -> (NE)	NO	3700
Q (BFPD) -> (suabo)	SI	
Arena	P	
T fondo (°F)	270	
Grad. Temp	0.02084257	
ND (pies)	3050	
NS (pies)	3500	
VPH	3	
°API (60 °F)	23	
%AyS	12	
Perf (pies)	9020	
Tub. (pulg.)	3-1/2	
Bomba (pies)	8854	

γ _m	0.836	(0.362 lpc/pie)
γ _o	0.851	(0.368 lpc/pie)
*API (obs. pozo)	34.8	
P _{wf} (lpc)	2080	
Pe (lpc)	3700	
Q (BFPD)	282	
IP (BFPD/lpc)	0.17	
Q _{max} (BFPD)	644	P _{wf} = 0 lpc
Q _{max} Bomb (BFPD)	505	2000 ' de sumergencia
Q _o max (BPPD)	445	

Datos de entrada

Datos de salida

	P _{wf} (lpc)	IP (BFPD/lpc)	Q _{max} Bomba (BFPD)	γ _m	γ _o	Pe
Calc. Tesis	2080	0.17	505	0.836	0.851	3700
Calc. Inicial	2400	0.22	614	0.929	0.919	3700
Tesis sin crudo anular	2244	0.19	564	0.869	0.851	3700

Figura 4.2. Hoja de cálculo utilizada para el cálculo del Índice de Productividad por Suabo y por Levantamiento artificial (Ojeda, 2005)

Para el cálculo del índice de productividad de los pozos que fluyeron naturalmente se utilizó el simulador de análisis nodal (WellFlo). Entre los parámetros requeridos se tienen:

- ✓ **Propiedades de los Fluidos:** Se utilizaron los parámetros de los PVT validados para cada una de las arenas y formaciones en estudio mostrados en la tabla 4.3. Los datos PVT utilizados a presión y temperatura de yacimiento se muestran en la tabla 4.4 para los pozos 13H-101, BOR-16 y BOR-23 respectivamente.

Tabla 4.3. Pruebas PVT validadas. Reporte Interno de PDVSA (2007).

POZO	FORMACIÓN	YACIMIENTO	CAMPO	FECHA	"Y"	CO	DENSIDAD	B.M.	DESIGUALDAD	COMENTARIO
13-H-101	ESCANDALOSA	P SIN 01	HATO	02/05/1962	SI	SI	SI	NO	SI	VALIDO
BOR-16	GOBERNADOR	A/B BOR 2	BORBURATA	06/10/2002	SI	NO	SI	NO	SI	VALIDO
BOR-23	ESCANDALOSA	P1 BOR 23	BORBURATA	26/06/2006	SI	SI	SI	NO	SI	VALIDO

Tabla 4.4. Datos PVT utilizados. Reporte Interno de PDVSA (2007).

POZO	FORMACIÓN	ARENA	Pb (LPC)	Bo(BY/BN)	Rs(PCN/BN)	μ_o (cp)
BOR-16	GOBERNADOR	A/B	435	1,12	60	3,41
13H-101	ESCANDALOSA	P	151	1,12	50	2
BOR-23	ESCANDALOSA	P	1255	1,28	242	0,788

- ✓ **Propiedades Relativas:** se utilizaron las permeabilidades relativas obtenidas del estudio realizado para el núcleo BOR 2E, donde se discretizaron tres zonas (ver figura 4.3, figura 4.4 y figura 4.5).

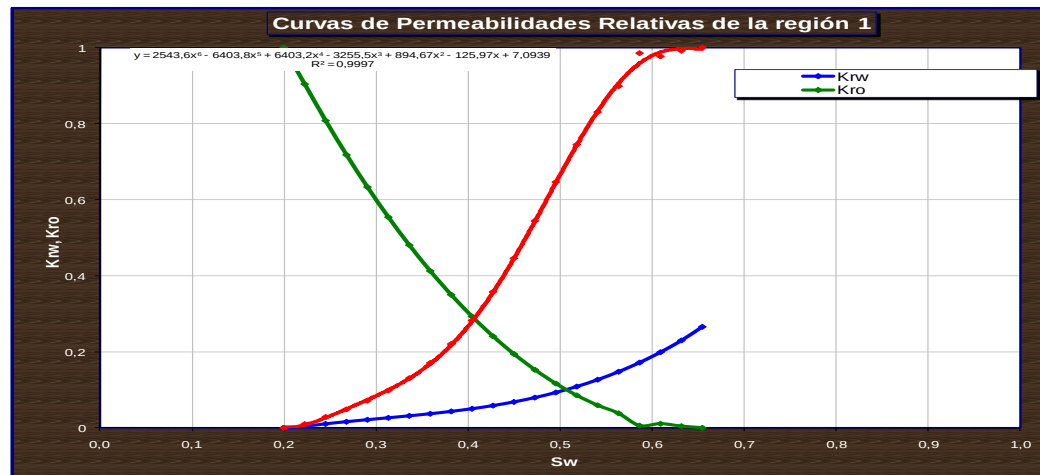


Figura 4.3. Modelo para Permeabilidades menores a 250 mD. Reporte interno de PDVSA (2006).

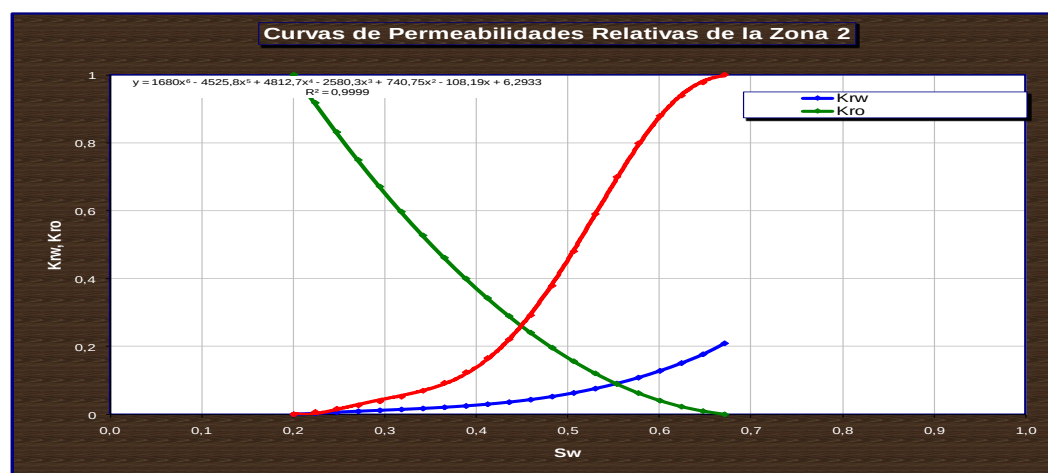


Figura 4.4. Modelo para Permeabilidades entre 250 mD y 1000 mD. Reporte interno de PDVSA (2006).

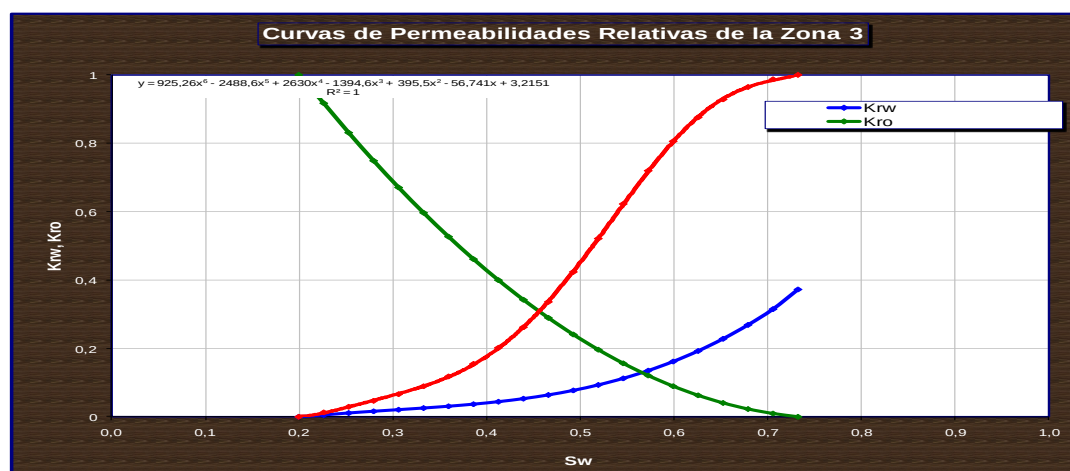


Figura 4.5. Modelo para Permeabilidades mayores a 1000 mD. Reporte interno de PDVSA (2006).

- ✓ **Propiedades Petrofísicas:** la propiedad petrofísica fundamental para ajustar cada uno de los pozos cañoneados a uno de los modelos de permeabilidades relativas ya mostrados, es la permeabilidad absoluta en el intervalo cañoneado.

Para el Campo Hato-Sinco, Formación Escandalosa, Arena “P”, la permeabilidad absoluta en la cara de la arena se obtuvo de la evaluación petrofísica de cada uno de los pozos. En la Figura 4.6 se muestra la evaluación petrofísica de uno de los pozos en estudio.

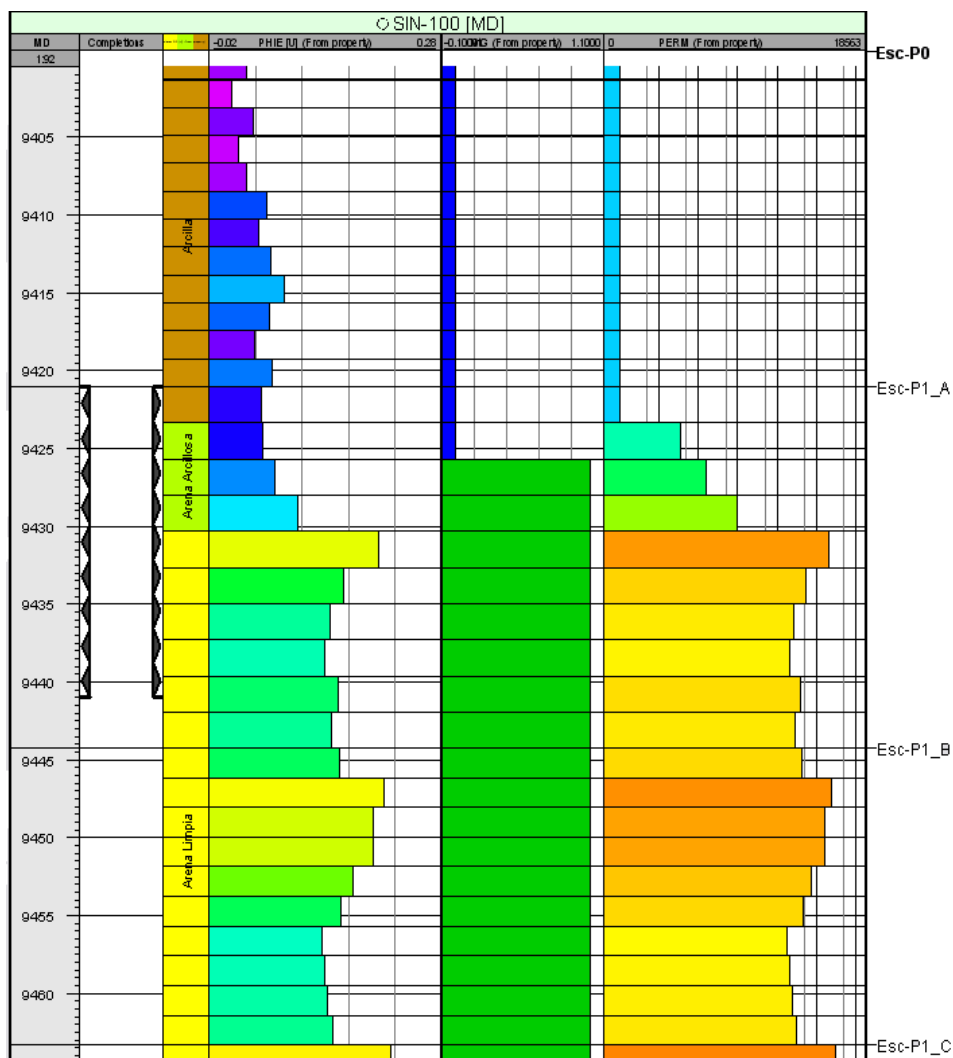


Figura 4.6. Evaluación Petrofísica del Pozo SIN-100. Reporte Interno de PDVSA (2010).

A su vez, para el campo Borburata, Formación Gobernador, Arena “A/B”, se utilizó la correlación obtenida de los núcleos del BOR 2E y BOR 31 que depende de la porosidad efectiva (Figura 4.7) de la arena prospectiva para construir la evaluación petrofísica (Figura 4.8).

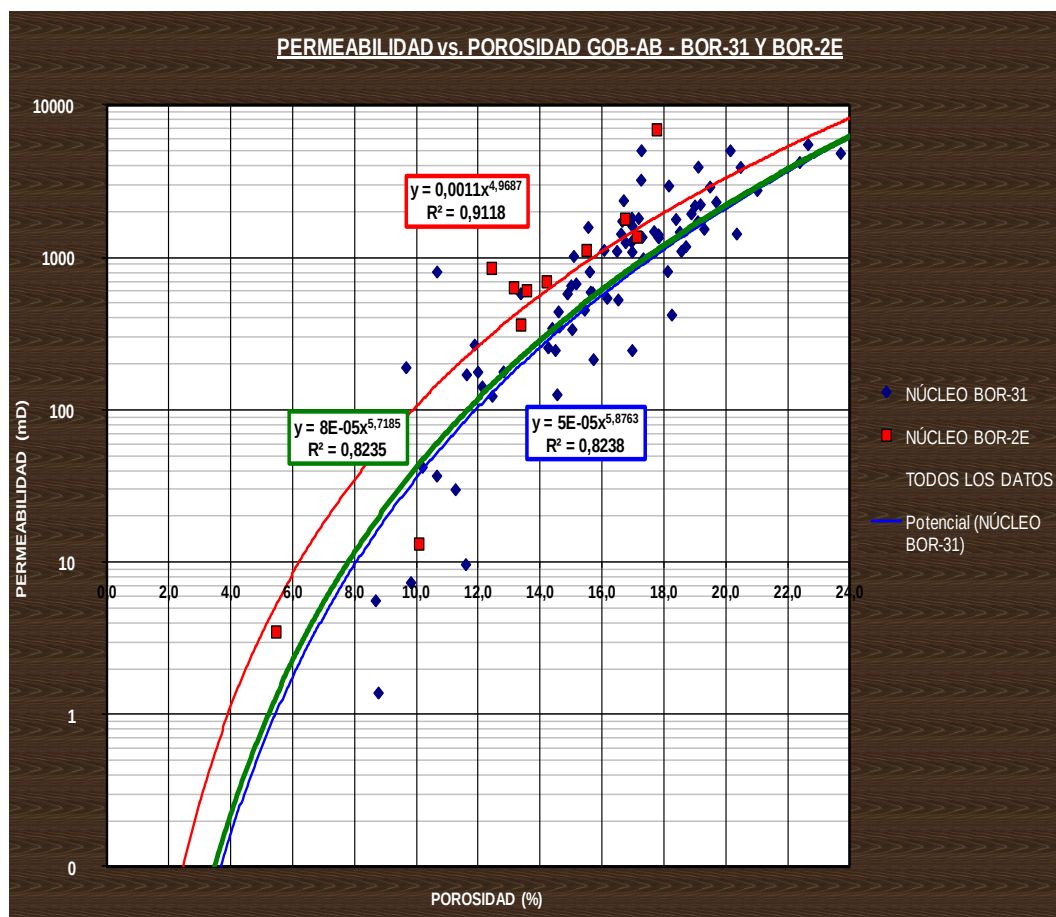


Figura 4.7. Correlación obtenida de los núcleos del BOR 2E y el BOR 31 para la obtención de la permeabilidad absoluta. Reporte Interno de PDVSA (2010).

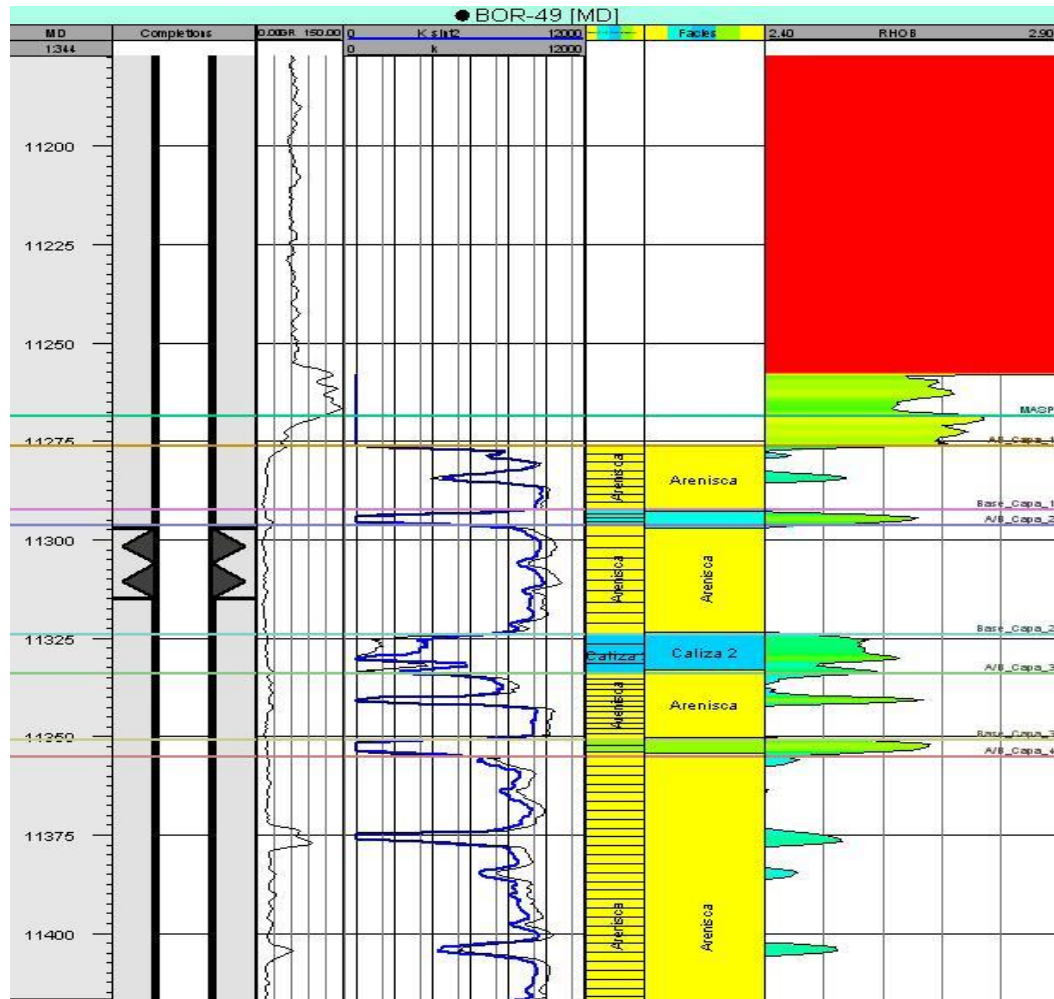


Figura 4.8. Evaluación Petrofísica del Pozo BOR-49. Reporte Interno de PDVSA (2010).

- ✓ **Configuración Mecánica de los Pozos:** fue necesaria de igual forma toda la información de la completación y profundidad de asentamiento de revestidores de cada uno de los pozos e igualmente cargar en el simulador de análisis nodal (WellFlo) los *surveys* respectivos de los pozos desviados para representar de la mejor manera el comportamiento real del pozo.

➤ **Fase 4: Estimación del daño a la formación.**

Se utilizó la sección de análisis a partir de los parámetros de yacimiento en el simulador Wellflo para estimar el daño total, daño por invasión, por penetración parcial y el de la formación más el cañoneo. Conocido el índice de productividad se obtiene el daño total a partir de la ecuación de Darcy. Posteriormente, en la

sección de cálculo del daño se introducen los parámetros requeridos para estimar cada uno de los pseudodaños, los cuales son estimados con las ecuaciones descritas en la sección del marco teórico.

Entre los parámetros requeridos por el simulador de análisis nodal WellFlo, se tienen:

- Presión en la cara de la arena.
- Temperatura de la formación en el área prospectiva.
- Espesor de la Arena Neta Petrolífera.
- Punto medio del cañoneo.
- Parámetros del Cañoneo (longitud de penetración en la formación de la carga, densidad de tiro utilizada, grados fase y diámetro de entrada en la formación del hoyo cañoneado).
- Intervalo cañoneado.
- Permeabilidad Vertical.
- Permeabilidad del petróleo a la saturación de agua irreducible.
- Radio de Invasión.
- Permeabilidad Dañada.

La permeabilidad vertical se obtuvo de los análisis convencionales de núcleos de los pozos SIN-89 para la Formación Escandalosa, Miembro “P” del Campo Hato-Sinco y del BOR-2E para la Formación Gobernador, Arena “A/B” del Campo Borburata.

A partir de los resultados de análisis de laboratorio en núcleo del pozo SIN-89 a nivel de la Formación Escandalosa, Miembro “P” y del pozo BOR-2E a nivel de la Formación Gobernador, Arena “A/B” se obtuvo una correlación de la permeabilidad efectiva del petróleo a la saturación de agua irreducible en función de la permeabilidad absoluta como se muestra en las Figuras 4.9 y 4.10.

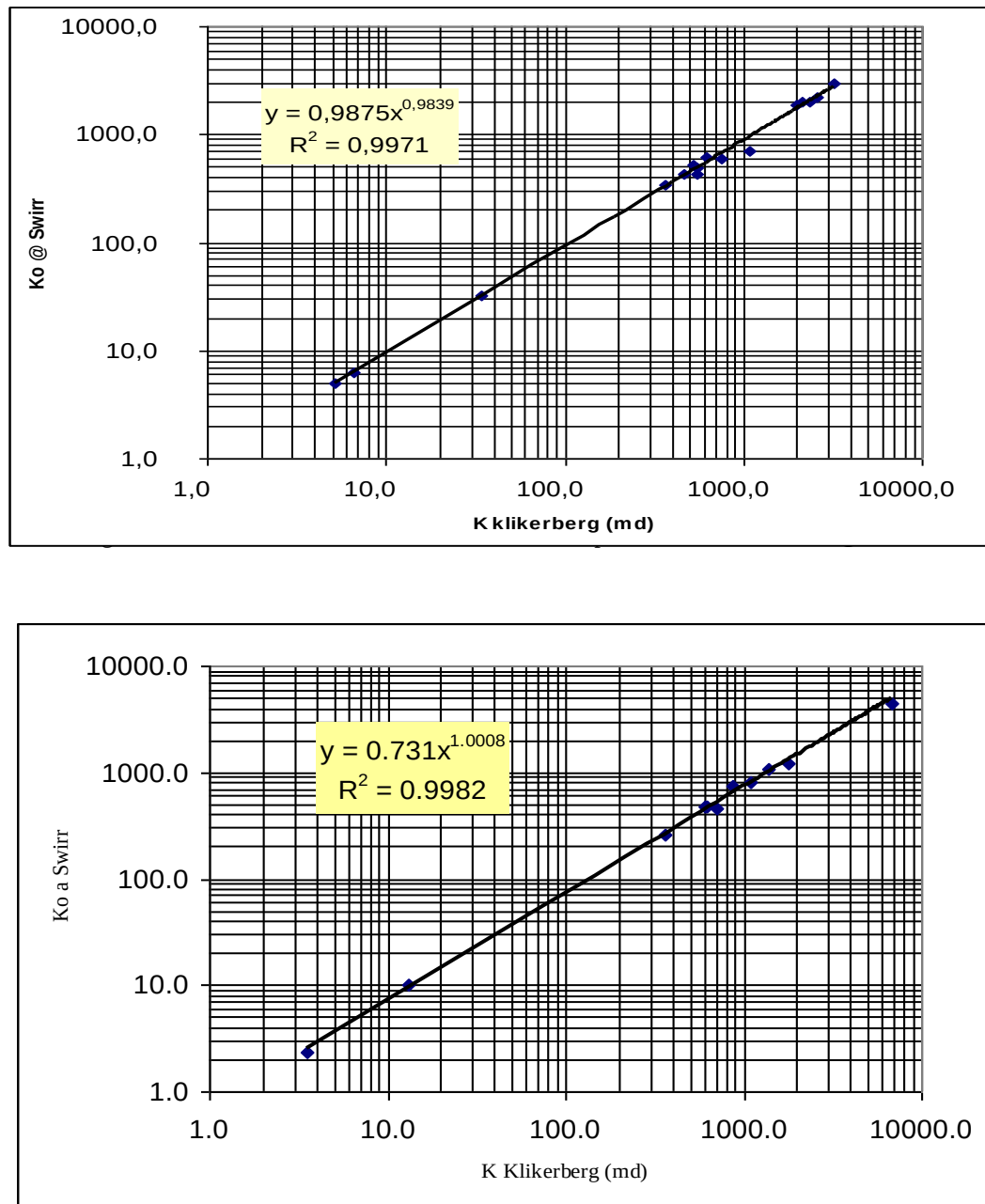


Figura 4.10. Correlación obtenida del núcleo BOR 2E para el cálculo de la $K_o @ Swirr$

El radio de invasión ó radio dañado es uno de los parámetros más importantes y resaltantes para el cálculo del daño por invasión. El radio r_s y la permeabilidad dañada (k_s) en la zona invadida están relacionadas al factor de daño S por la ecuación de Hawkins (Ecuación 4.1).

$$rs = rw \times e^{\left(\frac{S}{\left(\frac{k}{ks} - 1\right)}\right)} \quad (4.1)$$

Por lo tanto, si la permeabilidad de la zona de daño es menor que en el resto de la formación, S será positivo; si las permeabilidades son iguales S será cero. Finalmente, si la permeabilidad en la zona de daño es mayor que en la formación, es decir fracturado o acidificado, S será negativa.

Para estimar el radio dañado utilizando la ecuación anterior, se requiere la permeabilidad dañada, el cual es un parámetro con alta incertidumbre. Otra forma de estimar el radio dañado es a partir de la interpretación de pruebas de presión. Desafortunadamente se contó con dos pruebas de presión tomadas en el período en el cual se realizó el estudio (pozos SIN-96 y BOR-18), por lo que se requería de otros métodos para estimar este parámetro que es de vital importancia, tanto para estimar el daño de la zona invadida, como para realizar el diseño de cañoneo.

Las ecuaciones para calcular la permeabilidad dañada y radio dañado a partir de las pruebas de presión son las siguientes (Ecuaciones 4.2 y 4.3. Escobar, 2009)

$$k = \frac{70.6q\mu B}{h(t * \Delta P')_r} \quad (4.2)$$

$$r_d = r_e \exp \left[-\frac{[\Delta P']}{\left(\frac{141.2qb\mu t}{kh}\right)} \right] \quad (4.3)$$

Para los pozos que fueron perforados con lodo base agua (todos ubicados en el Campo Borburata), se estimó el radio dañado a partir de la inversión de dos lecturas de diferente alcance de investigación de las curvas del registro resistivo (miden directamente la resistividad). El fundamento que caracteriza el método, es que sólo se utiliza en Lodos Conductivos y/o Formaciones Resistivas, y sus mediciones son focalizadas activamente tratando de alcanzar la zona virgen de la formación y así determinar la magnitud de la zona invadida.

El radio de invasión es factible de calcular a través de registros convencionales como lo son los laterolog y los Dual laterolog (DLT), quienes parten del principio de enviar corriente inducida y generar un campo eléctrico en la formación que permitirá gracias a su alcance determinar la R_t (resistividad de la zona virgen) y el R_{xo} (resistividad de la zona invadida). Estos registros poseen limitaciones de exactitud por el efecto Groningen, que no es más que la falta de precisión en las lecturas profundas de formaciones altamente resistivas. Por esta razón, se tomó como válida la inversión de la resistividad a través de los registros HRLA (*High Resolution Laterolog Array*), que miden con mayor exactitud la resistividad de la zona virgen y de la zona invadida evitando el efecto Groningen.

En el caso de los pozos perforados con lodo base aceite (pozos del Campo Hato-Sinco) los registro para medir resistividad son inductivos; por lo que no se puede estimar el radio de invasión a partir de este registro debido, a la alta incertidumbre en zonas de petróleo.

Para los pozos que no contaban con prueba de presión ni registros resistivos, se estimó en primer lugar la presión de fondo fluyente, mediante la determinación del índice de productividad; esto con la finalidad de obtener el diferencial de presión total del yacimiento. Basándose en ello, se determinó el radio de drenaje total del yacimiento, mediante la ecuación de flujo radial de la Ley de Darcy.

Posteriormente se procedió a graficar el modelo de flujo radial, aumentando paulatinamente el radio de drenaje y el diferencial de presión hasta alcanzar el radio y el diferencial de presión total calculado previamente, para por último, definir a través de un perfil el comportamiento de afluencia del yacimiento hacia el pozo y describir visualmente la variación del flujo al entrar en la zona dañada (ver figura 4.11).

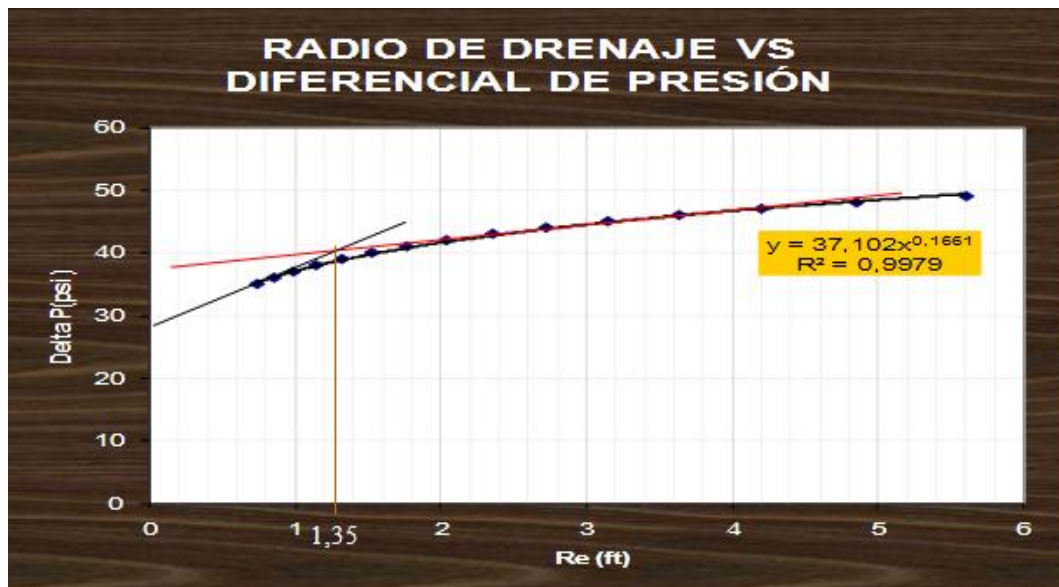


Figura 4.11. Radio de drenaje vs Diferencial de Presión

Al observar la figura 4.11 se puede visualizar que a medida que se va aumentando el radio de drenaje y el diferencial de presión, el patrón de flujo del yacimiento varía hasta estabilizarse. Al observar tangencialmente un cambio brusco del patrón de flujo se obtendrá directamente el valor del radio dañado y el diferencial de presión del daño (ΔP_{skin}). Conociendo el radio de invasión, se estimó la permeabilidad dañada a partir de la Ecuación de Hawkins descrita anteriormente.

➤ Fase 5: Análisis del Diseño de Cañoneo

En esta fase se compararon los pozos de un mismo yacimiento con propiedades petrofísicas similares, que hayan sido cañoneados con diferentes técnicas para visualizar si existen diferencias en cuanto a productividad y así, identificar el tipo y configuración de cañoneo que favorece la productividad. Adicionalmente, se realizaron sensibilidades en el simulador WellFlo, donde se variaron los parámetros de diseño tales como: densidad de tiro, tipo de carga, orientación, entre otros para evaluar la factibilidad de optimización del diseño enfocado en el mejoramiento de productividad.

Posteriormente, se utilizó un simulador para diseño y evaluación de cañoneo (SPAN de la compañía Schlumberger), donde se estudiaron los parámetros de diseño de cañoneo con la finalidad de obtener el diseño óptimo para los pozos tipos, los cuales fueron clasificados de acuerdo a la permeabilidad del pozo desde baja a buena.

Entre los parámetros requeridos por el simulador SPAN para el diseño y sensibilidades de cañoneo se tienen:

- Desviación del Pozo.
- Profundidad del tope y base del cañoneo.
- Radio de drenaje.
- Tipo de fluido de control utilizado y su densidad.
- Configuración mecánica del pozo.
- Densidad del cemento utilizada durante la cementación del revestidor y/o forzamientos.
- Propiedades PVT (ya descritas anteriormente).
- Porosidad.
- Permeabilidad vertical y horizontal.
- Relación de la permeabilidad dañada y permeabilidad absoluta.
- Radio de Invasión.
- Resistencia de la roca sin confinamiento (UCS).

Uno de los parámetros de estudio y requerido por el simulador SPAN es la resistencia de la roca sin confinamiento (UCS: *unconfined compressive strength*). Se estimaba que ésta afectaría directamente la longitud de penetración de la cargas, por lo que fue necesario realizar un estudio de UCS obtenido por pruebas especiales de núcleos de diversos campos del área (TORUNOS, CAIPE, MAPORAL Y BORBURATA). De igual manera, se acudió a la literatura y revisar diferentes correlaciones estudiadas por diversos autores. Uno de ellos fue realizado por Zoback (2007) como se muestra en la figura 4.12. Dicho autor recopiló valores de UCS de diferentes campos para una misma porosidad,

observando diversos valores de UCS para una misma porosidad. En Zoback (2007) aparece una serie de correlaciones obtenidas por diversos autores para estimar UCS tanto para areniscas como arcillas y carbonatos. La ecuación 4.11 es utilizada para areniscas cuya porosidad se encuentre entre 0,002 y 0,33 para un rango de UCS entre 2 Mpa y 360 Mpa. Finalmente, se compararon los valores de UCS reales con los arrojados por el simulador (ecuación no encontrada) y la ecuación de la literatura (Ecuación 4.11) para diferentes rangos de porosidades. Igualmente, se observaron valores diversos de UCS para una misma porosidad según los resultados de análisis de núcleos del área, donde se obtuvo una correlación propia con los datos del núcleo del pozo BOR 2E por tener mayor número de puntos como se observa en la figura 4.13. La misma se ajustaba al comportamiento de la ecuación 4.11.

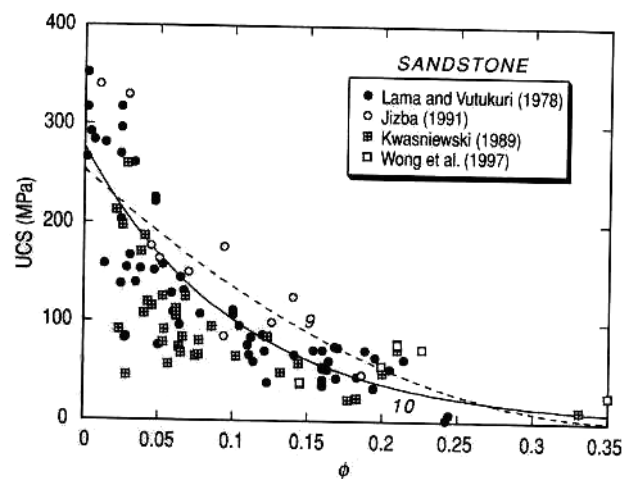


Figura 4.12. Estudio realizado por Zoback (2007)

$$UCS = 277 \times EXP^{(-10 \times \phi)} \quad (4.11)$$

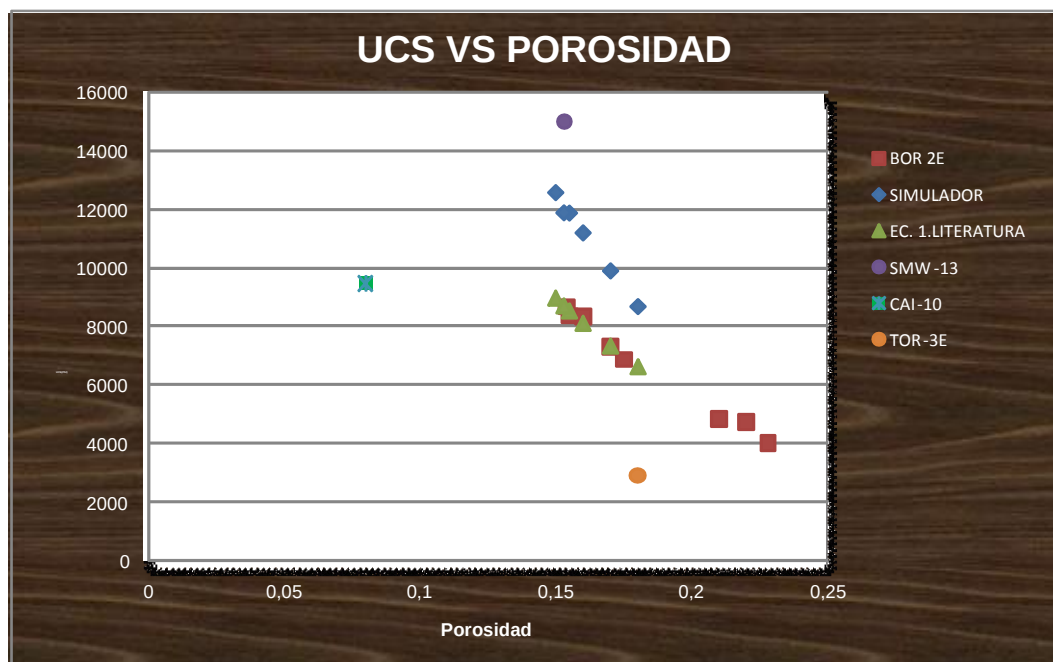


Figura 4.13. Comparación de los resultados de UCS realizados en el área con los reflejados por el simulador y aplicarle la ecuación 4.11 a los puntos donde se realizaron los análisis en el núcleo del pozo BOR 2E.

Debido a la variabilidad existente entre los resultados obtenidos por el estudio (BOR 2E) y los valores para una misma porosidad arrojados por el simulador (Observar Figura 4.13) se procedió posteriormente, a realizar un análisis estadístico (Fase 6) para observar la disminución real de la longitud de penetración al variar significativamente el UCS y obtener así un rango confiable de trabajo.

Adicionalmente, se realizó un estudio de flujo radial de uno de los pozos estudiados. El análisis fue implementado tomando en consideración la historia de producción real del pozo al fluir naturalmente utilizando el simulador Eclipse de la compañía Schlumberger. El modelo radial contó con las características reales del modelo estático para describir exactamente el comportamiento del pozo. La finalidad del estudio, era determinar si la variación de la presión de fondo fluyente en la vecindad del pozo, era lo suficiente para permitir retardar en un tiempo significativo el avance del agua para las condiciones del área, tomándose principalmente en cuenta la disminución del daño total al sobrepasar la zona

dañada, con la utilización del diseño óptimo de cañoneo obtenida con el simulador SPAN. Con el estudio, se verificaron los resultados conseguidos con la utilización del simulador de análisis nodal WellFlo, ya que con éste último se hicieron sensibilidades comparativas de producción, tomando en cuenta las características de cañoneo originales (convencionales) y las óptimas, el daño total de la formación observado con los diferentes diseños de cañoneo y la presión de fondo fluyente arrojada; todo esto con el fin de observar directamente su impacto en la productividad.

➤ Fase 6: Análisis de Incertidumbre

Con el desarrollo de esta fase se determina con mayor exactitud la magnitud de las variables que influyen directamente en el rendimiento óptimo del cañoneo, donde se realizó el análisis de sensibilidad de incertidumbre, mediante el uso de diseño experimental incluyendo análisis de regresión y simulación Monte Carlo. La metodología empleada para el análisis de incertidumbre consta de las siguientes etapas (Figura 4.14):

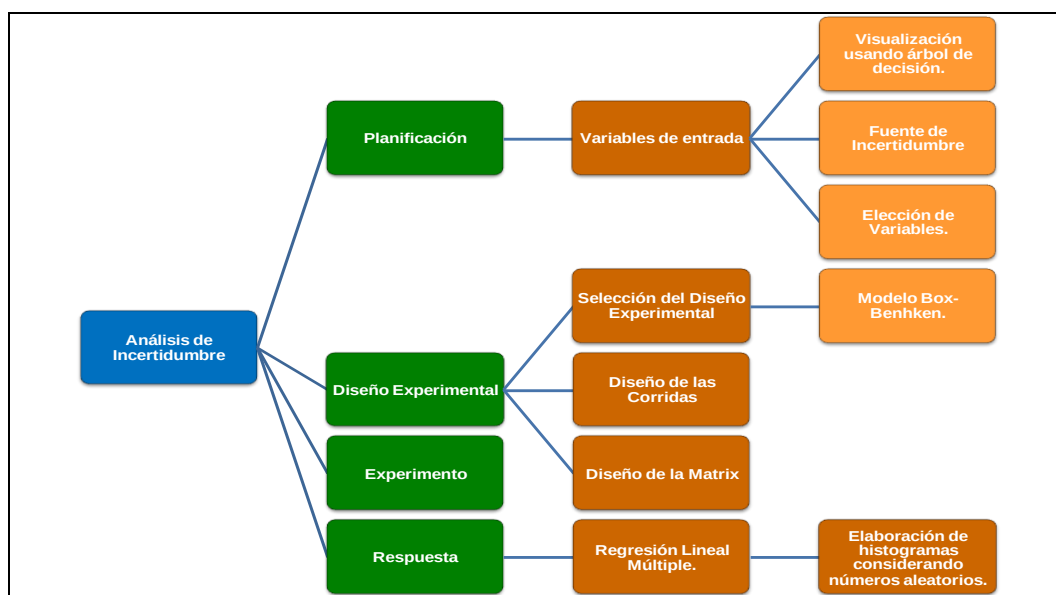


Figura 4.14. Etapas del Análisis de Incertidumbre

1.-Planificación

- ✓ Variables de Entrada

Visualización usando árbol de decisión: permite establecer los parámetros óptimos en éste caso que pueden incidir en el éxito del cañoneo y que son parámetros de salida en las simulaciones. Se evaluará en primer lugar la longitud de penetración, luego aquellos factores que afecten el daño generado por el cañoneo y por último, el bajo balance óptimo requerido.

Fuentes de Incertidumbre: representa el estudio de las variables que se consideraron inciertas pero que pueden afectar a los parámetros que inciden directamente en la optimización del cañoneo.

Elección de Variables: luego de hacer el estudio de las posibles variables que pueden afectar directamente los parámetros tomados en el árbol de decisión se designaron para su evaluación en diferentes combinaciones (ver figura 4.15).

- Para la longitud de penetración se considera: UCS, presión de poro, permeabilidad y radio de invasión.
- Seguidamente para el daño por el cañoneo se evalúa: permeabilidad, relación K_d/K , radio de invasión y el UCS.
- Por último, para un óptimo bajo balance se estudia: permeabilidad, UCS, radio de invasión y relación K_d/K .

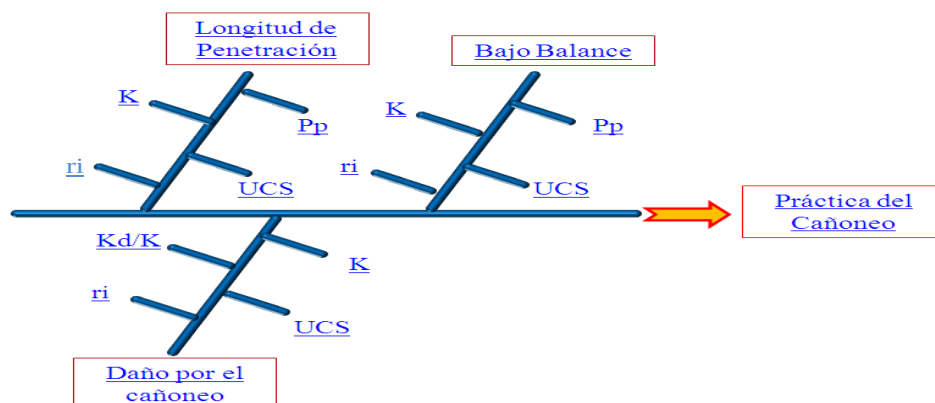


Figura 4.15. Diagrama Causa y Efecto de los parámetros que pueden afectar directamente la Práctica del Cañoneo

2.-Diseño Experimental

Selección del Diseño Experimental: se seleccionó para disminuir el número de corridas de las simulaciones el modelo Box-Benhken (1960), que utilizó la ecuación 4.12 para determinar el número de casos.

$$N = 2^k + 1 \quad (4.12)$$

Donde: K= número de variables.

Diseño de corridas: representa el número de ciclos a simular que tiene que ser definido de acuerdo con el tipo de diseño experimental seleccionado. El número de corridas para analizar cuatro parámetros se estimó en $N = 17$ con la ecuación 4.12.

Diseño de la matrix: la combinación de las variables acá deben ser definidas considerando el modelo Box-Behken. La matrix muestra un nivel bajo (-1), caso base (0) y nivel alto (1) para cada variable considerada (ver tabla 4.5).

Tabla 4.5.Diseño de la matrix considerando el modelo Box- Behken

Corrida	variable 1	variable 2	variable 3	variable 4
1	1	-1	0	0
2	1	1	0	0
3	-1	1	0	0
4	-1	-1	0	0
5	0	1	-1	0
6	0	1	1	0
7	0	-1	1	0
8	0	-1	-1	0
9	0	0	1	-1
10	0	0	1	1
11	0	0	-1	1
12	0	0	-1	-1
13	1	0	0	-1
14	1	0	0	1
15	-1	0	0	1
16	-1	0	0	-1
17	0	0	0	0

3.-Experimento.

Representa directamente la respuesta de salida que se obtuvo de las simulaciones respectivas al correr cada uno de los casos respectivos arrojados por la matrix de incertidumbre construida previamente.

4.- Respuesta.

Regresión lineal múltiple: utilizando la herramienta de regresión de Excel se obtuvo una ecuación, donde involucra las variables de incertidumbre. Las variables que sean insignificantes (el valor absoluto de $t < 2$) tienen que ser eliminadas de la ecuación final. Igualmente, se deben evaluar los signos de cada variable en la ecuación final para evaluar la representatividad de la misma.

Finalmente se realiza la simulación Monte Carlo para cada uno de los casos estudiados, donde se pudo visualizar la frecuencia, su grado de probabilidad y la media en ocurrencia del impacto ocasionado a dichas variables.

➤ Fase 7: Propuesta de Cañoneo

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de las experiencias realizadas, se presenta en esta fase la configuración óptima de cañoneo para maximizar la productividad en los campos Hato-Sinco y Borburata, para futuros trabajos de reacondicionamiento o completación original.

De igual forma, se muestra una evaluación económica para comparar los costos generados al cañonear con *Casing Gun* y TCP utilizando cargas de alta penetración y el mismo diseño de los cañones; tomando en cuenta el promedio de los tiempos reales para cada operación, con la finalidad de determinar una buena relación costo-productividad. El estudio se realizó en dos etapas; donde, en primer

lugar se evaluó económicamente cañonear un intervalo de 20 pies. Esta longitud, representa el máximo espesor empleado para cañonear con *Casing Gun* haciendo una sola bajada en el área. Seguidamente, se realizó la misma comparación modificando en este caso la longitud del intervalo de referencia a 40 pies y realizando 2 bajadas utilizando *Casing Gun*.

De la misma forma, se presenta una comparación entre cañonear con TCP con cañones recuperables y dejarlos en fondo, utilizando un costo estimado de los cañones no recuperables suministrado por la compañía de servicios e igualmente los tiempos empleados en cada técnica.

Además, se realizó un estudio económico para un reacondicionamiento real de un pozo del área. Se detalla la recuperación de la inversión (Valor Presente Neto, VPN) al utilizar cargas convencionales y de mayor penetración proporcionada en cuanto a la productividad. En el caso de las cargas de mayor penetración se tomó el promedio de productividad generada para pozos con similares características, donde es posible sobrepasar el área dañada.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

FASE II. Análisis Estadístico del tipo y configuración de cañoneo utilizado en el período 2005-2010**➤ Cantidad de cañoneos realizados y estudiados**

En la Tabla y figura 5.1 respectivamente se muestra el número total de cañoneos ejecutados y estudiados distribuidos tanto en la Formación Gobernador, Arena “A/B” como en la Formación Escandalosa, Arena “P” de los campos en estudio. En total fueron ochenta cañoneos estudiados desglosados tanto en trabajos de reacondicionamiento (RA/RC) como cañoneos por completación original.

Tabla 5.1.- Total de Cañoneos estudiados y su distribución tanto por completación original como por RA/RC en cada arena estudiada.

FORMACIÓN ESTUDIADA	CAÑONEOS	CO	RA/RC
GOBERNADOR A/B	42	26	16
ESCANDALOSA P	38	21	17

Predomina como se observa en la figura y la tabla 5.1 respectivamente, el cañoneo en la Arena “A/B” de la Formación Gobernador; de los cuales 26 de los 42 casos estudiados son cañoneos por completación original; mientras que en la Arena “P” de la Formación Escandalosa, 21 de los 38 casos estudiados fueron cañoneos por completación original.

Todos los cañoneos realizados en la Formación Gobernador, Arena “A/B” corresponden al Campo Borburata, donde a partir del año 2004 se inició la explotación y descubrimiento de reservas de los yacimientos que actualmente existen en ésta arena en dicho campo. La mayoría de los pozos perforados en el período 2005-2010 tenían como objetivo primario esta arena.



Figura 5.1.- Distribución del Número de Cañoneos Estudiados

➤ Tipo de Cañoneos estudiados

En la tabla y figura 5.2 respectivamente se muestra la cantidad y la distribución porcentual del tipo de cañoneo empleado en el período comprendido entre 2005-2010. Prevalece la técnica “*Casing Gun*” con 43 cañoneos realizados, de los cuales uno de ellos se realizó con cargas de alta penetración. De igual manera, como se visualiza en la tabla y figura 5.2 respectivamente, se estudió un total de 37 cañoneos con TCP distribuidos en TCP con cargas convencionales, TCP *PURE*, TCP con cargas *PowerJet* y TCP con cargas *PowerJet Omega*.

Tabla 5.2.- Tipo de cañoneo estudiado

TIPO DE CAÑONEO	NÚMERO DE CAÑONEOS
CASING GUN	42
TCP	24
TCP PURE	4
C.G. POWER JET	1
TCP POWER JET	8
TCP POWER JET OMEGA	1
TOTAL CAÑONEOS	80

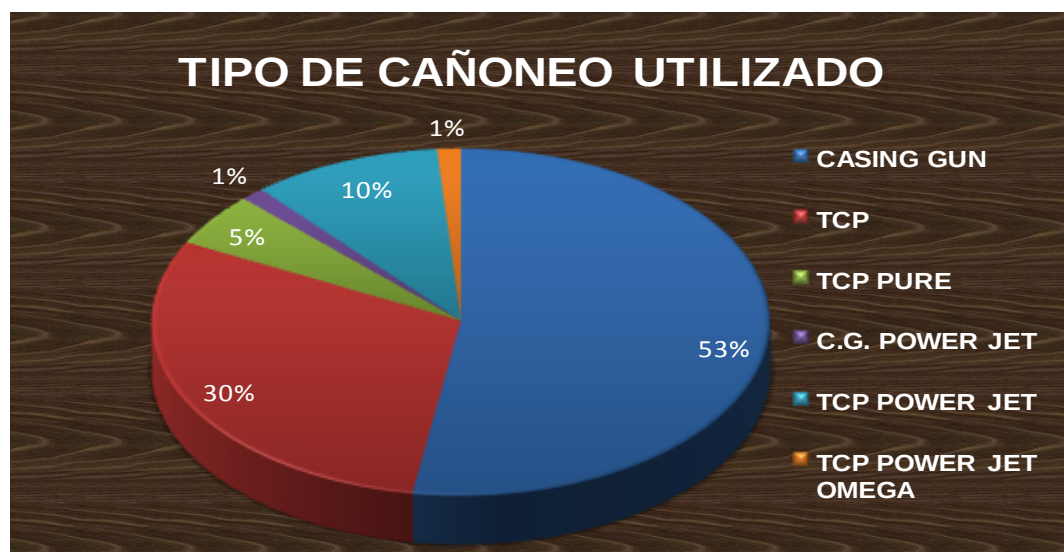


Figura 5.2.- Distribución Porcentual del tipo de cañoneo utilizado

➤ Diámetro del cañón utilizado

En cuanto al diámetro del cañón manejado para el período del 2005-2010, se muestra claramente en la tabla 5.3 la utilización de cañones con diámetros de 4-1/2", debido a que la mayoría de los pozos estudiados ubicados en los campos Hato-Sinco y Borburata poseen revestidores o *liners* de 7". Los 76 casos observados representan un 95% (ver figura 5.3).

Tabla 5.3.-Diámetro del cañón utilizado.

DIÁMETRO DEL CAÑÓN	NÚMERO DE CAÑONEOS
4-1/2"	76
3-3/8"	2
S/I	2

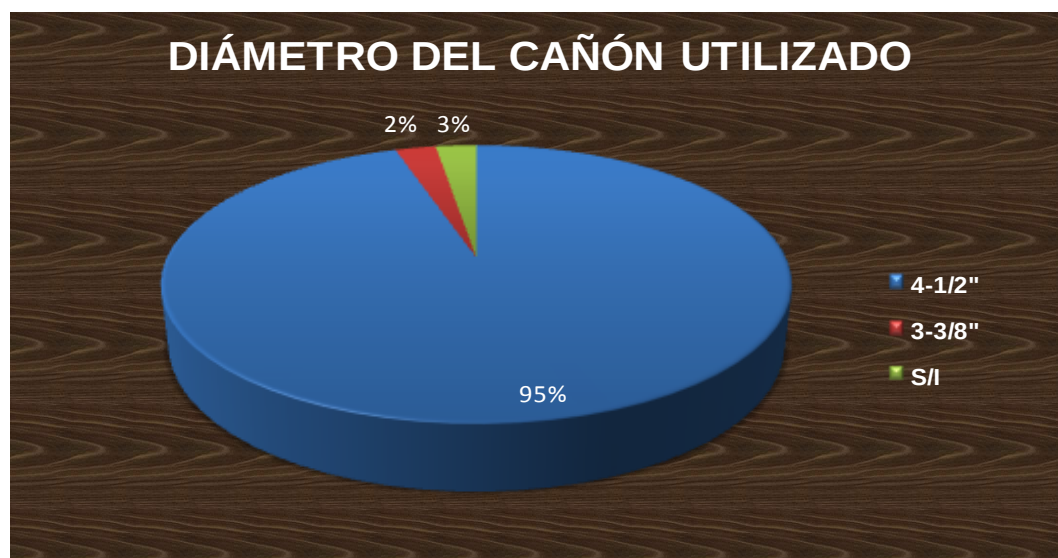


Figura 5.3.- Distribución porcentual del diámetro del cañón utilizado

➤ Densidad de Tiro Utilizada

✓ TCP

En la figura 5.4 se presenta la densidad de tiros por cada pie de cañón utilizado por TCP, donde se observa que la densidad preferencial usada es de 5 tiros por pies tanto con TCP convencional, TCP *PURE*, TCP con cargas *PowerJet* y TCP con cargas *PowerJet Omega* (visualizar tabla 5.4).

Tabla 5.4.- Densidad de Tiro estudiada para TCP

DENSIDAD USADA(TCP)	TCP CONVENCIONAL	TCP PURE	TCP PJ	TCP PJO
5 TPP	18	4	4	1
12TPP	2		2	
6TPP	4		2	

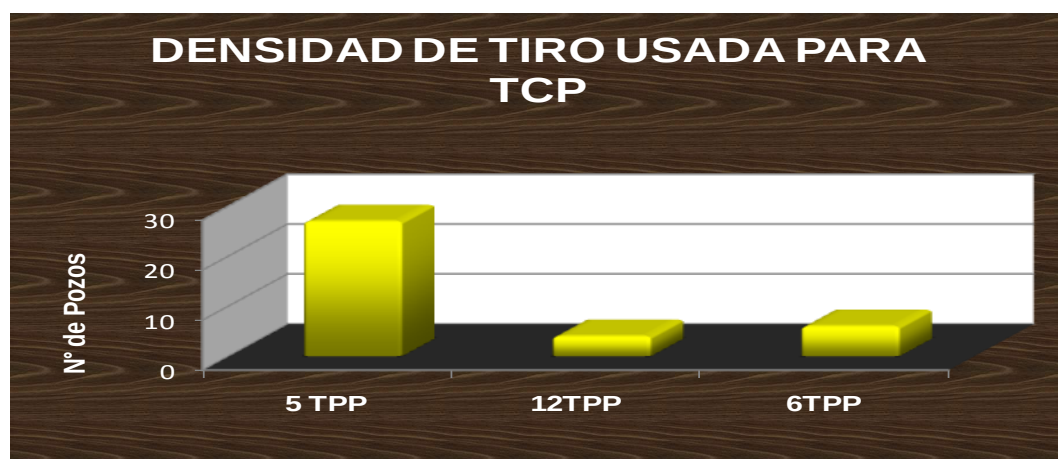


Figura 5.4.- Distribución numérica de la densidad de tiro utilizada para TCP.

✓ *Casing Gun*

De igual forma, en la figura 5.5 se presenta la distribución numérica en cuanto a la densidad de tiros por cada pie de cañón utilizado por *Casing Gun*, donde se observa al igual que en la tabla 5.5 que al usar cargas convencionales o *power jet*, la densidad preferencial son los 5 tiros por pie en un alto porcentaje.

Tabla 5.5.- Densidad de tiro estudiada para *Casing Gun*

DENSIDAD USADA(C.G.)	CASING GUN CONVENCIONAL	CASING GUN P.J
5 TPP	30	1
12TPP	7	
6TPP	5	



Figura 5.5.- Distribución numérica de la densidad de tiro utilizada para *Casing Gun*

➤ °Fase Utilizados

✓ TCP

En la figura 5.6 se presenta la distribución porcentual en cuanto a los °Fase o arreglo angular de los cargas por cada pie de cañón utilizado con TCP, donde se observa en la tabla 5.6, que los °Fase preferencialmente usados son los 72° tanto para TCP convencional, TCP *PURE*, TCP con cargas *PowerJet* y TCP con cargas *PowerJet Omega*, lo cual representa un 73% (ver figura 5.6).

Tabla 5.6.- °Fase estudiados para TCP

° FASE UTILIZADO(TCP)	TCP CONVENCIONAL	TCP PURE	TCP PJ	TCP PJO
72	18	4	4	1
45	1			
135/45	2			
60	3		3	
30			1	



Figura 5.6.- Distribución porcentual de los °fase empleados para cañoneo TCP

✓ *Casing Gun*

De igual forma, en la figura 5.7 se presenta la distribución porcentual en cuanto a los °Fase por cada pie de cañón utilizado para *Casing Gun*, donde se puede notar en la tabla 5.7, que los °Fase preferenciales son los 72° al igual que los cañoneos con TCP, lo cual representa un 72% (ver figura 5.7).

Tabla 5.7.- °Fase estudiados para *Casing Gun*

° FASE UTILIZADO(C.G.)	CASING GUN CONNVENCIONAL	CASING GUN P.J.
72	31	
60	5	
135/45	1	
30	5	
45		1

Figura 5.7.- Distribución porcentual de los °fase empleados para cañoneo *Casing Gun*

➤ Longitud del Intervalo Cañoneado

✓ TCP

A continuación se muestra la distribución numérica y porcentual (tabla y figura 5.8 respectivamente) de la longitud del intervalo cañoneado con TCP, observándose que gran parte de los trabajos realizados con TCP fueron realizados con espesores mayores a los 20 pies, lo cual representa un 67% del total.

El intervalo cañoneado fue mayor a 20 pies con TCP, debido a que ésta técnica es utilizada en el área para pozos nuevos, quienes presentan una ANP (arena neta petrolífera) mayor a los 40 pies en general.

Tabla 5.8.- Distribución numérica del intervalo Cañoneado con TCP

DIMENSIÓN.-(TCP)	TCP CONVENCIONAL	TCP PURE	TCP PJ	TCP PJO
IC≤10ft	2		2	
10ft>IC<20ft	6		5	1
20ft>IC<30ft	8	1	1	
30ft>IC<40ft	8	3		
IC>40ft	0			

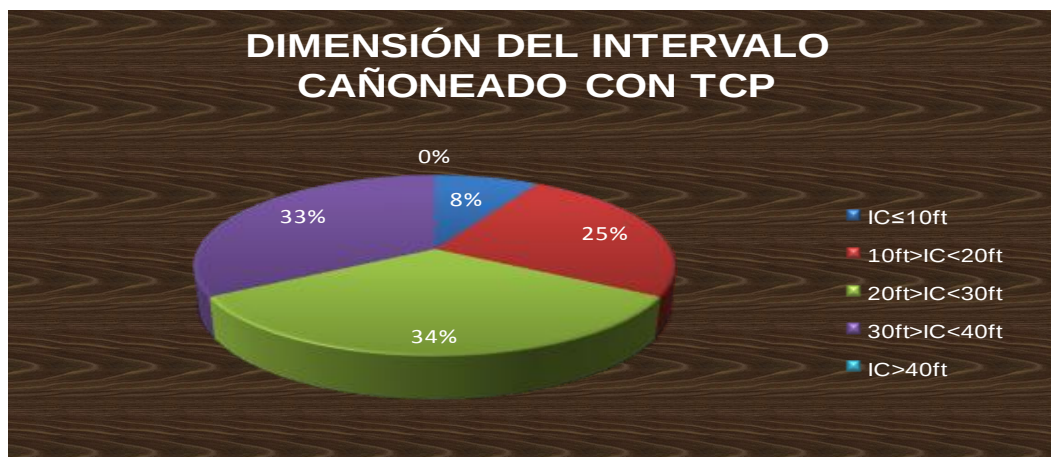


Figura 5.8.- Distribución porcentual del intervalo cañoneado con TCP

✓ *Casing Gun*

De igual manera, se presenta la distribución numérica y porcentual de la estadística de la longitud del intervalo cañoneado con *Casing Gun* (tabla y figura 5.9 respectivamente), donde se puede visualizar con claridad que ocurre el comportamiento contrario al TCP. La mayor parte de la población de muestra presenta cañoneos con menos a 20 pies de longitud. Esto debido a que en el área se utiliza la técnica de *casing gun* para trabajos de reacondicionamiento en general. Regularmente, los cañoneos de reacondicionamiento se realizan al tope de arena con una longitud menor a 20 pies para alejarse del CAP (contacto agua petróleo).

Tabla 5.9.- Distribución numérica del intervalo cañoneado con *Casing Gun*

DIMENSIÓN.-(C.G.)	CASING GUN CONVENCIONAL	CASING GUN P.J.
IC≤10ft	14	1
10ft>IC<20ft	21	
20ft>IC<30ft	4	
30ft>IC<40ft	2	
IC>40ft	1	

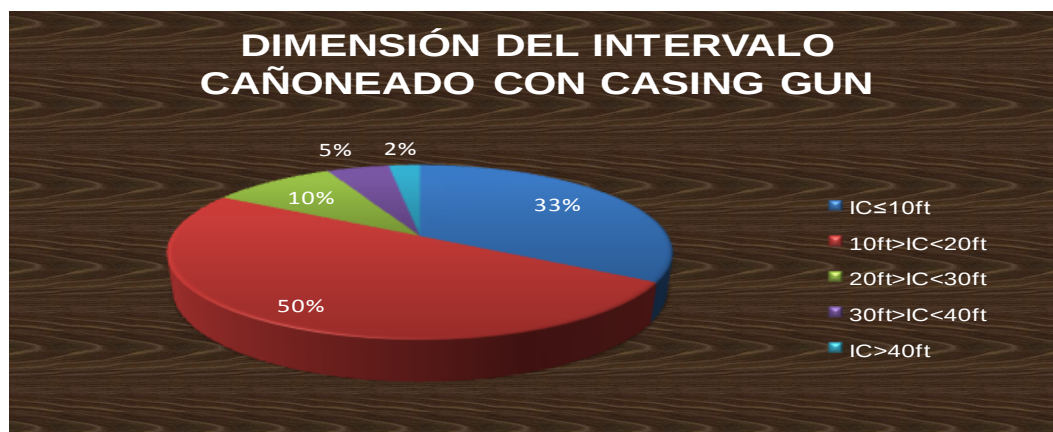


Figura 5.9.- Distribución porcentual del intervalo cañoneado con *Casing Gun*

FASE III: Comparación de las técnicas de cañoneo empleadas en función al índice de productividad del Campo HATO-SINCO, Arena “P” de la Formación Escandalosa.

- **Completación por Flujo Natural**

La figura 5.10 establece una comparación gráfica del índice de productividad de los pozos que fueron completados por flujo natural y posteriormente con levantamiento artificial, para observar posibles diferencias entre los métodos de cañoneos empleados. Claramente se visualiza la disminución del índice de productividad de manera abrupta, al comparar el IP estimado mediante flujo natural (cañoneado con sarta TCP) y el IP estimado una vez sacada la sarta TCP y bajado el equipo de levantamiento. El cambio del método de producción de flujo natural a BES (Bombeo Electro-Sumergible), consiste en controlar el pozo con fluido de control, mientras se procede a sacar la sarta de flujo natural para luego realizar la instalación del método de levantamiento artificial respectivo. Este proceso trae consigo efectos negativos que alteran en gran medida la productividad debido a la invasión del fluido de control.

La causa de ésta disminución importante del índice de productividad que ocurre por sacar la sarta de flujo natural y controlar el pozo, porcentualmente alcanza el 58% para pozos con permeabilidades mayores a 200mD, que deriva del daño adicional generado en la formación, como consecuencia de la invasión del fluido

de control a través de los túneles limpios arrojados por el bajo balance realizado durante el ejercicio del cañoneo con TCP.

De igual forma, se puede visualizar en la Figura 5.10, que la disminución del índice de productividad para el caso del pozo SIN-100 no ocurrió de manera significativa a pesar de poseer altas permeabilidades en el intervalo prospectivo. La diferencia se evidencia, debido a que el resto de los pozos cañoneados con TCP utilizaron cargas convencionales durante el cañoneo, mientras que para el pozo SIN-100 se utilizaron cargas de mayor penetración (cargas *Power Jet Omega*).

Al evaluar el comportamiento del IP al cañonear con *Casing Gun*, los pozos sufren una menor reducción del IP por efectos de invasión, luego de instalar el mecanismo de levantamiento artificial respectivo, pero otorgando una productividad final bastante parecida a los pozos cañoneados con TCP convencional para pozos de similar permeabilidad. Por su parte, al hacer la misma comparación con el pozo SIN-100 cañoneado con TCP, pero con cargas de mayor penetración (PJO), la productividad se incrementa significativamente debido a la posibilidad de sobrepasar el área dañada.

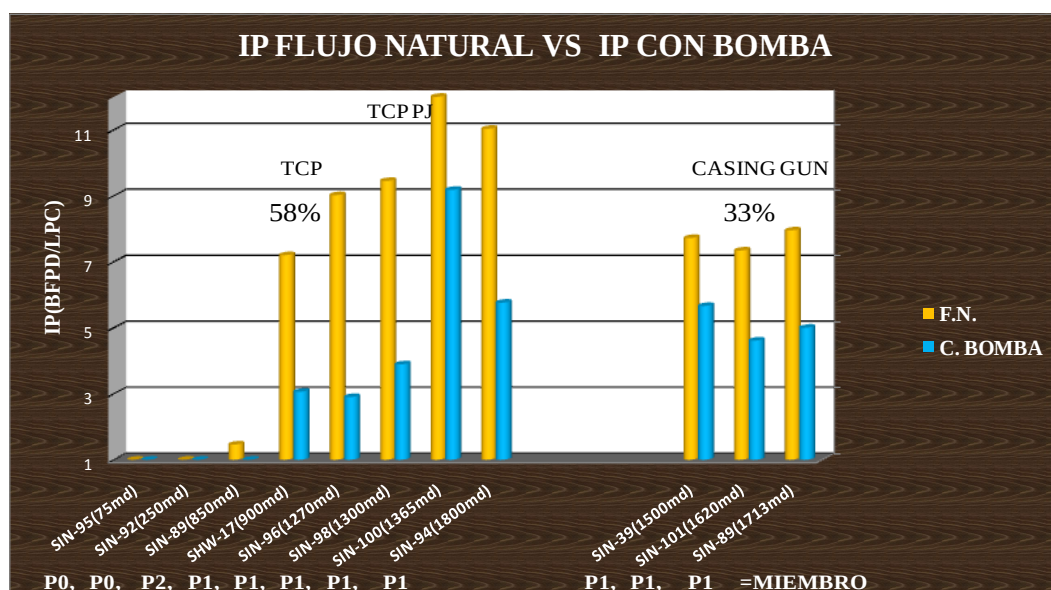


Figura 5.10.- IP estimado con Flujo Natural vs IP estimado con parámetros de bombeo para el Campo HATO-SINCO

De igual manera, se realizó una comparación del índice de productividad de aquellos pozos evaluados mediante la operación por suabo y posteriormente completados con levantamiento artificial, tomando en cuenta las permeabilidades y el método de cañoneo empleado (Figura 5.11). Se observa que en los pozos con permeabilidad mayor a 280mD, el IP estimado con el nivel dinámico posterior a la puesta en producción con equipo de levantamiento es mayor que el IP estimado a partir de parámetros con suabo. Esto es debido a las limitaciones de las operaciones con suabeo (mecánicas y/o humanas), donde en algunos casos no se obtienen los viajes por hora (VPH) representativos en función del aporte del pozo. Por tal razón, no es posible establecer una comparación representativa entre las técnicas de cañoneo en estudio.

Sin embargo, existe un comportamiento bastante similar en cuanto al índice de productividad obtenido a través de la evaluación por suabo y por levantamiento artificial para los pozos cañoneados con *Casing Gun* y TCP en permeabilidades menores a las mencionadas anteriormente.

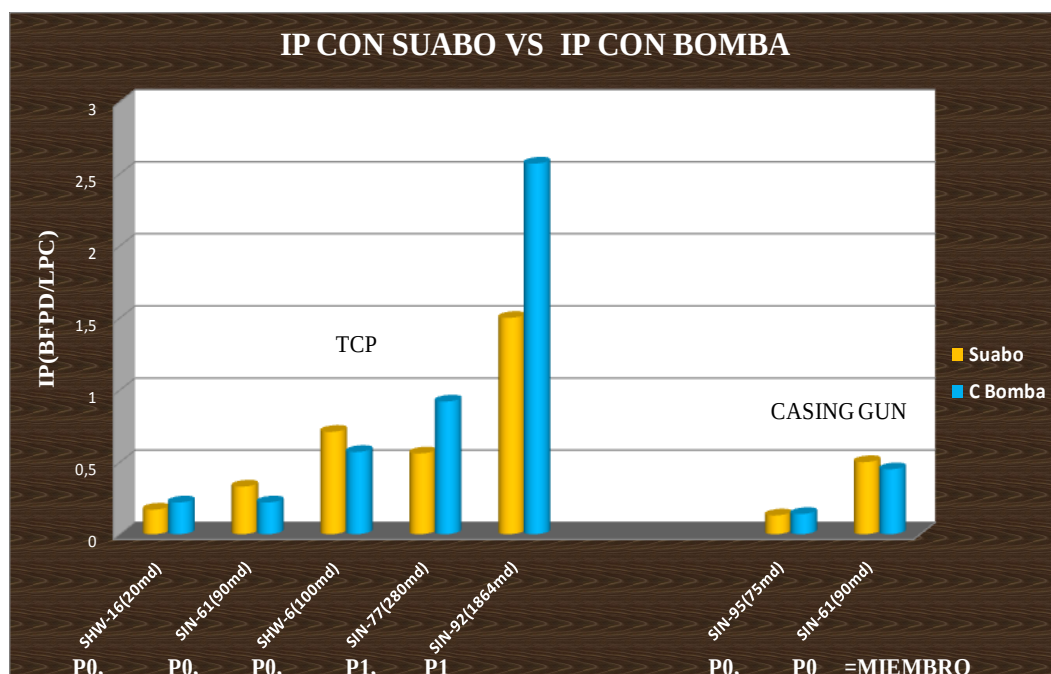


Figura 5.11.- IP estimado con Suabo vs IP estimado con parámetros de bombeo para el Campo HATO-SINCO

Comparación de las Técnicas de Cañoneo empleadas en función al índice de productividad del Campo Borburata, Arena “A/B” de la Formación Gobernador.

Para el Campo Borburata se muestra en la figura 5.12 un comportamiento similar al obtenido en los pozos cañoneados con TCP del Campo Hato-Sinco, donde la variabilidad del índice de productividad al completar los pozos con levantamiento artificial difiere en gran medida con el índice de productividad estimado a partir de los parámetros por flujo natural para altas permeabilidades.

Al realizar una comparación global de la disminución del IP para los pozos cañoneados con TCP y *Casing Gun* luego de hacer el control del pozo para completarlo con equipo de levantamiento artificial, se puede visualizar que no existe mayor diferencia de manera porcentual entre ambos, lo que es posible inferir que para los pozos del Campo Borburata hay menor invasión del fluido de control hacia la formación, debido a que el gradiente de presión es mayor en comparación al gradiente de presión del Campo Sinco, por lo tanto, el daño asociado a la operación de control con fluido de completación es menor.

Igualmente, se afirma con los pozos BOR-50, BOR-40 y BOR-59 cañoneados con TCP con cargas de alta penetración, que el índice de productividad no sufre grandes variaciones al controlar el pozo con fluido de control, para permeabilidades que van desde los 560mD a 767mD. De igual forma, se obtiene mayor índice de productividad generada por la alta penetración al compararlo con las cargas convencionales utilizadas, tanto con *Casing Gun* como con TCP a las mismas condiciones.

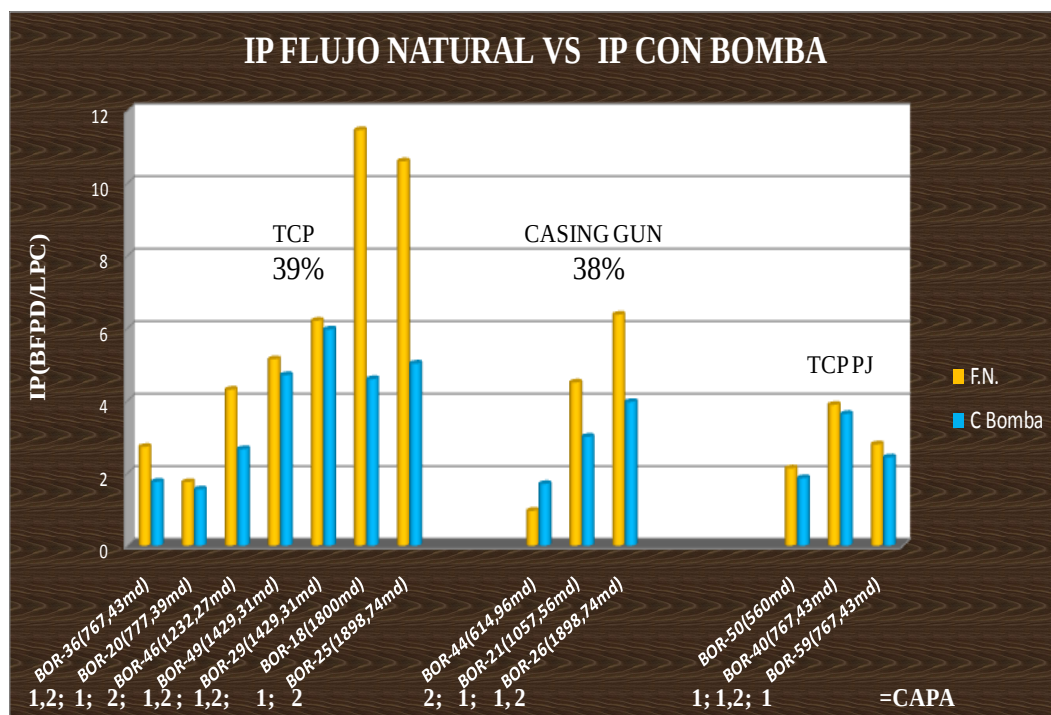


Figura 5.12.- IP estimada con Flujo Natural vs IP con parámetros de bombeo para el Campo Borburata

En la figura 5.13, se visualiza la comparación del índice de productividad obtenido por la técnica de suabeo y luego de completar los pozos con levantamiento artificial, donde no se obtuvieron resultados representativos debido a las limitaciones descritas anteriormente.

Lo que si se puede observar, es que para los pozos con una misma permeabilidad, el índice de productividad final (con Levantamiento Artificial), es mucho mayor para los pozos cañoneados con TCP con cargas de alta penetración.

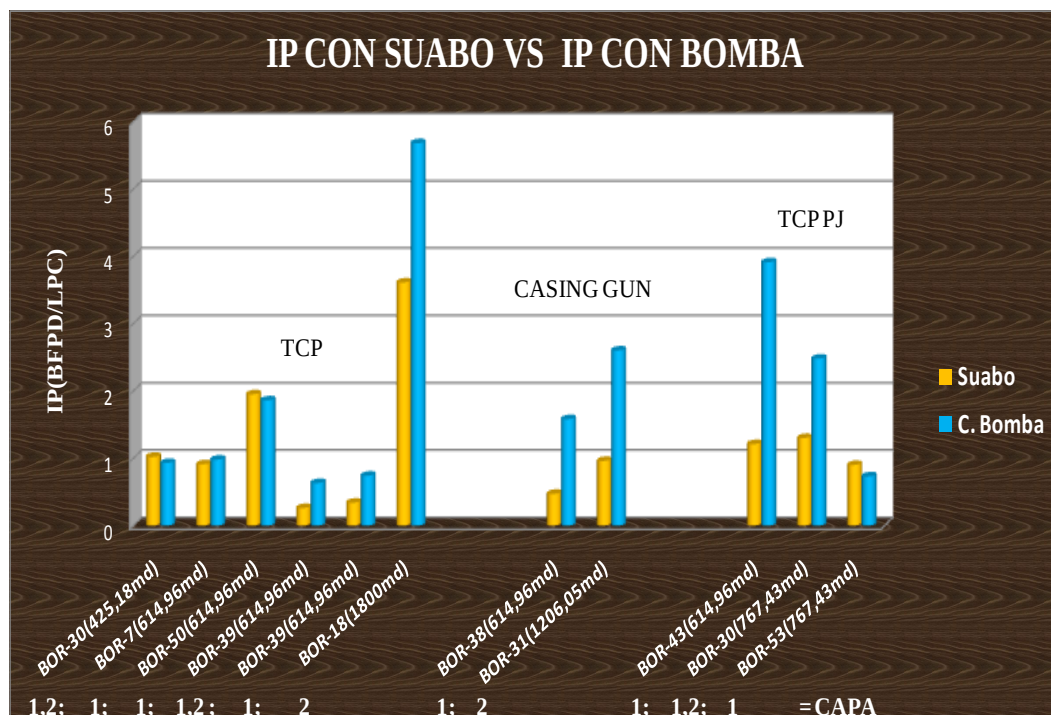


Figura 5.13.- IP estimado con Suabo vs IP con parámetros de bombeo para el Campo Borburata

FASE IV: Comparación de las Técnicas de Cañoneo empleadas en función al Daño del Campo Hato-Sinco, Arena “P” de la Formación Escandalosa.

Como se describe en el modelo sedimentológico propuesto por Martínez M. (2005), existen tres unidades distintivas en el miembro P de la formación Escandalosa que son: la unidad P0, P1 y P2. Estas unidades se estudiaron por separado para establecer comparaciones en función de las técnicas de cañoneo empleadas y del daño total arrojado por las simulaciones, que repercuten como ya se conoce en la productividad. Los resultados se muestran a continuación:

✓ Zona de baja Permeabilidad, “P0”.

Se visualiza en la Tabla 5.10 el impacto del tipo de cañoneo empleado en el daño total de los pozos mostrados al momento de arrancarlos con levantamiento artificial. La merma de productividad del pozo SHW-6 se ajusta al comportamiento de la mayoría de los pozos cañoneados con *Casing Gun* en el

miembro “P0” por el efecto del daño total. Éste es mayor, debido a los desperdicios arrojados por el cañoneo y el uso del sobre balance o balance al cañonear (ver comparación del daño total entre ambos métodos de cañoneo, en la figura 5.14).

Tabla 5.10.-Comparación numérica del daño total en función de la productividad para permeabilidades bajas

POZO	SHW6	SIN95-SIN61
Tipo de Cañon	CG	TCP
Dimensión (ft)	24	40-20
Densidad (tpp)	6	5
°Fase	60	72-45
K(md)	100	82,5
S INVASION	13,84	14,225
S PEN. PARCIAL	6,578	0,054
S. FORM. + CAÑONEO	7,294	7,838
S TOTAL	26,028	8,1265

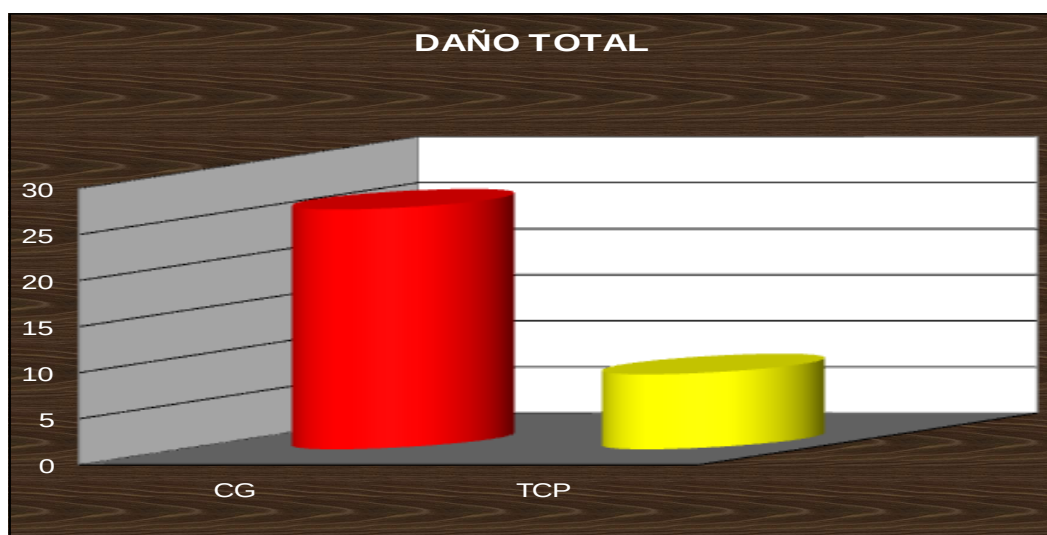


Figura 5.14.- Daño total en función de la productividad y cañoneo utilizado para permeabilidades bajas.

✓ Zona de media permeabilidad, “P1”.

De igual manera para permeabilidades medias se visualiza claramente en la tabla 5.11 y en la figura 5.15 respectivamente, el daño total existente en la vecindad del pozo y el tipo de cañoneo empleado luego de ser completados con levantamiento artificial.

Nuevamente los pozos cañoneados con *casing gun* presentan valores de daño total altos en comparación con los pozos cañoneados con TCP, lo que afecta directamente en la productividad, como se logró visualizar en la fase anterior.

Tabla 5.11.-Comparación numérica del daño total en función de la productividad para permeabilidades medias

POZO	SHW12	SHW17
Tipo de Cañon	CG	TCP
Dimensión (ft)	12	26
Densidad (tpp)	5	12
°Fase	72	135
K(md)	870	900
S INVASION	21.36	8,478
S PEN. PARCIAL	5.408	2,432
S. FORM. + CAÑONEO	11.792	3,369
S TOTAL	36,855	8,132

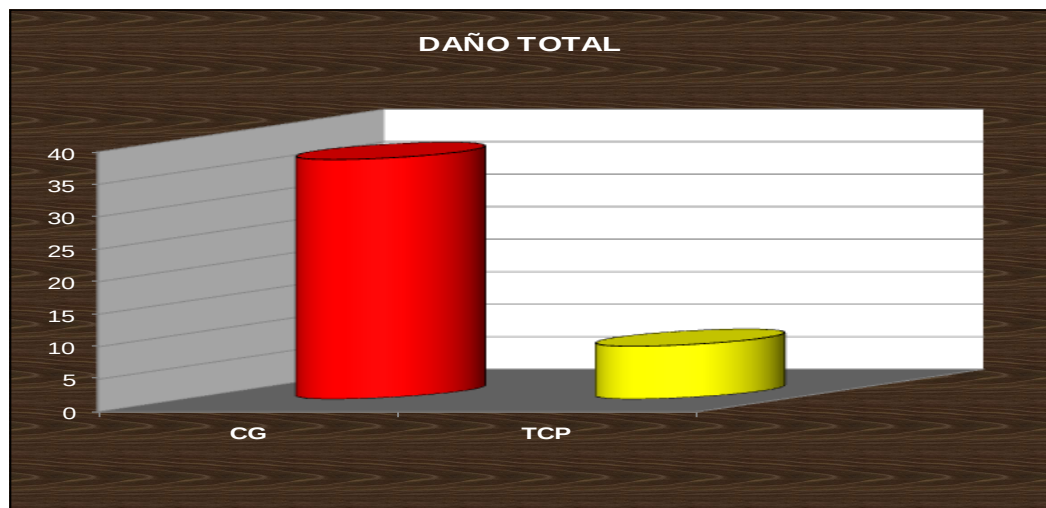


Figura 5.15.- Daño total en función de la productividad y cañoneo utilizado para permeabilidades medias.

✓ **Zona de alta permeabilidad, “P1”.**

Al comparar numéricamente y gráficamente dos pozos que fluyeron naturalmente y que presentan alta permeabilidad en el Miembro “P” (tabla 5.12 y figura 5.16), se detalla claramente el mismo patrón anterior, donde el daño total es mayor para

los pozos cañoneados con *Casing Gun*, atribuible a que el bajo balance ejercido durante la operación con TCP genera mayor limpieza en el cañoneo.

Tabla 5.12.-Comparación numérica del daño total en función de la productividad para permeabilidades altas

POZO	SIN94	SIN101
Tipo de Cañon	TCP	CG
Dimensión (ft)	16	12
Densidad (tpp)	12	5
°Fase	135	72
K(md)	1800	1620
S INVASION	9,737	16,69
S PEN. PARCIAL	4,909	7,293
S. FORM. + CAÑONEO	2,306	2,709
S TOTAL	10,675	15,871

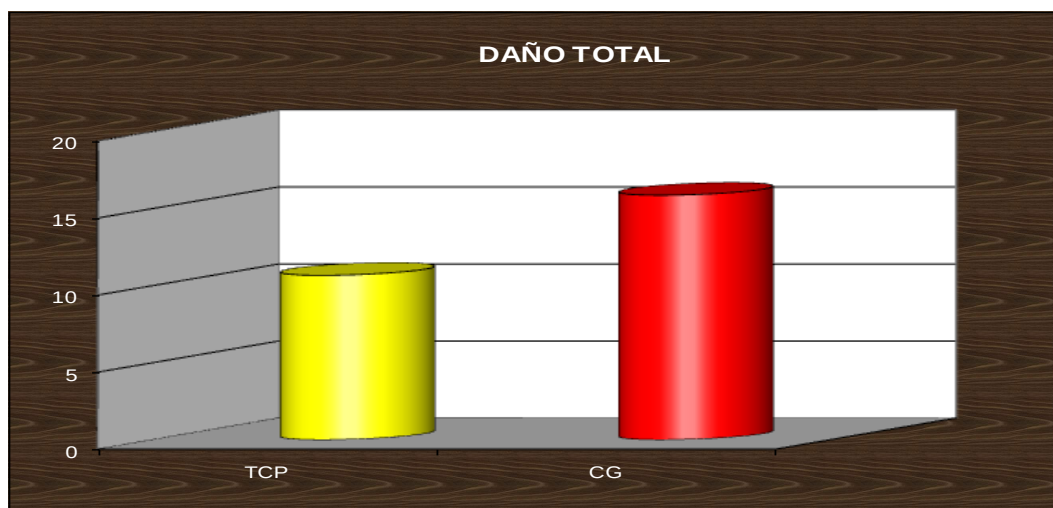


Figura 5.16.- Daño total en función de la productividad y cañoneo utilizado para permeabilidades altas.

FASE IV: Comparación de las Técnicas de Cañoneo empleadas en función al Daño del Campo Borburata, Arena “A/B” de la Formación Gobernador.

Luego de observar la diferencia de productividad y el efecto de daño generado para cada método de cañoneo en estudio en el Campo Hato-Sinco, se presenta una comparación de los pozos BOR-30 y BOR-40 del Campo Borburata cañoneados en capa 1 y 2 respectivamente, utilizando cañoneo TCP con cargas *Power Jet*

Omega y el TCP *PURE* utilizando cargas convencionales (tabla 5.13 y figura 5.17).

Tabla 5.13.-Comparación numérica del daño total en función de la productividad para Cañoneo TCP *Pure* y TCP con cargas *Power Jet Omega*.

POZOS	BOR30	BOR40
TIPO CAÑON	TCP PURE	TCP PJO
DIMENSIÓN(ft)	30	25
DENSIDAD(Tpp)	5	5
°FASE	72	72
K(md)	767,427441	767,427441
S INVASION	10,004	1,286
S PEN. PARCIAL	1,325	4,986
S. FORM. + CAÑONEO	3,834	-1,156
S TOTAL	6,692	1,964

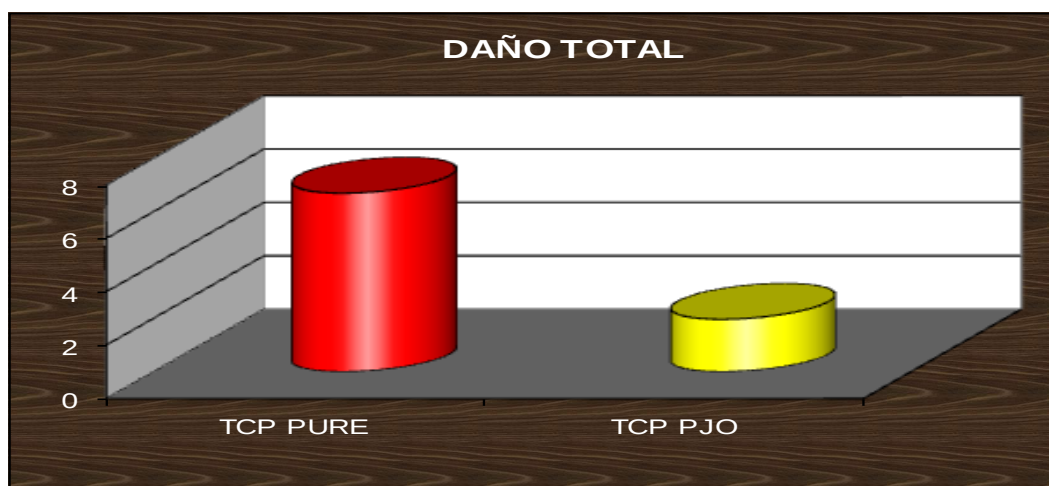


Figura 5.17.- Daño total en función de la productividad y cañoneo TCP *PURE* y TCP con cargas *Power Jet Omega*.

La diferencia en cuanto al valor del daño total reflejado por ambos cañoneos, se debe en gran medida a que se logra sobrepasar la zona dañada en la formación utilizando cargas de mayor alcance, sin importar el bajo balance dinámico que puede aportar la técnica *PURE* utilizando cargas convencionales (ver daño de formación más cañoneo del pozo BOR40 en la tabla 5.13).

Igualmente, se realizó una comparación del daño total para los pozos BOR54 y BOR50 cañoneados respectivamente con TCP *Power Jet Omega* y *Casing Gun* en capa 1, que presenta menor permeabilidad que capa 2 (ver Tabla 5.14 y Figura

5.18). Al sobrepasar la zona dañada con el cañoneo utilizando TCP con cargas PJO, se disminuye el valor del daño total que afecta en gran medida la productividad en el pozo BOR-54 a pesar de que el pozo BOR-50 presenta mayor permeabilidad y el daño total es mayor por no sobrepasar la zona dañada.

Tabla 5.14.-Comparación numérica del daño total en función de la productividad para Cañoneo *Casing Gun* y TCP con carga *Power Jet Omega*

POZOS	BOR54	BOR50
TIPO CAÑON	TCP PJO	CG
DIMENSIÓN(ft)	12	15
DENSIDAD(Tpp)	5	5
°FASE	72	60
K(md)	767,427441	560
S INVASION	9,814	7,618
S PEN. PARCIAL	3,208	2,187
S. FORM. + CAÑONEO	-0,242	0,71
S TOTAL	2,705	3,42

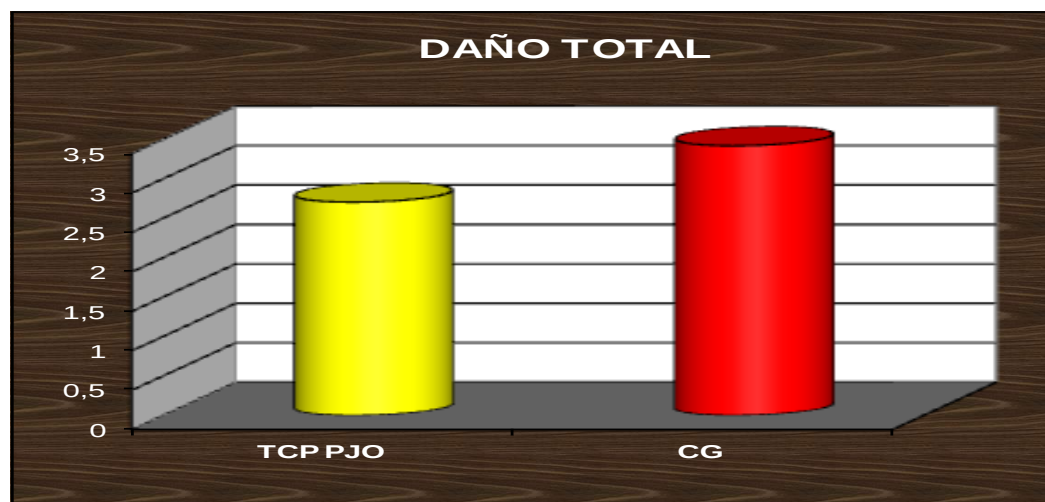


Figura 5.18.- Daño total en función de la productividad y cañoneo *Casing Gun* y TCP con carga *Power Jet Omega*.

Fase V: Análisis del Diseño del Cañoneo.

Luego de haber realizado el estudio del índice de productividad y del efecto del daño en la misma, fue necesario evaluar las características reales del diseño del cañoneo para determinar la mejor configuración de los cañones, dependiendo del escenario presente y optimizar en gran medida la productividad.

Para el análisis fue necesario calcular el radio dañado de los pozos en estudio por las técnicas ya descritas, así como también poseer y en algunos casos calcular todo lo referente a las características del fluido, propiedades petrofísicas, configuración mecánica de los pozos y algunos parámetros geomecánicos de la formación, para trabajar con las características de los pozos y de los yacimientos cercanas a la realidad.

A continuación se muestran los resultados obtenidos basados en ejemplos reales que se ajustan perfectamente al comportamiento de la población estudiada:

El pozo que se describe a continuación es el BOR-49, el cual, luego de estudiar el daño total de la formación y el índice de productividad estimado por flujo natural como por levantamiento artificial, fue necesario contrastar estos resultados reales variando los parámetros del diseño del cañoneo realizado, a través de sensibilidades mediante la utilización del simulador de análisis nodal Wellflo para maximizar la productividad e igualmente determinar la configuración más óptima de cañoneo.

La figura 5.19, muestra la sensibilidad de productividad en función de la variación de la longitud de penetración de las cargas en la formación. El radio dañado estimado para este pozo es de 16 pulgadas, y se puede visualizar el aumento significativo de la productividad al sobrepasar el mismo; comparando lo que fue realmente la longitud de penetración alcanzada (carga convencional, óvalo de color rojo) con la productividad posible de obtener al colocar cargas de alta penetración en los cañones (óvalos de color verde).

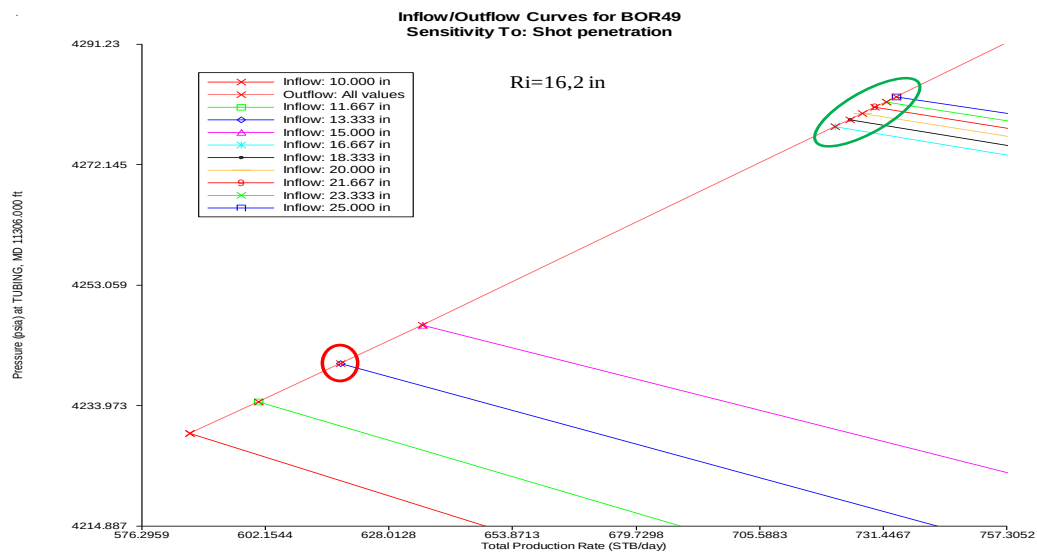


Figura 5.19.- Sensibilidad de la productividad en función de la longitud de penetración de las cargas para el pozo BOR-49

Posteriormente se evaluó la densidad de disparos por pies óptimos al no sobrepasar la zona dañada como se observa en la figura 5.20. La densidad utilizada fue de 5 tpp (óvalo rojo), pero la simulación muestra que la máxima productividad es posible siempre y cuando se utilice la mayor densidad de tiro durante el cañoneo (óvalo verde) para obtener así una mejor área de flujo en zonas dañadas.

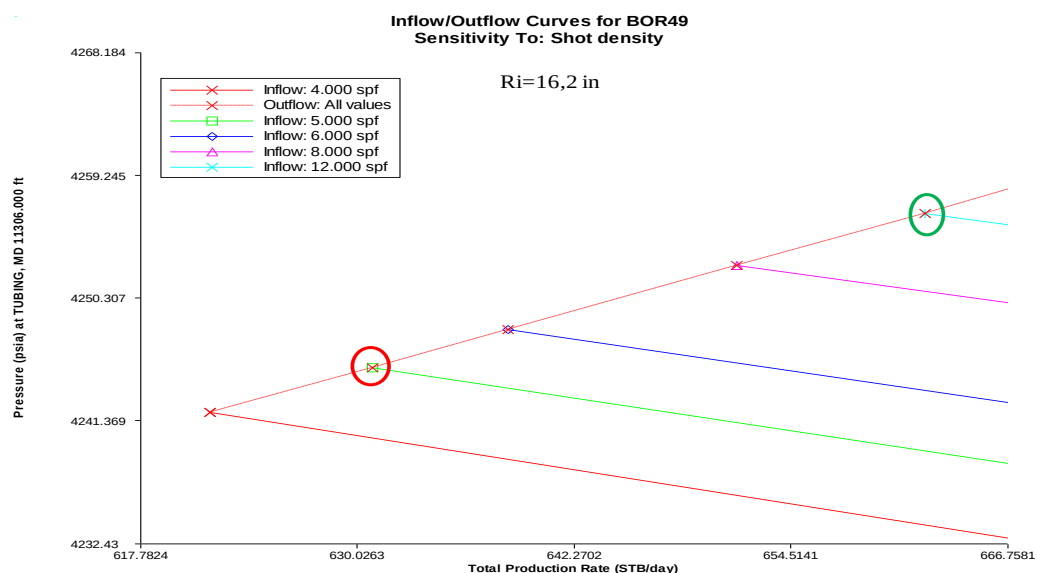


Figura 5.20.- Sensibilidad de productividad en función de la densidad de tiro utilizada al no sobrepasar la zona dañada. Pozo BOR-49

En la figura 5.21 se muestra la combinación de la longitud de penetración obtenida con una densidad de cañoneo de 12 tpp (óvalo rojo), determinando así la óptima configuración de cañoneo al no sobrepasar la zona con permeabilidad dañada.

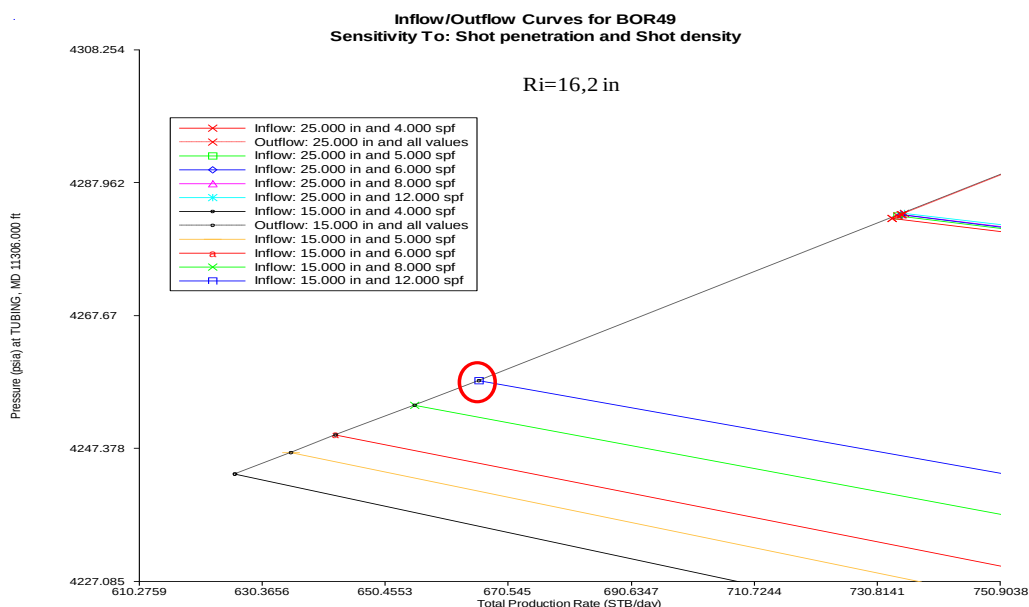


Figura 5.21.-Combinación de longitud de penetración obtenida con máxima densidad para pozos en los que el cañoneo no atraviesa la zona dañada.

De igual forma se realizó la sensibilidad para determinar el mejor arreglo angular (°Fase) en función de la longitud de penetración máxima si se sobrepasa la zona dañada (figura 5.22). Los resultados obtenidos muestran que la maximización de la productividad al sobrepasar el radio dañado se logra con la menor densidad de disparos posible, es decir, 4tpp con 90° Fase.

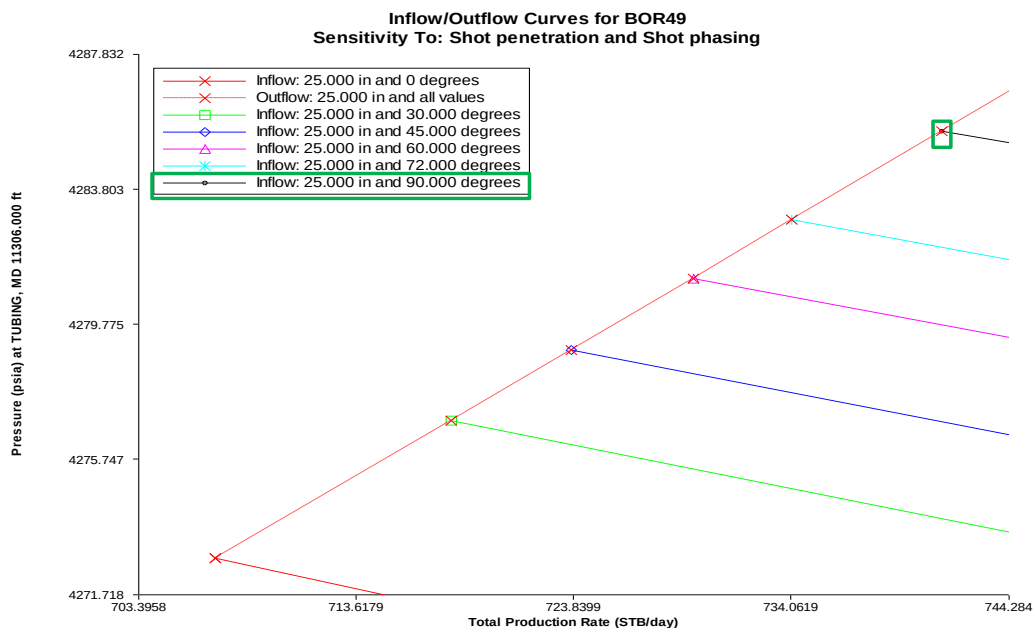


Figura 5.22.- Sensibilidad para el pozo BOR-49 de la longitud máxima de penetración al sobrepasar la zona dañada en función de los °Fase del cañoneo.

La determinación de la penetración real alcanzada se determinó utilizando el simulador de análisis de cañoneo de la compañía Schlumberger (SPAN), que entre los parámetros más importantes requeridos por el *software* resalta el UCS (*Unconfined Compressive Strenght*) e igualmente la configuración de cañoneo utilizada. La figura 5.23, afirma que para un radio de invasión de 16.2 pulgadas para el pozo BOR-49 no se logró sobrepasar la zona dañada con el cañoneo realizado, ya que la longitud promedio alcanzada fue de 13,86 pulgadas en la formación.

Además, se puede observar que la longitud máxima de penetración por las características de consolidación de la formación en el área de estudio disminuyó en un 55,36% en comparación con las mediciones efectuadas y certificadas por A.P.I., que según las especificaciones de la carga utilizada para las condiciones de certificación la longitud de penetración de la carga alcanza los 31,05 pulgadas. Es por ello que a mayor UCS existe menor longitud de penetración alcanzada (ver figura 5.24).

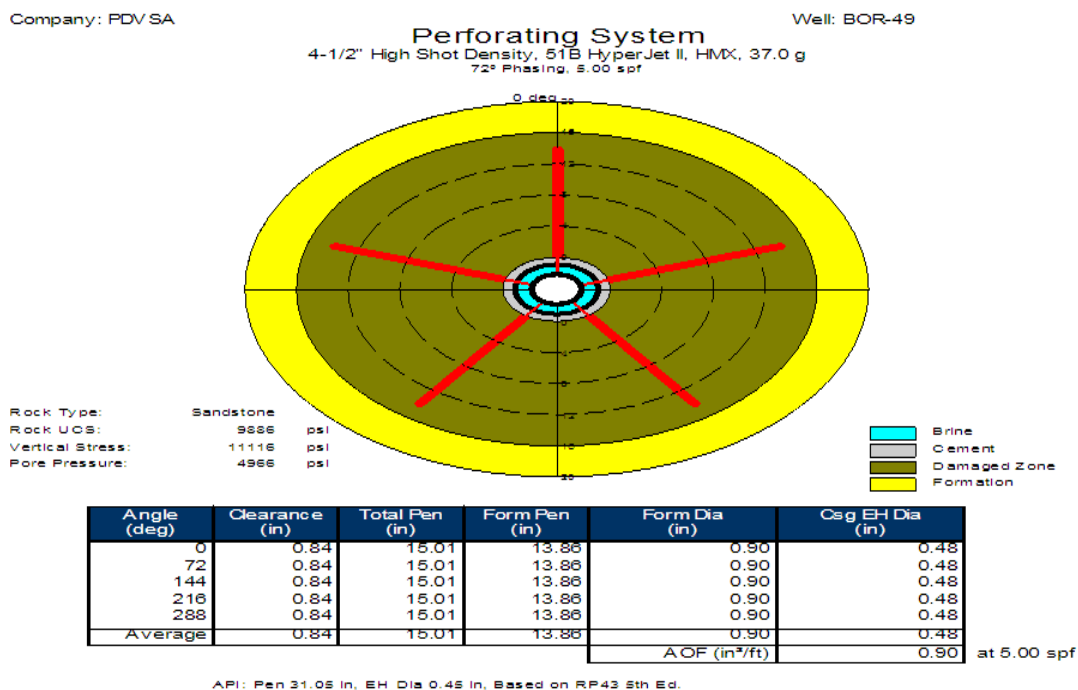


Figura 5.23.-Penetración del cañoneo alcanzada para el pozo BOR-49

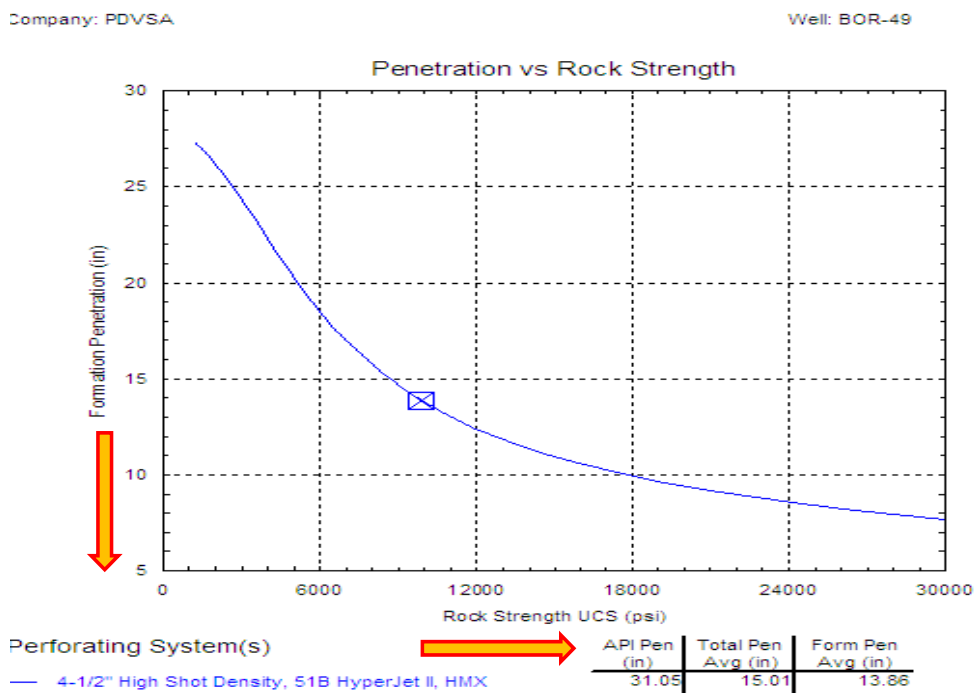


Figura 5.24.Longitud de penetración alcanzada para el pozo BOR-49 en función del UCS de la formación.

Al no sobrepasar la zona dañada como se muestra en la figura 5.23, se confirma que para disminuir el daño generado por el cañoneo es necesario utilizar mayor densidad de disparos posible como se visualiza en la figura 5.25 (donde el recuadro rojo representa el daño total de la formación).

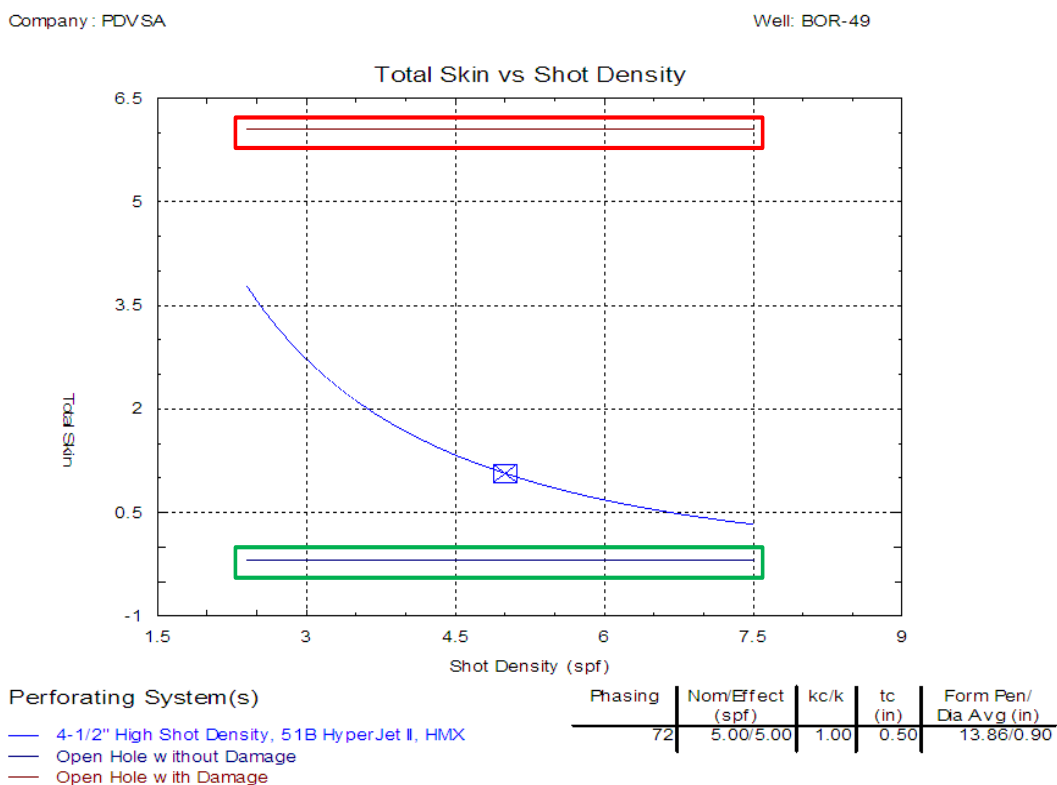


Figura 5.25. Daño total vs densidad de disparos para el pozo BOR-49

También es importante señalar que la razón máxima de productividad se logra al cañonear el espesor de arena máximo prospectivo (visualizar figura 5.26), sin embargo, la presencia de acuífero activo en el área de estudio limita el porcentaje de cañoneo de la zona de interés.

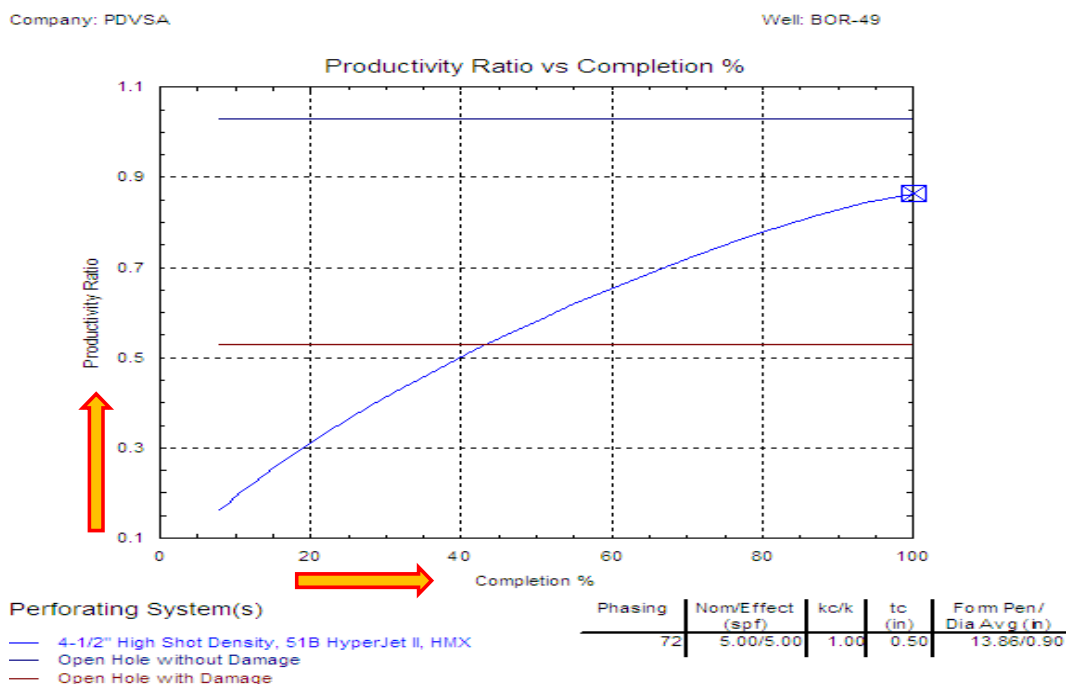


Figura 5.26. Porcentaje de completación vs razón de productividad para el pozo BOR-49

➤ **Análisis de Diseño y Comparación de Productividad entre una carga convencional y una carga de máxima penetración.**

A continuación se muestra el análisis realizado al pozo BOR-26 luego de haber ejecutado en las fases anteriores el análisis del cálculo del índice de productividad y la determinación del daño total utilizando las condiciones de cañoneo real. El radio dañado estimado fue de 20 pulgadas calculado por el método de flujo radial a través de la ecuación de Darcy. Posteriormente se procedió a realizar el diseño óptimo de los disparos con el simulador SPAN que sobrepasara el área dañada como se visualiza en la figura 5.27.

Company: PDVSA

Well: BOR-26

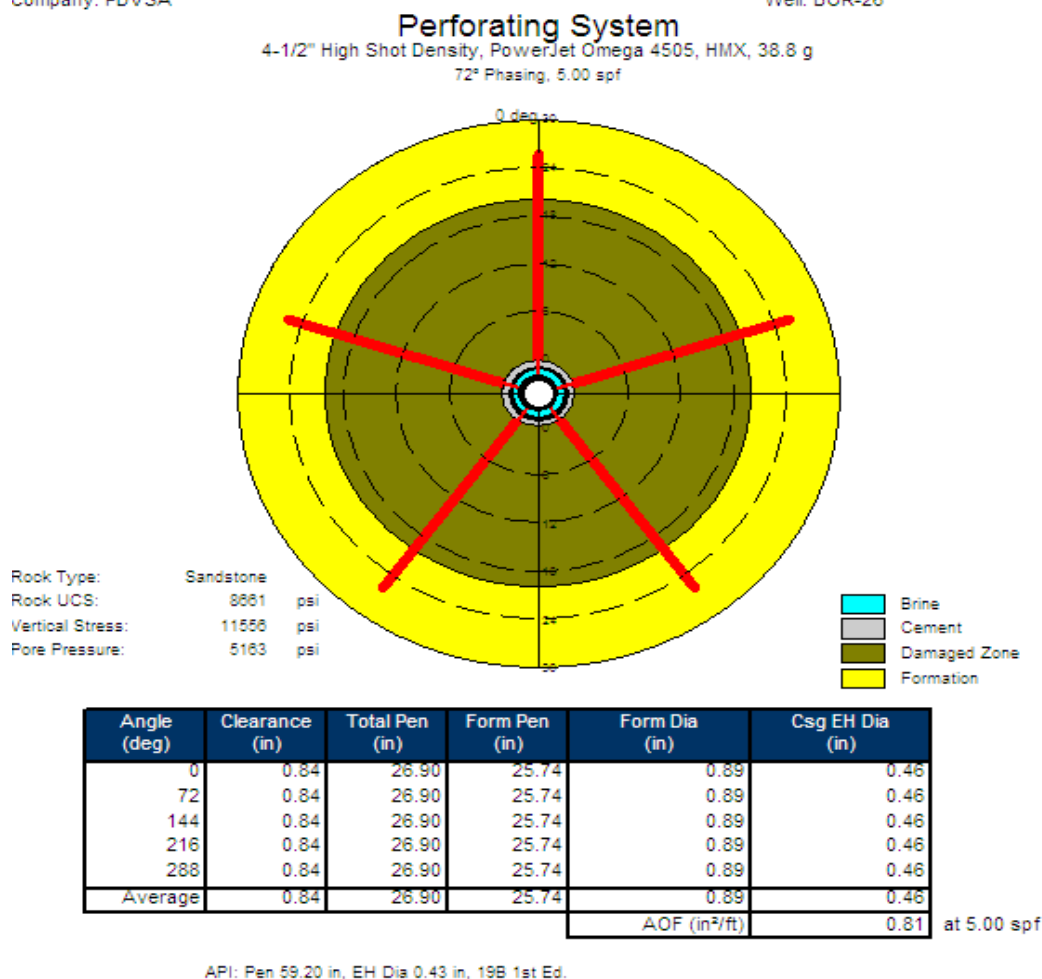


Figura 5.27.-Diseño del cañoneo para el pozo BOR-26 que permite rebasar el radio dañado.

Seguidamente se ejecutó la evaluación por flujo natural con ambos diseños de disparos (convencional y de alta penetración) utilizando el simulador WellFlo para determinar la diferencia en cuanto a productividad y el efecto al sobrepasar el radio dañado.

Motivado a la producción de agua en el área de estudio, se procedió a analizar el efecto de la presión de fondo fluyente obtenida a partir del uso de cargas convencionales y de alta penetración en la intrusión del agua proveniente de los acuíferos activos.

En la figura 5.28, se muestra el gráfico de tasa de producción vs corte de agua del pozo BOR-26 al fluir naturalmente, tanto con la carga utilizada (convencional), como con el uso de cargas de alta penetración; observándose que la diferencia en cuanto a la tasa inicial de petróleo es de aproximadamente 80 BPD adicionales, cuya tendencia se mantiene a lo largo de la vida productiva del pozo.

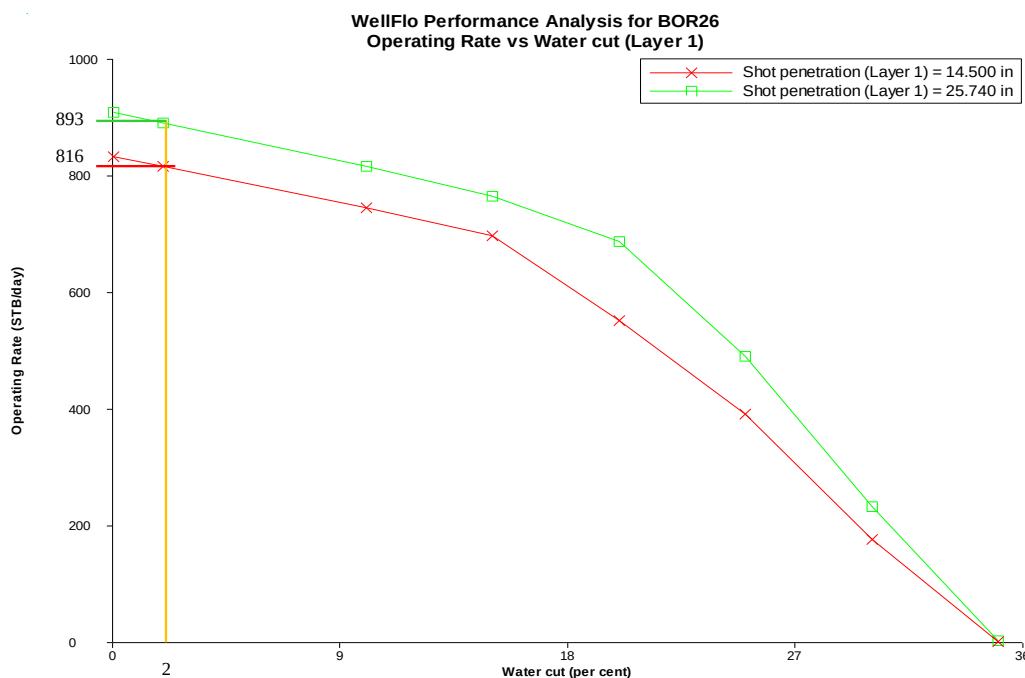


Figura 5.28. Análisis de productividad por flujo natural para el pozo BOR-26

En la figura anterior se establece la comparación de la tasa de fluidos para un corte de agua de 2% para ambas configuraciones, destacando que la diferencia está basada simplemente en sobrepasar el radio dañado del pozo con los disparos. En la figura 5.29 se muestra la comparación de la presión de fondo fluyente del pozo al fluir naturalmente, donde la variación de la presión es poco significativa.

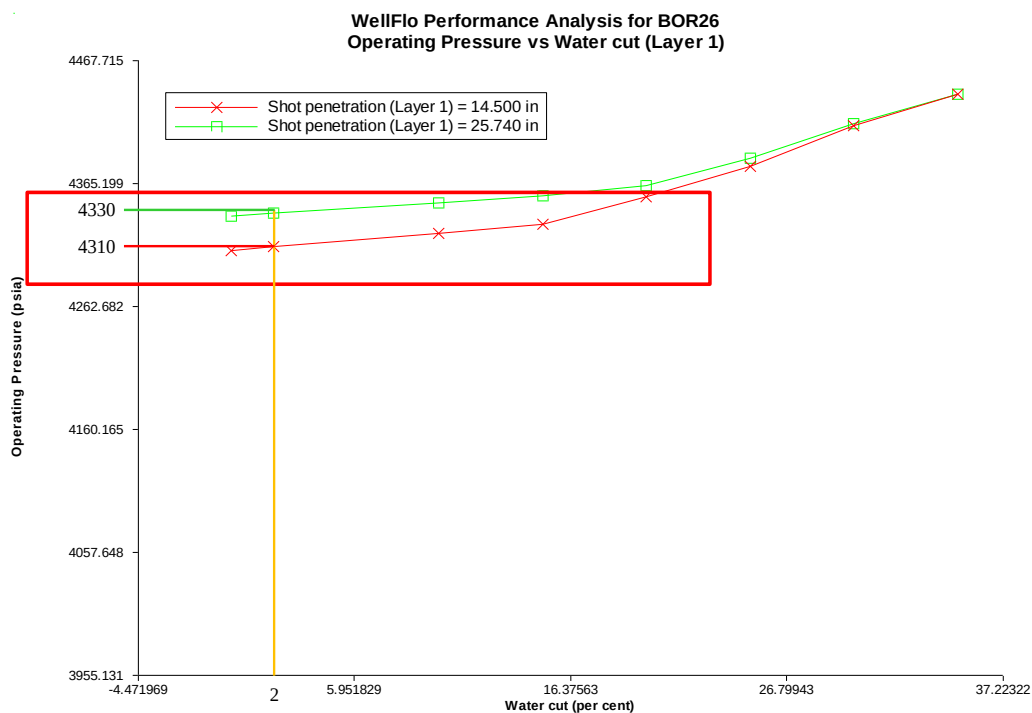


Figura 5.29. Análisis de la variación de la presión de fondo fluyente del pozo BOR-26 por flujo natural

Se pudo inferir que la caída de presión en la vecindad del pozo no retardaría en la intrusión del agua al pozo. Para corroborar lo anteriormente descrito, se evaluó el pozo a través de un modelo de flujo radial (figura 5.30). El análisis consistió en hacer la predicción de productividad en el tiempo con el simulador Eclipse conociendo la presión de fondo fluyente, el daño total y la productividad del pozo calculado previamente (ver figura 5.31) para finalmente comparar el tiempo en el que se alcanza el mismo corte de agua (2%) en ambos casos.

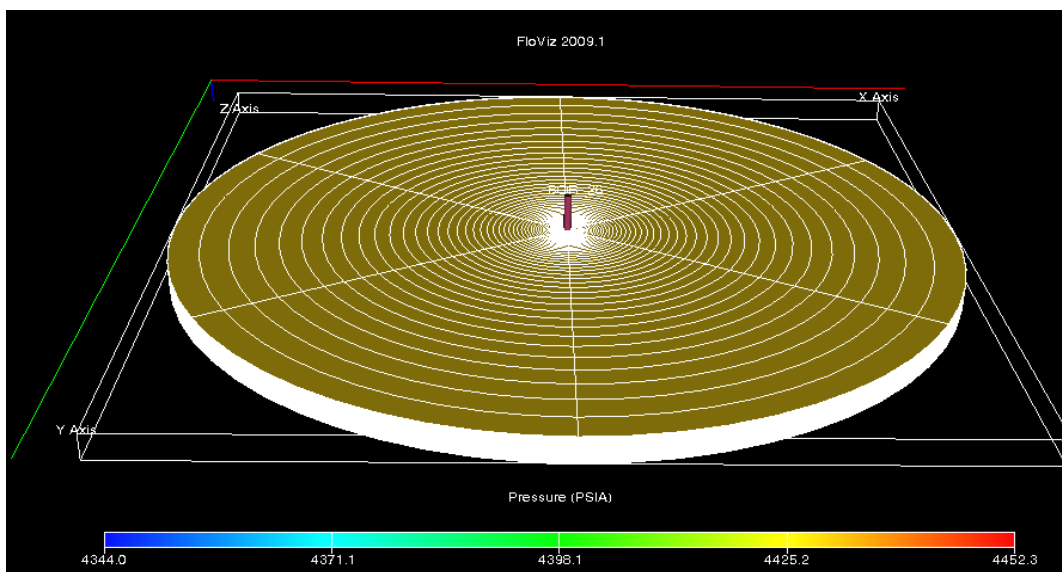


Figura 5.30. Modelo de flujo radial para el pozo BOR-26

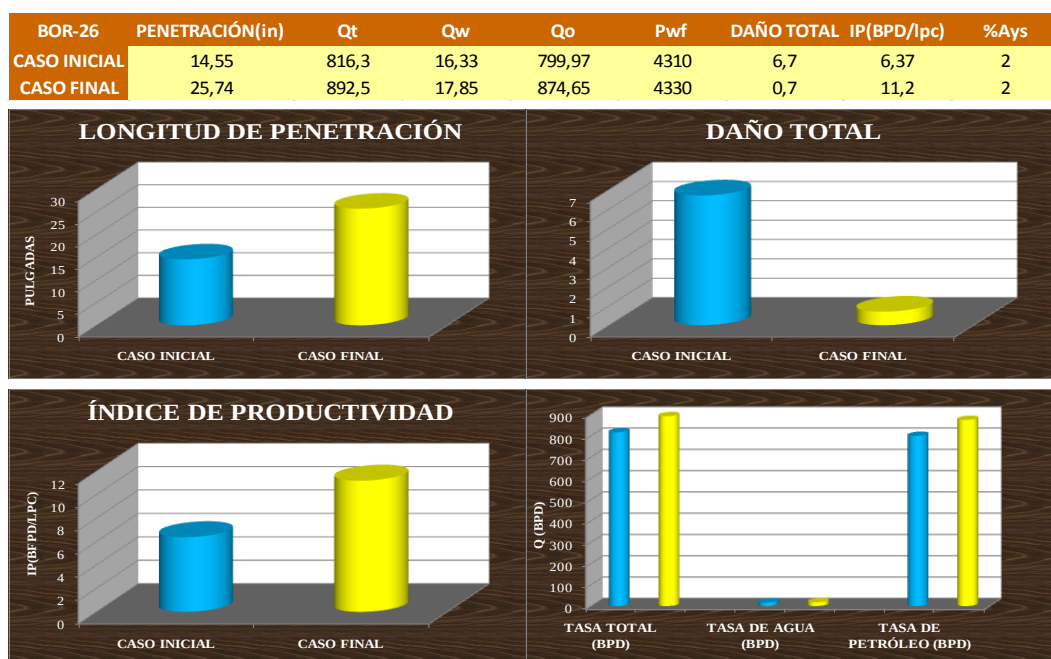


Figura 5.31. Resumen del estudio previamente realizado del pozo BOR-26

El resultado del análisis utilizando un modelo de flujo radial para describir y predecir en el tiempo la productividad de agua del pozo, se muestra en la figura 5.32, de la cual se puede afirmar que a pesar de que se retarda el corte de agua en dos días aproximadamente con una mayor penetración en la formación, esto no representa un resultado significativo en la vida productiva del pozo.

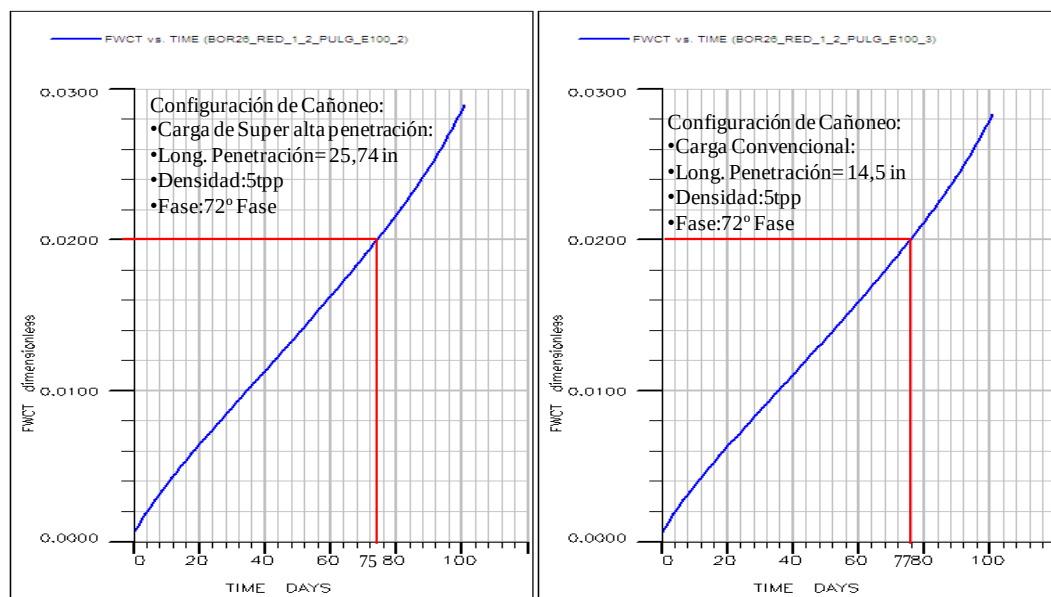


Figura 5.32. Análisis del estudio del modelo de flujo radial para el pozo BOR-26

Fase VI: Análisis de incertidumbre de las variables que afectan directamente el cañoneo

El análisis estadístico realizado para determinar la magnitud de las variables que afectan directamente al cañoneo se dividieron en tres casos:

1er caso.-Las variables que generan la disminución de la longitud de Penetración.

Entre los posibles parámetros de entrada para el simulador que se tomaron en consideración para determinar cual(es) de ello(s) afectaba directamente la disminución de la longitud de penetración de las cargas en la formación están: Presión de poro, permeabilidad, UCS y el radio de invasión. El resultado de la matrix generada para este caso se observa en la tabla 5.15, que muestra las 17 corridas realizadas con el simulador SPAN. El principal parámetro que afecta la longitud de penetración estadísticamente es el UCS. Como resultado del análisis, se obtuvo una correlación con un coeficiente de regresión de 0,962 que representa el comportamiento de la longitud de penetración en función del UCS (Tabla 5.16 y figura 5.33).

Tabla 5.15.-Variable fundamental que afectó las 17 corridas la longitud de penetración de las cargas

CORRIDA	Long Penet. (in)	UCS(psi)	Long Penet. (in)
1	19,84	5162	19,30
2	12,38	11866	11,84
3	12,37	11866	11,84
4	19,82	5162	19,30
5	12,37	11866	11,84
6	12,37	11866	11,84
7	19,83	5162	19,30
8	19,83	5162	19,30
9	15,08	8514	15,64
10	15,08	8514	15,46
11	15,08	8514	15,46
12	15,08	8514	15,64
13	15,09	8514	15,64
14	15,09	8514	15,46
15	15,07	8514	15,46
16	15,07	8514	15,64
17	15,08	8514	15,57

Tabla 5.16.- Resumen de la Estadística de regresión para la variable UCS

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,981032229
Coefficiente de determinación R ²	0,962424235
R ² ajustado	0,957056269
Error típico	0,557129472
Observaciones	17

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	111,3009886	55,65049432	179,2902864	1,05768E-10
Residuos	14	4,345505472	0,310393248		
Total	16	115,6464941			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	25,24118178	0,676078273	37,33470338	2,02284E-15	23,79113811	26,69122546
Variable X 1	-0,001112396	5,87634E-05	-18,93006596	2,26283E-11	-0,001238431	-0,000986361

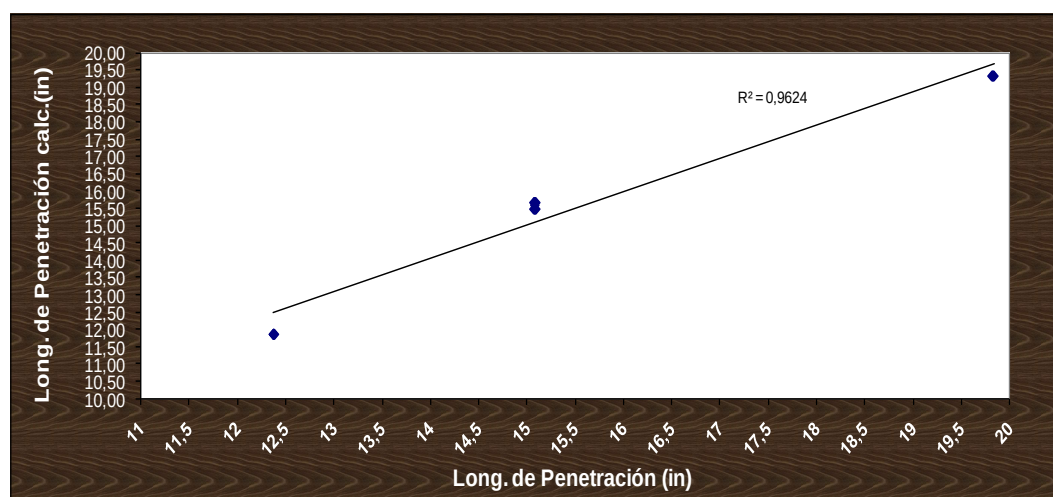


Figura 5.33.-Regresión Lineal obtenida que involucra la longitud de penetración real vs la longitud de penetración calculada a través del UCS

2do Caso.- Variables que afectan directamente al daño generado por el cañoneo.

De la misma manera se establecieron los posibles parámetros de entrada que pudiesen afectar de forma significativa el daño por el cañoneo. La conclusión del análisis muestra que dichas variables son: relación K_d/K , el UCS y el radio de invasión. La matrix de variables se encuentra en la tabla 5.17, así como el resultado de las 17 corridas respectivas. La correlación obtenida mediante regresión para estimar el daño por cañoneo a partir de las variables antes mencionadas presenta un coeficiente de regresión de 0,68 (ver tabla 5.18 y figura 5.34).

Tabla 5.17.- Variables que afectan el Daño por Cañoneo y las 17 corridas respectivas

DAÑO POR CAÑONEO	K_d/K	UCS(psi)	rd(in)	DAÑO POR CAÑONEO
-1,55	0,5	5162	16	-3,111293344
-0,44	0,5	11866	16	-0,006293344
5,42	0,1	11866	16	3,051514637
-1,13	0,1	5162	16	-0,053485363
1,02	0,25	11866	16	1,904836644
1,02	0,25	11866	16	1,904836644
-1,36	0,25	5162	16	-1,200163356
-1,36	0,25	5162	16	-1,200163356
-1,1	0,25	8514	10	-0,901705872
1,18	0,25	8514	25	2,233400418
1,18	0,25	8514	25	2,233400418
-1,1	0,25	8514	10	-0,901705872
-1,24	0,5	8514	10	-2,81283586
-0,55	0,5	8514	25	0,32227043
6,34	0,1	8514	25	3,380078411
-0,96	0,1	8514	10	0,244972121
0,07	0,25	8514	16	0,352336644

Tabla 5.18.- Resumen estadístico de la regresión obtenida a través de las corridas

<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coeficiente de correlac	0,828225202					
Coeficiente de determini	0,685956985					
R ² ajustado	0,61348552					
Error típico	1,436789538					
Observaciones	17					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	3	58,61886572	19,53962191	9,465201022	0,001393361	
Residuos	13	26,83673428	2,064364176			
Total	16	85,4556				

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-5,02395969	1,872158474	-2,683511979	0,018774834	-9,068512171	-0,979407213
Variable X 1	-7,64451995	2,498905915	-3,059146768	0,009137724	-13,04307795	-2,245961948
Variable X 2	0,000463156	0,000151546	3,05621178	0,009189478	0,000135761	0,000790551
Variable X 3	0,209007086	0,067025019	3,118344303	0,008153699	0,064208336	0,353805836

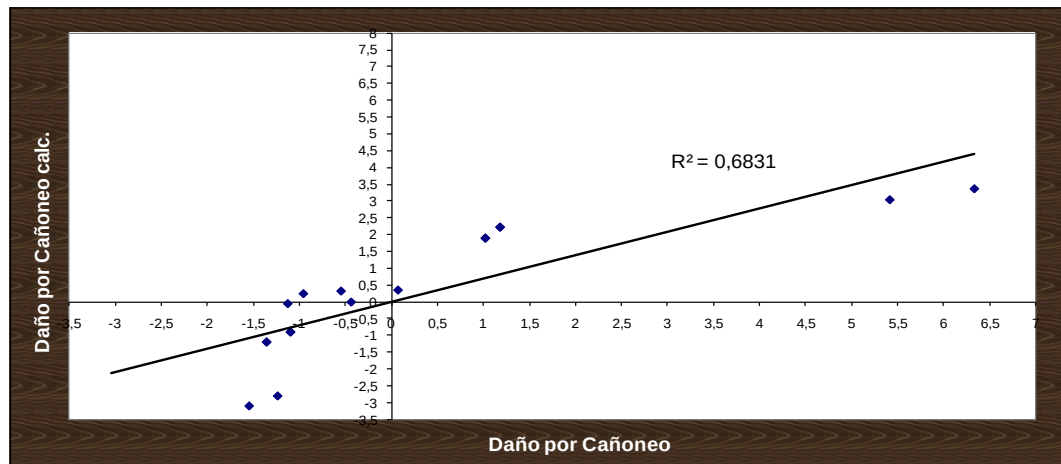


Figura 5.34.- Regresión Lineal obtenida del daño por cañoneo simulado vs el daño por cañoneo a través de la correlación

En la figura 5.35 se muestra el histograma realizado para el daño por cañoneo considerando 1000 valores aleatorios de las variables con incertidumbre considerada dentro del rango máximo y mínimo establecidos. Se observa que el daño por cañoneo presenta una mayor frecuencia entre 0,67 y 2,10.

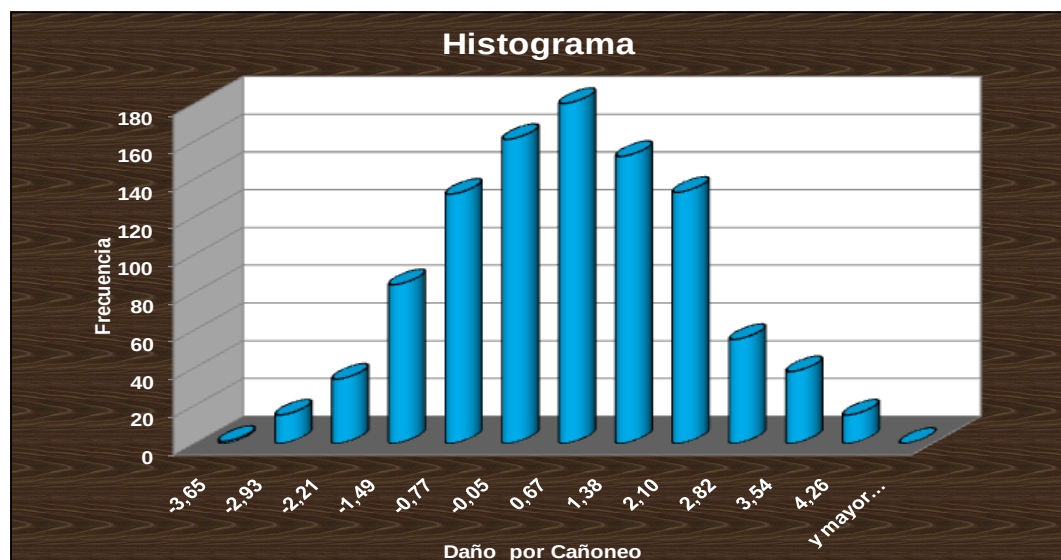


Figura 5.35.-Frecuencia del daño ocasionado por cañoneo a través de la simulación Monte Carlo

3er Caso.-Variables que afectan directamente el bajo balance óptimo requerido por el cañoneo.

En este caso también se establecieron los posibles parámetros de entrada que pudiesen afectar de forma significativa el bajo balance óptimo requerido por el cañoneo. Los resultados del análisis muestran que las variables que afectan directamente el bajo balance son: la permeabilidad y el UCS. Como en los casos descritos anteriormente se realizaron las 17 simulaciones respectivas que se muestran en la tabla 5.19, donde se calcula el bajo balance óptimo a través de la regresión obtenida con un coeficiente de 0,986 (tabla 5.20 y figura 5.36) y posteriormente se realizó el histograma (figura 5.37).

Tabla 5.19.-Corridas de las variables que afectan directamente el bajo balance

CORRIDA	BAJO BALANCE	UCS(psi)	k (md)	BAJO BALANCE Calc.
1	580	5162	1800	579,3014706
2	530	11866	1800	533,0514706
3	530	11866	1800	533,0514706
4	580	5162	1800	579,3014706
5	585	11866	1500	579,3014706
6	495	11866	2100	486,8014706
7	535	5162	2100	533,0514706
8	630	5162	1500	625,5514706
9	510	8514	2100	509,9264706
10	510	8514	2100	509,9264706
11	600	8514	1500	602,4264706
12	605	8514	1500	602,4264706
13	550	8514	1800	556,1764706
14	560	8514	1800	556,1764706
15	555	8514	1800	556,1764706
16	550	8514	1800	556,1764706
17	550	8514	1800	556,1764706

Tabla 5.20.-Resumen estadístico de la regresión obtenida a través de las corridas

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación	0,9933847
Coefficiente de determinación	0,9868131
R ² ajustado	0,9849292
Error típico	4,5185774
Observaciones	17

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad		Suma de cuadrados	Medio de cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	21390,63	10695,3125	523,829582	6,93427E-14	
Residuos	14	285,8456	20,41754202			
Total	16	21676,47				

	Coefficiente	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	892,41342	10,46639	85,26465563	2,0313E-20	869,9652378	914,8616
Variable X 1	-0,0068989	0,000477	-14,47521443	8,1451E-10	-0,007921069	-0,00587666
Variable X 2	-0,1541667	0,005325	-28,95042886	6,8177E-14	-0,165588073	-0,14274526

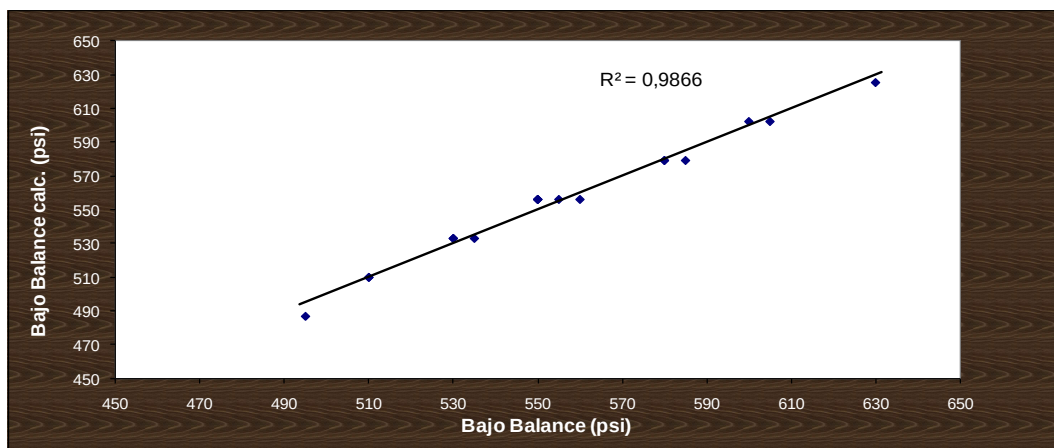


Figura 5.36.- Regresión Lineal obtenida del bajo balance simulado vs el bajo balance a través de la correlación

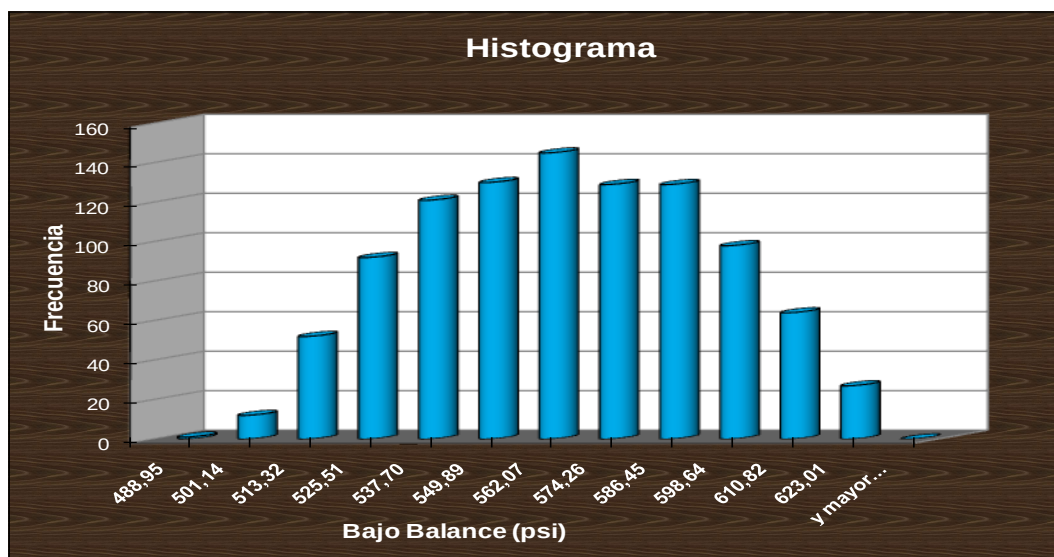


Figura 5.37.-Frecuencia del bajo balance a través de la simulación Monte Carlo

Fase VII: Propuesta de cañoneo para los pozos de rehabilitación y completación original a ser cañoneados en las arenas en estudio en los Campos Hato-Sinco y Borburata.

Recopilando varios de los aspectos obtenidos por medio de los resultados reflejados con la investigación, se logró diseñar la propuesta para los pozos de rehabilitación y completación original a ser cañoneados en los campos y arenas estudiadas y las cuales se presentan en los figuras 5.38, 5.39 y 5.40 respectivamente.

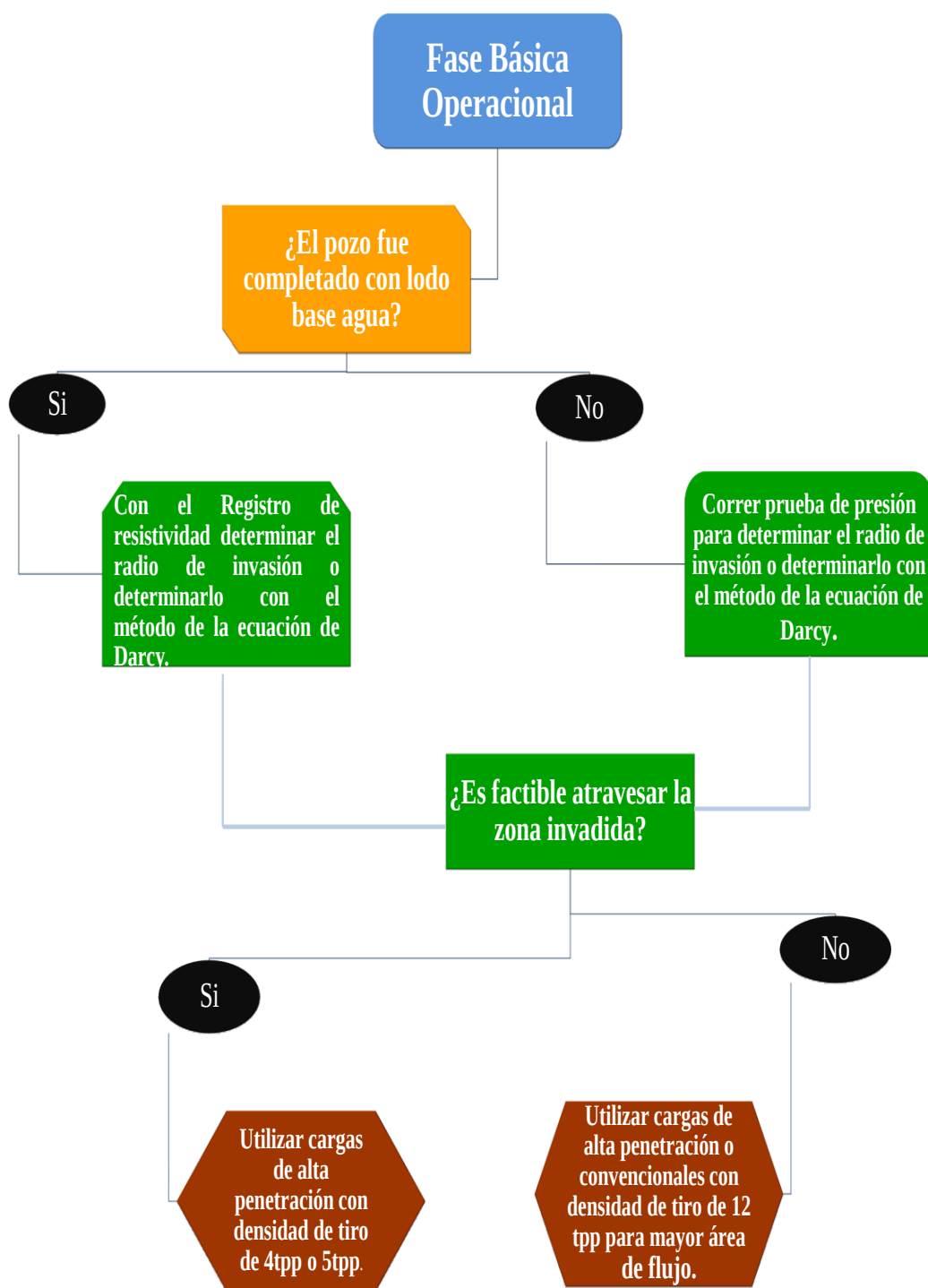


Figura 5.38.-Propuesta de cañoneo. Parte I. Fase Básica Operacional

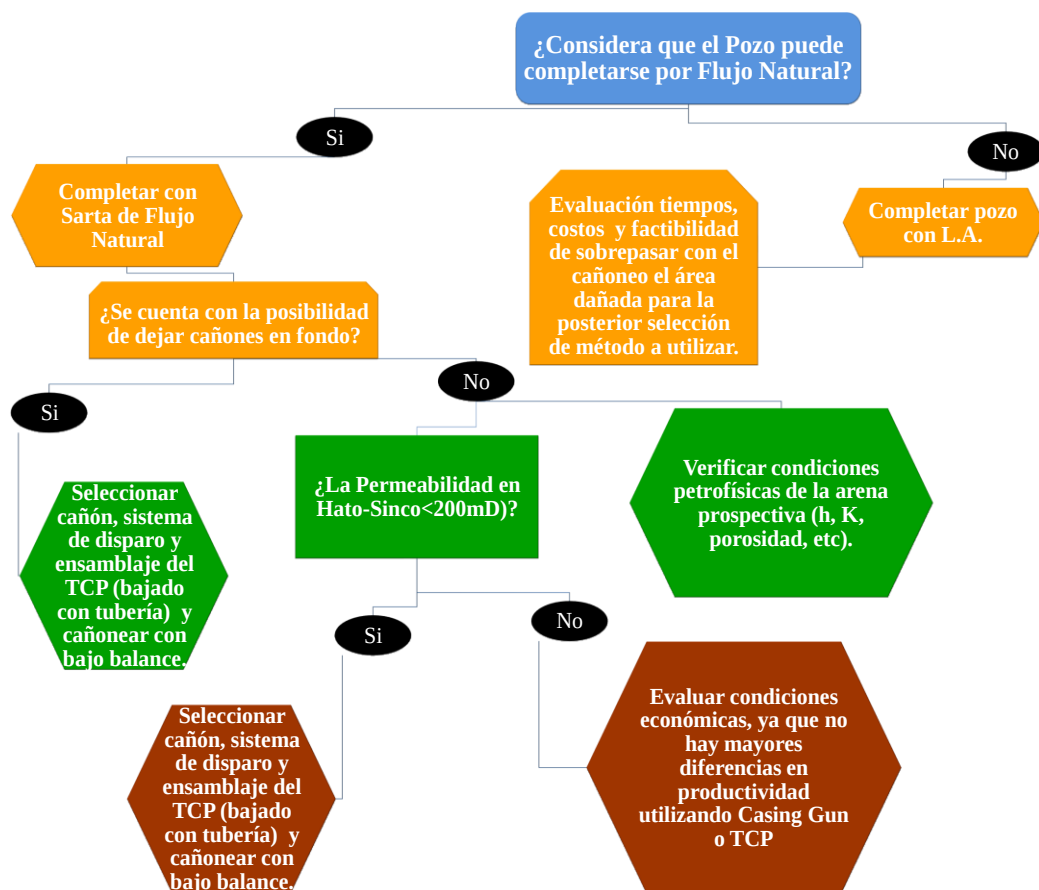


Figura 5.39.-Propuesta de cañoneo. Parte II. Campo Hato-Sinco, Formación Escandalosa, Arena “p”

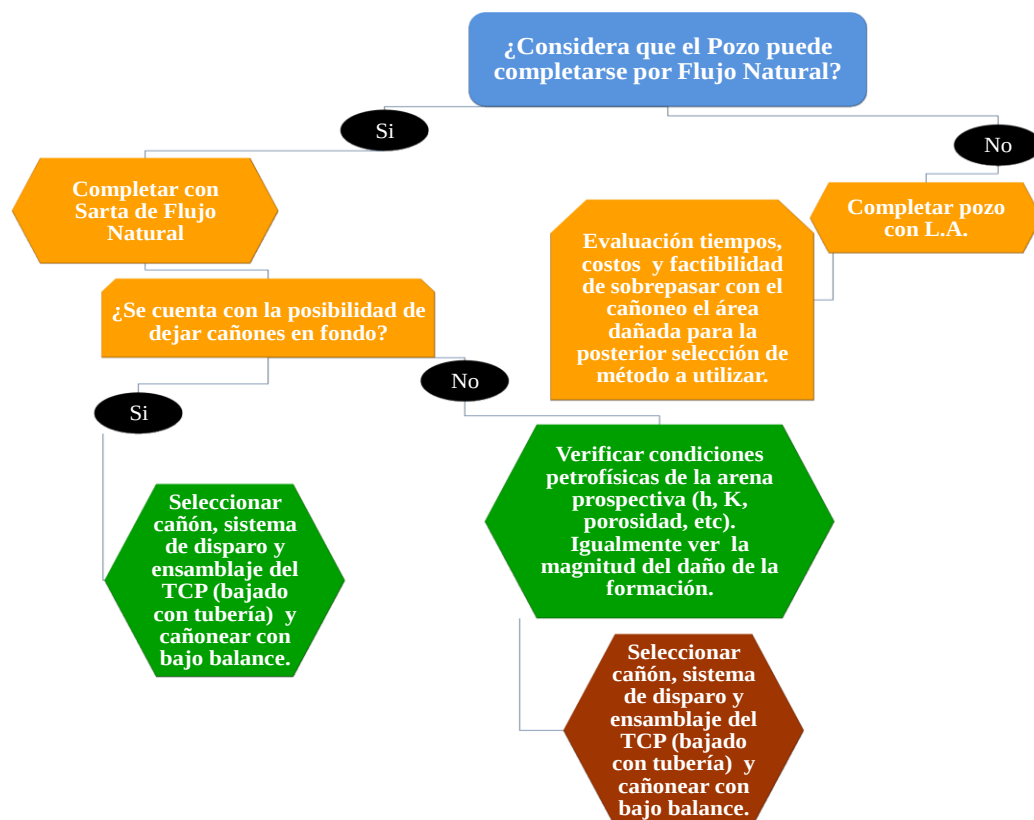


Figura 5.40.-Propuesta de cañoneo. Parte III. Campo Borbutata, Formación Gobernador, Arena "A/B"

Igualmente se realizó un análisis de costos para evaluar la diferencia económica entre el cañoneo *Casing Gun* y TCP en 2 casos.

El primer caso representa los costos al cañonear un intervalo de 20 pies por lo que se requiere una sola bajada con *casing gun* motivado a que la máxima longitud que se puede cañonear con este método es de 20 pies. En la figura 5.41 se refleja el tiempo promedio invertido por tipo de cañoneo, comparación del costo de la operación y de los costos totales promedios que incluyen entre otras cosas el costo de la cabria o taladro en el tiempo de ejecución de la operación. Nótese que cañonear con TCP es 2 veces más costoso que realizar la operación con *Casing Gun* para una bajada, por lo que éste factor puede considerarse muy importante a la hora de seleccionar el tipo de cañoneo a utilizar para las condiciones ya estudiadas.

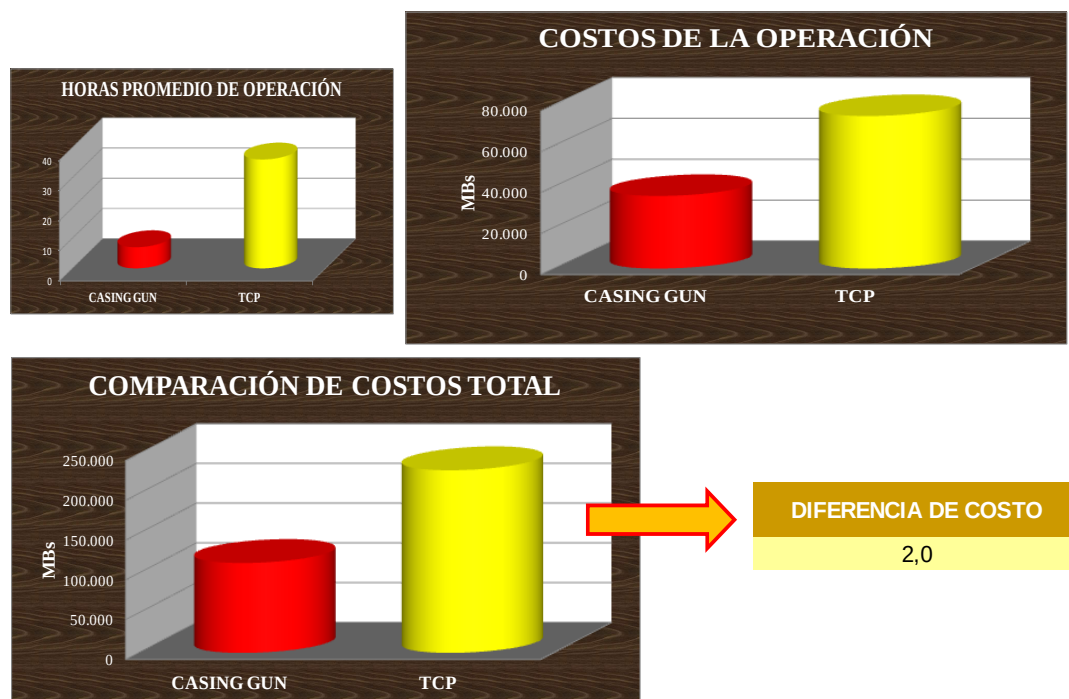


Figura 5.41.-Comparación de métodos en costos para 20 pies cañoneados

El segundo caso es un estudio similar al anterior, pero el intervalo a cañonear tomado para el análisis fue de 40 pies, con el fin de hacer la comparación económica en función de realizar 2 bajadas con *Casing Gun*, ya que el máximo espesor perforado para una sola bajada con este método son 20 pies. Como se observa en la figura 5.42, cañonear con TCP es 1,7 veces más costoso que cañonear con *Casing Gun* a pesar de duplicar el tiempo de operación del mismo.

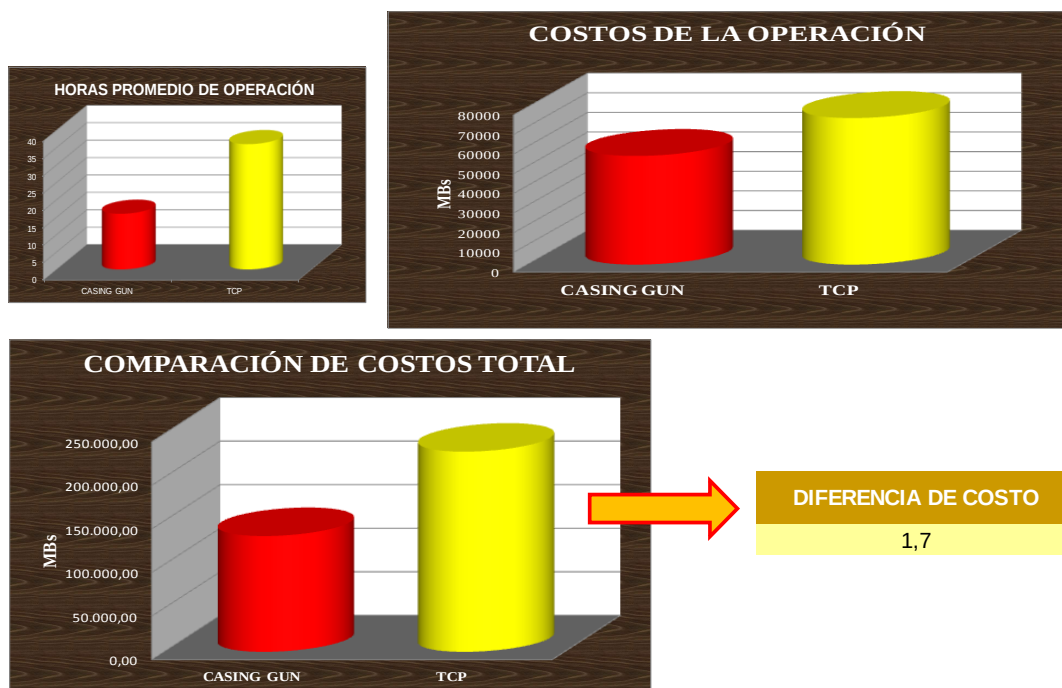


Figura 5.42.- Comparación de métodos en costos para 40 pies cañoneados.

Adicionalmente se realizó una comparación de costos entre TCP con sarta de cañones recuperable y TCP con sarta de cañones no recuperables; ya que se recomienda la aplicación de éste último para evitar en gran medida el daño adicional generado por la invasión de fluido de control al sacar la sarta. Como se logra visualizar en la figura 5.43, dejar los cañones en fondo resulta 1,4 veces más económico que recuperar los cañones, debido a que a pesar de que el costo de la operación es mayor (cañones no recuperables), cuando se hace la comparación total el factor predominante en éste punto es la cantidad de tiempo empleado para la operación.

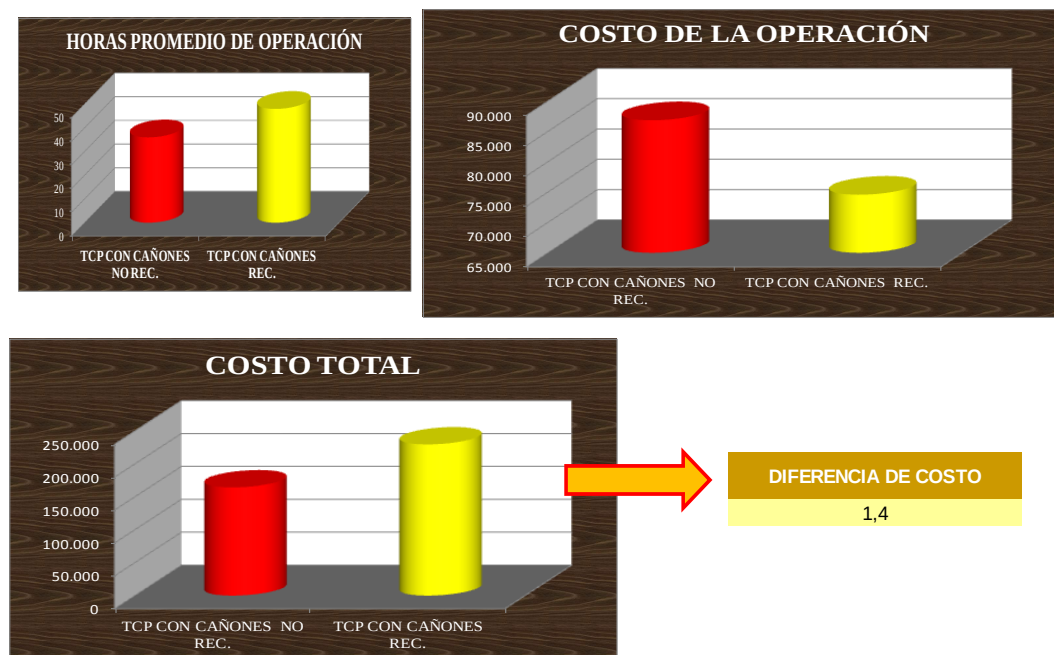


Figura 5.43.- Comparación de costos para cañoneo TCP con cañones recuperables y no recuperables.

De la misma manera que las comparaciones de costos anteriores, a continuación se presenta en la figura 5.44 la diferencia económica de adquirir cargas convencionales y cargas de mayor penetración para un intervalo tipo de 30 pies. Nótese, que la diferencia en costos es de 7326 \$ aproximadamente y que con una generación de 100 BPD adicionales de crudo a un precio de 50\$/Barril, el retorno de la inversión realizada por la adquisición de cargas de alta penetración se logra en 1,5 días, siempre y cuando se traspase la zona dañada. Esta diferencia de productividad entre una carga convencional y una carga de máxima penetración que rebase la zona dañada se ve reflejada en la evaluación económica realizada para dos pozos monopropectos vecinos (visualizar figura 5.44), donde claramente se puede observar lo favorable que significan tanto el valor presente neto como de la tasa interna de retorno posible de obtener, si se logra optimizar la operación del cañoneo.

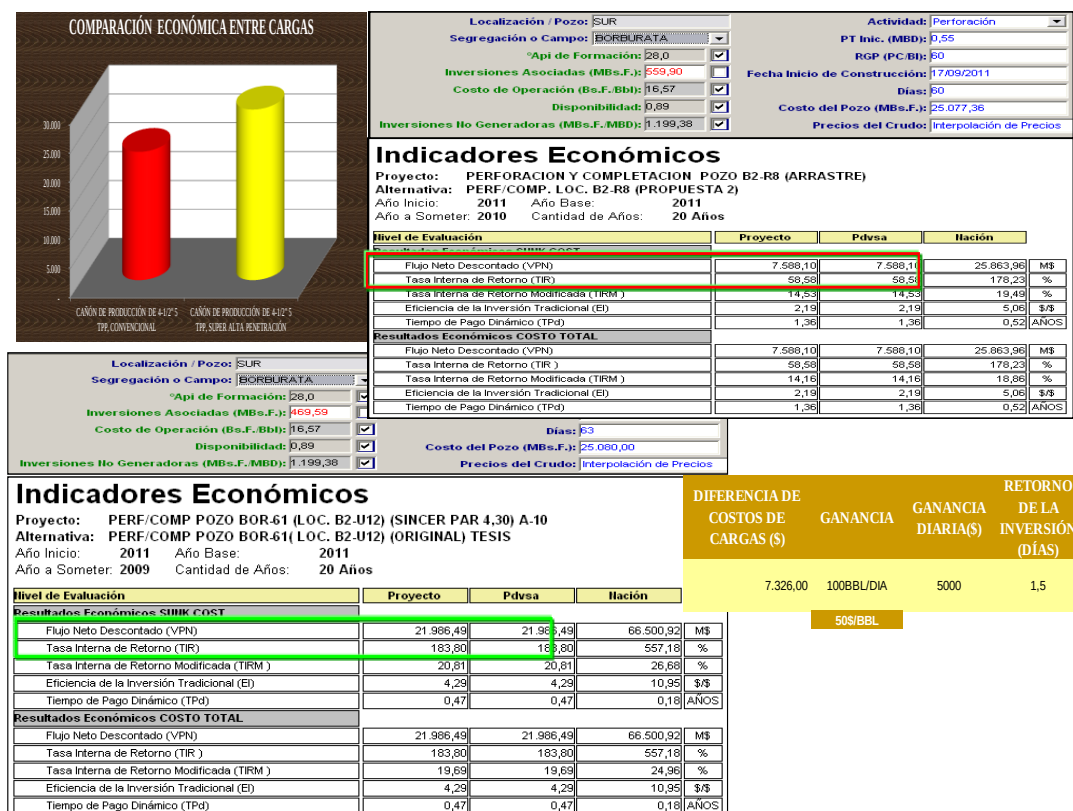


Figura 5.44. Evaluación de Costos entre Cargas Convencionales y Cargas de Alta Penetración

CONCLUSIONES

- Se alcanzó el objetivo de optimizar las prácticas de cañoneo, enfocado en el mejoramiento de productividad en los campos Hato-Sinco y Borburata de la subcuenca Barinas.
- Se observó una disminución significativa de la productividad causada por la invasión del fluido de control posterior al cambio de sarta, al completar el pozo con equipo de levantamiento artificial.
- La Técnica de Cañoneo Convencional generó, como era de esperarse, más daño a la formación en comparación a las técnicas de TCP Bajo-balance y *PURE*, debido al Sobrebalance o balance ejercido durante el cañoneo y los desperdicios que arroja en los túneles perforados.
- Se evidenció que entre la técnica TCP Bajo-balance y *PURE* no se generaron resultados significativos en cuanto a la productividad que permitan escoger entre un sistema y otro.
- Se evidenció que en su mayoría los cañoneos ejecutados en los campos Hato-Sinco y Borburata en las arenas en estudio no sobrepasaban la zona dañada.
- El diseño del cañoneo enfocado en optimizar la productividad para el caso del pozo BOR-26, permitió obtener ganancias en producción de 80 BPD de petróleo promedio luego de completar el pozo por flujo natural, ya que se logró con el diseño del cañoneo atravesar el radio dañado. Al completar el pozo con levantamiento artificial se observó el mismo comportamiento elevándose la tasa de crudo aproximadamente 320 BPD.
- Se evidenció con el análisis de incertidumbre que el UCS es la variable que disminuye significativamente la longitud de penetración de las cargas. De igual forma, el daño ocasionado por el cañoneo es afectado directamente por la relación K_d/K , el radio de invasión y UCS; y además, el bajo balance óptimo requerido es dependiente tanto de la permeabilidad como del UCS.

- La Técnica de Cañoneo convencional (Casing Gun) es 1,7 veces más económica en los casos que haya que realizar dos bajadas; y 2 veces más económica al cañonear un solo intervalo prospectivo en comparación con la técnica TCP.
- Es económicamente rentable elegir una carga de alta penetración en una operación de cañoneo, ya que se justifica la inversión adicional con el incremento en producción.

RECOMENDACIONES

- Para el Campo Borburata, Formación Gobernador Arena “A/B”, cañonear con TCP, debido a que el daño observado posterior al cambio de sarta es poco significativo, lo cual puede estar asociado a una invasión reducida debido a la alta presión.
- Para el Campo Hato-Sinco, Formación Escandalosa Arena “P”, cañonear con TCP para permeabilidades menores a 200 mD, debido a que las presiones son menores que en la Formación Gobernador en el Campo Borburata y por lo tanto, se genera mayor daño por invasión.
- Se deben evaluar los registros de resistividad para los pozos perforados con lodo base agua para determinar el radio dañado de las zonas de interés antes de realizar el diseño del cañoneo. En caso de realizar una prueba de presión, determinar el radio de invasión con la interpretación de la misma. Igualmente es posible determinar la magnitud de la zona dañada utilizando el método propuesto que involucra la ley de Darcy.
- Diseñar el cañoneo utilizando la máxima densidad de disparos para los pozos que poseen un radio dañado muy alto; esto con la finalidad de mejorar el área de flujo hacia la vecindad de él, lo que permitirá minimizar reparaciones futuras por taponamiento o disminución abrupta de la productividad.
- Diseñar el cañoneo utilizando menor densidad de disparos acompañados de cargas con alta penetración para los pozos con radio dañado factible de atravesar, luego de realizar el estudio de diseño de cañoneo. Esto permitirá maximizar la productividad de los pozos y por ende el recobro de los yacimientos.
- Evaluar la posibilidad económica de adquirir empacaduras y cañones no recuperables de la compañía de servicios, que garanticen la óptima operación del cañoneo con TCP en los casos que se tenga alta probabilidad de completar el pozo mediante flujo natural.

- Realizar estudios Geomecánicos para determinar las propiedades mecánicas de las rocas en los diferentes campos del área, ya que la longitud de penetración de las cargas utilizadas en el cañoneo de pozos dependen de dichas propiedades.
- Realizar estudios de retorno de permeabilidad con diferentes fluidos de control para evaluar el daño que éstos generan en los yacimientos. De esta manera, seleccionar el tipo de fluido idóneo para el área.
- Realizar estudios de retorno de permeabilidad con diferentes fluidos de perforación para evaluar el daño que éstos generan en los yacimientos. De esta manera, seleccionar el tipo de fluido idóneo para las formaciones de interés en el área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, Thomás O. & Roberts, Alan P. **Productions Operations: Well Completations, Workover and Simulation.**
- Asadi, M. Preston, F.W., Green, D.W., Ghalambor, A. (1992). **Effect of the perforation Damage on Well Productivity.** Presentado en “66th Annual Technical Conference of the SPE” (27384).
- A. Halliburton Company (2002). **Análisis del comportamiento de pozos debido al incremento en la producción de petróleo y/o gas por la utilización del método de cañones transportados por tubería “TCP”.**
- Baker Hughes (1997). **Inteq. Sistemas de Perforación.**
- Behrmann, L.A. & Hsia, T.Y. (1991) **Perforating Skin As A Function Of Rock Permeability And Underbalance.** Presentado en “65th Annual Technical Conference of the Society of Petroleum of Engineering (SPE)” (20636).
- Behrmann, L.A. & Brooks, J.E. (1991). **Técnicas de diseño de los Disparos para Optimizar la Productividad.** Presentado en “66th Annual Technical Conference of the SPE” (22809).
- Bermann, L.A. (1995). **Underbalance Criteria for minimum Perforation Damage.** Presentado en “European Formation Damage Conference of the Society of Petroleum of Engineering (SPE). (30081).
- Box, G. and Behnken, D. 1960. Some new three level desingns for the study of quantitative variables. *Technometrics* 2(3): 455-475.
- Cousad. Charlie. (1992) **Choosing a Perforation Strategy.** Shlumberger Testing Service.
- Donohue, David A.T.Perforating. (1992). **Video Library for Exploration & Production Specialists.** Series Editor.
- Economides, M. Watters, L. y Dunn-Norman, S. (1988). **Petroleum Well Construction.** John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. 622p.

- Figueroa, L. (1995), **Análisis Estructural – Estratigráfico del área de Barinas Norte (Cuenca de Barinas) y su importancia en la exploración de hidrocarburos.** CORPOVEN, S.A.
- Guerra M, Juan C. y Paz M, Daniel N. (2006). **Manual de Terminación y Rehabilitación de Pozos de la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad Central de Venezuela.**
- Gonzales de Juana, C., Picard y J. I. De Arozena (1980) **Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas.** Tomo I y II. Ediciones Foninves. Caracas.
- Hospers, j. y Van Wwijken, J., “**The Gravity Field of the Venezuelan Andes and Adjacent Basins**”, Gewone Vergad Afd Natuurk., 1959.
- Martínez, A., “**Cronología del Petróleo Venezolano**”, Foninves, Ed. Ciencias y Petróleo, Caracas, 1976.
- Ojeda Nelson (2005). **Análisis de las variables que determinan el Índice de productividad de los Pozos del campo Sinco-Área Barinas.**
- Paredes G. y Jorge L. (2002). **Determinación del cañoneo óptimo de un pozo.**
- PDVSA. **Manual de Procedimientos de Perforación.** Tomos I y II.
- Rodríguez Díaz Johan (2007). **Análisis Técnico- Económico del uso de las diferentes técnicas de cañoneo en los campos operados por Petroproducción.**
- Schlumberger. (1995). **Perforating Systems.** Schlumberger Wireline & Testing. Sugar Land, Texas.
- Wec 1997. **Evaluación de Pozos.** Schulmberger Company. Caracas, Venezuela, 1997.

APÉNDICE

A continuación, se presenta el listado de los cañones suministrados por la compañía de servicios, el cual debe ser evaluado luego de haber realizado el diseño para la selección del más apropiado.

SPAN 8.0 Penetrating Systems Performance Summary For Reference Only*									
13-MY-09									
Penetrating System Designation	Shot Density (spf)	Penetration (ft)	Charge	API Penetration and Entrance Hole				Maximum Explosive Load (lb)	Maximum Temperature (°F)
				Penetration (in)	Entrance Hole (in)	API Standard	Gun Diameter (in)		
List includes oblique and no standard gun target systems * No API data; based on charge performance of a comparable gun system									
1-38 DS 0.4	4	0	16A HD RDX	5.75	0.1	RP 43 4th	1.3125	18	340
1-38 DS 0.4	4	0	16A HD PS*	5.1	0.19	RP 43 4th	1.312*	18	435
1.56 SD 14	4	0	PJ16 HMX	11.3*	0.17*	RP 19B*	1.5625	31	4*
1.56 HSD 0.4	4	0	20J UJ RDX	10.06	0.2	RP 43 5th	1.5725	32	40
1.56 SD 0.4	4	0	20J UJ HTX	8.3	0.2	estimate	1.562*	32	50
1.6 HSD 0.6	6	60	PJ106 HX*	11.3	0.17	RP 9B	1.625	35	400
1.63 E 0.4	4	0	EJ III RDX	17.96	0.28	RP 43 5th	1.63	8	330
1.63 EJ 0.4	4	0	EJ III HMX	17.8	0.9	RP 43 5th	1.63	8	365
1-11/16 PPH 7.5	7.5	45 ptd/m	PwrSHEJ HMX	19.5	0.22	RP 19B	1.6875	8	365
1-11/16 DS 0.4	4	0	EJ II RDX	10.06	0.2	RP 43 5th	1.687*	32	340
1-11/16 DS 0.4	4	0	20J UJ HMX	11.8	0.2*	RP 43 5th	1.675	32	40
1-11/16 S 0.4	4	0	20J HNS	8.23	0.2	RP 43 5th	1.6875	31	500
1-11/16 DS 0.4	4	0	20A HD RDX	7.14	0.27	RP 43 1th	1.687*	32	330
1-11/16 DS 0.4	4	0	20A HD HMX	6.9	0.21	RP 43 4th	1.6875	32	330
1-11/16 DS 0.4	4	0	20A HD PS*	6.02	0.23	RP 43 4th	1.6875	32	45
1-11/16 E 0.4	4	0	EJ II RDX	16.84	0.8	RP 43 1th	1.675	8	330
1-11/16 EJ 0.4	4	0	EJ III HMX	16.67	0.26	RP 43 5th	1.6875	8	365
1-11/16 EJ 0.4	4	0	EJ III HNS	1.89	0.22	RP 43 1th	1.675	8	45*
1-11/16 E 0.6	6	0	PHEJ HTX	21.6	0.2	RP 19B	1.687*	8	36*
1-11/16 RPH EJ 45.4	4	45	PHEJ III HMX	15.1	0.5	RP 43 5th	1.6875	8	365
1-11/16 PPH EJ 45.6	6	45	PHEJ III HMX	14.63	0.26	RP 43 5th	1.6875	8	365
1-11/16 EEZ 16	6	0	PHEJ III HMX	13.9	0.23	RP 43 5th	1.675	8	35
1-11/16 EJES 45.6	6	45	PHEJ III HMX	13.5	0.23	RP 43 1th	1.675	8	365
1-11/16 EJES 45.6	6	45	PhPwrEJ HMX	16.1	0.22	RP 19B	1.675	8	365
1-11/16 EJES 45.6	6	45	PwrPwrEJ HMX	19.5	0.2	RP 9B	1.675	8	365
1-11/16 HCAP 14	4	0	HCAP RDX	9.94	0.31	RP 43 1th	1.687*	8	300
1-11/16 FJ 0.4	4	0	FJ RDX	8.3	0.3	RP 43 4th	1.687*	9.5	300
1-11/16 Pwr 10.4	4	40	UltraCap RDX	17.78	0.38	RP 43 5th	3.7*	22	10
1-11/16 Pivot 10.4	4	40	PwrPivot HX	28.4	0.35	RP 19B	3.79	22	365
1.835 DO 0.4	4	0	25" UJ RDX	12.84	0.28	RP 43 4th	1.835	6.5	340
1.835 DO 0.4	4	0	25A UJ HMX	12.78	0.27	RP 43 1th	1.835	6.5	400
1.835 DO 0.4	4	0	25A HD RDX	10.64	0.2*	RP 43 4th	1.835	6.5	340
1.83 DO 0.4	4	0	25" HD PSF	10.36	0.3	RP 43 4th	1.83*	6.5	30
2 PURE 60.4	4	60	JOmega200 HMX	21.8*	0.22*	RP 19B*	2	7.3	40*
2 PRE 60.4	4	60	JOmega200 HMX	18.1*	0.2*	RP 43 1th*	2	5	10
2 PRE 60.4	4	60	PJ2006 HMX	14.1*	0.21*	RP 19B*	2	8	100
2 PURE 60.4	4	60	PJ2006 HNS	15.3*	0.22*	RP 19B*	2	8	500
2 PURE 60.4	4	60	UJ2006 HMX	14.7*	0.29*	RP 43 5th*	2	6.5	400
2 PURE 60.4	4	60	HJ2006 HMX	9.6*	0.33*	RP 43 5th*	2	6.5	340
2 PURE 60.4	4	60	UP206 HMX	4.5*	0.39*	RP 43 5th*	2	6.5	400
2 PURE 10.4	4	10	PF206 HMX	4.5*	0.45*	RP 19B*	2	6.4	400
2 PURE 60.4	4	60	UJ2006 HMX	1.3*	0.17*	RP 19B*	2	3.1	400
2 PURE 60.6	6	60	JOmega2006 HMX	21.8*	0.22*	RP 19B*	2	7.3	400
2 PUR 60.6	6	60	PJ2006 HMX	18.1*	0.2*	RP 43 5th*	2	6.5	400
2 PURE 60.6	6	60	PJ2006 HTX	14.1*	0.21*	RP 19B*	2	8	500
2 PURE 60.6	6	60	PJ2006 HNS	15.3*	0.22*	RP 19B*	2	8	50
2 PURE 60.6	6	60	UJ2006 HMX	14.7*	0.29*	RP 43 5th*	2	6.5	400
2 PURE 60.6	6	60	HJ2006 RDX	9.6*	0.33*	RP 43 5th*	2	6.5	40
2 PURE 60.6	6	60	UP2006 HMX	4.5*	0.39*	RP 43 5th*	2	6.5	400
PURE 60.6	6	60	PF2006 HMX	4.5	0.45*	RP 19B*	2	6.4	400
2 PURE 60.6	6	60	PJ1606 HMX	1.3*	0.17*	RP 19B*	2	3.1	400
2 PURE 180.4	4	180	JOmega206 HMX	21.8*	0.22*	RP 19B*	2	7.3	40*
2 PURE 180.4	4	180	PJ2006 HMX	18.1*	0.2*	RP 43 1th*	2	6.5	400

2 PRE 180,4	4	10	PJ200*HTX	141*	0,21*	RP 19B*	2	8	500
*PURE 90,4	*	180	PJ200*HNS	153*	0,22*	RP 19B*	*	8	50
2 PURE 180,4	4	180	UJ2006 HMX	147*	0,28*	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 PURE 1*4	4	180	HJ206 RDX	96*	0,33*	RP 43 5H*	2	6,5	340
2 URE 90,*	*	180	UP2006 HMX	45*	*3**	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 PURE 180,*	4	180	PF2006 HMX	45*	0,45*	RP 19*	2	6,4	400
2 URE 180,4	4	10	PJ160*HMX	11**	0,17*	RP 19B*	2	3,5	10
2 HSD 0,4	4	0	PJOmega2006 HX	218*	*22*	P 19*	2	7,3	400
2 HSD 1,4	*	0	PJ2006 HX	141*	0,21*	RP 43 5H*	*	6*	40
2 SD 0,4	4	*	PJ2006 HX	141*	0,21*	RP 19B*	2	8	50
2 HSD 0,4	4	*	PJ2006 HNS	153*	0,22*	RP 19*	2	8	500
2 HSD 1,4	4	0	UJ206 HMX	147*	0,28*	RP 43 5H*	2	6*	10
2 HSD 0,4	4	0	*J2006 RD*	96*	0,33*	RP 43 5H*	2	6,5	340
2 HSD 0,4	4	0	UP206 HMX	45*	0,39*	P 43 5*	*	6,5	10
2 HSD 0,4	4	0	PF006 HMX	**	*45*	RP 19*	2	6,4	400
2 HSD 60,4	4	60	PJOmega2006 H*	218*	0,22*	P 9B*	*	7,3	40
2 HSD 6*,4	4	60	PJ2006 HMX	186*	0,2*	RP 43 5H*	2	6*	400
2 HSD 60,4	4	60	*J2006 HTX	141*	0,21*	P 19B*	2	8	500
2 SD 6*,4	4	60	PJ06 HNS	153*	0,2**	RP 19B*	2	8	50
2 HSD 60,4	4	60	UJ00*HMX	147*	0,28*	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 HSD 0,4	4	60	HJ2006 RDX	96*	0,3*	RP 43 5H*	2	**	340
2 HSD 60,4	4	60	UJ2006 HX	147*	0,28*	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 HSD 60,4	*	60	PF2*6 HMX	45*	0,45*	RP 19B*	2	6*	4*
HD 0,6	6	60	PJOmega006 HMX	218	0,2	RP 9B	*	*3	400
2 HSD 6*,6	6	60	PJ2006 HMX	186	0,2	RP 43 5H	2	*5	40
2 SD 60,6	6	60	PJ2006 HTX	141	0,21	RP 19B	2	8	500
2 HD 60,6	6	60	PJ2006 HNS	15*	0,2*	RP 19B	*	8	500
2 HSD 6*,6	6	60	UJ00*HMX	147	0,28	RP 43 5H	2	6,5	400
2 HSD 60,6	6	60	*J2006 RDX	96	0,33	RP 43 5H	*	6*	340
2 HSD 60,6	*	60	UP2006 H*	4*	0,9	RP 43 5H	2	*5	10
2 HSD 60,6	6	60	PF206 H*	**	*45	RP 19*	2	6,4	400
2 HSD 135,6	6	135*	PJOmega2006 HMX	218*	0,22*	RP 19B*	2	7,3	400
2 HD 135,6	6	135*	PJ2006 HMX	186*	0,2*	RP 43 5H*	2	6*	4*
2 HSD 15*,1	6	135*45	*J2006 HTX	141**	0,21*	RP 19B*	2	8	500
2 HSD 15*,6	6	135*45	PJ00*HNS	15**	0,22*	RP 19B*	2	8	500
2 HD 135,6	6	13*45	UJ006 HMX	147*	0,***	RP 43 5H*	2	6,5	10
2 HSD 135,6	*	135*45	HJ206 RD*	96*	*3**	RP 43 5H*	2	6,5	340
2 HSD 15*,6	6	135*45	UP200*H*	45*	0,39*	RP 43 5*	2	6,5	10
2 HSD 95,6	6	**5*5	PF2006 H*	*5*	0,45*	RP 9B*	2	6,4	400
2 HSD 180,4	4	180	PJOmega2006 HMX	21**	0,22*	RP 19B*	2	7,3	40*
2 HSD 180,4	4	180	PJ2006 HMX	1*6*	0,***	RP 43 5H*	2	6,5	40
2 HSD 180,4	4	180	PJ2*6 H*	141*	0,2**	RP 19B*	2	8	500
2 HSD 10,4	4	18*	PJ206 HNS	153*	0,2*	RP 19*	2	*	50*
HSD 110,4	4	180	UJ2006 HMX	147	*28*	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 SD 180,*	4	180	*J2006 RDX	96*	*33*	RP 43 5H*	2	6*	10
2 HSD 110,*	4	10	PJ2006 HMX	45*	0,39*	RP 43 5H*	2	6,5	400
2 HSD 18*	4	180	PF00*HMX	*5*	0,45*	RP 19B*	2	6,4	40
2-H DS 0,4	4	0	21 UJ **	1485	0,24	P 43 5H	2	6,5	10
2-H DS 0,4	4	0	25 UJ HMX	1352	0,25	RP 43 5H	2	6,5	400
2-H DS 0,4	4	0	5A UJ HNS	1229	0,22	RP 43 5H	2	6,5	10
2-H DS 0,4	4	0	25A UJ RD*	1284	0,32	RP 43 4H	2	6,5	30
2-H DS 0,*	4	0	25A UJ HMX	1278	0,1	P 43 4H	2	6*	40
2-H DS 0,4	4	0	25*H RD*	1074	0,2	P 43 4H	*	6,5	340
2-H DS 0,*	4	*	25A H*PSF	1036*	0,3*	RP 43 4H*	2	6,5	340
2-H DS 0,4	4	60	5J UJ H*	*388	**3	RP 43 5H	*	6,5	340
2-H DS 60,4	4	60	25J UJ HMX	*412	*22	P 43 5H	2	*5	400
2-H DS 60,4	4	60	25A UJ HNS	1279	*21	RP 43 5H	2	6,5	500
2-H DS 0,*	4	60	25B H*	59	0,36	RP 43 5H	2	*	400
2-H DS 18*,4	4	180	25J UJ RDX	**7	0,21	RP 43 5H	*	6,5	34*
2-H DS 18*,4	*	10	25J UJ HMX	129	0,22	RP 43 5H	*	6,5	400
2-H DS 180,4	*	180	25*UJ HNS	1037	*1*	RP 43 5H	*	6,5	500
2-H E*0,4	4	0	EJ H*RD*	2194	0,31	RP 43 5H	21*5	14	30
*1*EJ 0,4	4	0	E*H HMX	275*	0,3	RP 43 5H	2125	14	365
2-H EJ 0,4	4	0	BH E*RD*	30	0,57	RP 43 5H	21*5	17	10
2-H EJ 0,*	4	0	BH E*HMX	1*52	0,51	RP 43 5H	2125	14	365
2-H EJ 0,4	4	*	E*H HNS	2163	0*	RP 43 5H	2125	14	40
2-H E**6	6	0	E*press RDX	212	0,3*	RP 19	2125	**8	330
2-H EJ 0,6	6	0	Extres*HMX	235	**4	RP 19B	2125	*38	365
2-H E*0,6	6	0	PwEJ HMX	10*	0,32	RP 43 5H	*125	*4*	15
2-H EJ *6	6	0	PwEJ HTX	247	0,3	RP 19B	212*	15	40*

2-1/8 EJ 180,5	*	180	*PHE*HMX	49	0,41	RP 19B	*125	14	40
2-1/8 *PH EJ ±4*4	*	+/-5	PH EJ RDX	22	0,31	RP 43 5h	2125	14	330
2-1/8 R PH E*±45,4	4	+/-45	PH EJ HMX	22,4*	0,29	R*43 5h	212*	1*	365
*1/8 R PH EJ ±4*6	6	+/-45	PH EJ RDX	22,9	**9	RP *9 5h	2125	14	*30
2-1/8 R P*9 ±45,6	6	+/-5	*EJ BH HMX	*9	0*9	RP 19B	2125	18	365
2-1/8 PwSpiral, 6	6	45 pnd m	2-1/8 *wSpiral EJ *M*	27,2	0*2	RP 19B	2125	145	400
*1/8 EJEZ 45,4	4	#	PH PwE*HMX	**3	*25	RP 19B	2125	14*	*65
*1/8 EJEZ 0,6	*	*	PEJ *M*	25,7	0,32	E*lm1*	212*	14	36*
2-1/8 HCAP *6	4	0	HCP RDX	15,84	0,38	RP 43 5h	*125	12,5	300
2-1/4 *SD 60,6	6	0*	PJ2306 HMX	17*	0,3	RP 19B	2*5	8,5	400
2-1/4 HSD 60,*	*	0	PJ2306 HTX	18*	0,25	*P 43 5h	2,25	*5	440
2-1/4 HSD 60,6	6	0	PJ2306 HNS	*5,7	0,27	*19B	2,25	9,5	500
2-1/4 HSD 60,6	6	0	PF2306 HMX	4,8	0,52	RP 19B	2,25	8*	*0
2-1/4 HSD 0,6	6	0	PJOmega2006 HMX	21,8*	0,22*	RP 19*	2,25	7*	400
2-1/4 HSD 60,6	6	0	PJ2006 HMX	18,6*	0,2*	R*43 5h*	2*5	6,5	*0
2-1/4 HSD 60,6	*	0	PJ2006 HTX	14,1*	*1*	RP 1**	*25	8	500
*1/4 HSD 60,6	6	0	*206 HNS	15,3*	0,22*	*P 19B*	2,25	8	50*
2-1/4 HSD 60,6	6	0	UP2006 HMX	14,7*	0,28*	*P 43 5h*	2,25	*5	400
*1/4 HSD 60,6	6	0	HJ2006 RDX	9**	0,33*	*P 43 5h*	2,25	6*	340
2-1/4 HSD 0,6	6	0	UP2006 HM*	4,5*	0,39*	RP *9 5h*	2,25	6,5	400
2-1/4 HSD 60,6	*	0	PF2006 H*	4,5*	*45*	RP 19*	2,2*	6,4	400
2-1/4 HSD 0,6	6	0	PJ1606 HMX	11,3*	0,17*	*19B*	2,25	3,5	400
2-1/4 HSD 20,*	4	120	PJ2306 HMX	17,7*	0,3*	RP *9B*	2,25	*5	400
2-1/4 *SD 20,4	4	120	PJ2306 HTX	18,5*	0,25*	RP 43 5h*	2,25	9,5	440
2-1/4 HSD 20,4	4	10	PJ9*6 HNS	**7*	0,27*	R*19*	2*5	9,5	500
2-1/4 H*120,4	4	120	PF2306 HMX	4**	0,5**	RP 19B*	2,25	8,7	400
2-1/4 HS*11,4	4	120	PJOmega2006 H*	2*8*	*22*	RP 19B*	2**	7,3	400
1/4 HSD 120,4	4	12	PJ006 HMX	1*6*	0,2*	RP 43 5h*	2,25	6*	400
2-1/4 HSD 120,4	4	120	PJ2006 HTX	14,1*	0,21*	RP 19B*	2,25	8	500
2-1/4 HS*120,4	*	120	PJ006 HNS	15,3*	*22*	*P 19B*	2,25	8	500
2-1/4 HD 120,4	4	0	UJ2006 HMX	14,7*	0*8*	*P 43 5h*	2,25	6,5	400
2-1/4 *SD 120,4	4	12*	HJ2006 RDX	9,6*	0,3**	RP 43 5h*	2,25	6,5	340
1/4 HD 20,	4	120	UP2006 *M*	4,5*	0,39*	RP *9 5h*	2,25	6,5	400
2-1/4 HSD 20,4	4	120	PF2006 HMX	4,5*	0,4**	RP *9B*	2*5	6*	400
2-1/4 HSD 20,4	4	120	PJ1606 *MX	11,3*	0,17*	RP 19B*	2,25	3,5	*0
2-1/4 HSD 180,4	4	180	PJ2306 HMX	17,7*	0,3*	RP *9B*	*25	8,5	400
2-1/4 HSD 180,4	4	180	PJ2306 HTX	18,5*	0,25*	RP 43 5h*	2,25	9,5	440
2-1/4 HSD 110,4	4	180	PJ2306 *M*	15**	0,27*	RP 19B*	2,25	9,5	50
2-1/4 HSD 180,4	*	18*	PF2306 HMX	4,8*	0*2*	RP 1**	2**	8,7	400
2-1/4 HSD 180,4	4	180	PJOmtga2006 HMX	21,8*	0*2*	RP 19B*	2,25	7,3	400
2-1/4 HSD 180,4	4	10	PJ2006 HMX	*8,6*	0,2*	RP 43 5h*	2,25	6,5	400
2-1/4 HSD 18*,4	4	180	PJ2006 HTX	14,1*	*1*	RP *9B*	2,25	8	50
*1/4 HSD 110,4	*	180	*J2006 HNS	1*3*	0,22*	RP 9**	2,2*	8	50*
2-1/4 HSD 180,4	4	180	*J2006 HMX	14,7*	0,2**	RP 43 5h*	2,25	6,5	400
2-1/4 HSD 110,*	4	18*	HJ2006 *DX	9**	0,33*	R*43 5h*	2,2*	6,5	340
2-1/4 HD 180,4	4	180	UP2006 HMX	4,5*	0,39*	RP 43 1h*	*2*	6,5	40
2-1/4 HSD 180,4	4	10	PF2006 HMX	4**	0,4**	R*19**	2,25	*4	40*
*1/4 *SD 180,4	4	10	PJ606 HMX	11,3*	0,17*	RP 19*	2,25	3,5	400
2-1/2 PwSpiral, *	*	45 pnd m	*Spiral EJ HMX	*6,6	0**	*P 19B	2,5	2*6	35
2-1/2 EJEZ 0,4	4	0	PH EJ *MX	34,8	0*8	RP 19B	25	2*	365
1/2 EES 0,4	4	0	PEJ HM	26,6	0,32	Unofficial* API	25	27	365
2-1/2 PURE 0,6	6	0	PJOmega506 HMX	30,6	0,32	RP 19B	2*38	12	400
2-1/2 PURE 60,6	6	0	PJ256 HMX	16,7	0*4	RP 19B	2,438	10,5	40*
2-1/2 PURE 60,6	6	0	PJ506 *TX	1*3	0,33	RP 19B	**38	13,5	500
2-1/2 PRE 60,6	6	0	PJ2506 HNS	16,7	*3	RP 19B	2,43*	*3,5	50
2-1/2 PUR*60,6	6	0	UJ206 *MX	16,6	0*2	RP 19B	*438	10,5	400
2-1/2 PURE 0*6	6	0	HJ2506 RDX	*31	0,43	*P *B	2*38	1*5	340
1/2 PURE 60,6	6	0	PF206 H	4,8	0,66	RP 19B	2,438	11,2	340
2-1/2 PURE 60,6	6	0	358 UP RDX	5,8	0,62	RP *9B	2,438	10,5	30
2-1/2 PURE 0*6	6	0	35C UP RDX*	5	*61	RP 43 5h*	2,438	*	340
2-1/2 PRE 60,6	*	0	31J CS HMX	19,2	0,3	RP 43 5h	*4**	**2	400
1/2 PURE 60,6	6	0	31J UP HMX	17,3	0,2*	RP 43 5h	2,438	10,5	40*
2-1/2 PR*60,6	6	0	PJ2306 HMX	17,7*	0,3*	R*19**	2,438	8,5	40
2-* PUR*60,6	6	0	PJ2306 HTX	18,5*	0,2**	RP 43 **	2,438	9,5	440
2-1/2 PURE 60,*	6	0	PJ906 HNS	15,7*	0,27*	RP 19*	*43*	*5	500
1/2 PRE 60,6	6	0	PF2306 HMX	4,8	0,52*	RP 19B*	2,438	8*	400
2-1/2 PURE 180,4	4	10	PJOmtga2506 HMX	30,6*	**2*	RP 19B*	2,438	12	400

2-1/2 PUE 180,4	4	180	PJ2506 HMX	187"	03"	RP 19"	*438	105	400
2-1/2 PURE 180,4	4	180	*J506 HTX	183"	*33"	RP 19B"	2438	135	500
2-1/2 URE 180,4	4	180	PJ2506 HNS	167"	03"	*19B"	2438	131	500
2-1/2 PURE 180,4	4	180	UJ2506 HMX	166"	012"	RP 19B"	2438	105	400
2-1/2 PUR*180,4	4	180	HJ2506 RDX	131"	*43"	RP 19B"	2438	105	340
2-1/2 PURE 110,4	4	180	PF250 HTX	**	*66"	R*19B"	*438	112	30
2-1/2 PURE 180,4	4	180	35B UP RDX	58"	062"	RP 19B"	2438	105	140
*1/2 PURE 180,4	4	180	35C UP DX	**	061"	RP 43 58"	2438	10	340
2-1/2 PUR 180,4	4	1"	*J S HMX	112"	*3"	RP 3 58"	2438	102	10
2-1/2 PURE 180,4	4	18"	31J UJ HTX	1132"	029"	RP 43 58"	*438	105	400
2-1/2 PURE 180,4	*	180	PJ306 HMX	177"	03"	RP 19B"	2138	85	400
*1/2 PURE 110,4	4	180	PJ2306 HX	185"	025"	RP 43 58"	2438	95	440
2-1/2 PURE 110,4	4	10	PJ206 HNS	*57"	077"	RP 19B"	2438	*5	500
2-1/2 UIR*180,4	4	180	PF2306 HMX	*8"	052"	RP 19B"	2438	8,7	400
2-1/2 SD 0,*	*	0	PJOmega256 HM*	306"	012"	R*19B"	*438	2	100
2-1/2 HSD 0,4	4	*	PJ2506 HMX	181"	*34"	RP 19B"	2438	105	400
2-1/2 HD 0,4	4	0	PJ206 HTX	183"	033"	RP 9B"	2438	*35	500
*1/2 HSD 0,4	4	0	PJ2506 HNS	167"	03"	*19B"	2438	135	10
2-1/2 SD 0,4	4	0	UJ2506 H*	166"	032"	RP 19B"	2438	105	400
2-1/2 SD **	*	0	HJ2506 RDX	131"	043"	R*19B"	2438	105	340
2-1/2 HD 14	4	0	PF256 HMX	48"	*66"	RP 19B"	*138	*12	340
2-1/2 HSD 0,4	4	*	35B UP RDX	58"	072"	RP 19B"	*438	105	140
2-1/2 HSD 0,4	4	0	35C UP RDX	5"	061"	*43 58"	2438	10	340
2-1/2 HD **	4	0	31J CS HMX	192"	01"	RP 43 58"	*438	102	400
2-1/2 HD 0,4	4	0	31J UJ HMX	172"	029"	RP 43 58"	2438	*05	440
2-1/2 HSD 0,4	4	0	PJ2306 HM*	177"	03"	RP 19B"	2438	85	400
2-1/2 HD 0,4	4	0	PJ2306 HT*	185"	025"	*43 58"	*438	*5	440
2-1/2 HSD 0,4	*	0	PJ206 HNS	157"	077"	RP 19B"	2438	95	500
2-1/2 S*0,4	4	0	PF306 HTX	4**	052"	RP 19B"	2438	8,7	10
2-1/2 HSD 60,6	6	60	PJmega206 HMX	301"	03"	RP 19B	2438	12	400
2-1/2 HS*60,6	6	60	P*506 H*	187	034	R*19B	2418	101	400
2-1/2 HSD 60,6	6	60	PJ256 HTX	*83	033	RP 19B	2431	135	50
2-1/2 HSD 60,6	6	60	PJ2506 HNS	*67	*3	RP 19B	2438	*31	500
2-1/2 HSD 60,*	6	60	UJ206 HMX	166	032	RP 19B	*438	105	400
2-1/2 HSD 0,6	6	60	HJ2506 RDX	131	043	RP 19B	2418	105	340
2-1/2 HS*60,6	6	60	PF2506 HMX	*9	066	RP 19B	2138	*12	340
2-1/2 HS*60,6	6	*	35B UP RDX	58	062	RP 19B	2431	105	340
2-1/2 SD 60,6	*	10	35C UP RDX	5	061	RP 43 1h	2438	10	340
2-1/2 HSD 60,6	6	60	31J CS HMX	192	03	RP 43 5h	2438	102	400
2-1/2 HSD 60,6	6	60	31J UJ HMX	1732	029	RP 43 58h	2438	105	10
2-1/2 SD 180,4	4	180	PJOmega256 H*	306"	012"	RP 19B"	2438	12	400
2-1/2 HSD 180,4	4	180	PJ2506 HMX	187"	034"	RP 19B"	2438	105	40
2-1/2 SD 110,4	4	180	PJ2506 HT*	183"	033"	RP 9B"	2138	135	500
2-1/2 HSD 180,4	4	180	PJ2506 HNS	167"	03"	RP 19B"	2438	135	500
2-1/2 SD 180,*	4	18"	UJ2506 HMX	*66"	*32"	RP 19B"	2438	105	40
2-1/2 HSD 180,4	*	180	HJ2506 RDX	131"	043"	RP 9B"	241	105	340
2-1/2 HSD 180,4	4	18"	PF2506 HMX	48"	066"	RP 19B"	2418	111	340
2-1/2 HSD 180,4	4	180	35B UP DX	58"	*62"	RP 19B"	2438	101	340
2-1/2 HSD 180,4	4	180	35C UP RDX	5"	061"	RP 43 58"	2438	10	340
2-1/2 HSD 180,4	4	18"	31J CS HMX	192"	03"	RP 41 58"	2431	101	400
2-1/2 H*180,4	4	10	31J UJ HMX	1732"	029"	RP 43 58"	2438	115	400
*7/8 Orient*ct ±1/5	5	+/-0	*J2905 OX HMX	262	021	Unofficial 19"	2102	1	400
2-1/2 Orient*act 180,5	*	180	P*905 OX HTX	262"	021"	Unofficial 19B"	2802	-1	400
2-7/8 PURE 61,4	*	10	PJOmega2906 HM*	36"	014"	RP 19B"	280"	15	400
2-7/8 PURE 60,4	4	60	PJOmega2916 HNS	243	031	RP 19B	2802	*76	500
2-7/8 URE 60,4	4	60	*J2906 HMX	253"	038"	RP 19B"	2802	15	40
2-7/8 URE 60,*	4	60	*J2906 HTX	198"	*11"	RP 19B"	2102	115	500
2-7/8 PURE 61,4	4	60	PJ2906 HNS	1"	031"	RP 19B"	2812	195	50
2-7/8 PURE *14	4	60	UJ2916 HMX	2211"	036"	RP 19B"	2812	15	40
2-1/8 URE 61,4	4	10	HJ2906 RDX	15"	039"	*19B"	281	15	34
2-7/8 PUR*0,4	4	60	38A UJ RDX	*66"	034"	*41 48"	2102	1"	330
7/8 PURE 60,	4	60	*8A UJ HMX	1919"	014"	RP 5 48"	2802	16	
2-7/8 PURE 60,4	4	60	38A UJ HNS	1684"	028"	*43 48"	2802	1"	
2-1/8 PURE 60,4	4	60	31C CP RDX	84"	062"	RP 43 5h"	2802	15	340
2-7/8 PURE 60,*	4	60	35C CP HMX	68"	071"	RP 19B"	2802	1"	400
2-1/8 PURE 60,4	4	60	35B UP RDX	*8"	062"	RP 19B"	2802	101	340
*7/8 PIRE 60,4	4	60	34J UJ RDX	215"	029"	*43 1h"	280"	151	340
*7/8 PURE 60,4	*	60	31J UJ HM*	*197	03	*imate	280"	15	400
*7/8 PURE *14	4	60	34J UJ HTX	211"	*12"	RP 41 5h"	2802	1"	10
2-7/8 PURE 0,4	4	60	34J UJ HNS	20"	01"	RP 43 5h"	2101	19	500
2-1/8 PIRE 60,4	4	60	*UJ CS RDX	171"	027"	Unofficial API*	2802	-1	340
2-7/8 PURE 60,*	4	60	31"CS HMX	177	**7	Esprit	2802	-1	340
2-7/8 PURE 61,4	4	60	*JOmega2506 HMX	306"	*32"	*19B"	2802	12	400
2-7/8 PURE 60,4	4	60	PJ2506 HMX	187"	034"	RP 19B"	280"	105	400
2-1/8 PURE 0,4	4	60	PJ206 HTX	183"	033"	RP 9B"	2802	135	500

2-7/8 PUR*60.4	4	0	*250°HS	**7°	03°	°P 19°	**02	135	500
2-7/8 PUR*60.4	4	0	U2506 HMX	166°	03°	°P 19B°	2802	105	40°
2-7/8 PUR*60.4	4	0	H2506 HMX	131°	04°	°P 19B°	2802	1°5	340
2-7/8 PUR*60.4	4	0	31J C°HMX	192°	03°	°P 4° 5H°	2802	102	400
2-7/8 PUR*0.4	4	0	31J UJ HMX	1732°	029°	°P 43 5°	2802	10°	400
2-7/8 PURE 60.6	6	0	P°Omega2906 HMX	36°	034°	°P 1°B°	2802	16	400
2-7/8 URE 0.6	6	0	P°Omega2906 HNS	2°3	**1°	°P 19B°	2802	*7/6	500
2-7/8 PURE 60.6	6	0	*2906 HMX	253°	03B°	°P 19B°	2802	15	400
2-7/8 PURE 60.6	6	0	*906 HTX	198°	031°	°P 19B°	2802	19.5	5°
2-7/8 PRE 60.°	*	0	PJ2906 HNS	21°	031°	°P 9B°	*802	19.5	500
2-7/8 PURE 60.6	6	0	*290°HMX	221°	036°	°P 19B°	280°	1°	400
2-7/8 PURE 60.6	6	0	HJ2906 RDX	5°	0°9°	°P 19B°	2802	1°	34°
2-7/8 PURE 60.6	*	0	38A UJ RDX	1°16°	034°	°P 3° 5H°	2802	16	330
*7/8 PURE 60.6	6	0	38A UJ HMX	1°11°	034°	°P 43 4H°	*802	16	
2-7/8 PURE 60.6	6	0	38A UJ HNS	*684°	*28°	°P 4° 4H°	2°102	16	
2°PRE 60.6	6	0	38C CP RDX	84°	062°	°P 43 5H°	2802	5	10
2-7/8 PUR*60.6	6	0	3°C CP HMX	6°	0°	°P 19B°	280°	15	400
2-7/8 PURE 60.6	6	0	3°B UP RDX	58°	*62°	°P 19B°	2802	10.5	340
2-7/8 PU**6	6	0	34J °J RDX	2057°	029°	°P 43 5H°	*802	15.2	340
2-7/8 PURE 60.°	6	0	34°°J HMX	2197	03	Estimate	2802	15	10
2-7/8 PURE 60.6	6	0	34J UJ H°	213°	032°	°P 43 5H°	*10°	1°	500
2-7/8 PURE 6°6	6	0	34J °J HNS	2°	0°	°P 3° 5H°	2802	1°	10
2-7/8 PURE 60.6	6	0	3°CS RDX	1°7°	027°	Unofficial API°	2802	15	30
2°PURE 6°5	*	0	*JCS HMX	177	027	Estimate	2802	1°	340
2-7/8 PURE 6°°	6	0	PJ°Omega2506 °	306°	032°	°P 19B°	*8°	12	4°
2-7/8 URE 60.6	6	0	PJ250°HMX	187°	034°	°P 19°	2802	10.5	400
2-7°PURE 60.6	6	0	PJ2506 HTX	183°	*°3°	°P 19B°	*8°2	13°	50°
2-7/8 PURE 60.6	6	0	PJ2506 HNS	16°	03°	°P 19B°	2802	13.5	500
2-7/8 PURE 60.6	*	0	U2506 HMX	166°	032°	°P 1°B°	2802	10.5	400
2-7/8 PURE 60.6	6	0	*2506 RDX	131°	04°	°P 19B°	2802	10.5	34°
2-7°PURE 0.6	6	0	31J CS HMX	192°	03°	°P 43 5H°	*8°2	10.2	400
2-7/8 PURE 180.4	6	0	31J UJ HMX	1732°	*29°	°P 4° 5H°	2802	10.5	40°
2°PURE 180.4	4	180	*°Omega29°HX	36°	034°	°P 9B°	2802	1°	400
2-7/8 PUR*180.4	4	1°	PJ°Omega2906 HNS	243	*31°	°P 19°	2802	17/6	500
2-7/8 PUR*180.4	4	180	PJ2906 HMX	253°	03B°	°P 19B°	280°	15	400
2-7/8 PUR*180.4	4	10	P°2906 HTX	198°	*31°	°P 19B°	2802	19.5	500
2-7°PURE 180.4	4	180	PJ2906 HNS	21°	031°	°P 19B°	280°	19.5	500
2-7/8 PURE 180.4	4	180	UJ2906 HMX	221°	036°	°P 9B°	*80°	15	400
2-7/8 PURE 180.4	4	180	HJ2906 RDX	15°	039°	°P 9B°	2802	15	30
2-7/8 PU**180.4	4	180	38A UJ RDX	1666°	03°	°P 3° 4H°	2802	16	33°
2-7/8 PUR*18°4	4	180	38A °J HMX	19°5°	034°	°P 43 4H°	*8°2	16	
2-7/8 PU**180.4	*	180	38A UJ HNS	1684°	028°	°P 4° 4H°	28°2	16	
*7/8 PURE 180.4	4	180	*°C CP RDX	84°	*62°	°P 43 5H°	2°102	1°	340
2-7/8 PURE 180.4	4	180	38C CP HMX	66°	07°	°P 19°	280°	15	400
2-7/8 PURE 180.4	4	180	35B UP RDX	58°	062°	°P 19°	2802	10.5	30
*7/8 PURE 10.°	4	180	34J °J RDX	2057°	029°	°P 43 5H°	280°	*5.2	340
2-7°PRE 18°4	4	180	34J UJ H°	2197	03	Estimate	2802	5	400
2-7/8 PURE 180.4	4	180	34J U°HTX	213°	032°	°P 43 5°	280°	19	10
2-7/8 PURE 180.4	4	180	*J UJ H°	2°	*3°	°P 43 5H°	2802	19	500
2-7/8 PURE 180.4	4	10	*J °S RDX	177°	*27°	Unofficial API°	2802	5	34°
2-7/8 URE 180.4	4	180	34°CS °MX	177	02°	Estimate°	2802	15	30
*7/8 PURE 180.4	*	180	PJ°Omega2506 HMX	3°**	032°	°P 19B°	28°2	12	400
2-7/8 PUR*180.4	4	180	P°2506 HMX	187°	034°	°P 19B°	2802	*0°	400
2-7°PUR*180.4	4	180	PJ25°6 HT°	183°	033°	°P 19B°	*802	13°	10°
2-7/8 °°180.°	4	18°	P°2506 °NS	167°	03°	°P 19B°	280°	13.5	50°
2-7/8 PURE 180.4	4	180	UJ2506 HMX	166°	032°	°P 19B°	28°2	10.5	10°
*7/8 PURE 180.4	4	18°	HJ2506 °DX	131°	0°3°	°P 9B°	*802	10.5	340
2-7/8 PURE 1°0.4	4	18°	31J CS HMX	192°	03°	°P 43 5H°	2802	10.2	400
2-7/8 URE 180.4	4	180	31J UJ HMX	1732°	029°	°P 43 5°	2802	10.5	400
2-7/8 HSD 60.6	6	0	PJ°Omega2906 HMX	36	034	°P 19B	2802	16	400
2-7/8 HSD 60.6	6	0	PJ°Omega2906 HNS	24°	031	°P 19B	2°102	17°	10°
*7/8 H°°60.6	6	0	P°2906 HMX	2°3	03B	°P 19B	2802	15	400
2-7/8 HSD 60.6	6	0	PJ2906 HTX	198	031	°P 1°B	2802	19.5	500
*7/8 HSD 0.6	6	0	PJ2906 HNS	21	031	°P 19B	2802	19.5	500
2-7/8 HSD 6°6	6	0	U°906 HMX	221	*36	°P 9B	280°	5	400
*7/8 HSD 60.6	6	0	HJ290°RDX	15	039	°P 1°B	2802	15	340
2-7/8 HSD 60.6	6	0	38A °°DX	1666	034	°P 3° 4H	2802	16	330
2-7/8 HSD 60.6	*	0	38A UJ °MX	1919	0°4	°P 43 4H	2802	16	
2-7/8 HSD 60.6	6	0	°C CP RDX	84	062	°P 3° 5H	2802	15	340
2-7/8 HSD 60.6	6	0	38°CP HMX	66	07	°P 19B	2802	15	400
2-7/8 °SD 60.6	6	0	34J UJ °DX	**57	029	°P 43 5H	*802	15.2	340
2-7/8 HSD 60.6	*	0	34J °J HMX	*197	03	°timate	2802	15	400
2-7/8 HSD 0.6	6	0	34J UJ HTX	213	03°	°P 43 5H	2802	19	500
2-7/8 HSD 60.6	*	0	*J UJ HNS	2°	0°	°P 43 5°	2802	19	500
2-7/8 HSD 60.°	6	0	*JCS RDX	1°7	0°7	Unofficial API	2°102	15	340
2-7/8 HSD 60.6	6	0	34J °S °MX	*77	027	°timate	2802	15	10°

2-7/8 H**180,*	4	10	PJOmega906 HMX	36"	0.34"	RP 1'6"	2802	16	400
2-7/8 HSD 18*,4	4	10	PJOmega290 HNS	24"	0.1"	RP 1'6"	2802	17/6	500
2-7/8 HSD 180,4	4	180	PJ2906 HMX	25.3"	0.36"	RP 1'6"	280*	15	10
2-7/8 HS*180,4	4	180	PJ506 HTX	19.8"	0.31"	RP 1'6"	2812	19.5	500
2-7/8 HS*110,4	4	10	PJ2906 HNS	21"	0.31"	RP 1'6"	2802	*9.5	10
2-8 HSD 8*,4	4	180	U2906 HMX	22.1"	*36"	RP 1'6"	2*02	15	400
7/8 HSD 180,4	4	1	HJ2906 RDX	15.3"	*38"	RP 1'6"	2802		340
2-7/8 HSD 180,4	4	10	38"U RDX	16.66	0.34	RP 43 4th	280*	16	330
2-7/8 HSD 180,4	4	10	1A U HMX	19.9"	*34	RP 43 4th	2802	16	
2-7/8 HSD 180,4	4	180	38A UJ HNS	16.64	0.28	RP 43 4th	280*	16	
2-7/8 HSD 180,4	4	180	38C **DX	8**	0.62"	RP 43 5th*	2802	15	34*
2-8 HD 180,4	4	180	38C CP HMX	6.6"	0.7"	RP 1'6"	2802	15	400
2-7/8 S*180,4	4	180	34J UJ RDX	20.57*	0.29*	RP 43 5th*	2802	*5.2	34*
2-7/8 SD 180,4	4	180	34J UJ HMX	21.9"	0.3	Estimate	*802	15	40*
2-7/8 HS*180,4	4	180	37 UJ **	21.3"	*32"	RP 43 **	2812	9	500
2-8 HSD 180,4	4	10	34J UJ HNS	20"	0.3"	RP 43 5**	2802	1*	90
2-7/8 HSD 180,4	4	180	34J C RDX	17.7	0.27	Unofficial A1	2802	15	340
2-7/8 HSD 180,4	4	10	34J CS HMX	17.7	0.27	Estimate	2*02	*5	340
2-7/8 PftoExp 60,4	4	00	P2906 HMX	25.3"	0.38"	RP 1'6"	*802	1*	400
2-7/8 PftoExp 60,4	4	00	*2906 HTX	19.8"	0.31"	RP 1'6"	2812	19.5	40*
*7/8 PftoExp 60,4	4	00	PJ2906 H**	21"	0.31"	RP 1'6"	2802	19.5	400
2-7/8 PftoExp 6*,4	4	00	UJ2906 HMX	22.1"	0.36"	RP 1**	2802	15	400
2-7/8 PftoExp 60,4	4	00	HJ2906 RDX	15"	0.39"	RP 1'6"	280*	15	340
2-7/8 PftoExp 60,4	4	00	37A U**DX	16.66*	0.34"	RP 43 4th*	2802	16	330
2-7/8 PftExp* 0,4	4	00	38"UJ H**	19.9"	0.34"	RP 43 4th*	**02	16	
2-7/8 PftExp 60,4	4	00	38A UJ HNS	*6.84*	*28"	RP 43 4th*	2812	16	
2-7/8 PftoExp 60,4	4	00	37C CP RDX	8.4"	0.6**	RP 43 5th*	2802	15	340
*7/8 PftoExp 60,4	4	00	38C CP HMX	*6"	*7"	RP 1'6"	2802	15	400
2-7/8 PftExp 60,4	4	00	34J UJ RDX	20.57*	*29"	RP 43 5th*	*80*	15.2	**
7/8 PftExp 60,4	4	00	34J UJ HMX	21.97	0.3	Estimate	2802	1	400
2-7/8 PftExp 60,*	4	00	34J UJ HTX	21.3"	0.32*	RP 43 5th*	2802	9	400
*7/8 PftExp 0,4	4	00	34J UJ HNS	20"	0**	RP 43 5th*	2802	19	*0
2-7/8 PftExp 0,4	4	00	34J CS R**	17.**	0.7*	Unofficial* API*	2802	15	340
2-7/8 PftExp 60,4	4	00	34J CS HMX	17.*	0.27	Estimate	2802	15	340
2-7/8 PftExp 0,6	6	00	PJ2906 HMX	25.3"	0.38"	RP 1'6"	2812	15	400
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	PJ290**TX	19.8"	*31"	RP 1'6"	280*	19*	400
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	PJ2906 HNS	21"	0.31"	RP 1'6"	*80*	19.5	400
2-7/8 PftExp *6	6	00	UJ2906 H**	22.1"	0.36"	RP 1'6"	2**2	15	10
2-7/8 PftExp 0,6	6	00	HJ2906 R**	15"	0.39"	RP 1'6"	2802	15	340
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	38A UJ DX	*6.66*	0.4*	RP 43 4th*	2*02	1*	330
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	37A UJ HMX	19.19*	0.34*	RP 43 4th*	280*	16	
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	38A UJ HNS	**9.4*	0.2**	RP 43 4th*	2802	1*	
7/8 PftExp 6,6	6	00	38C CP RDX	8.4"	0.62"	RP 43 5th*	*802	15	34*
2-7/8 PftExp* 60,6	6	00	38C CP HMX	6.6"	0**	RP 1'6"	2802	1*	400
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	34J **RDX	*0.7*	0.9*	RP 43 5th*	*802	*5.2	340
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	34J UJ HMX	21.97	0.3	Estimate	2812	15	40
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	34J UJ HT*	21.3"	***	RP 43 5th*	2802	9	400
2-7/8 PftExp 60,6	6	00	34J UJ HNS	20"	0.3"	RP 43 5th*	2802	19	400
2-7/8 PftExp 6*,6	6	00	*UJ CS D*	17.**	0.27*	Unofficial* API*	2802	15	10
2-7/8 PftExp* 60,6	6	00	34J C HMX	17.7	0.27	Estimate	2802	1*	340
2-8 DS 0,4	4	0	*B1 HD RDX	16.12	0.37	RP 43 1h	2812	14	340
3-1/8 SD 0,6	6	00	PJ3406 HMX	36.5"	0.7*	RP 1'6"	3125	2*7	40*
3-1/8 HD 60,6	6	00	PJ3406 HT*	3*1"	0.39"	RP 43 5th*	3125	25	50
3-1/8 SD 60,6	6	00	PJ3406 HNS	29.6"	0.3**	RP 43 5th*	3125	25	500
3-1/8 HSD 6**	6	00	*3406 HMX	3*4"	0.4**	RP 1'6"	3115	22.7	400
3-1/8 HSD 60,6	6	00	HJ30* RDX	22.5"	*49"	RP 1'6"	3125	22.7	30
3-1/8 HS*6*,6	6	10	PJOmega306 HMX	36.9	*34	RP 1'6"	3125	2*	40*
3-8 HSD 60,6	6	00	MultiFlow 3106 HMX	6.84	0.6*	Estimate	3125		400
3-1/8 HSD 60,6	6	00	41A UJ HNS	21.34*	0.3*	RP 43 5th*	3125	22	500
3-1/8 HSD 60,6	6	00	41B UJ RDX	*2.89*	0.56*	RP 43 5th*	312*	24	340
3-1/8 HSD 60,6	6	10	41B UJ II R**	*2.12*	*3**	RP 43 5th*	3125	22	*0
3-1/8 HS*60,6	6	00	41B UJ II H**	23.3**	0.37*	RP 43 5th*	3125	**	40
3-1/8 HSD 60,6	6	00	38A UJ II RDX	19.04*	0.31*	RP 43 4th*	3125	16	3*
3-1/8 HSD 60,6	6	00	38"UJ II H**	20.05*	0.3*	RP 43 4th*	3125	16	40*
3-1/8 HSD **6	6	00	38B UJ II RDX	1**6*	0.37*	RP 43 5th*	3125	15	340
3-1/8 HD 60,6	6	00	38C CP RDX	*4"	0.62*	RP 43 5th*	3125	15	10
3-8 SD 60,6	6	00	38C CP HMX	6.6"	0.7*	RP 1'6"	3125	15	40*
1/8 HSD 60,	6	00	37UP RDX	5.8"	0.2*	RP 1'6"	3125	10.5	340
3-1/8 HD 6*,6	6	00	34"UJ II RDX	2*9"	0.4*	RP 43 5th*	3115	20.5	*0
3-1/8 HSD 0,6	6	00	34B UJ II HMX	2**5*	0.4*	RP 43 5th*	3125	21.3	400
3-1/8 HSD 60,6	6	00	34B CS R**	18.1**	0.1*	RP 43 5th*	3**5	**7	10
3-1/8 HSD 60,6	6	00	*B CS HMX	18.5	0.31	Estimate	3125	21.7	30
3-1/8 HS*60,6	6	00	34J UJ RDX	20.77*	0.29*	RP 43 5th*	*12*	15.2	340
3-1/8 HSD 60,6	6	00	34J UJ HMX	21.97	0.3	Estimate	3125	1*	400
3-1/8 HSD 60,6	6	10	*UJ U HTX	21.3"	0.32*	RP 43 5th*	3125	19	500
3-8 HSD 60,6	6	00	UJ UJ HNS	20"	0.3*	RP 43 5th*	3125	19	400
3-8 SD 60,*	6	00	*UJ CS RDX	17.*	*2*	Estimate	3115	15	340

1/8 SD 60.6	6	60	UJ CS HMX	77	0.27	Estimate	3.125	15	340
1/8 HSD 60.4	6	60	UJL U HMX	289**	0.37*	RP 43 58*	3.125	22.7	400
3/8 HSD 60.6	6	60	UJL UJ HTX	25.4*	0.37*	RP 43 58*	3.125	22	500
3/8 SD 60.6	*	60	PJ306g295 HMX	3**	0.34*	RP 19*	1.125	15	40*
3/8 HSD 60.6	6	10	PJ2906 HMX	25.3*	0.38*	RP 19*	3.115	15	400
3/8 HSD 67.6	6	60	PJ290 HTX	198*	0.3**	RP 19*	3.125	19.5	50
3/8 HSD 67.6	*	60	P246 HS	21*	0.11*	*198*	1.125	19.5	50*
1/8 SD 60.6	6	60	UJ2906 HMX	12.2*	0.36*	RP 19*	1.125	15	10
3/8 HD 60.6	6	60	UJ2906 RDX	1**	0.39*	RP 198*	3.125	15	340
3/8 HSD 180.5	5	180	PJ406 *K	36.5*	0.37*	RP 198*	3.125	22.7	400
3/8 HSD 187.5	5	10	PJ3406 HTX	31.1*	*39*	RP 41 58*	3.125	5	500
3/8 HSD 80.5	5	180	PJ3406 HNS	29.6*	0.3**	P 3 58*	3.125	5	500
3/8 HSD 10.5	5	180	UJ3406 MX	31.4*	*44*	RP 198*	3.125	22.7	400
1/8 HSD 10.1	5	18	HJ3406 RDX	22.5*	0.49*	RP 198*	1.125	2.7	34*
3/8 HSD 10.5	5	10	PJ2906g106 HMX	36.9*	0.34*	RP 98*	3.125	20	400
3/8 HSD 90.5	5	180	MultiFlow 306 HMX	6.84	0.63	Estimate	3.125		400
3/8 HSD 18*	5	10	41A UJ HNS	21.34*	0.33*	P 43 58*	3.125	22	500
1/8 HS 180.5	*	180	41B UP RDX	12.89*	0.56*	R 43 58*	3.125	24	340
3/8 HSD 180.5	*	180	41B HJ II RDX	21.1**	0.36*	RP 43 58*	3.12*	22	340
1/8 HD 180.5	5	10	41B HJ II MX	23.34*	0.37*	RP 43 58*	3.125	22	400
3/8 HSD 180.5	5	180	38 UJ II RDX	19.04*	0.31*	P 43 48*	3.125	16	340
3/8 HSD 180.5	5	18	38 UJ II HX	20.0*	0.3*	RP 43 48*	3.125	6	400
3/8 HSD 10.5	5	180	38 UJ II RDX	15.78*	0.37*	RP 43 58*	1.125	1*	340
3/8 HSD 180.5	5	180	38C P RDX	8.4*	0.62*	RP 41 58*	3.125	15	340
3/8 HD 180.5	5	180	38C CP HMX	6.6*	*7*	RP 19*	3.115	15	400
3/8 HSD 180.5	5	180	35B UP RDX	5.8*	0.62*	RP 198*	3.125	10.5	340
3/8 HSD 10.5	5	180	48B HJ II RDX	*1.9*	0.4*	RP 43 58*	3.125	20.5	34*
3/8 HSD 180.5	5	180	34 HJ II HX	*1.15*	0.4*	R 3 58*	3.125	21.3	10
3/8 HSD 187.5	5	180	34 CS RDX	18.51*	0.31*	P 43 58*	3.125	21.7	340
3/8 HD 10.5	*	180	34B CS HMX	11**	0.31	Estimate	3.125	21.7	340
3/8 HSD 180.5	5	180	34J UJ RDX	20.57*	0.29*	RP 3 58*	3.125	15*	340
3/8 SD 80.5	5	180	34J UJ HX	21.97	0.3	Estimate	3.125	15	10
3/8 HSD 180.5	*	180	34 UJ HX	21.3*	0.32*	RP 43 58*	3.125	9	500
3/8 HSD 80.5	5	180	34J UJ HNS	10*	0.1*	RP 43 58*	3.125	9	400
3/8 SD 180.5	5	180	34J S RDX	17.7	0.27	Estimate	1.125	1*	30
3/8 HSD 180.5	5	180	34J CS HMX	17.7	*27	Estimate	3.125	15	34*
3/8 SD 180.5	5	180	34L UJ HMX	28.94*	0.37*	RP 43 58*	3.115	2.7	400
3/8 HSD 180.5	5	180	UJL UJ HTX	25.3*	0.33*	RP 3 58*	3.125	22	500
3/8 HD 180.5	5	180	PJ2906h2906 HMX	36*	0.4*	R 198*	3.125	16	40*
3/8 HD 187.5	*	180	UJ2906 HX	25.3*	*38*	RP 198*	3.125	15	400
3/8 HSD 180.5	5	10	PJ2906 HX	1.8*	0.31*	RP 198*	3.125	19.5	**
3/8 HSD 10.1	5	180	PJ300 HNS	21*	*31*	RP 98*	3.125	19.5	50*
1/8 SD 10.5	*	180	UJ2906 HMX	22.1*	0.19*	RP 198*	3.115	15	400
3/8 HSD 180.5	5	180	UJ2906 DX	15*	0.39*	RP 198*	1.125	15	340
3/8 HSD 15.10	10	13445	3C UP 1 HMX	5	0.63	RP 43 58*	3.125	15	400
3/8 HSD 13.10	10	13545	PF3412 HMX	4.7	0.67	RP 19*	3.125	14*	400
3/8 HVO 67.6	6	60	PwFrac 306 RD*	249	0.44	RP 1*	3.125	22.5	340
3/8 HSD 60.1	6	60	MultiFlow 106 HMX	6.14	0.63	Estimate	3.125	10	
3/8 HVO 60.6	6	60	34B HJ RDX	18.13	0.41	RP 41 58*	1.125	16	210
3/8 HVO 60.6	6	10	38C UP RD*	6.5	0.69	RP 41 58*	3.125	15	340
3/8 HES 60.6	6	60	34B H RDX	18.13*	0.41*	RP 43 58*	3.115	16	21*
3/8 HGS 0.6	6	*	3 CP RDX	8.4*	0.62*	RP 41 58*	3.125	15	340
3/8 HEGS 67.6	6	60	38C P *K	6.6*	0.7*	RP 198*	3.125	15	400
3/8 HEGS 90.4	4	90	34B HJ RDX	18.13	0.41	R 43 58*	3.125	16	210
3/8 HEGS 90.4	4	90	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP 43 58*	3.125	5	140
3/8 HEG 90.4	*	90	3C CP HMX	6.1*	0.7*	P 198*	3.115	15	400
3/8 HEGS 120.4	4	12*	34B U RDX	**53*	0.41*	RP 43 58*	3.115	16	10
3/8 HEGS 120.4	4	12*	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP 41 58*	3.125	15	340
3/8 HEGS 120.4	4	10	38C CP HMX	6.1*	0.7*	RP 198*	1.1**	15	400
1/8 HES 120.2	2	120	34B HJ RDX	18.53*	**11*	RP 43 58*	**25	16	210
3/8 HES 20.2	2	120	38C P RDX	8.4*	0.62*	RP 43 58*	1.125	15	340
3/8 HEGS 120.2	2	10	38C CP HMX	6.6*	0.7*	RP 19*	1.125	15	400
3/8 PPG 120.4	4	12*	PP3104 RDX	16	0.3*	Unoficial 198	3.115		340
3/8 SEL 0.1	1	*	33B HJ II RDX	11.85	0.37	RP 43 58*	3.12*	1*	250
3/8 SEL 0.1	1	0	33** RDX	1*	0.27	RP 43 58*	3.125	*	250
3-3* Orient Xact ±1.4	4	+/-1*	PJ305 OX HMX	37.7*	0.34*	RP 198*	3.375	22.5	400
3-3* Orient Xact ±10.5	5	+/-10	PJ350 *K HMX	37.7	0.34	RP 198	3.375	22.5	400
3-3/8 Orient Xact 180.5	5	180	PJ300 OX HX	37.7*	0.34*	RP 198*	3.375	22.5	400

3-38 PURE 60,4	*	00	PJ306 *X	365*	03**	RP 19B*	3375	22*	400
*38 PURE 60,4	*	00	*J3406 HTX	311*	0***	RP 43 58*	3375	25	10
3-38 PURE 60,4	*	00	PJ3406 HNS	288*	*39*	RP 43 5*	3375	25	500
3-38 PURE 60,4	*	00	UJ2**MX	314*	044*	RP 19B*	337*	227	400
3-38 PURE 60,*	4	00	HJ340*RD*	225*	049*	R*19B*	3*75	227	340
3-38 PURE 60,4	4	00	PJOmega3106 HMX	369*	03**	RP 19B*	3*75	10	40
3-38 PRE 60,*	4	00	MultiFlow 3106 HMX	6*4	063	Estimate*	3375		400
3-38 PURE 60,*	*	00	41A UJ HNS	2134*	033*	RP 43 58*	3375	22	5*
3-38 PURE 60,4	4	00	*1B **RDX	1289*	056*	R*43 58*	3*75	24	340
3-38 PURE 60,4	4	00	41B U **RDX	2212*	0*6*	RP 43 58*	*375	22	340
38 PURE 60,4	4	00	41B HJ II HMX	2334	037*	RP 43 5*	3375	22	400
3-38 PURE 60,4	4	0*	38A U*II RDX	19***	*31*	RP *3 48*	3375	16	
3-38 PURE 60,4	4	00	*A UJ II MX	2005*	03*	RP 43 48*	3375	16	
3-38 PURE 60,*	4	00	38B HJ II RDX	1676*	0*7*	RP 43 5*	*375	15	
3-38 PURE 60,4	4	0*	38C CP RDX	8**	06**	RP 43 58*	3375	15	340
3-38 PURE 60,4	4	0*	38C P*PX	68*	07*	RP *8*	3375	5	10
3-3*PURE 60,4	4	0*	35B U*PRDX	58*	062*	RP 19B*	3375	105	340
3-38 PURE 60,*	4	0*	*8B U II RD*	219*	04*	RP 43 58*	3375	205	340
3-3*PURE 60,4	4	0*	*8B U II HMX	2*15*	04*	RP 43 58*	3*75	213	10
38 PURE 60,	4	10	34B CS RD*	1*5**	031*	RP 43 5*	3375	217	340
3-38 PURE 60,*	*	00	31B CS HMX	185	031	Estimate	*37*	217	340
3-38 *R*60,4	*	10	*UJ UJ *DX	2*57*	029*	*P *3 58*	3375	152	340
3-38 PURE 60,4	4	00	34*UJ HMX	*197	03	Estimate	*375	15	400
3-3*PURE 60,4	4	10	34J UJ HTX	213*	032*	RP 43 58*	3375	15	500
3-38 PUR*60,4	4	00	3**UJ HNS	20*	03*	RP 4*58*	3375	19	400
3-38 PURE 60,*	4	00	34J C*DX	177	027	Estimate	3375	15	340
3-38 PURE 60,4	4	00	34J CS *MX	177	027	*stima*	3375	15	30
3-38 PURE 60,4	*	0*	*UL UJ HMX	2894*	03**	RP 43 1*	3*75	2*7	400
3-38 PUR*60,4	*	00	34JM UJ HTX	253*	03**	RP 43 5**	3*75	22	500
3-38 PURE 60,4	4	00	PJOmega2906 HMX	36*	034*	RP 19*	3375	16	400
*38 PRE 60,4	4	00	PJ290*HTX	25**	*38*	*P *8*	337*	15	400
3-38 PURE 60,4	4	00	PJ29* HTX	198*	031*	RP 19B*	3375	195	500
38 PURE 0,4	4	00	PJ20-*N*	21*	*3**	R*19B*	3375	195	500
3-38 PURE *4	4	0*	UJ290*HMX	221*	0*6*	RP 19B*	337*	15	400
*38 PURE 0,4	4	00	HJ2906 R*Y	15*	039*	RP 19B*	3375	15	340

3-38 PURE 60,*	6	00	PJ2906 HMX	365*	037*	RP 19*	3375	227	400
*38 PUR*60,5	6	00	PJ40* *X	311*	039*	RP 43 51*	3375	25	500
*38 PURE 60,6	*	00	PJ3406 HNS	288*	031*	*P 19B*	337*	25	500
3-3*PURE 60,6	6	00	UJ340*HMX	314*	044*	RP 19B*	3375	22*	400
38 PURE 60,6	6	0	HJ34* RDX	225*	0*9*	R*19*	3375	227	340
3-38 PURE 60,6	6	00	PJOmega310*HMX	369*	034*	*P 19B*	337*	20	400
3-38 PURE 60,6	6	00	MultiFlow 3106 HMX	684	063	Estimate	3375		400
*38 PURE 60,6	6	00	41*UJ HNS	2134*	03**	RP 43 51*	337*	22	500
3-38 P*E 60,6	6	10	41B UPR RDX	*289*	056*	R*43 *H*	3375	2*	340
3-38 PRE 60,6	6	00	*1B HJ II RDX	2212*	*6*	RP 43 58*	3375	22	340
18 PURE 60,6	6	00	41B HJ II HMX	2334	03**	RP 43 1*	3375	2*	400
3-38 URE 60,6	*	00	*A UJ II *DX	1904*	031*	RP *3 1*	*37*	16	
3-38 PURE 60,6	6	00	38A U*II MX	2005*	0**	RP 43 48*	*375	16	
3-38 URE 60,6	6	0*	38B HJ II RDX	1676*	037*	RP 43 58*	3375	15	
3-38 PURE 60,6	6	00	*C CP RDX	84*	062*	RP 43 1*	*375	15	340
38 PURE 60,	6	00	38C P* HMX	*6*	07*	RP 19B*	3375	1*	400
*18 PUR*60,6	*	00	*8 UPR *X	58*	062*	RP 19B*	3375	105	10
3-38 PURE 60,6	6	00	34B HJ I RDX	219*	0**	RP 43 1*	337*	205	340
18 PURE 60,6	6	00	34B HJ II HMX	2115	0**	*P 43 58*	3375	213	40
3-3*PUR*60,6	*	00	34B CS RDX	1851*	031*	RP 43 58*	3375	21*	340
3-38 PUR*0,6	6	00	34B CS *MX	185	**1	Estimate	3375	217	30
3-3*PURE 60,6	6	00	34J UJ R*Y	*057*	029*	RP 43 58*	3375	**2	34*
3-38 P*E 60,6	6	10	34J UJ *H*	2197	03	Estimate	3375	15	400
18 PURE 60,6	6	00	34J UJ HTX	213	032*	RP 43 58*	3*75	1*	50*
3-38 PURE 60,6	*	0*	34*UJ HNS	20*	03*	*P 4*58*	*375	19	10
38 PURE 60,	6	10	34J C*RDX	1*7	027	Estimate	*75	15	340
*38 PURE 60,6	6	10	34J CS HMX	*77	027	Estimate	3375	1*	340
3-38 PURE 60,*	6	0*	34J*UJ HMX	2894*	037*	RP 43 58*	*375	227	400
3-*PURE 60,6	6	00	34**U HTX	253*	033*	RP 43 5*	3375	22	50
3-38 PURE 60,6	6	*	PJOmega20*HTX	1*	034*	RP *9*	3375	16	1*
3-38 PURE 60,6	*	00	PJ2906 HMX	253*	0*8*	RP *8*	3375	5	400
3-38 PURE 0,6	6	00	PJ2906 HTX	198*	031*	RP 19B*	*375	195	500
3-38 PURE 60,6	6	10	PJ2906 HNS	21*	031*	RP 19B*	*375	195	5*
3-38 P*E 60,6	6	00	UJ29* HMX	221*	0*6*	RP *8*	3375	5	400
3-38 PURE 0,6	6	10	HJ2* *DX	15*	039*	*P 19*	3375	5	340

3-38 PURE 1*0,4	4	180	PJ3406 HMX	365*	037*	RP 19*	3375	227	10
3-38 PRE 180,4	4	180	PJ306 HTX	311*	*39*	RP 4*58*	3375	25	10
3-38 PURE 10,4	*	10	PJ306 HNS	288*	*3**	RP 19*	337*	25	500
3-3*PRE 180,*	4	18*	UJ3406 HMX	314*	044*	RP 19*	3375	227	10
3-38 PURE 180,4	4	18*	HJ3406 HMX	2*5*	049*	RP 19B*	3375	2**	340
38 PRE 180,4	4	18	PJOmega311* HMX	369*	034*	RP 19*	3375	20	400
3-38 PURE 180,4	4	180	MultiFlow 3106 HMX	68*	063	Estimate	3375		400
3-38 PURE 180,4	4	180	41A UJ HNS	*134*	0*3*	RP 43 51*	3375	22	500
*38 PRE 180,4	4	180	41B UPR R*Y	1289*	*56*	RP 43 58*	3375	24	340

3-38 PURE 180.4	4	10	41B HJ II RDX	*2.2*	0.36*	RP 3 58*	3375	22	340
3-38 PUR*180.4	4	10	41B HJ II HMX	2334*	*37*	RP 43 58*	3375	22	400
3-38 PURE 180.4	*	10	38A UJ II R*	*904*	0.31*	RP 3 48*	3375	16	
3-38 PRE 180.4	4	10	38A UJ II M*	*005*	0.3*	RP 43 48*	**75	16	
3-38 URE 180.4	4	10	38** HJ DX	16.76*	0.3**	RP * 58*	3375	15	
3-38 PURE 18*4	4	10	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP 43 51*	3375	15	10
3-38 PRE 10.4	4	10	38C CP HMX	6.6*	0**	RP 1 6*	3375	15	400
3-38 PURE 180.4	4	10	35B UP RDX	5.8*	0.62*	RP 19B*	3375	105	340
3-38 PURE 180.4	4	10	34B HJ II RDX	21.9*	0.4*	RP 43 11*	3375	205	10
3-38 PURE 180.4	*	10	10B UJ II HMX	21.15*	*.4*	RP 43 58*	3375	21.3	400
3-38 PURE 180.4	4	10	34B CS RPK	18.51*	0.31*	RP 43 58*	3375	21.7	340
3-38 P*E 180.4	4	10	34B **HMX	**5	0.1*	Estimate	3375	21	340
3-38 UR*180.4	*	10	14J UJ RDX	20.7*	0.29*	RP 4* 11*	3375	15*	30
3-38 PRE 80.4	4	10	31J U HMX	2*97	0.3	Estimate	3375	15	400
3-38 PURE 180.4	4	10	34J U HTX	21.**	0.32*	RP 43 58*	*375	19	500
3-38 PURE 180.4	4	10	34J UJ HNS	20*	*.3*	RP 43 58*	3375	19	40
3-38 PUR*10.4	*	10	34J CS DX	*7.7	0.27	Estimate	3375	15	340
3-38 PURE 180.4	4	10	34J CS HPK	17.7	0.27	%female	3375	15	10
3-38 PURE 180.4	*	10	34* UJ HMX	28.94*	*37*	RP 43 11*	3375	22.7	400
3-38 PURE 180.*	4	10	34JM UJ *TX	25.3*	0.33*	RP 43 58*	3375	22	500
3-38 PRE 180.4	*	10	P*Omega2906 HMX	36*	*34*	RP 19B*	3375	3**	16
3-38 PURE 10.4	4	10	PJ2906 HMX	*5.3*	0.38*	RP 19B*	3375	1*	400
3-38 PURE 10.4	4	10	PJ2906 HTX	19.8*	0.3*	RP 19B*	3375	**5	10
3-38 PURE 10.*	4	10	PJ2906 HNS	2*	0.31*	RP 19B*	3375	19.5	
3-38 PURE 180.4	4	10	UJ2906 HMX	22.1*	0.10*	RP 9B*	3375	15	40
3-38 UR*10.4	4	10	*J90* RDX	1*	0.39*	RP 9B*	3375	15	340
3-38 PURE 180.5	5	10	PJ3406 HMX	36.5*	0.37*	RP 19B*	3375	*2*	400
3-38 PURE 180.*	5	10	PJ3406 TX	31.1*	0.3**	RP 43 58*	3375	25	500
3-38 PURE 181*	5	10	PJ2906 HNS	*8.8*	0.21*	RP 19B*	**7*	25	500
3-38 PURE 180.5	5	10	UJ2906 HMX	31.4*	0.44*	RP 19B*	3375	2*7	400
3-38 PURE 180.5	5	10	HJ3406 HMX	2*5*	0.49*	RP 19B*	3375	22.7	340
3-38 PURE 180.5	5	10	PJ2906 HMX	36.9*	0.34*	RP 19*	3375	10	40*
3-38 PURE 180.5	5	10	MultiFlow 3106 HMX	6.84	0.63	Estimate	3375	3**	40
3-38 PURE 180.5	5	10	41A UPHNS	21.34*	0.3**	RP 43 51*	*375	22	500
3-38 PURE 110.5	5	10	41B UP RPK	12.8**	0.56*	RP 43 58*	3375	24	10
3-38 PRE 1815	5	10	41B HJ I RPK	22.2*	0.36*	RP 43 58*	3375	22	340
3-38 PRE 180.5	5	10	41B HJ II HPK	23.34*	*37*	RP 3 58*	3375	2*	10
3-38 PRE 1815	*	10	38*UJ II RDX	1*0**	0.***	RP 43 41*	337*	16	
3-38 PUR*180.5	5	10	38A UJ I* HMX	20.05*	0.**	RP 43 41*	3375	16	
3-38 PUR*180.5	5	10	38B II HJ RDX	16.***	0.37*	RP 43 51*	*37*	15	
3-38 PURE 180.5	5	10	38C CP RDX	8.4*	0.2*	RP 4* 5*	3375	1*	340
3-38 PURE 10.5	5	10	38C CP HMX	*8*	0.7*	RP 19*	3375	15	40
3-38 PURE 180.*	5	10	*5B * RDX	5.8*	0.62*	RP 19B*	3375	105	340
3-38 PUR*180.5	*	10	34B HJ II RDX	21.9*	0.4*	RP 43 51*	3375	20.5	10
3-38 PURE 180.5	5	10	34B H* II H*	21.15*	0.4*	RP 43 58*	3375	21.3	400
3-38 PURE 180.5	5	10	34B CS DX	18.51*	0.31*	RP 43 5*	3375	2**	340
3-38 PURE 180.5	5	10	34B C*HMX	*85	0.31	Estimate	*375	*	340
3-38 PURE 180.5	5	10	34J U RDX	*057*	0.29*	RP 43 58*	*375	15.2	34*
*38 PURE 180.5	5	10	14J UJ HMX	*1.97	0*	Estimate	**75	15	40
3-38 PUR*180.5	5	10	34J UJ HTX	21.3*	0.32*	RP 43 58*	3375	19	10
3-38 PRE 10.5	*	10	34J UJ HNS	20*	0.3*	RP 43 1*	3375	19	400
3-38 PURE 180.5	5	10	34J CS RDX	17.7	0.27	Estimate	3375	15	340
3-38 PRE 1815	*	10	34J CS *X	*7.7	0.27	Estimate	*375	5	340
3-38 PURE 180.5	5	10	34JL UJ HMX	28.94*	0.37*	RP 43 58*	3375	22.7	40*
3-38 PUR*10.5	5	10	34JM UJ HTX	25.3*	0.3**	RP 43 58*	3375	12	50*
*38 PURE 180.5	5	10	P*Omega2906 HMX	36*	0.34*	RP 19B*	3375	16	400
3-38 *P*10.5	5	10	PJ2906 HMX	25.3*	0.3**	RP 19B*	*375	15	400
3-38 URE 180.5	5	10	*2906 HPK	19.8*	0.31*	RP 9B*	3375	*95	500
3-38 PURE 180.5	5	10	PJ2906 HNS	21*	0.3**	RP 19*	3375	19.5	500
3-38 PRE 180.*	5	10	UJ2906 HMX	2*1*	0.36*	RP 19B*	3375	15	400
3-38 PURE 180.5	5	10	*296 RDX	15*	0.39*	RP 19B*	*375	5	30
3-38 HSD 0.6	6	00	PJ3406 HMX	36.5	0.37	RP 9B	*375	*2.7	400
3-38 SD 0.6	*	00	PJ3406 HTX	31.1	0.39	RP 3 58*	3375	5	500
3-38 HD 60.6	6	00	PJ3406 HNS	28.8	0.31	RP 19B	337*	25	10
3-38 HD 60.6	6	00	UJ3406 HMX	31.4	0.44	RP 19B	3375	22.7	40
3-38 SD 60.6	6	00	HJ3406 RDX	*25	0.49	RP 19B	3375	22.7	340
3-38 SD 60.6	6	0	PJOmega3106 HMX	36.9*	0.34*	RP 19B*	*375	20	40*
3-38 HSD 0.6	6	00	MultiFlow 3106 HMX	6.84	0.3	Estimate	337*		400
3-38 HSD 0.6	6	00	41A UPHNS	21.34*	*33*	RP 3 58*	**75	22	500
3-38 HSD 0.6	6	00	41B UP RDX	12.89*	0.56*	RP 43 11*	3375	24	1*
3-38 HS*60.6	*	0	41*HJ II RPK	22.12*	0.36*	RP 43 5*	3375	22	340
3-38 HSD 60.*	6	00	41*HJ II HMX	23.34*	0.37*	RP 43 5*	337*	22	400
3-38 SD 60.6	*	00	38A UJ II RDX	19.04*	*31*	RP 43 41*	3375	16	
3-38 HSD 60.6	6	00	38*UJ II HMX	20.05*	0.3*	RP 43 48*	337*	16	
3-38 HS*60.*	6	00	38B II HJ RPK	16.76*	0.37*	RP 43 11*	3375	15	
3-38 HSD 60.6	6	00	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP 43 58*	*375	15	340
3-38 HSD 60.6	6	00	38*CP HMX	6.6*	0.7*	RP 19B*	3375	15	40
3-38 HSD 60.6	6	00	38B II HJ RPK	16.76*	0.37*	RP 43 1*	3375	15	
3-38 HD *6	6	00	35B UP RDX	5.8*	0.62*	RP 19B*	3375	*05	340

*3" HSD *6	6	60	34B *I *IX	21.9	0.4	*P 43 5th	3375	205	340
*38 HSD 60.6	6	60	*4B *I *IX	21.5	*.4	*P *th	3375	213	40*
38 HSD 0,	6	60	34B CS RDX	1551	0.31	RP 43 5th	3375	217	34*
*18 H*6*	6	60	34B C*HMX	185	0.3*	Estimate	*375	217	30
3-38 HD 60.6	6	6*	34J U*DX	2*57*	0.29*	RP 43 5th*	337*	*5*	34*
38 HSD 60.6	6	6	34*UJ H*	21.**	0.3	Estimate	337*	15	400
38 HSD 0,	6	6*	34J U*HT*	21.3*	*32*	RP 43 5th*	3375	*9	500
38 HSD 0,	6	0	3J UJ HNS	20*	0.3*	*P 43 5th*	3375	19	400
3-38 HSD 60.6	*	60	3J CS RDX	177	0.27	*tmte	3375	15	340
3-38 HSD 60.6	6	60	34J C*HMX	17*	0.27	Estimate	3375	15	340
3-38 HSD 60.6	6	0	3DL UJ HMX	2694	0.37	RP 4* 5th	3375	227	40
3-38 HSD 60.6	6	60	34JM UJ *TX	253	0*3	*P 43 5th	3375	22	500
3-3" HSD 99.6	6	99	34"H*II RD*	202	0.38	RP 43 5th	3375	20*	*40
3-3" HS*120.27	27	1*06*	PJ2076 MXX	1*6	0*79	RP 19B	3375	65	40
*38 *D 135.12	1*	*354*	*8C UP II HMX	5.9	0*4	RP 43 5th	33**	15	400
3-18 HSD 15.12	12	*3545	PF3412 HMX	45	0.64	RP 19B	3375	142	400
3-38 HSD 180.4	4	180	PJ306 MXX	3**	*37*	RP 19*	3375	227	400
3-38 HS*1*4	4	18*	P*906 HTX	3*1*	0.3**	RP 43 5th*	*375	25	500
3-38 HSD 180.4	4	18*	P*906 *NS	288*	0.31*	RP 19B*	3375	25	500
3-38 HSD *0.4	4	*8*	UJ3406 HMX	*14*	0.44*	R*19B*	3375	227	400
3-38 HSD 180.4	4	180	H*906 RDX	2*5*	0.49*	*P 19B*	3375	2*7	34*
3-38 SD 10.4	4	180	PJ0mea306 HX	369*	0.34*	R*19B*	337*	20	*10
3-38 HSD 180.4	*	180	MultiFlow 306 HMX	684	0.63	*tmte	3375		40
3-38 HSD 180.4	4	180	41A UJ HNS	2134*	0.33*	RP 43 5th*	3375	22	*0
3-38 HSD 180.4	4	180	41B UP RDX	*289*	0*6*	R*43 5th*	337*	24	340
3-38 HSD 18*4	4	180	41B H*U RDX	2212*	0.36*	*P 43 5th*	3375	22	340
3-38 HSD 180,*	4	180	41B *I II HX	2334*	0.37*	RP 43 5th*	3375	2	400
3-38 HSD 18**	4	180	38A U*II R*	1904*	0.31*	RP *4th*	3375	16	
3-38 HSD 10.4	4	180	38A U*II HM*	2005*	*3*	RP 4* 4th*	3375	16	
3-3**HD 80.4	*	180	*8B II HJ RDX	167**	0.37*	RP *3 5th*	3375	1*	
3-38 HSD 180.4	4	180	38C C*RDX	84*	0.62*	RP 43 5th*	3375	*	340
3-38 HSD 180.4	4	180	38C CP *X	6**	0.7*	RP 19*	3375	15	40*
3-38 HSD 180.4	4	180	35B U*PRDX	5.9*	0.62*	RP 19B*	3375	105	*40
3-18 HSD 180.4	4	18*	34B HJ II RDX	21.9*	0.4*	RP 43 5th*	3375	*0*	340
3-38 HSD 180.4	4	180	34B HJ II HMX	21.1**	0.4*	RP *3 th*	3375	2*3	400
*38 HSD 180.4	4	180	34B C*RDX	185**	0.31*	RP 43 5th*	3375	21.7	30
*38 *D 180.4	4	10	34B CS HMX	18*	0.31	Estimate	337*	*1	340
3-38 HSD 180.4	4	*0	*UJ UJ RDX	2057*	0.29*	RP 43 5th*	3375	152	340
3-18 HSD 180.4	4	180	34J UJ HMX	21.7*	0.3	Estimate	3375	1*	400
3-38 HSD 80.4	4	180	*UJ UJ HX	21.3*	0.32*	*P *5th*	*375	19	500
3-38 HSD 10.4	4	180	34J UJ HNS	20*	0**	*P 43 5th*	3375	19	400
3-38 HSD 10.4	4	**	34J CS *P*	177	0.27	Estimate	3375	15	34*
3-38 HS*180.4	4	180	34J CS HMX	177	0.27	Estimate	3375	15	340
3-38 HSD 180.4	4	180	34JL UJ *X	2894*	0.37*	RP 43 5th*	*375	227	400
3-3" HSD 180.4	4	180	34*UJ*HTX	*53*	*33*	RP 43 5th*	3375	22	500
3-18 PPG 90.4	4	0	38A UJ RDX	*138	0*13	RP 43 5th	3375	1*	340
3-38 PPG 90.4	4	90	38A UJ HMX	2044	0.3	RP 43 4th	*37*	14	40
3-38 PPG 90.4	4	90	38*HJ I*DX	2*5	0.35	RP 43 5th	*375	15	*40
3-1/2 OrientXat ±10.4	4	*10	PJ3505 OX HMX	377*	0.34*	RP *B*	35	2*5	400
3-72 OrientXct ±10,*	5	*10	PJ305 OX HMX	377	0.34	RP 19B	35	**5	400
3-72 OrientXact 180.5	5	10	PJ350*OX HM*	377*	0.34*	*P 19B*	35	225	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	PJ306 HMX	365*	0.37*	RP 19B*	35	2*7	40*
3-1/2 PRE 72.6	6	72	PS406 HX	31.1*	0.39*	RP 43 5th*	35	25	*10
3-1/2 PURE 72.6	6	7*	*34**NS	288*	0.31*	RP 19B*	35	25	500
3-1/2 PURE 72.6	6	2	UJ3406 HMX	31.**	0.44*	RP 19B*	3*	227	40
3-1/2 PURE 72.6	6	72	H*006 RDX	2*5*	0.49*	RP 19B*	*5	**27	30
3-1/2 URE 72.6	6	72	PJ0meg*95% HMX	4*2*	0.44*	RP 19B*	35	28.5	400
3-2 PURE 7*6	6	72	P*Omtpa350*HNS	33.7	0.32	RP 19*	3*	28	500
*1/2 PURE 7*6	6	72	P*Omega3106 HMX	*69*	0.34*	RP *B*	35	*0	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	49A UJ HNS	2134*	0.33*	R*43 5th*	35	2*	*10
3-1*PURE 72,*	*	72	4B UP *IX	1289*	0.36*	*43 5th*	3*	24	340
3-1*PURE 72,*	6	72	41*U II RDX	2222*	0.36*	RP 43 5th*	*5	22	340
3-1*PURE *6	6	72	41B HJ I*HX	*334*	0*7*	RP *3 5th*	35	22	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	38A UJ II R*X	1904*	0.31*	RP 43 4th*	35	16	
3-1/2 PURE 72.6	6	72	38A UJ II HMX	2005*	0.3*	RP 4* 4th*	35	16	
3-1/2 PURE 72.6	6	72	3B 1 HJ RDX	16.76*	0.37*	RP 43 5th*	35	15	
3-1/2 PURE 72.6	6	7*	3*CP RDX	*4*	*62*	*P 4*5th*	35	15	340
3-1/2 PURE 72.6	6	2	*8C *P HMX	*6*	0.7*	RP 19B*	35	15	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	37J U*HM*	30*	0.46*	RP 43 5th*	35	34	400
3-1/2 PURE 72.6	*	72	37J UJ *X	25	0.33	Estimate	35	34	500
3-2 URE 72.6	*	72	37J UJ HNS*	282**	0.38*	RP 43 5th*	*5	34	500
3-2 PUR*2.6	6	72	37J C*RDX	31.**	0.36*	RP 43 5th*	35	*4	30

3-1/2 PURE 7'6	6	72	37J *HMX	32*	0.38	Estimate	35	34	40
*1/2 PURE 72.6	6	72	37JH HWRK LJ HMX	*42	0.3	Estimate	35	34	40
1/2 PURE 72.6	6	72	35" P RXX	19"	0.62	RP 58"	*5	*05	340
3-1/2 PURE 72.6	6	72	34B HJ II RXX	21.9*	0.4*	RP 43 58"	**	2*5	34*
1/2 PURE 72.6	6	7	34B HJ I *HMX	21.15*	0.4*	RP 43 58"	35	21.3	10
3-1/2 PURE 72.*	6	7*	34B CS RDX	18.51*	0.31*	RP 43 58"	*5	21.7	340
3-1/2 PRE 72.6	6	72	34"CS MXX	1*5	0.31	Estimate	*5	21	340
3-1/2 PURE 72.6	6	7*	34J "J RD*	2057*	0.2**	RP 43 58"	35	152	34*
3-1/2 P*E 72.6	6	2	34J LJ *MX	21.9*	0.3	Estimate	35	15	40
3-1/2 PURE 7'6	6	72	34" LJ HTX	21.3*	0.32*	RP 43 58"	35	19	500
3-1/2 PUE 2.6	*	2	*LJ LJ HXS	20*	0.3*	R* 43 58"	35	1*	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	34J CS RDX	17.7	0.27	Estimate	35	15	34*
3-1/2 URE 2.6	6	72	34J S HMX	17.7	**7	Estimate	35	15	340
3-1/2 PURE 72.6	*	72	34JL LJ *MX	*894*	0.37*	RP " 3 58"	35	22.7	400
3-1/2 UIR* 7'6	6	2	34JM LJ HTX	*53*	*73*	" 43 58"	35	22	500
1/2 PURE 72.	6	72	PJOmega3506 HMX	36*	0.34*	RP 19"	*5	16	400
3-1/2 PURE 72.6	6	72	*2906 MXX	*5**	*38*	RP 19B"	35	15	400
3-1/2 PURE 72.6	6	7*	*1296 HTX	19.8*	0.31*	RP 19B"	35	*9*	50*
3-1/2 PURE 7'6	6	72	PJ290/HXS	21*	0.31*	RP 19B"	35	19.5	500
3-1/2 PURE 72.*	6	72	LJ2906 HMX	22.1*	0.36*	RP 19B"	35	15	40*
3-1/2 PUE 72.6	6	72	LJ2906 RDX	15*	0.3**	R* 19B"	*5	15	340
3-1/2 HSD 6'4	4	60	37J LJ HMX	34*	0.16*	RP 43 58"	*5	34	400
1/2 HSD 60.4	4	60	37J LJ HTX	5	0.33	Estimate	3*	34	500
3-1/2 HSD 60.4	4	6*	37J LJ HNX	28.24*	0.38*	RP 43 58"	35	34	50*
3-1/2 HSD 60.4	4	10	37J CS RDX	31.2*	0.3**	R* 4' 58"	35	34	*0
3-1/2 HSD 60.4	*	60	37J CS HMX	32.7	0.38	Estimate	35	34	40*
3-1/2 SD 60.4	4	10	37JH HWRK LJ HMX	*42	0.*	Estimate	35	34	10
*1/2 HSD 60.6	*	60	PJ3406 HMX	*55*	0.7*	RP 19B"	35	22*	40*
3-1/2 HSD 6'6	*	60	*3406 HTX	31.1*	0.39*	RP 43 58"	*5	25	500
3-1/2 HSD 60.6	6	60	PJ306 HNS	*58*	0.1*	RP 19"	35	25	500
3-1/2 HSD 60.6	6	6*	*7406 HMX	31.4*	0.44*	RP 19B"	*5	*2.7	10
*1/2 HSD 60.6	6	60	HJ3406 DX	2*5*	0.49*	RP 19B"	35	22.7	340
3-1/2 HD 0.6	6	60	PJOmega301 HMX	44.**	0.44*	RP 19B"	35	28.5	400
3-1/2 HSD 60.6	6	60	PJOmega3501 HNS	*37	0.32	RP 19B	35	28	500
3-1/2 HS* 60.6	*	60	PJOmega3106 HMX	26.59*	**4*	RP 19"	35	20	10
3-1/2 HD 60.6	*	60	41" LJ HNX	21.34*	0.23*	R* 43 58"	35	22	500
*1/2 HSD 60.6	6	60	41B LP RDX	12.8**	0.16*	RP 43 58"	35	24	340
3-1/2 HSD 60.6	6	60	41B HJ II DX	22.12*	*36*	RP 4* 58"	3*	22	140
3-1/2 HS* 60.*	6	10	41B HJ II HX	2*3**	0.37*	RP 43 58"	*5	2*	400
3-1/2 HSD 60.6	6	60	38A LJ II RD*	19.04*	0.***	RP 43 48"	*5	16	
3-1/2 HSD 60.6	6	60	*A "J II HMX	20.***	0.**	RP " 3 48"	35	16	
3-1/2 HSD 60.6	6	6*	38" II H* RDX	16.76*	0.37*	RP 4* 4**	35	15	
3-1/2 HSD *6	6	60	38"C* RDX	8.4*	0.62*	RP 43 58"	35	1*	340
3-1/2 HSD 60.6	6	60	38C P* HX	6.**	0.7*	RP 19B"	*5	1*	400
1/2 HSD 0.	6	60	37J U* HMX	3**	0.46*	RP 43 58"	35	34	40
3-1/2 HSD 0.6	*	60	37J LJ HTX	2*	0.3*	Estimate	35	34	500
1/2 HSD 6'6	6	60	37" LJ HXS	28.24	0.38*	RP 43 58"	35	34	50
3-1/2 HSD 6'6	6	60	37J CS RXX	31.2*	0.36*	RP 43 58"	*5	34	340
*1/2 SD 60.6	6	10	37J CS HMX	32.1	**6	Estimate	35	34	400
3-1/2 HSD 0.6	*	60	37JH HWRK LJ HMX	3*2	0.3	Estimate	35	34	40*
3-1/2 HSD 60.6	6	60	*5B P* RDX	5.8*	0.62*	P 19B"	35	10.5	34*
3-1/2 HSD 60.6	6	6*	34"HJ II RDX	21.9*	0.4*	P 4' 58"	35	2**	30
3-1/2 HSD 60.6	6	60	34B HJ I HMX	21.1**	0.4*	R* 4" 58"	35	21.3	400
3-1/2 HSD 60.6	6	60	34B S RD*	18.1**	0.31*	RP 43 58"	35	21.7	340
3-1/2 HSD 6'6	6	60	34B CS HMX	18.5	0.1*	Estimate	35	21	340
3-1/2 SD 60.6	6	60	34J LJ RDX	20.5**	0.2**	RP 4' 58"	35	15.2	340
3-1/2 HSD 60.6	6	60	*LJ LJ HMX	21.97	0.3	Estimate	35	1*	400
3-1/2 HSD 60.6	6	6*	*LJ LJ HTX	21.3*	0.32*	** 3 58"	35	19	500
3-1/2 HSD 60.6	6	60	34J LJ HNS	10*	0.3*	RP 43 58"	35	19	400
3-1/2 HSD 60.6	6	60	34J S RDX	17.7	0.27	Estimate	35	15	340
1/2 HSD 6'6	6	60	34J CS HMX	17.7	0.27	Estimate	35	1	340
3-1/2 HSD 60.6	*	10	34JL "J *X	28.94*	0.37*	RP 4* 58"	35	**7	400
3-1/2 HSD 60.6	6	6*	34JM LJ HTX	25.3*	0.33*	P " 3 58"	35	2*	50
3-1/2 SD 72.6	6	72	PJOmega356 MXX	44.*	0.4*	RP 19"	35	28.5	40*
3-1/2 HSD 72.6	6	2	PJOmega306 HNS	33.7	0.32	RP 19B	*5	28	10
3-1/2 HSD 10.4	4	120	*3406 HMX	36.5*	*37*	RP "9"	35	22.7	400
3-1/2 HS* 120.4	*	120	PJ3406 HTX	31.1*	0.39*	RP 43 58"	*5	25	500
3-1/2 HSD 120.*	4	120	PJ3406 HNS	28.**	0.31*	RP 19"	35	25	50*
7 HS* 120.4	4	*0	LJ306 HMX	3*4*	0.44*	RP 19B"	3*	22.7	400
3-1/2 HSD 10.4	*	10	HJ346 RDX	*2**	0.49*	RP 19"	35	22.7	*4*
3-1/2 HSD 20.4	4	120	*JOmega306 MXX	44.2*	0.4**	RP 19B"	3*	28.5	400
3-1/2 HD 120.4	4	120	P*Omega356 HNS	33.7	0.32	RP 9B	*5	16	500
*1/2 HSD *0.4	4	120	PJOmega3106 MXX	*69*	0.34*	RP 19B"	3*	2*	40*
3-1/2 HSD 12*4	4	12*	41" LJ HNS	21.3**	0.33*	RP 43 58"	3*	2*	**
3-1/2 HS* 120.4	4	12*	4** P* RDX	12.89*	0.56*	R* 43 58"	35	24	340
3-1/2 HSD 120.4	4	120	*1B HJ I RDX	2*12*	0.36*	R* 43 58"	35	2*	30
*1/2 HD 20.4	4	*0	41B HJ I* HMX	*334*	0.37*	RP 43 58"	*5	22	400

3-1/2 HSD 120,4	4	120	38A UJ II RYX	1904*	031*	RP 43 48H*	35	16	
3-1/2 HSD 10,*	4	120	38A UJ II HMX	2005*	03*	P 4* 5H*	35	16	
3-1/2 HSD 110,4	4	120	38B II HJ RDX	16,76*	037*	RP 43 58H*	35	15	
3-1/2 HSD 120,4	4	120	38*CP RDX	8,4*	062*	P 3 58H*	35	15	3*
*1/2 HSD 110,4	4	110	*C CP HMX	6,6*	07*	RP 19B*	*5	15	400
*1/2 HSD 120,4	4	*2	37J 1 HMX	34*	0*6*	R* 43 58H*	35	34	400
3-1/2 HSD 2*,*	4	*20	3**HTX	25	033	Estimate	35	34	500
3-1/2 HSD 20,4	4	120	37J UJ HNX	28,14*	038*	R* 4* 58H*	35	34	500
3-1/2 HSD 120,4	4	120	37*CS *X	31,2*	036*	RP 43 58H*	3*	34	340
3-1/2 HSD 20,4	4	120	37J C*HMX	32,7	038	Estimate	35	34	400
3-1/2 HSD 120,4	4	120	37H1 Hid*UJ HMX	*42	03	Estimate	35	34	400
3-1/2 HSD 20,4	4	120	35B UP *X	5,**	062*	R* 19B*	35	105	340
3-1/2 *SD 120,4	4	120	34B HJ II RDX	*19*	04*	RP 4* 58H*	35	2*5	340
3-1/2 HSD 120,4	4	120	34B HJ II HMX	2*15*	04*	RP 43 5H*	3*	21,3	400
3-1/2 HSD 12*,4	4	12*	34B CS RDX	1851*	031*	RP 43 58H*	*5	*1,7	**
3-1/2 HSD 20,4	4	*20	34B CS HMX	185	031	*Hmale	35	21	34*
3-1/2 HSD 120,4	4	120	34J UJ RDX	20,7*	029*	RP 43 1H*	**	15*	30
3-1/2 HSD 120,4	4	110	*LJ 1* HMX	21,97	03	Estimate	35	15	400
3-1/2 HSD 110,4	4	120	34J 1 HTX	21,3*	**2*	RP 43 58H*	35	9	50*
3-1/2 HSD 120,4	4	*20	34J UJ HNS	20*	03*	RP 43 58H*	3*	19	400
3-1/2 HSD 120,4	4	120	34J CS RDX	17,7	027	Estimate	*5	15	340
3-1/2 HSD 120,4	4	120	37J CS HMX	17,7	027	Estimate	35	15	1*
3-1/2 HSD 120,4	4	120	34J 1 HMX	28,94*	*37*	RP 43 58H*	35	22,7	400
3-1/2 HSD 120,4	4	120	34JM UJ HX	*5,3*	03*	RP 43 58H*	35	22	500
1/2 HSD 12,4	4	120	P*Omega 98 HMX	36*	034*	RP 1B*	3*	1*	400
3-1/2 HSD 120,4	4	120	P290*HMX	25,3*	038*	R* 19B*	35	1*	40
3-1/2 HSD 12*,4	4	*20	PJ2906 HX	*98*	031*	P 9*	35	19*	500
3-1/2 HSD 110,4	4	110	PJ2906 HNS	21*	0*1*	RP 1B*	35	*9,5	500
3-1/2 HSD 20,4	4	110	LU206 H*	22,1*	036*	RP 1B*	*5	15	400
3-1/2 HSD 120,4	4	120	*2906 RDX	15*	0**	RP 19B*	35	1*	340
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	60	PJ340*HX	36,5*	*37*	R* 19B*	35	22,7	400
3-1/2 PerfoExp 10,*	4	60	PJ406 *X	31,**	039*	RP 43 58H*	35	25	500
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	10	*3906 HNS	28,8*	03**	RP 19B*	35	25	50
3-1/2 *foExp 60,4	4	10	UJ3406 HMX	31,**	044*	RP 19B*	35	22,7	400
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	10	HJ3406 RDX	22,5*	049*	RP 19B*	35	22,7	34*
3-1/2 *foExp 60,4	4	60	41* UJ HNS	**34*	0**	RP 43 58H*	35	22	500
3-1/2 PerfoExp 10,4	4	6*	41B UP RDX	12,89*	056*	RP 43 1*	35	24	340
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	60	4B 11 RDX	22,1**	03**	RP 43 1H*	35	2	*0
3-1/2 P*foExp 60,4	4	60	41B HJ 1* HMX	*334*	037*	RP 43 58H*	*5	22	400
3-1/2 PerfoExp 6*,4	4	60	38A UJ II RDX	19,14*	031*	RP 43 4H*	35	1*	
3-1/2 *foExp 60,4	4	6*	38A UJ 1 HMX	20,0**	03*	RP 43 48H*	35	16	
3-1/2 *foExp 60,*	4	60	38B 1 1* RDX	*6,76*	037*	RP 43 58H*	35	15	
3-1/2 PerfoExp 6*,4	4	6*	34B HJ 1* RDX	2*9*	0**	RP 43 58H*	35	2*5	340
3-1/2 PerfoExp 10,4	4	60	*B HJ II HMX	21,15*	04*	RP 4* 58H*	*5	21,3	400
3-1/2 PerfoExp 60,4	*	60	*B CS *DX	*851*	031*	P 43 5*	35	2*7	3*
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	60	34B CS *MX	185	*3*	E*imate	35	21	*0
3-1/2 PerfoExp 60,4	*	60	34JL UJ *MX	28,94*	037*	P 43 5*	*5	22,7	40
3-1/2 *foExp 10,4	*	60	34JM UP HTX	25,**	03**	* 43 58H*	3*	22	500
1/2 PerfoExp 10,4	4	60	37J UJ HMX	34	046*	P 43 5*	35	34	400
3-1/2 *foExp 60,4	*	60	37J UJ HTX	25	033	Estimate	35	14	50*
3-1/2 PerfoExp 60,4	*	60	37J UJ HNX	28,24*	038*	RP 43 58H*	35	34	500
1/2 PerfoExp 60,	4	60	37J CS RDX	3*2*	036*	RP 43 58H*	35	34	340
*1/2 P*foExp 6*,4	4	60	37J CS HMX	32,7	038	Estimate	35	34	40
3-1/2 PerfoExp 60,4	4	60	*JH 10*ck UJ *MX	34,2	03	Estimate	35	34	400
3-1/2 PerfoExp 6*,6	*	60	PJ3406 HX	36,5*	037*	RP 19B*	35	22,7	400
3-1/2 P*foExp 60,6	6	60	PJ3406 HTX	31,1*	039*	P 43 1H*	3*	25	500
3-1/2 PerfoExp 10,6	6	60	P*406 *S	28,8*	031*	RP 19B*	35	2*	500
3-1/2 *foExp 6*,6	6	60	UJ34*6 *MX	**4*	044*	RP *B*	3*	22,7	40
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	HJ3406 RDX	*2,**	049*	RP 1B*	35	22,7	340
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	41A UJ HNS	21,34*	033*	RP 43 5H*	35	22	500
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	*B UP RDX	12,89*	0*6*	RP 43 58H*	35	14	30
3-1/2 P*foExp 60,6	6	60	41B HJ II RDX	2*12*	03**	RP 4* 58H*	*5	22	340
3-1/2 P*foExp 60,6	6	60	41B HJ II HMX	23,34*	03**	RP 43 5H*	35	22	10
3-1/2 P*foExp 10,6	6	60	38A UJ II RDX	19,0**	*31*	R* 43 4*	35	16	
3-1/2 PerfoExp 60,*	6	60	38A UJ II HMX	20,*5*	03*	RP 43 48H*	3*	16	
*1/2 PerfoExp 10,6	6	10	38*II HJ RDX	16,76*	037*	RP 43 5*	35	15	
3-1/2 PerfoExp 60,*	6	60	34B HJ II RDX	21,9*	04*	RP 43 1H*	35	*0,*	340
*1/2 *foExp 60,6	6	10	34B HJ II HMX	2*15*	04*	RP 43 58H*	35	21,3	400
3-1/2 *foExp 10,6	*	60	34B S RDX	1851*	031*	RP 43 58H*	35	21,7	340
3-1/2 PerfoExp 60,*	6	6*	34B CS HMX	*85	031	Estimate	35	21	34*
3-1/2 PerfoExp 6*,6	6	10	34JL UJ HMX	28,9**	037*	RP 4* 1H*	35	22,7	40*
3-1/2 P*foExp 60,6	6	60	34J*UP HTX	25,**	*33*	RP 43 58H*	35	2*	500
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	37J UJ HMX	34*	046*	RP 43 58H*	35	34	400
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	*J UJ *TX	25	*13	E*imate	35	14	500
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	37J UJ HNS	28,2**	03**	RP 43 58H*	3*	16	50
3-1/2 P*foExp 60,*	6	60	37J CS RDX	31,2*	036*	RP 43 58H*	35	34	340
3-1/2 P*foExp 60,*	6	60	37*CS HX	32,7	0*8	E*imate	35	34	40
3-1/2 PerfoExp 60,6	6	60	37JH Hid*ck UJ HMX	*42	03	Estimate	*5	34	400

3.67 HSD 60.6	6	60	PJ306 HMX	365*	0.37*	RP 19B*	36*	22*	400
3.67 HS*60.6	6	60	PJ3406 HTX	311*	0.3**	RP 43 1h*	367	5	500
17 HSD 60.6	6	60	PJ3406 HNS	288	0.31*	RP 9B*	367	5	500
3.67 HSD 60.6	6	60	PJOmega3506 HMX	4*2	0.44	RP 19B	36*	28.5	400
3.67 HSD *6	6	60	PJOmega3106 HM*	369*	0.34*	RP 19B*	367	20	400
3.67 HSD 60.6	6	60	*18 HJ II DX	219*	0.4*	RP 43 5B*	36*	20.5	10
3.67 HS*60.6	6	60	34B HJ II HM*	2115*	0**	RP 43 5B*	3*7	21.3	400
3.67 HD 60.6	6	60	37B CS R**	1851*	0.31*	RP 43 5B*	367	11*	340
3.67 HSD 60.*	6	60	34B CS HMX	18*	0.31	*fmat*	367	21	340
3.67 SD 60.6	6	60	34L UJ HTX	2894*	0.37*	RP 4*5B*	3*7	22.7	40
3.67 HSD 60.6	6	60	34UM UJ HTX	253*	0.33*	RP 3* 1*	367	22	50*
3.67 HD 0.*	*	60	P*Ome*2906 *MX	36*	0.34*	R* 9B*	367	16	400
3.67 SD 60.*	6	60	PJ2906 HM*	253*	0.38*	RP 19B*	367	15	400
*67 HSD 60.6	6	60	PJ2906 *TX	198*	0.31*	R* 19B*	3*7	19.5	500
3.67 HSD 60.6	6	60	PJ90*HNS	2**	0***	RP 19B*	3*7	1**	50*
3.67 HSD 60.6	6	60	U2906 MX	*21*	0.36*	RP 19B*	*67	15	400
3.67 HSD 60.6	6	60	*P06 RDX	15*	0.39*	* 19*	3*7	15	340
3.67 HSD 60.*	6	60	3°C CP RDX	*4*	0.62*	RP 4*5B*	367	15	34*
3.67 HSD 60.6	6	60	3°C *P *K	66*	*7*	* 19B*	*67	15	400
3.67 HSD 0.6	6	60	34J UJ DX	2057*	*2**	RP 43 5h*	*67	*5.2	34*
3.67 HSD 60.6	6	60	34J UJ HM*	2197	0.3	Estimate	367	15	40*
3.67 HS*60.6	6	60	34J UJ HTX	*13*	0.32*	RP 3*5**	*67	19	500
3.67 HSD 60.6	6	60	37J UJ HNS	20*	0**	R* 3 5B*	367	19	400
67 HD 60.6	6	60	34J CS RDX	177	0.27	Estimate	367	15	340
3.67 HSD 60.6	6	60	34J C* *K	1*7	0.27	Estimate	367	5	340
3.67 HSD 60.5	*	60	37J UJ HM*	323*	0.45*	R* 43 1h*	367	34	10
3.67 HS*61.5	5	60	3** UJ HTX	25	*33	Estimate	367	34	10
3.77 HSD 60.5	5	60	37J UJ HNS	2824*	0.38*	R* 4*5h*	367	34	500
3.67 HSD 60.5	5	60	37J CS DX	3*2	0**	R* 3 5B*	367	34	340
3.67 HSD 60.5	5	60	37J CS HMX	3*7	0.36	16*	3		400
67 HD 0.	5	60	37JH HgRdx UJ HMX	3*2	0.3	Estimate	367	34	**
4 HEGS 9*4	4	90	41B HJ SX1	2**7	0.42	RP 43 5*	4	2**	20
4 HEGS 90.4	4	90	43*HP RDX	93*	*6	RP 43 4Bh	4	2*	10
4 HEGS 120.4	*	120	41B HP SX1	2167*	0.42*	RP 43 5B*	4	22.7	21*
4 EGS 120.4	4	10	43C HP RDX	9*6*	0.6*	RP 3 4B*	4	1	1*
4 PPG 9*4	4	90	4*H HJ II RDX	2524	0.35	RP 4*5B*	4	22	10
4 PPG 9*4	*	9*	41B HJ II R**	2*61	0*8	* 1*5B*	*	2*	340
4 PPG 90.4	4	90	4** HJ I* HMX	27*6	0.37	RP 43 5*	4	2*	400
*PP*0.4	4	90	41B UP RDX	14*3	0.56	RP 43 5*	4	22	34*
4 HSD 60.6	6	60	PJ3406 HMX	365*	0.46*	RP 9B*	4	26	10
4 HSD 0.6	6	60	PJ3406 HMX	*65*	*37*	RP 19B*	4	22.7	400
4 HSD 60.6	6	60	PJ3406 HTX	311*	0.39*	RP 43 1h*	4	2*	500
*HSD 6*6	6	60	PJ3406 HN*	288*	0.31*	RP 1*6*	4	25	500
4 HSD 6*6	6	60	PJOmega3506 HMX	442*	0.44*	RP 1*6*	4	28.5	10
HSD 60.6	6	60	PJOmega3106 HMX	369	0.34*	RP 19B*	4	20	40*
4 HS*72.5	5	72	P*Omega4005 HM*	*14	0.48	RP 19B	4	1	400
4 HSD *7.5	5	72	PJ406 HMX	*65*	0.46*	RP 9B*	*	26	400
4 HS*72.5	5	72	PJ3406 HMX	*65*	0.3**	* 19B*	4	22.7	400
4 HSD 72.*	5	72	PJ3406 HTX	311*	0*9*	RP 43 5B*	4	2*	10
4 HSD 72.5	5	72	PJ340*HNS	288*	0.31*	RP 9B*	4	25	500
4 HSD 7*5	5	72	P*Omega3506 HM*	442*	0.44*	RP 19B*	4	28.5	10
*HSD 72.5	5	72	PJOmeg*3106 HM*	*69*	0.34*	RP 19B*	4	20	400
4 HSD 180.5	5	180	PJ4006 HP*	365	0.46	R*19*	*	26	400
4 HSD 180.5	5	180	*3406 HMX	3*5*	0.37*	R*19B*	4	*2.7	400
4 HSD 80.5	5	10	PJ306 HTX	311*	0.39*	RP 43 5B*	4	25	500
4 SD 10.*	5	180	PJ306 HNS	288*	0.31*	RP 19B*	4	25	500
4 SD 180.5	5	180	PJOmega3506 HMX	*42*	0.44*	* 19B*	4	2*5	4*
HSD 180.5	5	180	PJOmega3106 HMX	369	0.34*	RP 19*	4	20	40*
4-1/2"rac60.12	12	60	*F4621 HMX	6.1*	*83*	RP 19B*	45	19.4	400
4-1/2Frac60.12	12	60	PF421 RDX	5.9*	*83*	RP 3 5B*	45	19	1*
1/2 BS21 120.21	21	1206	43CJ UP II RD*	5.9	0.77	RP 43 5h	4*	9	
4-72 Or**Xcti ±10.4	*	±10	PJ4504 HMX	*38	0.29	RP 9B	45	38.8	40
4-1/2 OrlentXact 180.4	4	180	PJ504 HMX	4*8*	*29*	RP 19B*	45	3*8	40*
4-72 PURE 72.5	5	72	PJOmega45**HMX	*92*	0.43*	RP 19B*	4*	38*	40
4-1/2 PURE 72.5	5	72	PJ4505 HM*	46.4*	0.4**	RP 19B*	45	38.6	400
4-7* PURE 72.5	5	7*	PJ4505 HT*	31.5	0*5	Estimate	45	1	500
4-1/2 PUR*72.5	5	72	PJ4505 HNS	34.4*	0.4*	RP 19B*	45	38	500
12 PURE 9.5	5	72	U4505 HT	42.6*	0.46*	RP 19B*	4*	16*	400
4-1/2 PURE 72.5	5	72	HJ4505 RDX	37*	0.57*	R*19B*	4*	38.8	340

4-1/2 UIR*72.5	5	72	51J U*HMX	47.26*	*37*	**43 58h*	45	388	400
4-1/2 P*E 7.5	*	72	51*UJ HNS	345*	0.33*	RP 43 58h*	45	385	50
4-1/2 PUE 72.5	5	72	51B HJ II RDX	34.58*	0.16*	RP 43 58h*	45	37	340
4-1/2 PUE 72.5	5	72	51B H*II HX	31.05*	0.45*	RP 43 58h*	45	37	400
4-1/2 PIR*72.5	5	72	PJOmega451*HMX	3**	0.35*	*P 98*	4*	22	400
4-1/2 PUE 72.5	5	72	PJ51*HMX	3*2*	0.34*	R*198*	45	2	40*
4-1/2 PUE 71*	5	72	PJ512 HTX	235*	0.31*	RP 1*8*	45	*25	500
4-1/2 PRE 72.5	*	72	PJ412 HNS	228*	0.31*	RP 198*	45	225	500
4-1/2 PUR*72.5	5	72	PF*21 HMX	6**	0.83*	RP 198*	45	19*	400
4-1/2 PUE 72.5	*	72	PF4621 RDX	5.9*	0.13*	RP 19 58h*	45	19	340
4-1/2 URE 72.5	5	72	PM006 HMX	*65*	0.46*	RP 198*	45	26	400
4-1/2 PUE 72.5	5	72	*3406 HMX	365*	0.37*	RP 98*	45	227	40
4-1/2 PUE 72.5	5	72	PJ34*6 HX	31.1*	0.39*	R*43 58h*	4*	25	50*
4-1/2 PUE 72.5	5	72	PJ34*6 HNS	288*	0.31*	RP 98*	*5	*	500
4-1/2 PUR*72.5	5	72	PJ3m*3506 HMX	44**	*74*	RP 198*	4*	285	400
4-1/2 PUE 72.5	5	72	PJOmega3106 HMX	36.9*	0.34*	RP 198*	45	20	40
4-1/2 PUE 72.5	5	72	43C LP RDX	7.88*	0**	*P 43 5h*	*5	24	340
4-1/2 PUE 72.5	5	72	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP 43 58h*	45	15	340
4-1/2 PUE 72.5	5	72	38C CP HMX	6.6*	0.7*	*P 198*	45	15	400
4-1/2 URE 72.5	5	72	37J UJ HMX	34*	0.46*	RP 43 58h*	45	34	100
4-1/2 PUE 72.5	5	72	37J UJ HT*	2**	*3**	RP 43 58h*	*5	3*	500
4-1/2 PUE 72.5	5	72	7*UJ HNS	28.24*	0.16*	RP 43 58h*	45	34	500
4-1/2 PRE 72.5	5	72	37 S RDX	31.2*	0.36*	RP 43 5*	45	3*	340
4-1/2 PUR*72.5	5	72	37*CS HMX	3*7	0.38	Estimate	45	34	40
4-1/2 PUR*72*	5	7*	37H HdRck UJ HX	34.2	0.3	Estimate	4*	34	400
4-1/2 PUE 72.5	*	72	35B LP R*	5.8*	0.62*	RP 98*	45	105	30
4-1/2 PUE 72.5	5	72	34B HJ II RDX	21.9*	*4*	RP 43 58h*	45	*05	34*
4-1/2 PUE 72.5	5	72	34B HJ II HMX	21.15*	*4*	R*19 58h*	45	*13	40*
4-1/2 PUR*72.5	5	72	34B CS RDX	15.4*	0.31*	RP 43 58h*	45	2*7	340
4-1/2 PUR*72.5	5	72	34B CS HX	1*5	0.31	Estimate	45	21	30
4-1/2 PUR*72.5	5	72	34J UJ RDX	20.7*	0.29*	RP 43 58h*	45	*52	*40
4-1/2 PU*2*	*	72	34J UJ HMX	*1.97	0.3	Estimate	45	15	400
4-1/2 URE 72.5	5	72	*UJ UJ HTX	21.3*	0.32*	RP 43 58h*	*5	19	500
4-1/2 PUE 72.5	5	72	*UJ UJ HNS	20*	0.3*	RP 43 58h*	45	19	400
4-1/2 UJE *5	5	72	34J CS RDX	17.7	0.27	Estimate	4*	15	340
4-1/2 PRE 72.5	5	72	34J C*HMX	17*	0.27	Estimate	45	1*	340
4-1/2 PUE 72.5	5	72	34JL UJ HMX	28.94*	0.37*	RP 43 58h*	45	227	400
4-1/2 PUE 72.5	5	72	34JL UJ HTX	2*3*	*3**	RP 43 58h*	4*	22	500
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	PJOmega4512 HMX	*4*	0.35*	RP 198*	45	22	40
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	*P512 HMX	3*2*	0.34*	R*198*	45	22	400
4-1/2 PUE 135.12	1*	135*	PJ4512 HTX	235*	0.1*	RP 1*8*	45	*25	500
4-1/2 PUE 135.12	72	135*	PJ4512 HNS	228*	0.31*	RP 198*	45	225	50*
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	PM62*HMX	*11*	0.83*	RP 198*	4*	194	400
4-1/2 PUE 95.12	12	135*	PM62* RDX	5.9*	0.8**	RP 43 5h*	*5	1*	340
4-1/2 PU*135,*	12	135*	PJ4006 HMX	**5*	0.46*	RP 198*	45	26	40
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	PJ4006 HMX	3*5*	*37*	RP 198*	45	22*	100
4-1/2 PIR*135.1*	12	135*	PJ30*HTX	31.1*	0.39*	RP 43 58h*	*5	25	50*
4-1/2 PUR*95.12	12	135*	PJ34*6 HNS	*88*	0.31*	RP 198*	*5	25	500
4-1/2 PUR*135.12	72	135*	PJOmega*5506 HMX	4*2*	0.44*	RP 198*	45	28*	400
4-1/2 PU*135*	12	135*	*OOmega3116 HMX	36**	0.14*	RP 1*8*	45	20	400
4-1/2 URE 135.12	12	135*	43C LP RDX	7.8**	0.7*	RP 43 5h*	45	14	340
4-1/2 PUE 95.12	72	135*	38C CP D*	8.4*	0.***	RP 43 5h*	45	1*	340
4-1/2 PRE 135.12	12	135*	38*CP HMX	6.6*	0.7*	RP 198*	45	1*	40
4-1/2 PUE 135.12	**	135*	37J UJ HMX	34*	0.46*	RP 43 5h*	*5	34	400
4-1/2 PUE 135.12	72	135*	37J UJ TX	25	0.3*	Estimate	45	34	500
4-1/2 PUE 135.1*	12	135*	37*UJ HMX	28.24*	0.36*	RP 43 58h*	45	14	500
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	37J CS RDX	31**	0.36*	RP 43 58h*	*5	14	34*
4-1/2 PUE 95.1*	12	135*	37*CS HMX	32.7	0.38	Estimate	45	34	400
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	37H HdRck UJ HMX	34.2	0.3	Estimate	45	34	400
4-1/2 PRE 135.12	12	135*	35B **RDX	5.8*	0.62*	RP 198*	45	*05	340
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	37*UJ RDX	17.93*	0.39*	RP 43 58h*	45	205	340
4-1/2 PUR*135.1*	12	135*	*H HJ II HMX	17.17*	0**	RP 4*58h*	*5	213	10*
4-1/2 U*95.12	12	135*	34B CS RDX	1*4*	0.31*	RP 43 58h*	45	2*7	10
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	18B CS HMX	18.5	0.31	Estimate	*5	21	340
4-1/2 PUE 135.1*	12	135*	34*UJ RDX	205**	0.29*	*P 43 58h*	45	15*	34*
4-1/2 PUE 135.12	1*	135*	34J UJ HNS	21.97	0.3	Estimate	45	15	400
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	34J UJ HTX	21.1*	*32*	RP 19 58h*	4*	19	500
4-1/2 PUE 135.12	72	135*	34J UJ HNS	20*	0.3*	RP 4*58h*	45	1*	400
4-1/2 URE 135.12	72	135*	34J CS RDX	*7.7	0.27	Estimate	45	15	340
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	34J S *X	*7.7	0.27	Estimate	45	15	34*
4-1/2 PUE 135.12	72	135*	34JL UJ HMX	28.94*	0.***	RP 43 5*	4*	2*7	400
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	*UJL UJ HT*	22.2	0.32	Estimate	45	21.5	100
4-1/2 PUE 135.12	12	135*	34*UJ HT*	25.**	0.33*	RP 43 5*	45	22	500
4-1/2 HSD 60.4	4	10	51A UJ HNS	3*25	0.33	Unofficial API	45	-1	
4-1/2 HSD 60.5	5	10	51B HJ II RDX*	*45*	0.46	RP 43 58h	45	37	340
4-1/2 HSD 60.5	*	10	51B HJ II HMX	31.05	0.45	R*43 58h	45	37	400
4-1/2 HSD 60.5	5	10	51A UJ HNS	29.93	0.37	Unofficial API	45	-1	

4-1/2 HSD 72.5	5	72	PJ0me*505 HMX	5*2	0.43	RP 19*	45	388	400
*1/2 HSD 72.5	5	72	*J4505 HMX	4*4	0.47	R*19B	45	386	400
*1/2 HSD 72.5	5	72	PJ4505 HTX	31.5	0.35	Estimate	45	1	500
4-1/2 HS*72.5	5	72	PJ455 HNS	34.4*	0**	RP 19B*	45	38	500
4-1/2 HSD 72.5	5	72	UJ4505 HX	42.6	0.46	**19B	*5	383	*0
4-1/2 HSD 72.5	5	72	*J405 RDX	3*	0.57	R*19B	45	388	34*
4-1/2 HSD 72.5	*	72	51J UJ HMX	47.26	0.37	RP 43 1h	45	388	40
4-1/2 HSD 72.5	5	7*	*1J UJ HNS	34.5*	0*3*	R*43 5h*	45	385	500
4-1/2 HSD 72.5	5	72	51B HJ II RFX	34.58*	0.46*	RP 43 5h*	45	37	34*
4-1/2 HSD 71.5	5	72	*1B HJ II HMX	31.05*	0.45*	RP 4* 5h*	45	37	40
4-1/2 HSD 120.6	6	12*	PF5008 RFX	6.1	0*2	*P 19B	45	30	34*
4-1/2 HSD 135.12	12	*3545	PJ0Omega452 **	34	0.3*	RP 19B	45	22	400
4-1/2 HSD 135.12	1*	1354*	PJ4512 MX	30.2	0.34	*P 1*6	45	22	400
*1/2 HSD 135.12	12	1*545	PJ4512 HTX	23.5*	0.31*	RP 19*	45	22.5	1*
4-1/2 HSD 135.1*	1*	13545	*J452 HNS	22.8*	0.31*	RP 19B*	45	22.5	500
4-1/2 HD 135.12	12	13545	43C *P RDX*	7.88	0.7	RP 4* 5h*	45	4*	340
4-1/2 HSD 135.12	12	*3545	34B H* II DX	*7.93	0*9	RP 43 5*	45	20*	340
4-1/2 HD *5.12	12	13545	*B HJ II HMX	*7.17	0.4	R*43 5h*	45	21.3	40*
4-1/2 HSD 135.12	12	13545	34B C* RDX	15.4*	0.31*	RP 43 5*	45	21.7	340
4-1/2 HSD 95.12	12	13545	34B *HMX	1*5	0.31	Estimate	45	21	340
4-1/2 HSD 95.12	12	*3545	*JL UJ HMX	28.57	0.34	*P 43 5h*	45	22.7	40
1/2 HSD 15.12	1	13545	34JL UJ HTX	22.2	*32	Estimate	45	*1.5	50*
4-1/2 HS*135.2	1*	135*5	PF4621 HM*	6.1*	0.83*	*P 19B*	45	19.4	400
4-1/2 HSD 15.12	1*	13*45	PF4621 RDX*	5.9*	*3*	RP 43 5h*	45	19	3*
4-1/2 HSD 180.4	4	180	PJ0Omega405 HMX	59.2*	0.43*	RP *9B*	45	388	400
4-1/2 HSD 180.4	*	18*	PJ505 HMX	**4*	0.47*	RP 19B*	45	386	400
4-1/2 HSD 18*4	4	10	PJ4505 HTX	31.5	0.35	Estimate	45	1	500
4-1/2 HSD *0.4	4	10	PJ4505 HNS	**4*	0.4*	RP *9*	45	38	500
4-1/2 HSD 180.4	4	180	UJ*05 HMX	42.6*	0.46*	RP 19B*	45	383	400
4-1/2 HSD 1*4	4	180	HJ4505 RDX	*7*	0.57*	RP 43 5h*	45	388	340
4-1/2 HSD 180.4	4	1*	5**J HMX	47.26*	0.37*	RP 43 5h*	45	388	400
1/2 SD 80.	4	180	51J U*HNS	34.5*	*33*	RP *3 1h*	45	385	500
4-1/2 SD 180.4	4	180	51B HJ II RDX	*4.58*	0.46*	RP 43 5h*	45	*7	*0
4-1/2 HD 180.4	*	*0	51B HJ II HMX	31.05*	0.45*	R*43 5h*	45	37	400
4-1/2 *InfoExp 72.5	*	72	PJ4505 HMX	46.4*	0*7*	RP 19B*	*5	386	400
4-1/2 *InfoExp 72.*	5	72	*J55 HT*	31.5	0.35	Estimate	45	1	*0
4-1/2 PerfoExp 72.5	5	72	PJ*05 HS	*4.4*	0.4*	R*19B*	45	38	500
4-1/2 PerfoExp 72.*	5	72	UJ450*HMX	42.6*	0.46*	RP 19B*	45	3*3	400
4-1/2 *InfoExp 72.*	5	72	HJ505 RFX	37*	0.57*	RP 43 5h*	45	38*	340
4-1/2 PerfoExp 72.5	5	72	51*UJ HMX	47.26*	0.37*	RP 43 5h*	45	388	400
4-1/2 PerfoExp 71*	5	72	51J UJ HNS	34.5*	0.33*	RP 43 5h*	45	385	500
4-1/2 PerfoExp 72.*	5	72	51B HJ II RFX	34.58*	0*6*	RP 43 5h*	45	3*	34*
*1/2 PerfoExp *5	5	72	51B HJ II HMX	31.05*	0.45*	RP 43 5h*	45	37	*0
1 InfoExp 135.12	12	135*5	PJ4512 HMX	30.2*	0.34*	RP 19B*	45	22	400
4-1* PerfoExp 135.12	12	*3545	P*412 HTX	23.5*	0.31*	RP 19B*	45	22.5	400
4-1/2 PerfoExp 135.12	1*	13545	PJ4512 HNS	22.8*	0.3*	*P 1*6	45	22*	40
4-1/2 PInfoExp 135.12	12	135*5	43*UP RDX	7.88*	0.7*	RP 43 5h*	45	24	340
4-1* PerfoExp 135.12	*	13*45	*B HJ II RFX	17.9**	0.39*	RP 43 5h*	45	20.5	*0
4-1/2 PerfoExp 135.1*	12	13*4*	34B HJ I HMX	17.17*	*4*	R*43 5h*	45	21.3	400
4-1/2 PerfoExp 135.12	12	13545	34B CS RDX	15.4*	0.31*	*P 43 5h*	45	21.7	340
4-1/2 PerfoExp 135.12	12	13545	34B C*HMX	*8*	0*1	Estimate	45	21	340
4-1/2 PerfoExp 135.12	12	*354*	34*UJ HMX	28.57*	0.34*	RP *3 5h*	45	22.7	40*
4-1* InfoExp 135.12	*2	13545	34JL UJ HTX	*2.2	0*2	Estimate	45	21*	400
4-1/2 PerfoExp 135.12	1*	135*5	PF46*1 HM*	*1*	0*3*	RP 19B*	45	19.4	400
4-1/2 PerfoExp 95.12	12	13545	PF4621 RFX	*9*	0.83*	RP 43 5*	45	1*	340
4-5/8 BS*1 120.21	21	*2060	PF4621 HMX	*1	0.8*	RP 19B	*6*	19.4	400
4-5/8 BS*1 120.1	21	12060	PF**1 RDX	*9	0.83	RP 43 5h	462	19	3*
4-5/8 PURE 72.5	5	2	*J0Omega455 HM*	59.2*	0.43*	RP 19*	462	38*	400
4-5/8 PURE 71*	5	72	PJ4505 HFX	46.4*	0.47*	R* 9B*	4**	38.6	40*
4-5/8 PURE 72.5	5	2	*J4505 HT*	31.5	0.35	*Estimate	4**	1	500
4-5/8 PURE 72.5	5	72	PJ4505 H*	34.4*	0.4*	RP 19B*	46*	38	50
4-5/8 PURE 72.5	*	2	*J4505 HMX	*2**	0.46*	RP 19B*	462	38.3	400
4-5/8 PURE 71.5	5	72	HJ4505 RDX	37*	0*7*	RP 43 5h*	462	38.8	340
4-5/8 PURE 72.5	5	72	51J UJ HMX	4*26*	0.37*	R**3 5h*	462	388	400
4-8 PURE 72.5	*	7*	51J UJ HMX*	34.5*	**3*	*P 43 1h*	462	*8*	50
4-5/8 PURE 72.5	5	72	51B H* II RDX	34.58*	0.46*	RP 43 **	462	3*	30
4-5/8 PURE 72.5	5	72	51B HJ II HMX	31.5*	0.4**	RP 43 5h*	462	37	400
4-8 PURE 72.5	5	72	*J0Omega412 HMX	34*	0.35*	*P 19*	4*2	2*	400
4-5/8 PURE 72.5	*	72	PJ4512 HMX	30.2*	**4*	RP 1*6*	462	22	400
4-8 PURE 72.5	5	72	PJ451*HTX	23.5*	0.31*	R*19B*	*6*	22.5	500
4-5/8 PURE 72.5	5	2	PJ4512 HS	**6*	0.31*	RP 19B*	4*2	22.5	50*
4-5/8 URF 72.1	5	2	PF46*1 MX	6.1*	0.83*	RP 19B*	462	1*4	400
4-5/8 PURE 72.5	5	72	PF4621 RDX	5.**	0.83*	RP 43 5h*	462	19	340

4-58 PUR*72.5	5	72	PJ406 HMX	365*	0.46*	R*19B*	462	26	40
4-58 PURE 72.1	5	72	PJ306 HMX	*65*	0.37*	RP 1*8*	462	22.7	400
4-58 PRE 72.5	*	72	PJ3406 HTX	311*	0.39*	RP 43 5*	*62	25	500
4-58 PURE 72.5	*	72	*3406 HNS	288*	*31*	*P 19B*	462	25	500
4-58 *RE 72.5	5	*2	PJOmega35% HMX	**2*	0.44*	RP 1*8*	*62	28.5	40
4-58 PURE 7*5	*	72	*Omega3106 HMX	*69*	0.34*	RP 19B*	462	20	400
4-58 PURE 7*5	*	72	38C CP RDX	8.4*	0.62*	RP *3 5H*	462	15	340
4-58 PRE 72.5	5	72	*C C*HMX	*6*	*7*	R*19B*	46*	15	400
4-58 PURE 2.5	5	72	37J *H*	34*	0.4**	R*43 5H*	462	34	40
4-58 PURE 2.5	5	72	37J *HTX	25*	*3**	RP 43 5H*	462	*4	500
4-58 PRE 72.5	5	*2	37J UJ HNS	28.24*	0.38*	*43 5H*	**2	34	50
4-58 P*E 72.5	5	72	37J *S RDX	*1.2*	0.36*	RP 43 5H*	462	34	30
4-58 PURE 72.5	5	72	37J *S M*	32.7	0.3*	Estimate	462	34	400
4-58 PURE 72.5	5	72	37JH HidRe*3 HMX	34.2	0.3	Estimate	462	34	40*
4-58 PURE 72.5	5	72	37B U* RDX	5.8*	0.62*	*19B*	462	*0.5	34*
4-58 PURE 72.5	5	7*	34*HJ II RDX	*733*	0.39*	RP 43 5H*	*62	20.5	340
4-58 PURE 72.5	5	7*	34B HJ I HMX	*717*	0.4*	RP 43 5H*	47.2	21.3	4*
4-58 PURE 72.5	5	72	*B CS RDX	17.4*	0.3**	RP 4* 5H*	*62	21.7	340
4-58 PURE 72.5	**	*2	34B C* M*	18.*	0.31	Estimate	*62	21	340
4-58 PURE 72.5	5	72	37J UJ *D*	20.57*	0.2**	RP 43 5H*	47.2	*5.2	34*
4-58 PUR*7*5	*	72	34J UJ HMX	21.97	0.3	E*Hale	462	15	400
4-58 PURE 2.5	5	72	34J U*HT*	27.3*	0.32*	*P 43 5H*	462	19	500
4-58 PURE 72.1	5	72	34*UJ HNS	20*	0.3*	RP *3 5H*	46*	19	400
4-58 PURE 72.5	5	72	37J CS RDX	17.7	0.27	*imate	46*	15	340
4-58 *URE 72.5	5	72	34J C*H*	**7	0.7*	Estimate	462	15	30
4-7 PURE 7*5	5	7*	34JL UJ H*	27.5**	0.34*	RP 43 5H*	46*	22.7	400
4-58 *URE 72.5	5	72	34JL UJ HTX	22.2	*32	Estimate	462	21.5	500
4-58 PURE 72.5	5	72	34JM UJ HTX	25.3*	0.33*	RP 43 5H*	462	2*	500

4-58 PURE 15.12	12	13545	*07g*12 H*	34*	0.35*	*19B*	462	22	40
4-58 PURE 135.12	12	1354*	PJ4512 H*	**2*	0.34*	RP 19B*	4**	2*	40
4-58 PUR*1*12	*2	13545	PJ4512 HT*	23.5*	0.31*	RP *9*	47.2	22.5	500
4-58 PUR*135.12	*2	13545	PJ4512 HNS	*28*	0.31*	RP 19B*	462	22.5	500
4-58 PURE 95.12	*2	13545	P*621 HMX	6.1*	*83*	RP 19B*	462	17.4	400
4-58 PURE 135.2	12	**545	PF4621 RDX	5.9*	0.8**	RP 43 5H*	*62	19	340
4-58 PUR*135.12	12	13545	*4006 HMX	36.5*	0.46*	RP 19B*	462	2*	40*
4-58 PURE 135.12	12	*354*	PJ406 HMX	36.5*	0.37*	RP 19B*	47.2	22.7	400
4-58 PURE 15.12	12	13545	*P406 HTX	*11.1*	0.39*	RP 43 5H*	462	25	500
4-58 PURE 135.12	12	13545	*3406 HNS	28.8*	*31*	RP 1*8*	46*	25	500
4-58 PURE 135.12	12	13545	P*Omega3*6 M*	44.2*	0.44*	R*19B*	*62	28.5	40
4-58 PURE 135.12	*2	13545	PJOmega3106 HMX	36.9*	0.34*	RP 19B*	*62	20	400
4-58 PURE 15.2	*2	13455	38C C* RDX	8.4*	0.62*	RP 4* 5*	462	5	340
4-58 PURE 137.12	12	13545	38C CP HMX	6.6*	0.7*	RP 19B*	462	15	10
4-58 PURE 135.12	12	13545	37J *H*	3*	0.46*	RP 43 5H*	462	3*	10
4-58 PURE 95.12	12	13545	*7J UJ HTX	2**	0.33*	RP 43 5H*	462	3*	500
4-58 PURE 137.12	1*	13455	37*UJ H*	28.24*	0.38*	*P 3 5H*	462	34	500
4-58 *UR*137.12	*2	1745	37*CS RDX	31.2*	0.3**	RP *3 5H*	462	34	340
4-58 PRE 135.12	12	13455	37J CS HMX	32.7	0.38	Estimate	462	34	400
4-58 PURE 135.12	12	13545	37JH HidRe*UJ HMX	34.2	*3	Estimate	462	34	400
4-58 PURE 135.12	12	13545	35B U* RDX	*8*	0.6**	RP 19B*	462	10.5	3*
4-58 PRE 95.12	12	1745	34B HJ I RDX	17.93*	*3**	RP 43 5H*	462	20.5	340
4-58 PURE 135.12	*2	1745	34*HJ II HMX	17.7*	0.4*	RP 43 5H*	*62	21.3	400
4-58 PURE 135.12	1*	13545	34B CS RDX	15.4*	0.31*	RP *3 5H*	47.2	21.7	340
4-58 PURE 137.12	12	13545	34B CS HMX	18.5	0.31	E*imate	462	21	340
4-58 PURE 135.12	12	13545	34J *J RDX	27.5**	0.29*	RP 43 5H*	*6*	15.2	340
4-58 PURE 135.12	12	13545	34J UJ HMX	21.97	0.3	Estimate	*62	15	400
4-58 PUR*135.12	12	*3545	34J *H*	21.3*	0.32*	RP 43 5H*	47.2	19	500
4-58 PURE 95.12	12	13545	*UJ *HNS	20*	0.3*	RP 43 5H*	46*	1*	40*
4-58 PURE 135.12	12	13545	34J CS RDX	*7.7	0.27	Estimate	462	1*	10
4-58 PURE 15.1*	1*	13545	34J CS HMX	17.7	0.27	Estimate	462	5	340
4-58 PUR*135.12	12	13545	34JL UJ HMX	**57*	0.34*	RP 43 5H*	46*	22.7	10
4-58 PURE 135.1*	12	13455	34JL UJ HTX	*2*	0.32	Estimate	462	21.5	500
4-58 PURE 15.12	1*	13545	34JM UJ HTX	25.**	0.33*	RP 43 5H*	462	22	50*

4-58 HSD 72.5	5	7*	PJOmega4505 H*	59.2*	0.4**	RP 19B*	462	38.8	40
4-58 HSD 72.5	5	*2	PJ4507 HMX	46.4*	0.47*	RP 19B*	462	*8.6	400
4-58 HSD 7*5	5	7*	PJ4505 HTX	31.5	0.35	*imate	462	.1	50*
4-58 HSD 72.5	*	72	*455 HNS	34.4*	0.4*	RP 19B*	47.2	38	500
4-58 HS*72.5	5	72	U4505 HMX	42.6*	0.6*	*P 1*8*	462	38*	400
4-58 *SD 72.5	5	72	H4405 RDX	37*	0.57*	R*43 5H*	462	38.8	340
4-58 HSD 72.5	*	*2	51J UJ HMX*	*77**	0.37*	RP 43 5H*	462	38.8	10
4-58 HS*72.5	5	72	51J U*HNS	34.5*	**3*	RP 4* 5H*	462	38.5	50
4-58 *SD 72.5	5	72	51B *II RDX	34.8*	0.4**	*P 43 5H*	462	*	340
4-58 *SD 72.5	5	72	51B HJ II HMX*	31.05*	0.5*	RP 43 5*	462	37	400

4-58 HSD 10.21	21	*2060	PJ451 HMX*	**	07.2	RP 19B	462	15	400
----------------	----	-------	------------	----	------	--------	-----	----	-----

4-58 HSD 137.12	12	13455	PJOmega4512 M*	34*	0.35*	RP 19*	462	22	400
4-58 HSD 135.12	1*	13545	PJ4512 HMX*	30.2	07.4	RP 19B	462	22	400
4-58 HSD 135.12	*2	*3545	P4512 HTX	*35*	0.31*	RP 19B*	*6*	22*	50
4-58 HSD 1*12	1*	13545	PJ4512 HMX*	27.8*	0.31*	RP 19B*	462	22.5	500

4.58 SD 95.12	12	13545	PF4621 HMX	61*	083*	RP 19B*	46*	194	40*
5.68 HSD 95.12	12	*3545	PF4621 RDX	59*	083*	RP 43 58*	462	19	340
4.71 URE BS21 20.21	*	12060	PF4621 HMX	61**	083*	RP 9*	472	194	40*
4.2 PURE BS21 110.21	21	1206*	PF4621 RDX	*9*	08**	RP 43 58*	472	19	10
4.72 PRE BS21 120.21	21	*206*	43CJ U II RDX	*93*	077*	RP 43 58*	47*	19	340
4.72 PRE BS21 20.21	21	12060	PF472 Zinc DX	54	073	RP 19B	472	1*	340
4.72 URE BS21 HPHT 120.20	20	*2060	PF4621 HX Extreme	*4	06	RP 19B	472	18	10
4.72 S21 20.21	21	12060	PF4621 HMX	61**	083*	RP 19B*	472	194	400
4.72 BS21 120.21	21	12060	PF4621 RDX	59	0**	RP 43 58*	47*	1*	340
4.72 BS21 120.21	21	12060	43CJ U II RDX	593*	07**	RP 43 58*	472	19	340
4.2 BS21 1*21	21	12070	PF4721 Zinc RDX	54	073	RP 19*	*72	19	340
4.72 BS1 HPHT 120.0	20	12060	PF4621 HMX Extreme	54	06	RP 9B	472	18	400
4.72 HSD 95.12	4	*110	PJ4504 HX	43**	029*	RP 9B*	47*	388	400
4.72 Orient 95.12	4	180	PJ4504 HMX	43B*	029*	RP 19B*	*72	388	40*
4.72 PURE 72.5	5	72	PJOmega505 HMX	592*	043*	RP 19B*	472	388	400
4.72 PURE 2.5	5	72	PJOmega405 HNS	44.4	0.36	RP 19B	472	388	500
4.71 PURE 2.5	5	72	PJ4505 HMX	46.4*	047*	RP 9*	472	386	400
4.2 PURE 7.5	5	72	PJ405 HTX	*15	0.35	Estimate	472	1	500
4.72 URE 72.5	*	72	PJ4507 HNS	34**	0**	RP 19B*	472	38	50
4.72 PURE 72.5	5	72	UJ4507 HMX	42.6*	0.46*	RP 19B*	472	383	10
4.72 PRE 72.5	*	72	HJ4505 RDX	37*	0.57*	RP 43 58*	472	388	340
4.72 PRE 72.5	5	72	51J U HMX	**26*	0.37*	RP 43 58*	472	388	400
4.72 PUR 72.5	5	72	51J U HNS	34.5	0.33	RP 43 58*	47*	385	500
4.72 PURE 72.5	*	72	51B H II RDX	34.58*	0.46*	RP 43 58*	472	37	340
4.72 PURE 72.5	5	72	51B H I HMX	31.05*	0.45*	RP 43 58*	472	37	400
4.72 PURE 72.5	5	72	*PJOmega3106 HMX	3*	0.5*	RP 19B*	472	22	400
4.7 PURE 7.5	5	72	PJ4512 HX	30.2*	0.34*	RP 19*	472	22	400
4.7 PURE 72.5	5	2	PJ4512 HTX	23**	0.31*	RP 19B*	472	22*	500
4.2 PURE 72.5	5	72	PJ4512 HNS	22**	0.3**	RP 19B*	**2	*25	500
4.72 PUR 72.5	5	72	PF461 HMX	61*	083*	RP 19B*	472	194	40*
4.72 PURE 2.5	5	72	PF4621 RDX	5**	083*	RP 43 58*	472	1*	340
4.72 PURE 72.5	5	72	PJ400 HMX	*6**	*46*	RP 19B*	472	26	400
4.72 PURE 72.5	5	72	PF4606 HMX	37*	*37*	RP 19B*	*7*	227	400
4.72 PUR 72.5	5	72	PJ340 HMX	31.1*	0.39*	RP 43 58*	47*	25	500
4.72 PURE 72.5	5	72	PJ3406 HNS	28.8*	0.3**	RP 19B*	472	25	500
4.2 PURE 72.5	5	72	*PJOmega3506 HMX	44.2*	0.44*	RP 19B*	472	28.5	400
*2 URE 72.5	5	72	*PJOmega3106 HMX	36.9*	0.34*	RP 19B*	472	20	400
4.72 PURE 72.5	5	72	38** RDX	*4*	*72*	RP 43 58*	47*	1*	340
4.72 PURE 72.5	5	72	38 CP HMX	6.6*	0.7*	RP 19B*	472	15	40
4.72 PURE 72.5	5	7*	37J U HMX	34*	0.46*	RP 43 58*	472	34	40*
4.72 PURE 72.5	5	72	37J U HTX	25*	0.33*	RP 43 58*	472	34	500
4.72 PURE 71*	5	2	37J U HNS	28.2**	0.38*	RP 43 58*	472	34	500
*72 PURE 72.5	5	72	37J CS RDX	31.**	0.36*	RP 9 58*	472	34	34*
4.72 PURE 2.5	5	72	37J CS HMX	32.7	*38	Estimate	472	34	400
4.72 PURE 72.5	5	72	37J H HSD RDX 3 HMX	*42	0.3	Estimate	472	34	400
4.72 PUR 72.5	*	72	36 U P RDX	5.8*	0.6**	RP 19B*	472	10.5	340
4.72 *72.5	5	7*	34B U II RDX	21.9*	0**	RP 43 58*	472	20.5	340
4.72 PURE 72.5	5	72	36 H U I HMX	17.1**	0.4*	RP 9 58*	472	**3	400
*72 PURE 72.5	5	72	*B S DX	15.4*	0.31*	RP 43 58*	472	21.7	10
4.72 PURE 72.5	5	2	34B CS HMX	*85	0.3*	Estimate	*72	21	340
4.72 PURE 72.5	5	72	34J U RDX	*0.57*	0.9*	RP 43 58*	472	15.2	340
4.72 PURE 72.5	5	7*	*U U HMX	21.97	0.3	Estimate	47*	15	400
4.7 PURE 72.5	5	2	34J U HTX	21.3*	*32*	RP 43 58*	472	1*	500
4.72 PURE 7.5	5	72	34J U HNS	27*	**	RP 43 58*	472	19	400
4.72 PURE 72.5	*	7*	37J S RDX	17.7	0.27	Estimate	472	15	340
4.72 PURE 7.5	5	72	34J CS HMX	17.7	*27	Estimate	472	15	340
4.72 PURE 7.5	*	72	34JL U HMX	*89**	0.37*	RP 43 58*	472	22*	400
4.72 PURE 72.5	5	7*	34JL U HX	22.2	0.32	Estimate	472	21.5	500
4.72 PUR 72.5	5	72	34M U TX	**3*	0.33*	RP 9 58*	472	2	10*
4.72 PRE 135.1*	12	13545	PJOmega4512 HMX	34*	0.35*	RP 19B*	47*	2	400
4.72 PURE 135.12	12	13545	PJ4512 HMX	30.**	0.3**	*B*	472	22	10
4.72 PUR 135.12	12	13545	PJ4512 TX	23.5*	*31*	RP 19B*	472	22*	500
4.72 PURE 135.12	2	1394*	PJ512 HNS	22.8*	*31*	RP 19*	472	2*5	50
4.72 PURE 135.12	12	13545	PF461 HMX	61*	083*	RP 19B*	472	194	40*
4.72 PUR 131.12	12	13545	PF4621 DX	*9*	083*	RP 43 58*	472	1*	340
4.72 PUR 115.2	12	1545	PJ006 HMX	37.5*	0.4**	RP 19B*	472	26	10
4.72 PUR 135.12	12	13545	*306 HMX	36.5*	0.7*	RP 19*	472	2*	400
4.2 PURE 135.12	12	1354*	PJ306 HTX	31.1*	0.39*	RP 43 58*	472	25	50*
4.72 PURE 135.12	12	1545	PJ3406 HNS	28.8*	0.31*	RP 19B*	472	2*	500
4.72 PURE 15.12	12	13945	PJOmega3506 HMX	*42*	0.44*	RP 19B*	472	28.5	40*
4.72 PURE 15.2	12	13945	PJOmega3106 HMX	*69*	0.34*	RP 19B*	472	20	40
4.72 PURE 95.1*	12	13545	4B CP RDX	8.43*	0.65*	RP 43 58*	**2	2*	340
4.72 PURE 135.12	12	13545	38C CP DX	8.4*	0.62*	RP 43 58*	472	5	340
4.72 PURE 135.12	12	1545	3C CP HMX	6.6*	0.7*	RP 19B*	472	15	400
4.72 PURE 135.1*	12	*3545	37J U HMX	34*	0.46*	RP 43 58*	472	14	400

4.72 UR115,12	12	1345	37UJ NS	28.14	0.3	RP 43 58h	4.72	34	50
4.72 PURE 135,12	12	1345	37J C-RDX	3**	*36	RP 43 58h	4.72	34	30
4.72 PPE 131,12	12	13545	37J UJ HTX	29	0.33	RP 43 58h	4.72	34	10
4.72 P**135,1*	12	13545	37J CS HMX	32.7	0**	Estimate	4.7*	34	400
4.72 PRE 95,12	12	13545	37H Hdtck UJ HMX	34.2	0.3	Estimate	4.72	34	400
4.72 URE 95,2	12	13545	35B P RD*	58*	0.62*	RP 43 58h	*72	10.5	340
4.72 PUE 135,12	1*	13545	34B HJ II RX	*79**	0.39*	RP 43 58h	4.72	20.5	340
4.72 PURE 135,12	12	13545	34B HJ I HMP	17.7*	0.4*	RP 43 58h	4.72	*1.3	10
72 PURE 135,1	12	13545	34B HJ RDX	*7.3	0.39	Estimate	4.72	1	340
4.72 PURE 135,12	12	13545	34B CS D*	15.4*	0.31*	RP 43 58h	4.7*	21.1*	340
4.72 PUE 135,12	12	1345	34B CS HMX	1.5	0.1	Estimate	4.72	21	340
4.72 PUR135,12	12	1345	34J UJ RDX	20.57*	0.29*	RP 43 58h	4.72	*5.2	340
4.72 PUE 135,12	12	134*	34J UJ HMP	21.97	0.3	Estimate	4.72	15	400
4.72 URE 95,12	12	13545	34J **HTX	21.3*	0.32*	P 43 58h	4.72	19	5*
4.72 PUR135,12	12	13545	34J UJ HMP	20*	0.3*	P 43 58h	4.7*	19	40
4.72 URE 15,12	12	*545	34J CS RDX	17.7	0.27	Estimate	4.72	15	10
4.72 PRE 135,12	12	13545	34J CS HMX	17.7	0.27	Estimate	4.72	15	10
4.72 URE 135,12	12	*545	34JL UJ HMX	*857*	0.34*	RP 43 58h	4.72	22.2*	10
72 PURE 95,12	1	13545	34JL UJ HTX	22.2	0.2	Estimate	*72	*1.1*	500
4.72 PUR135,12	12	1345	34JL UJ HMP	*1.1*	0.31*	RP 43 58h	4.72	21	50*
4.72 PURE 135,12	12	*354*	34JL UJ HTX	25.1*	0.33*	R** 58h	4.7*	22	500
4.7 HSD 72.5	5	72	PJOmega505 HMX	*92*	0.43*	RP 19B*	4.7*	38.8	400
4.72 HSD 72.5	5	7*	PJOmega405 HNS	44.4	0.36	RP 19*	4.72	38.8	500
4.72 HSD 72.5	5	72	PJ450 HTX	46.4*	0.47*	RP 19B*	4.72	38.6	400
*72 HSD 72.5	5	72	PJ505 HTX	31.5	0.35	Estimate	*72	3	500
4.72 HD 72.5	5	72	PJ405 HNS	3**	0.4	RP 19B	4.72	3*	500
4.72 HSD 72.5	5	72	U4505 HMX	4.6*	0.46*	RP 19B*	4.72	38.3	400
4.7 HSD 72.5	5	72	*4505 RDX	37*	0.7*	RP 43 58h	4.72	38.8	30
4.72 HSD 72.1	5	72	51J UJ HMX	47.26*	0.7*	RP 43 58h	4.72	38.8	400
4.72 HSD 72.1	5	72	51J HMX	34.5	0.3	RP 43 58h	4.7*	38.5	500
4.72 HS72.5	*	72	51B HJ II RDX	34.58*	0.46*	P 43 58h	4.72	37	34*
4.72 HSD 72.5	5	72	51B HJ II HMX	31.05*	0.4**	RP 43 58h	4.72	37	400
72 HSD 135,12	1	1345	PJOmega4512 HMX	*4*	0.5*	R*19*	4.72	22	400
4.72 HS131,12	12	*34*	PJ4511 HMX	30.2*	*34*	RP 19B*	4.72	22	400
72 HSD 95,12	12	13545	PJ4512 HTX	23.5	0.31	RP 19B	4.7	19.8	500
4.72 HSD 135,2	12	1375	PJ4512 HNS	22.8	0.3*	RP 19B	4.7*	22.5	500
4.72 HSD 135,2	1*	13545	PF4621 HMP	6.1*	0.83*	RP 19B*	4.72	19.4	400
4.72 HSD 135,12	12	13545	PF4621 RD*	5.9*	0.3*	RP 43 58h	4.72	19	340
4.72 HSD 135,12	12	13545	PF4721 Ztc RDX	5.4	0.73	R*19B	4.72	19	30
4.72 SD 180,4	4	180	PJOmega4505 HMP	*92*	0.4**	RP 19B*	*7*	38*	400
4.72 HSD 180,4	4	180	*Omega405 HMP	4.4	*3*	RP 19B	4.72	*8	500
4.72 HSD 180,4	4	180	PJ4505 HMX	46.4*	0.***	RP 19B*	4.7*	38.6	400
*72 HSD 180,4	4	180	PJ405 HTX	3.5	0.35	Estimate	4.72	1	10
4.72 HSD 180,4	4	18*	PJ4505 HNS	3.4*	0.4*	R*19*	4.72	38	10
4.72 HSD 180,4	*	180	U4505 HMP	42.6*	*6*	RP 19B*	4.72	38*	400
4.72 HS7180,4	4	180	U4405 DX	37*	*57*	R*43 58h	4.72	38.8	30
4.72 SD 180,4	4	180	57 UJ HMX	47.26*	*37*	RP 43 58h	4.72	*8	10
72 HSD 180,4	4	180	51 UJ HMX	34.5	0.33*	RP 43 58h	4.72	3.5	10
4.72 HSD 180,4	4	180	51B H** RDX	3*58*	0.46*	RP 43 58h	4.72	37	10
72 HS7180,4	4	18	51B H** HMX	31.***	*4**	RP 43 58h	4.72	37	400
5*ac**60,12	12	60	PJ4621 HMP	6.1*	0.83*	RP 19B*	5	19.4	400
5F**Gun60,12	12	6*	PJ4621 RDX	5.9*	0.83*	P 43 58h	5	19	340
5 BS21 120,2*	21	1260	PJ4621 H*	6.1*	0.3*	RP 19B*	5	19*	400
5 BS21 120,2*	21	1206*	PJ4621 RD*	5.9*	0.83*	RP 43 58h	5	19	340
5 BS1 120,2*	21	1206*	43C*UP 1 RDX	7.9	0.4	P 43 58h	5	19	340
5 HSD 60,5	5	10	51B HJ II DX	33.2	0.47	RP 43 58h	5	37	340
5 HSD 60.1	5	60	51 HJ II HMX	30.1	0.44	RP 43 58h	5	37	400
5 HSD 72.1	5	72	PJOmega4505 HMP	59.2*	*43*	RP 19B*	5	*8*	400
*HSD 72.5	5	**	PJ4505 HMX	46.**	0.47*	RP 19B*	5	38.6	10
5 HSD 72.5	5	7*	PJ4505 HTX	31.5	*35	Estimate	5	1	500
5 HSD 72.5	5	2	*4505 HNS	34.**	0.4*	RP 19B*	5	16	500
5 HSD 72.1	5	72	U4505 HMX	42.6*	0.46*	R*19B*	5	3.3	400
HSD 72.1	5	72	U4505 RD	37*	0.57*	RP 43 58h	5	38.8	340
HS72.5	5	7	51 UJ HMX	47.26*	*37*	RP 43 58h	5	*8	400
5 HSD 72.5	5	72	51J UJ HNS	34.5*	0.33*	P 43 58h	5	38.5	500
5 HSD 72.5	5	72	PJOmega4512 HMX	34*	*35*	RP 19B*	5	22	400
5 SD 72.1	5	72	PJ4511 HMX	30.2*	*34*	RP 19B*	*	22	400
5 SD 72.5	5	72	PJ4512 HTX	2.5*	0.3**	RP 19B*	5	22.5	500
5 HS72.5	5	7*	PJ452 HNS	22.8*	0.1*	RP 19B*	5	22.1*	500
5 HS72.5	5	72	PF421 HTX	6.1*	0.83*	RP 19B*	5	19.4	400
5 HSD 72.5	*	72	PF4621 RDX	5.9*	*83*	RP 43 58h	5	19	340
5 HSD 715	5	72	PJ406 HMX	36.5*	0.46*	RP 19B*	5	26	400
HSD 72.1	5	72	PJ3406 HMX	3.5	0.37*	RP 19B*	*	2.7	400
5 HD 72.5	5	72	PJ346 HTX	31.1*	0.3**	RP 43 58h	5	2*	500

5 HSD 2.5	5	72	PJ306 HNS	288*	*31*	RP 19*	5	2*	500
*HS 72.5	5	7	PJOmega3*6 HMX	442*	0.14*	RP 19B*	5	28*	10
5 HSD 72.5	5	72	PJOmega31.6 H**	35.9*	0.34*	RP 19B*	5	20	10
5 HSD 72.5	5	72	43B CP RDX	84**	0.65*	RP 43 5B*	5	24	340
5 HSD 2.5	5	2	43C UP RD*	9.79*	*6**	RP 43 5B*	5	24	340
5 HSD 2.5	5	7	38*CP RD*	84*	0.6**	RP 43 5**	*	15	340
5 HSD 2.5	5	72	38C P HMX	*6*	0.7*	RP 19B*	5	1*	400
5 HSD 72.5	5	72	*7J *HMX	34*	0.46*	RP 43 5*	5	34	400
HSD 72.5	5	72	37J UJ HTX	25	0.33*	RP 43 5B*	5	34	500
5 *72.5	*	72	37J *HNS	28.24*	0.38*	RP 43 5B*	5	34	500
5 HSD 72.5	*	72	37J CS RDX	*12*	0.36*	RP 43 5B*	5	34	34*
5 *SD 72.5	5	72	*7J CS MX	*2.7	0.38	Estimate*	5	34	400
5 HSD 72.*	5	7	37H HidRck *H*X	*4.2	0.3	Estimate	5	34	400
HSD 72.5	5	72	34B HJ II RD	21.8*	0.38*	**3 5B*	5	20.5	340
**= 72.5	5	2	34B HJ II HMX	22.81*	0.39*	RP *3 5B*	5	21.3	400
5 HSD 72.*	5	72	34B HJ RDX	17.3	*.39	Estimate	5	.1	340
5 *D 72.*	5	72	34B *S DX	15.4*	0.3**	RP 43 5B*	5	21.1*	34*
5 HSD 72.5	5	72	34*CS MX	18*	0*1	Estimate	5	21	34*
5 HSD 72.*	5	72	34J UJ RD*	20.57*	0*9*	*3 43 5B*	*	15.2	340
5 HSD 72.5	5	7	34J UJ HMP	21.97	0.3	*Estimate	5	15	40*
5 HD 2.5	5	72	34J UJ HTX	2***	0.32*	RP 43 **	5	19	500
5 HSD 2.*	5	2	3*UJ HNS	20*	0.3*	RP 43 5B*	5	19	400
5 HSD *7.5	5	2	34J CS RDX	17*	0*7	Estimate	5	15	340
5 *SD 7.5	5	72	34*CS HMX	17.7	0*7	E*Estimate	5	15	340
5 HSD 72.5	5	72	34JL UJ HMX	28*7**	0*4*	**43 5B*	5	**7	400
5 HSD 72.5	5	2	37JL UJ HTX	22.2	0.32	Estimate	5	21.5	500
5 HSD 72.5	5	72	34L *J HNS	*1.9*	0.31*	R* 43 5B*	5	*1	500
5 HSD 2.5	5	72	34M UJ *X	*5.3*	0.33*	RP 43 5B*	5	*2	10
HD 72.5	5	72	PJOmega2906 HMX	3	0.34*	RP 19B*	5	1*	400
5 HSD 72.*	5	7	PJ2906 *X	*5.3*	0.38*	RP 19B*	5	40.8*	400
5 HSD 72.*	*	72	*2906 HTX	19.8*	0.31*	RP 19B*	5	19.5	500
5 HSD 2.5	5	72	PJ2906 HNS	21*	0.31*	RP 19B*	5	1*5	500
5 HD 7.5	5	72	UJ2906 HMX	22.1*	0.36*	**5B*	*	15	400
5 HSD 72.5	5	72	HJ2906 RDX	15*	*39*	*P 19B*	5	15	340
5 HD 120.1*	12	120	41B HJ II *D*	16.07	0.4*	RP 43 4B*	5	*2	340
5 HSD 120.12	**	120	41B UP **RDX	*0.9	0.58	R* 43 5B*	*	22	340
5 HSD 135.8	8	*1345	UJ707 RDX	2*2	0.54	RP 19B	*	24	340
5 HSD 131*	8	1345	PF5008 RD*	5.8	0.9*	RP 19B	*	30	4*
5 HSD *95.12	12	1345	43C UP RDX	9.79	0.61	RP 43 **	5	24	340
HSD 15.1	12	13545	34B HJ II RD*	*11.8	0.38	RP 4* 5B*	*	2*5	40
5 HSD *95.12	1*	135*	*4B HJ II HX	22.81	0.3*	RP 43 5B*	5	21.3	40*
5 *PG 90.4	*	90	51B UP RDX	14*7	0.7*	RP 43 4*	5	32	340
*HSD 20,2	12	*20	51C UP RDX	7*3	0.83	RP 43 4B*	*	*2	340
HSD 120.1	*2	120	41B HJ II RDX	21.07	0.38	RP 43 4B*	6	22	34*
6 HSD 12*12	*2	10	41B HJ *HMX	20.4	0.4	RP 43 5B*	6	22	
6-5B HSD 20.18	18	12*70	P*618 HMX	6.8	0.9*	RP 19B	6.625	3*	400
7 HSD 2*18	18	12060	PF709 RDX	5.9	*1*	RP 1*B	7	45	340
7 HSD 12*18	18	12060	PF718 *MX	7*	1*4	RP 19B	7	49.5	10
7 HSD *PHT 120.18	18	12060	P*618 HMX	6.8	*9*	RP 19B	6.625	4*	400
7 HSD 120.27	2*	12060	PJ7meg 7027 HMX	*6.5	0*9	RP *9B	7	2*	10
7 HS*120.27	27	1*060	*JL U*HMX	28	0*7	RP 43 5B*	7	22.7	400
7 HSD *5.12	*2	1*545	PJOmega45*5 *MX	53.2	0.43	R**5B	7	38.8	400
*SD 135.12	12	13545	P*4505 HMX	46.**	0.47*	RP 19B*	7	*8.6	400
7 HD 13*12	12	1345	PJ505 HTX	*1*	0.35	Estimate	7	.1	500
7 HSD 15.12	1*	13545	PJ4505 HS	34**	*4*	RP *9B*	7	38	500
7 HS*135.12	12	13545	UJ45*5 HMX	3*9	0.45	*P 19B	7	38.3	40
7 HSD *95.12	12	13545	58C P *DX	12.16	0.95	RP *3 5B*	7	61	340
7 HSD 135.12	1*	1345	HJ45*5 RDX	37*	0.57*	*P 43 5**	7	38.8	40
7 H*135.12	12	*3545	64C UP RDX	9.2*	1.0*	RP 43 5*	7	66	30
7 HSD 135.12	12	13545	64C CP RDX	10.06	1.13	RP 43 5B*	7	59	340
7 HSD *95.12	1*	*3545	64S C* RDX	7.5	1.1	RP 4* 5B*	7	*3.4	340
7 HSD 135.12	*	13545	51B HJ II RDX	*0.38	0.47	RP 43 5B*	7	37	34*
7 HSD 15.12	12	135*5	51*HJ II HMX	32.02	0.47	R* 43 5B*	7	37	400
**=135.12	*2	13545	51C UP II RDX	12.4	0.67	RP 43 5B*	7	35.1	340
7 HSD *95.12	12	135*5	*JL UJ HX*	43.8	0.39	RP 43 5*	7	*8.8	400
7 SD 135.12	12	1*545	*JL U*HNS	34.5*	*33*	RP 43 5B*	7	38.5	500
7 HSD 15.1*	12	13545	PJOmega4512 HMX	34*	0.3**	RP 19B*	7	*2	400
7 HSD *95.12	*2	1*545	PJ45*HMX	*0.2*	0.34*	RP *9B*	7	22	40*
7 HSD 15.12	12	13545	PJ452 HX*	22.5*	*31*	RP 19B*	*	22.5	500
7 HSD 15.12	*2	13545	P*5*2 HNS	22.8*	*31*	RP *9B*	7	22.5	50
7 HS*135.2	12	13545	PF4621 HMX	6.1*	0.83*	RP 19B*	7	19.4	400
*HSD 135.12	12	1*545	PF4621 RDX	5.9*	0.83*	RP 43 5B*	7	19	40

7 HSD 135,12	12	1°54'5	PJ400°HMX	365°	0.46°	RP 198°	7	26	400
7 HSD 135,12	12	1354°	PJ3406 HMX	365°	0.37°	RP 98°	7	227	400
*HSD 135,1°	12	1354°	PJ346 HTX	311°	0°9'	RP 43 58°	7	2°	500
7 HSD 135,12	12	1354°	PJ3406 HNS	28°**	0.31°	RP 98°	7	5	500
*HSD 13°12	12	1354°	PJOmega506 HTX	442°	0.44°	°P 198°	7	285	100
*HSD 135,12	12	1354°	°JOmega3106 HMX	369°	0.34°	RP 198°	7	20	400
7 HSD 135,*	1°	1354°	43B CP RDX	8°3'	0.6°	RP 43 5°	7	*	340
7 HSD 135,12	°2	135°5	4°C UP RDX	9.79°	0.61°	RP 43 58°	7	24	100
7 HSD 13°1°	1°	135°5	3°C CP RDX	8.4°	0.62°	RP 43 58°	7	15	100
7 HSD 135,1°	12	135°5	38C CP HMX	°8'	0°**	RP 198°	7	1°	400
7°SD 135,12	12	*354°	37J ° HMX	34°	0.46°	RP 4° 58°	7	34	400
7 HD 15,12	12	1°54°	37J U°HT°	°9'	0.33°	RP 43 5°	7	34	50
7 HSD 135,12	12	13°45	37J U°HNS	282°	0.38°	°P °3 5°	7	34	500
*HSD 15,12	1°	*354°	3°CS °K	312°	0.36°	RP 4° 58°	7	14	340
7 HSD 135,12	12	1354°	37J ° HMX	327°	*3°	E°male	7	34	400
7 HD 15,12	12	1354°	37JH HrdRck U°HMX	342°	0.3	E°male	7	34	400
7°SD 135,12	12	1354°	34B °H °DX	211°**	0.38°	°P 43 58°	7	205	100
7 HSD 135,2	12	*°54°	34B HJ ° HMX	2281°	0.39°	RP 43 °°	7	213	400
7 HSD 135,12	1°	1354°	34B HJ RDX°	1793	0.39	E°male	7	°	100
7 HSD 135,2	12	1354°	°4B CS RDX	15.4°	0.3°	RP 43 58°	7	*1.7	34°
7 HSD 13°1°	12	1354°	34B CS H°	185	0°1	E°male	7	21	1°
7 HSD 15,12	1°	*354°	34J U° RDX	*0.57°	0.29°	°P 43 58°	7	15°	34°
7 HSD 135,2	12	1354°	34J U° HMX	*1.97	0.3	E°male	7	15	40
7 HSD 135,1°	1°	13°45	°3J U° HTX	2°2°	0°2°	RP 4° 58°	7	19	500
7 HSD 135,12	12	1354°	°3J ° HNS	1°9'	0.3°	RP 4° 58°	7	19	400
7 HSD 15,12	12	*35°5	34J CS RDX	1°**	0.2°	Estimate	7	15	340
7 HSD 15,2	12	1354°	34J CS HMX	177	0.27	Estimate	7	15	340
7°SD 135,12	12	*354°	34JL U° HMX	28.7°*	0.34°	RP 43 58°	7	22°	400
7 HSD 15,12	12	1°54°	34L U° H°	222	0.32	E°male	7	215	500
7 HSD 135,1°	12	135°5	34J ° HNS	21.9°	0°1°	RP 43 5°	7	21	500
7 HS°135,1°	°2	135°5	34JM U° HTX	2°**	0.33°	°P 43 58°	7	22	500
7 HSD 135,12	12	1354°	PJOmega2906 HMX	°9'	*34°	*198°	7	16	40°
7 HSD 135,12	12	1°54°	*°906 HMX	**3°	0.38°	°P 198°	7	15	°0
7 HSD 13°12	12	1°54°	PJ29° HTX	198°	*31°	RP 98°	7	1°5	500
7 HSD 135,12	12	1354°	*°2°6 HTS	21°	*31°	RP 198°	7	195	500
*HSD 135,12	12	1354°	U290°°MX	*21°	0.36°	RP 19°	7	15	400
7 HSD 15,12	°2	*354°	HJ2906 RDX	15°	0.39°	RP 198°	7	15	340
*HS°140,14	1°	14020	PJHega4506 HX	532°	0.43°	RP 198°	7	388	100
7 HSD 140,14	14	14020	PJ4°°HMX	46.4°	0.47°	RP 198°	7	386	400
7 H°°°14	1°	14020	PJ4505 HTX	315	*35	E°male	7	°	50°
7°SD °14	1°	1°02°	PJ4505 HNS	34.4°	0.4°	RP 198°	7	38	500
7°SD °14	°4	14020	UJ4°5 HMX	39.9°	0°5°	RP 198°	7	383	400
7 HSD 140,14	14	14020	HJ450°RDX	3°	0°7°	RP 43 °°	7	388	340
7 HSD 140,°4	14	14020	5°°C UP RDX	*2.16	*°5	RP 4° 58°	7	68	34°
7 HS°140,14	14	14020	64NS CP RDX	7.5°	1°*	RP 43 5°	7	°	6°4
7 HSD 140,14	14	14020	51B HJ ° °DX	30.38°	0°7°	RP 43 58°	7	37	100
7 HSD °14	14	140°0	5°°HJ ° HMX°	32.02°	0.47°	RP °3 58°	7	37	40
7 HSD 140,14	14	14020	51J U° HMX	43.8°	0.39°	RP 43 58°	7	*88	40°
7 HSD 140,14	14	14020	51J U° HNS	34.5°	0.33°	RP 43 58°	7	385	500
7 HSD 14°14	14	1°12°	*°JOmega4512 HMX	34°	0.35°	RP 198°	7	22	40°
7 HS°140,1°	14	*4020	PJ4512 HMX	30°**	0°4°	RP 198°	7	22	40°
7°SD 140,1°	14	*4020	PJ4512 HTX	235°	*3°*	RP 198°	7	225	500
7 HSD 140,*	14	1402°	PJ4°°°H°	22.8°	0.31°	RP °°	7	225	500
7 HD 140,14	14	14°20	PF4621 HMX	6.1°	0.83°	RP 198°	7	194	400
7 HSD 140,14	1°	1402°	PF4621 RDX	*9°	0.8°	RP 43 58°	7	19	340
7 HSD 140,14	°4	14020	PJ3406 HMX	365°	**6°	RP 198°	7	2°	400
7 HSD 140,14	14	14020	PJ3406 HMX	3°**	0.37°	RP 19°	7	227	400
7 HSD 140,14	14	14020	PJ3406 HTX	31.1°	0.39°	RP 43 °°	7	°	25
7 HD °14	°4	*4020	PJ°°6 HNS	28°**	0°1°	RP 198°	7	25	500
7 HSD °14	14	1402°	PJOmega°06 HMX	4°2°	0.44°	RP 198°	7	285	400
*HD 14°14	1°	140°0	PJOmega°06 HMX	36.9°	0.34°	RP 198°	7	20	400
7°SD 140,14	°4	14020	°8 CP RDX	8.43°	0°5°	*°°58°	7	24	340
7 HSD 140,°4	14	*4020	43C UP RDX	9.79°	0.61°	RP 43 58°	7	24	340
7 HSD 1°14	14	14020	3°°C CP RDX	8°**	0.62°	RP 43 58°	7	15	340
7 HSD 140,1°	14	140°*	38C C°°MX	6.6°	0°7°	RP 198°	7	15	400
7 HSD 140,°4	14	*4020	°7J U° HMX	°8'	0.46°	RP 43 58°	7	14	100
7 HSD 140,14	14	14020	37°U HTX	°9'	0°3°	RP 43 58°	7	34	500
7°SD 140,14	14	*4020	°7J U° °NS	*8.24°	0.38°	RP 43 58°	7	34	50
*HSD 140,14	14	14020	37J CS RDX	31.2°	0°6°	RP 43 58°	7	34	340
*HD 14°°4	°4	*4°20	37J CS HMX	32.7	0.38	E°male	7	14	400
7 HD 140,14	14	14020	37JH HrdRck U°HMX°	342	0.3	Estimate	7	34	400
7 HSD 140,°4	14	*4020	34B HJ ° RDX	*1.1°	0.38°	RP 43 58°	7	205	340
7 HD 140,14	14	14020	34B HJ ° HMX°	22.8°	0.3°	RP 43 58°	7	213	400
7 HSD 140,14	14	14020	°4B ° RDX	17.93	0.39	*°male	7	°	1.1
7 HSD 140,*	14	*4°20	34B CS °°X	15.4°	0.31°	RP °3 58°	7	21.7	30
7 HSD 140,14	14	1402°	34B CS HMX	18.5	*31	Estimate	7	21	30
7 HSD °14	14	*402°	°3J U° RDX	20.57°	0.29°	RP 43 58°	7	*52	100
7 HS°140,14	14	14020	34J U° °MX	*1.7	0.3	*°male	7	15	100
*HS°140,14	14	14°2°	34J U° HTX	21.3°	0.32°	RP 43 58°	7	°9	100
7 HSD 14°14	1°	14020	34°U° HNS	20°	0.3°	**°3 58°	7	19	400

GLOSARIO

- *Bioturbación*: reexposición de sedimentos enterrados (y de contaminantes asociados) en la interfase agua-sedimento como resultado de la excavación de los fondos de los cuerpos de agua por los macroinvertebrados acuáticos (gusanos oligoquetos).
- *Bunkers*: construcción hecha para almacenar las cargas luego de fabricarlas.
- *Casing*: tubería de revestimiento.
- *Casing gun*: tipo de cañón que sirve para cañonear el revestidor)
- *Cargas PowerJet Omega*: cargas de super alta penetración.
- *Coiled Tubing*: tubería de producción o tubería flexible.
- *Densidad de Tiro*: número de orificios por cada pie cañón.
- *Depocentros*: punto donde se alcanza mayor espesor de sedimentos.
- *Echometer*: técnica para medir niveles de fluidos a través de presión.
- *Efecto Groningen*: falta de precisión en las lecturas profundas de formaciones altamente resistivas.
- *°Fase*: arreglo angular de los orificios por cada pie de cañón.
- *HRLA (High Resolution Laterolog Array)*: lateroperfil de alta resolución en la matrix.
- *Liner*: componente de las cargas huecas que tiene forma cónica generalmente hecho de una aleación de metales pesados.
- *Molasa*: es una arenisca originada por los sedimentos producidos por la erosión de una cadena montañosa al final de una fase orogénica.
- *Overbalance*: sobre-balance (presión hidrostática dentro del pozo mayor que la presión de formación).
- *Post-rifting*: efecto de separación o grietas de placas por efectos compresivos.

- *Suabo*: estimulación mecánica del pozo.
- *Survey*: es la lectura de la inclinación y la dirección del pozo en un punto en el espacio.
- *Tubing*: tubería de producción.
- *Tubing Conveyed Perforating* (TCP): técnica de cañoneo donde la sarta de cañones es bajada con la tubería de producción.
- *TCP PURE*: técnica de cañoneo con bajo balance dinámico donde la sarta de cañones es bajada con la tubería de producción.
- *Through tubing*: cañones que son de menor diámetro que el *casing gun* y que son bajados a través de la tubería de producción.
- *Unconfined compressive strength (UCS)*: Resistencia de la compresibilidad de la formación sin confinamiento.
- *Underbalance*: bajo balance (presión de la columna hidrostática menor que la presión de la formación).
- *Wireline*: cable de acero o guaya.