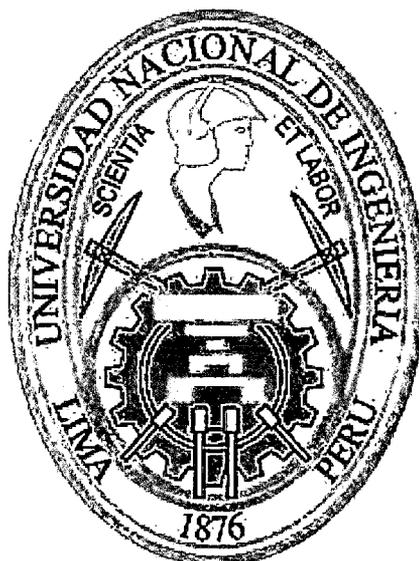


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO,  
GAS NATURAL Y PETROQUÍMICA**



**“SELECCIÓN DE EQUIPO DE PERFORACIÓN  
ROTARIA EN OPERACIONES SELVA, LOTE 58”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE PETROLEO**

**ELABORADO POR:  
MIGUEL PEDRO HUAMANCHAQUI ADAUTO**

**LIMA- PERÚ**

**Digitalizado por:**

**2014**

**DEDICATORIA:**

A mis padres, hermanos, maestros y amigos; por el apoyo, dedicación y esfuerzo brindado en todos los momentos de mi vida y de mi educación.

**AGRADECIMIENTO:**

Agradezco al Señor, que nos ilumine siempre. A la UNI, nuestra alma mater. A la Facultad de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica, y a los profesores por ser los guías en nuestra carrera, y a la Empresa Petrex donde me desarrollo profesionalmente.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
SUMARIO	v
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	xiii
CAPITULO I:	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemática	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos	4
CAPITULO II:	
MARCO TEORICO	
2.1 Antecedentes	5
2.2 Marco Teórico	5
2.2.1 Sistema de Izaje	5
2.2.2 Sistema de Rotación	23
2.2.3 Sistema de Circulación	34
2.2.4 Sistema de Control de Pozo	43
2.2.5 Sistema de Potencia	67
2.3 Definición de Términos básicos	73
CAPITULO III:	
MARCO METODOLOGICO	
3.1 Hipótesis	75

3.2	Identificación de variables	75
3.3	Tipo de investigación	76
3.3.1	Por el Tipo de Aplicación de Resultados	76
3.3.2	Población y muestra	76
3.4	Instrumento de recolección de datos	77

#### CAPITULO IV:

	Análisis e Interpretación de la información	78
4.1	Selección del Sistema de Izaje	78
4.2.	Selección del Sistema de Circulación	91
4.3	Selección del Sistema de Rotación	106
4.4	Selección del Sistema de Control de Pozos	115
4.5	Selección del Sistema de Potencia	136
4.6	Recurso de Operación	144

#### CAPITULO V:

	EVALUACIÓN ECONOMICA DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN	146
5.1.	Evaluación Financiera	146
5.2.	Costo de Inversión	147
5.3.	Cálculo de la Tarifa Base del Equipo de Perforación	149
5.4	Flujo de Caja	151
5.5	Cálculo de las Diferentes Tarifas del Equipo de Perforación	151

#### CAPITULO VI

	ANALISIS DE RESULTADO	156
	CONCLUSIONES	158
	RECOMENDACIONES	159
	BIBLIOGRAFIA	160
	ANEXOS	161

## SUMARIO

La presente tesis tiene como finalidad demostrar que la capacidad del Equipo de perforación (Rig PTX-12) cumpla los requerimientos de los pozos a perforar, usando como guía el formato API D10 donde nos dará una secuencia de pasos que se debe tener en cuenta en la selección de Equipo de Perforación (*Drilling Rig*); El análisis inicia teniendo los programas de los 05 pozos exploratorio de los 04 yacimientos (Urubamba, Picha, Paratori, Taini) del Lote 58 asignados a la Cia Petrobras Energy. Localizada en la provincia de La Convección – Cusco, todos los pozos analizando son de Gas; Cada pozo tiene diferente perfil y varían desde los 13,875 ft hasta 17,480 ft de profundidad final (*TD*); esta diferencia de profundidad hace que se tenga un factor de seguridad en cada diseño ya que es una zona exploratorio.

Del perfil de pozo obtenemos información tales como: Profundidad del hoyo, diámetros de los revestimientos, peso de lodo, diseño de BHA y otras información que nos sirven para poder consolidar en el Formato API D 10; y poder realizar los cálculos por cada sistema que forma parte del Equipo de Perforación las cuales son: Sistema de Izaje, Sistema de Rotación, Sistema de Circulación, Sistema de Control de Pozo, Sistema de Potencia y otros componentes. Teniendo toda esta información se procede a realizar una correlación de los componentes que se tiene disponible y lo que se requiere para que el equipo tenga la capacidad de perforar los pozos que se están programando. Al seleccionar los componentes, estos tiene variables tales como: la marca, capacidad, modelo y otras variables como el precio de los componentes, la disponibilidad en el mercado. Posteriormente, se analiza la rentabilidad del proyecto con el cálculo de los marcadores financiero y las diferentes tarifas que debe tener el Equipo de Perforación para que la inversión sea rentable.

## LISTA DE CUADROS

### CAPÍTULO II

Cuadro 2-01: Características del Equipo de la Empresa Saxon	5
Cuadro 2-02: Factor de Eficiencia de las Poleas	13
Cuadro 2-03 Factor de Seguridad para Cable de Perforación	17
Cuadro 2-04: Tipos de Conexiones de Tubería de Perforación	29
Cuadro 2-05: Comparación de Valores de Dureza de Bandas Duras	31
Cuadro 2-06: Tipos de Conexiones de las Botellas de Perforación	33
Cuadro 2-07: Especificaciones de las Unidades de Empaques	48

### CAPÍTULO IV

Cuadro 4-01: Peso Total al Gancho Bajando Revestimiento	80
Cuadro 4-02: Peso Total al Gancho Bajando Sarta de Perforación	80
Cuadro 4-03: Requerimiento de Altura Mínima del Mástil	81
Cuadro 4-04: Requerimiento de la Repisa del Mástil	83
Cuadro 4-05: Requerimiento de Mástil	83
Cuadro 4-06: Peso del Revestimiento en el Fondo Sentado en Cuñas	84
Cuadro 4-07: Peso de la Sarta de Perforación en el Aire	85
Cuadro 4-08: Requerimiento Mínimo de Subestructura	85
Cuadro 4-09: Especificaciones del Motón, Emsco Tipo H	87
Cuadro 4-10: Requerimiento Mínimo del Cable de Perforación	88
Cuadro 4-11: Especificaciones del Ancla, Marca Wagner	88
Cuadro 4-12: Especificaciones del Malacate National 1320 UE	90
Cuadro 4-13: Especificaciones del Freno Wichita	90
Cuadro 4-14: Resumen de Máximas Presiones	91
Cuadro 4-15: Resumen de Máximas Caudales	93
Cuadro 4-16: Resumen de Potencia Hidráulica de Salida	93
Cuadro 4-17: Requerimiento de Potencia Hidráulica de Entrada	94
Cuadro 4-18: Especificaciones de la Bomba de Lodos Lewco WH 1612	95
Cuadro 4-19: Performance de la Operatividad de las Bombas de Lodos	96
Cuadro 4-20: Performance de las Bombas de Lewco WH1612	96
Cuadro 4-21: Performance de las Camisas de la Bomba Lewco WH1612	97

Cuadro 4-22: Resumen de Presión y Caudal	97
Cuadro 4-23: Análisis del Diámetro de Camisa con Número de Bombas	98
Cuadro 4-24: Análisis de Emboladas y Potencia por Motor Eléctricos	98
Cuadro 4-25: Requerimiento de Diámetro de Camisa por Tramos	99
Cuadro 4-26: Accesorios de la Bomba de Lodo	99
Cuadro 4-27: Tipos de Arreglos en Líneas de Superficie	101
Cuadro 4-28: Especificaciones del Manifold de Bombas y Líneas	104
Cuadro 4-29: Especificaciones del Manifold del Stand pipe	104
Cuadro 4-30: Especificaciones del Stand pipe dual y Manguerote	105
Cuadro 4-31: Resumen de Torque y Revoluciones (RPM)	107
Cuadro 4-32: Requerimiento Mínimo de Top Drive	107
Cuadro 4-33: Especificaciones del Top Drive TDS 11SA	108
Cuadro 4-34: Requerimiento Mínimo de Mesa Rotaria	109
Cuadro 4-35: Especificaciones de Mesa Rotaria MK RT375-53	109
Cuadro 4-36: Resumen del Peso de la Sarta en el Pozo	110
Cuadro 4-37: Resistencia a la Tensión de la Tubería de Perforación	111
Cuadro 4-38: Margen de Sobre Tensión para Cada Sarta	111
Cuadro 4-39: Especificaciones de la Tubería 5 ½" y 3 ½"	113
Cuadro 4-40: Especificaciones de las Botellas de Perforación	113
Cuadro 4-41: Especificaciones de la Tubería Extra Pesada	114
Cuadro 4-42: Costo de Tuberías y Botellas de Perforación	114
Cuadro 4-43: Incremento de Tarifa Diaria en DP	115
Cuadro 4-44: Requerimiento Mínimo del Diverter	116
Cuadro 4-45: Especificaciones del Diverter, Marca T3 Energy	118
Cuadro 4-46: Caída de Presión para Tubería de baja presión de 8"	119
Cuadro 4-47: Requerimiento Mínimo del Sistema de Preventor de Surgencias	120
Cuadro 4-48: Especificaciones del BOP Anular, Marca T3 Energy	122
Cuadro 4-49: Especificaciones de BOP Esclusas, Marca T3 Energy	122
Cuadro 4-50: Requerimientos de la Línea de Matar y Estrangulación	123
Cuadro 4-51: Especificaciones de la Línea de Matar y Estrangulación	124
Cuadro 4-52: Esclusas para la Sarta y Revestimiento	129
Cuadro 4-53: Requerimiento del Múltiple de Estrangulación	129

Cuadro 4-54: Especificaciones del Múltiple de Estrangulación	131
Cuadro 4-55: Requerimiento del Acumulador	132
Cuadro 4-56: Cálculo de Volumen Requerido por el API RP 16	132
Cuadro 4-57: Especificaciones de las Bombas Neumáticas e Hidráulica	133
Cuadro 4-58: Especificaciones del Acumulador	134
Cuadro 4-59: Especificaciones del Separador de Gas, Marca MI Swaco	135
Cuadro 4-60: Requerimiento de Potencia de la Operadora	136
Cuadro 4-61: Resumen de Parámetros del Pozo Urubamba 1X	137
Cuadro 4-62: Resumen de Parámetros del Pozo Picha 2X	138
Cuadro 4-63: Resumen de Parámetros del Pozo Taini 3X	138
Cuadro 4-64: Resumen de Parámetros del Pozo Paratori 4X	138
Cuadro 4-65: Resumen de Parámetros del Pozo Picha 5X	139
Cuadro 4-66: Potencia Requerida Pozo Urubamba 1X	140
Cuadro 4-67: Potencia Requerida Pozo Picha 2X	140
Cuadro 4-68: Potencia Requerida Pozo Taini 3X	140
Cuadro 4-69: Potencia Requerida Pozo Paratori 4X	140
Cuadro 4-70: Potencia Requerida Pozo Picha 5X	141
Cuadro 4-71: Determinación del Número de Grupos Electrógenos	142
Cuadro 4-72: Recurso de Operación	144
Cuadro 4-73: Personal de Guardia	145

## **CAPÍTULO V**

Cuadro 5-01: Resumen de Costo del Equipo de Perforación 2000 HP	148
Cuadro 5-02: Costo Variable del Proyecto en Construcción	148
Cuadro 5-03: Flujo de Consumo Operativo	150
Cuadro 5-04: Corrida Económica	152
Cuadro 5-05: Tarifa Diaria del Equipo PTX-12	155

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2-01: Esquema del Sistema de Izaje	06
Figura 2-02: Mástil de Base Estacionaria	07
Figura 2-03: Mástil de Cables Contravientos	07
Figura 2-04: Subestructura Tipo Box and Box	10
Figura 2-05: Subestructura Tipo Swing lift	10
Figura 2-06: Subestructura Tipo Slingshot	11
Figura 2-07: Bloque Corona	11
Figura 2-08: Esquema de Distribución de Carga en Poleas	12
Figura 2-09: Motón Viajero Unificado	13
Figura 2-10: Motón Viajero Individual	13
Figura 2-11: Ancla de Línea Muerta	14
Figura 2-12: Cable de perforación	15
Figura 2-13: Composición del Cable de Perforación	15
Figura 2-14: Arreglo Tipo Seale, 19 Alambre (1-9-9)	18
Figura 2-15: Malacate	18
Figura 2-16: Potencia de Entrada y Salida en Malacate de 3000 HP	19
Figura 2-17: Componentes del Malacate	20
Figura 2-18: Freno Electromagnético	22
Figura 2-19: Freno Neumático	22
Figura 2-20: Top Drive	25
Figura 2-21: Potencia de Entrada y Salida en Mesa Rotaria	26
Figura 2-22: Tubería de Perforación	27
Figura 2-23: Deformación de la Tubería de Perforación	28
Figura 2-24: Tipos de Recalque	29
Figura 2-25: Conexión Hembra	29
Figura 2-26: Conexión Macho	29
Figura 2-27: Plastificado Interno de Tubería	30
Figura 2-28: Aplicación de Banda Dura	31
Figura 2-29: Tubería Extra Pesada (HWDP)	32
Figura 2-30: Perfil de Botellas de Perforación Lisa y Espiral	33

Figura 2-31: Sistema de Circulación	34
Figura 2-32: Bomba Centrifuga	35
Figura 2-33: Componentes de la Parte Mecánica de la bomba	36
Figura 2-34: Componentes de la Parte Hidráulica de la Bomba	36
Figura 2-35: Potencia de Entrada y Salida de la Bomba	37
Figura 2-36: Amortiguador de Pulsaciones y sus Partes	38
Figura 2-37: Válvula de Alivio	39
Figura 2-38: Manifold de Bombas	39
Figura 2-39: Manifold del Stand Pipe	39
Figura 2-40: Manguerote de Perforación Rotaria	40
Figura 2-41: Válvula del Tipo Compuerta	41
Figura 2-42: Uniones de Golpe	41
Figura 2-43: Manómetro Tipo "D"	42
Figura 2-44: Manómetro Tipo "F"	42
Figura 2-45: Influencia en el Flujo por los Diferentes Diámetros de Tubería	42
Figura 2-46: Sistema Desviador de Flujo	44
Figura 2-47: Modelos de Desviadores de Flujo	45
Figura 2-48: Válvula Neumática	45
Figura 2-49: Partes del BOP Anular	47
Figura 2-50: Unidad de Empaques	48
Figura 2-51: Anular de Cabeza Roscada	48
Figura 2-52: Anular de Cabeza con Cerrojos	49
Figura 2-53: Anular de Cabeza Empernada	49
Figura 2-54: BOP Esclusa Simple	50
Figura 2-55: BOP Esclusa Doble	50
Figura 2-56: Partes del BOP Esclusas	51
Figura 2-57: Partes de las Esclusas	52
Figura 2-58: Línea de Matar, Recomendada por el API RP 53	53
Figura 2-59: Línea de Estrangulación, Recomendada por el API RP 53	54
Figura 2-60: Múltiple de Estrangulación para 5,000 psi WP	55
Figura 2-61: Múltiple de Estrangulación para 10,000 y 15,000 psi WP	55
Figura 2-62: Válvula de Compuerta	56

Figura 2-63: Válvula de Compuerta, Tipo "F"	56
Figura 2-64: Válvula de Compuerta, Tipo "C"	56
Figura 2-65: Válvula HCR, Tipo "F" con Control Hidráulico	57
Figura 2-66: Estrangulador Ajustable, Manual	58
Figura 2-67: Estrangulador Ajustable, Hidráulico	58
Figura 2-68: Acumulador	59
Figura 2-69: Bomba Eléctrica y Neumática del Acumulador	63
Figura 2-70: Botella del Tipo Flotador	64
Figura 2-71: Separador de Gas	67
Figura 2-72: Configuración Diesel-Eléctricas	68
Figura 2-73: Configuración Mecánica	68
Figura 2-74: Grupo Electrónico	69
Figura 2-75: Esquema de Distribución del Sistema SCR	71
Figura 2-76: Principio de Funcionamiento de Motores DC	72
Figura 2-77: Esquema de un Motor AC	73

### **CAPÍTULO III**

Figura 3-01: Ubicación de los Yacimiento del Lote 58	77
--	----

### **CAPÍTULO IV**

Figura 4-01: Perfil de los Pozos Exploratorios	79
Figura 4-02: Requerimiento de Altura Mínimo del Mástil	82
Figura 4-03: Sistema de Circulación, Equipo PTX-12	92
Figura 4-04: Performance de los Motores Eléctricos GE752 Serie	100
Figura 4-05: Pérdida de Presión en Arreglos de Líneas de Superficie	101
Figura 4-06: Comparación de Pérdida de Presión con Diámetros 4" y 5"	102
Figura 4-07: Manifold de Bombas, Equipo PTX-12	103
Figura 4-08: Manifold del Stand Pipe, Equipo PTX-12	105
Figura 4-09: Stand Pipe Dual, Equipo PTX-12	106
Figura 4-10: Resistencia a la Tensión en Tubería de Perforación	110
Figura 4-11: Caudal vs Caída de Presión en Tubería de Perforación	112
Figura 4-12: Comparación en Capacidades de la Tubería de Perforación	112
Figura 4-13: Sistema Desviador de Flujo	117

Figura 4-14: Carrete Espaciador	118
Figura 4-15: Sistema de Control de Pozos, Equipo PTX-12	121
Figura 4-16: BOP Esclusa Esparragada	123
Figura 4-17: BOP Esclusa Bridada	123
Figura 4-18: Carrete Espaciador 13 5/8" 10 M psi, con 02 Salidas Laterales	124
Figura 4-19: Diferencia Entre los Conjuntos de Preventores, Esparragadas vs Bridadas	125
Figura 4-20: Arreglos del Conjunto Preventor de Surgencia	127
Figura 4-21: Diseño de Preventor de Surgencias, Equipo PTX-12	128
Figura 4-22: Múltiple de Estrangulación 3 1/16" x 10,000 psi	130
Figura 4-23: Instalación del Separador de Gas	136
Figura 4-24: Diagrama Unifilar del Sistema SCR, Equipos PTX-12	143

## LISTA DE ANEXOS

### CAPÍTULO III

Anexo 3-01: Perfil del Pozo Urubamba 1X	161
Anexo 3-02: Perfil del Pozo Picha 2X	162
Anexo 3-03: Perfil del Pozo Taini 3X	163
Anexo 3-04: Perfil del Pozo Paratori 4X	164
Anexo 3-05: Perfil del Pozo Picha 5XP	165
Anexo 3-06: Formato API D 10	166
Anexo 3-07: Datos del Pozo Urubamba 1X, Formato API D 10A	168
Anexo 3-08: Datos del Pozo Picha 2X, Formato API D 10A	169
Anexo 3-09: Datos del Pozo Taini 3X, Formato API D 10A	170
Anexo 3-10: Datos del Pozo Paratori 4X, Formato API D 10A	171
Anexo 3-11: Datos del Pozo Picha 5XP, Formato API D 10A	172

### CAPÍTULO IV

Anexo 4-01: Especificaciones de Motón Viajero, Tipo G	173
Anexo 4-02: Especificaciones de Motón Viajero, Tipo H	173
Anexo 4-03: Especificaciones de Ancla, Marca Wagner	173
Anexo 4-04: Especificaciones de Ancla, Marca National	173
Anexo 4-05: Especificaciones de Cable, Arreglo	174
Anexo 4-06: Especificaciones de Malacate	174
Anexo 4-07: Equivalencia de Frenos Auxiliares	175
Anexo 4-08: Especificaciones de Freno Electromagnético, Marca Baylor	175
Anexo 4-09: Especificaciones de freno Neumático, Marca Wichita	175
Anexo 4-10: Especificaciones de Top Drive	176
Anexo 4-11: Curva de Torque/Revolución del TD HPT 500	176
Anexo 4-12: Curva de Torque/Revolución del TD 9SA Y 11 SA	176
Anexo 4-13: Especificaciones de Mesa Rotaria, Marca Mud King	177
Anexo 4-14: Especificaciones de Mesa Rotaria, Marca Oilwell	177
Anexo 4-15: Especificaciones de Tubería de Perforación	177
Anexo 4-16: Tipos de Conexiones de las Botellas de Perforación	178
Anexo 4-17: Peso Lineal de las Botellas de Perforación	178

Anexo 4-18: Especificaciones de Tubería Extra Pesada	178
Anexo 4-19: Especificaciones de Bombas Centrifugas	179
Anexo 4-20: Especificaciones de Amortiguador de Pulsaciones, Marca	179
Anexo 4-21: Especificaciones de Válvula de Alivio	179
Anexo 4-22: Especificaciones de Bombas Para Lodos	180
Anexo 4-23: Especificaciones de Manguerote, Tipo D y E	180
Anexo 4-24: Especificaciones de Válvulas de Compuerta, Marca Cameron, Tipo F	180
Anexo 4-25: Especificaciones de Unión de Golpe, Marca Weco	181
Anexo 4-26: Manómetro de Presión Tipo "D"	181
Anexo 4-27: Manómetros de Presión Tipo "F"	181
Anexo 4-28: Especificaciones de Tubería de Alta Presión	182
Anexo 4-29: Cálculo de Caída de Presión en Líneas de Superficie	182
Anexo 4-30: Especificaciones de Desviadores de Flujo	183
Anexo 4-31: Caída de Presión de tubería de baja presión	183
Anexo 4-32: Especificaciones de BOPs Anulares	183
Anexo 4-33: Especificaciones de BOP Esclusas	184
Anexo 4-34: Especificaciones de Válvula de Compuerta, Tipo " F ", Manual	184
Anexo 4-35: Especificaciones Válvula tipo "F" Hidráulica	184
Anexo 4-36: Especificaciones de Estrangulador Ajustable Hidráulico	184
Anexo 4-37: Especificaciones de Estrangulador Ajustable Manual	185
Anexo 4-38: Especificaciones de Bomba Triplex para Acumulador	185
Anexo 4-39: Especificaciones de Bomba Neumática para Acumulador	185
Anexo 4-40: Especificaciones de Grupos Electrógenos	185
Anexo 4-41: Motores AC en un Equipo de Perforación	186
Anexo 4-42: Factor de seguridad en la capacidad de carga del suelo, según API RP 4G	186
Anexo 4-43: Anexo Técnico Equipo PTX-12	187
 <b>CAPÍTULO V</b>	
Anexo 5-01: Costo del Sistema de Izaje	198
Anexo 5-02: Costo del Sistema de Rotación	198

Anexo 5-03: Costo del Sistema de Circulación	199
Anexo 5-04: Costo del Sistema de Potencia	199
Anexo 5-05: Costo del Sistema de Control de Pozos	200
Anexo 5-06: Costo de Campamento	200
Anexo 5-07: Costo de Unidades Móviles	200
Anexo 5-08: Costo de QHSE	201
Anexo 5-09: Costo de Misceláneos	201
Anexo 5-10: Costo de Parte Eléctrica	202

## CAPÍTULO I

### 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedente

En estos últimos años en el Perú se han ido desarrollando grandes proyectos de perforación en pozos exploratorios, en tiempos recientes, los requerimientos para explorar y explotar estos yacimientos en localizaciones inaccesibles han generado mucha incertidumbre en la selección del Equipo de Perforación para llevar a cabo el proyecto de perforación de pozos.

Esta incertidumbre hace que se seleccione equipos y componentes de mayor capacidad (sobredimensionados) o de menor capacidad que no permite cumplir los requerimientos del pozo, a veces conseguimos hacer las cosas al revés, al concentrarnos mucho en el plan de pozo y encontramos que el Equipo no es el adecuado para llevar a cabo un programa de pozo que no estuvo planificado tales como el pozo Picha 5X. Por lo tanto tenemos que saber dónde empezar cuando se selecciona un Equipo, los problemas asociados al pozo para la selección adecuada y la influencia que tiene esta en la optimización de la perforación evitando así elevar el costo del proyecto.

#### 1.2 Problemática

La reducción en la eficiencia de la perforación debido a que los equipos de perforación presentan severas limitaciones sobre el control de una o varias variables como no cumplir con los requerimiento que el pozo necesita, en nuestro caso perforar el pozo Picha 5X, un pozo más profundo donde no se podrá llegar a la profundidad final (*TD*) con mismas tubería que se dispone, tener que bajar en etapas el revestimiento por estar limitado en el cable de perforación, algunos otro problemas asociado tales como falta en capacidad de las bombas de lodo para una buena hidráulica, potencia total del equipo insuficiente para realizar una maniobra, limitaciones en la capacidad de izaje, paradas prolongadas (NPT) generada por las fallas o limitaciones del equipo, falta de una respuesta inmediata a problemas inherentes en la

perforación hacen que el performance del equipo no sea el óptimo y que el costo del pozo sea elevado.

### 1.3 Formulación del Problema

Durante la perforación de pozos se han presentado muchos problemas relacionados al equipo de perforación, este conjunto de problemas, hacen que no se logre cumplir con el plan de perforación.

Entre los principales problemas tenemos:

- Exceder el factor de seguridad del cable de perforación al bajar el revestimiento o perforando.
- Baja potencia hidráulica en las bombas, pues trabajar a bajo SPM hace que las los motores eléctricos consuman más amperaje.
- Camisa de la bomba inadecuada, exceder su presión máxima de trabajo.
- Mayor pérdida de presión en las líneas de superficie generada por tener un menor diámetro.
- Falta de potencia en los generadores cuando se está realizado una repasada hacia arriba (*Backreaming*).
- Parada prolongada por la falla del freno auxiliar.
- Falla en los grupos electrógenos, ocasionando que se pare la operación.
- Exceder el MOP (Margen de over pull) de la tubería de perforación cuando se está tensionando la sarta.
- Mayor tiempo de respuesta cuando se está cerrando el BOP's en un golpe de gas (*Kick*).
- Baja capacidad de Izaje del malacate en una maniobra.
- Limitación en la bajada de revestimiento por la falta de capacidad en el mástil y subestructura.
- Mayor tiempo en viaje en la sacada o bajada de tubería.
- Falta de Personal capacitado para operar y trabajar en el equipo de forma eficiente.

Algunas otras maniobras donde se necesita que el equipo trabaje eficientemente sin limitación de potencia; exceder las capacidades de los componentes del equipo por no tener un buen diseño antes de iniciar una campaña de perforación. Teniendo presente que todo los pozos no son iguales.

#### **1.4 Justificación**

El tema de investigación trata de dar los lineamientos para seleccionar los componentes óptimos de un Equipo de Perforación Rotaria que pueda operar con el mayor performance; tratando de generar lo mínimo posible de NPT (Tiempo no productivo) del equipo y del pozo durante todas las etapas de la perforación; disminuyendo los costos operativos. Para ello, los equipos deben tener la potencia, capacidad y flexibilidad para lograr de forma óptima los requerimientos tales como: los parámetro de perforación (Q, Psi, WOB, TQ, RPM), la bajada de revestimiento de forma segura, facilidades en la toma de registros, en la completación y prueba de pozo, así como una respuesta oportuna a otras maniobra y problemas que se pueda presentar en los pozos como pega de tubería, golpe de gas, sobre tensión, backreaming, pérdida de fluido etc. La selección óptima nos permitirá disminuir estos eventos no deseados en todas las etapas que involucra terminar el pozo de una manera segura.

Es importante seleccionar el Equipo adecuado de acuerdo a las diferentes condiciones de trabajo para mejorar las eficiencias y prolongar la vida útil del equipo, el cual garantice que las actividades descritas en dicho plan de pozo, tenga asegurado su proceso de ejecución operacional, contando para ello con los equipos acordes con su potencia y capacidad de respuesta.

Una de las consideraciones de mayor importancia, es que no se debe diseñar un pozo en función de los equipos disponibles, ni mucho menos de las prácticas y paradigmas que tenemos en mente encareciendo el costo del pozo y reduciendo la rentabilidad del mismo.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivos Generales**

Optimizar la selección de los componentes que conforman el Equipo de Perforación Rotaria cumpliendo con las necesidades de los pozos a perforar para un determinado proyecto.

### **1.5.2 Objetivos Específico**

- Identificar factores que determinan la capacidad y potencia del equipo de perforación.
- Identificar los componentes críticos que puedan limitar la operatividad del equipo de perforación durante la operación.
- Determinar los diferentes factores que influyen en la óptima selección de los componentes del equipo de perforación.
- Determinar la rentabilidad del Equipo de perforación a través del cálculo del costo de las diferentes tarifas.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Antecedentes

El antecedente más cercano son de las experiencias de los lotes 88 y 56 operados por Pluspetrol corporation, solo como referencia se ha considerado las características del Equipo de Perforación que actualmente viene perforando dichos lotes, el Equipo es propiedad de la Contratista Saxon, así mismo, es un equipo Helitransportable con las siguientes característica que se consiguió.

Profundidad	15000	Fts
Capacidad Cabria	1000	Mlbs
Potencia del Malacate	2000	Hp
Potencia de las Bombas	1600	Hp
Capacidad de Tanques	1989	Bbls
Múltiple de Estranguladores	5000	Psi

**Cuadro 2-1: Características del Equipo de la Empresa Saxon**

### 2.2 Marco Teórico

Un Equipo de Perforación está compuesto de muchos componentes individuales que combinados forma una unidad capaz de perforar un pozo; sin esta unidad no se podría perforar o revestir el pozo.

Se realizará la definición agrupando a estos componentes por Sistemas, de las cuales tenemos los siguientes:

- Sistema de Izaje
- Sistema de Rotación
- Sistema de Circulación
- Sistema de Control de pozo
- Sistema de Potencia

#### 2.2.1 Sistema de Izaje

La función del sistema de Izaje es proporcionar un medio para levantar y bajar la sarta de perforación, la tubería de revestimiento e bajar y sacar otras herramientas que van dentro del pozo. Los principales componentes son:

Mástil y Subestructura, Bloque Corona, Motón Viajero, Malacate, Cable de perforación, ancla de línea muerta.

Dos operaciones de perforación se realizan habitualmente con el sistema de elevación: la facilidad para realizar el enrosque y desenrosque de tubería, realizar los viajes (largo o cortos) dentro del pozo.

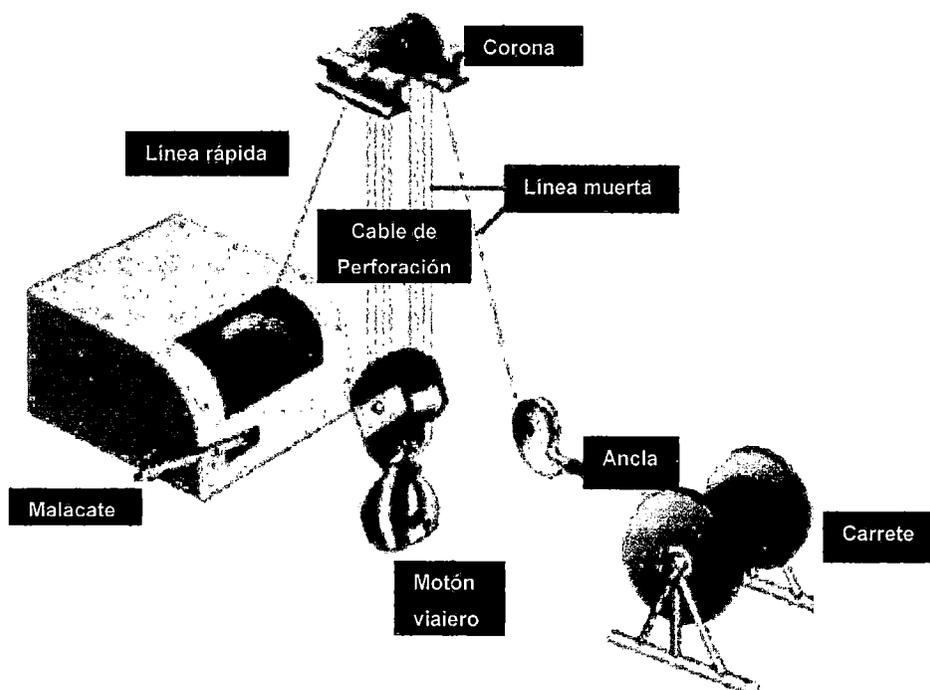


Figura 2-01: Esquema del Sistema de Izaje

A continuación describiremos los principales componentes que forman parte del Sistema de Izaje:

### 2.2.1.1 Mástil

El Mástil es una estructura de acero cuadrada o rectangular en sección transversal compuesta de varias secciones, ensamblado en posición horizontal cerca al suelo y luego es levantada a posición vertical.

El propósito del mástil es sostener los elementos de izaje, carga al gancho y la repisa de tubería; además, debe tener la suficiente altura y resistencia para ejecutar los servicios de una manera segura y eficiente; el número de barras paradas (doble o triple) que el equipo puede apilar en el mástil dependerá de la altura de la misma.

Los mástiles son construidos bajo la norma API 4F, esta especificación cubre el diseño, fabricante y uso del mástil.

Los mástiles más conocidos son: para Equipo en Tierra (*Land rig*), Equipos en plataforma marina (*Offshore rig*) y equipos de servicios de pozos; de este último son con Base estacionaria (Fig 2-2) y con cables contraviento (Fig 2-3).

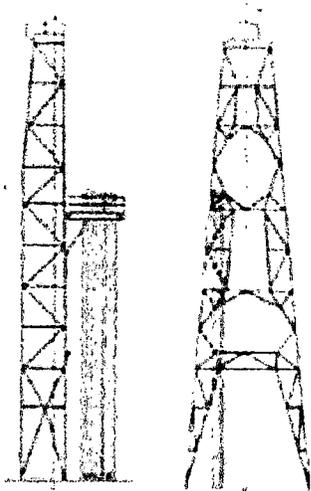


Figura 2-02: Mástil de Base Estacionaria

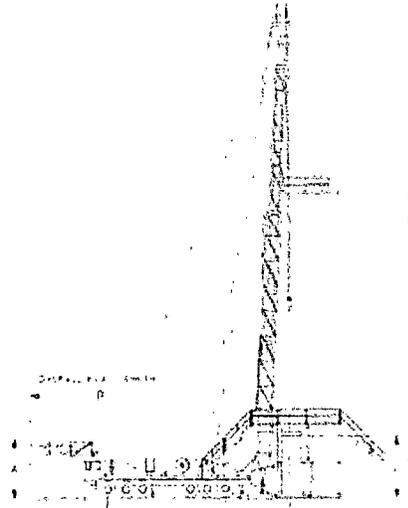


Figura 2-03 Mástil de Cables Contravientos

La información importante a conocer en un mástil son:

**Máxima Carga Estática al Gancho (Maximum Static Hook Load):** El mástil es diseñado para una capacidad de carga estática al gancho (HL), con un número de líneas específicas.

**Capacidad Nominal Bruta (Gross Nominal Capacity):** Esta capacidad nominal representa la resistencia del mástil como "Estructura Metálica" capaz de soportar cargas.

Por lo tanto tenemos las siguientes formulas aplicadas al mástil:

Tensión en línea rápida  $LR = \frac{L}{N * Ef}$  Fórmula # 01

Tensión en línea muerta  $LM = \frac{L}{N}$  Fórmula # 02

Carga sobre el mástil:  $= L + \frac{L}{N * Ef} + \frac{L}{N}$  Fórmula # 03

Carga Máxima sobre el mástil= 4\*(Cargas que actúan sobre la pata A)

$$F_{de} = \left( \frac{N+4}{N} \right) L \quad \text{Fórmula \# 04}$$

Máxima Carga Estática al Gancho:(HL)

$$HL(lb) = Wsarta \text{ en hoyo} + Wtd + Wtb + OP \quad \text{Fórmula \# 05}$$

Wsarta en hoyo: peso de toda la sarta dentro del pozo

Wtd: Peso del Top drive

Wtb: Peso del motón viajero

OP: Sobre tensión (*over pull*)

Nota: El máximo de valor de HL es igual al L

Capacidad Nominal Bruta del Mástil: (GNC)

$$GNC = \left( \frac{N+4}{N} \right) * HL \quad \text{Fórmula \# 06}$$

$$\text{Eficiencia del mástil: } = \left( \frac{Ef * (N+1) + 1}{Ef * (N+4)} \right) \quad \text{Fórmula \# 07}$$

Por Norma: La capacidad nominal del mástil debe ser mayor que las cargas que actúan para que no colapse la estructura.

Es decir que actúan 04 fuerzas

Luego: Capacidad nominal > L + L/N+ L/(NxEB) + FW Fórmula # 08

### **2.2.1.2 Subestructura**

La subestructura tiene la función de soportar el mástil, malacate, mesa rotaria, la tubería parada en barras, todo el revestimiento sentado en cuñas. La parte alta es llamada mesa de trabajo; también nos provee la altura necesaria para montar el conjunto de control de pozo.

La subestructura está construida bajo la Norma regulada por el API RP 4E o 4F.

Los datos más importantes en la subestructura son:

- a) Altura
- b) Máxima carga estática en mesa rotaria
- c) Máxima carga estática en el setback

#### **Carga que soporta la subestructura:**

- Peso del mástil
- Mesa de trabajo y componentes
- Peso máximo de las tubería en barras en el setback
- Máxima carga estática

#### **Tipos de subestructura:**

Los equipos terrestres están diseñados para realizar trabajos de armado, movimiento y armado de equipo con mayor frecuencia.

Existen tres tipos principales:

- Tipo cajón en cajón
- Tipo de Swing lift
- Tipo Slingshot

#### **Subestructura tipo de cajón en cajón (box and box):**

Los diferentes módulos o cajones son ubicados para elevar la mesa de trabajo.

El número de cajones dependerá de la altura requerida para instalar el cabezal del pozo y el BOP.

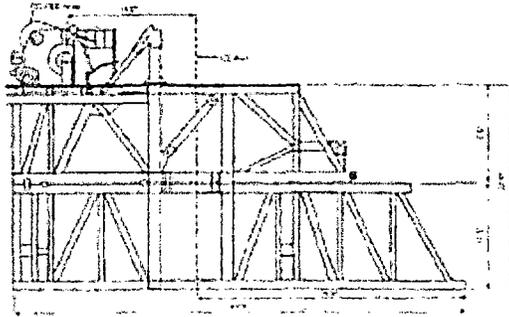


Figura 2-04: Subestructura Tipo Box and Box

### Subestructura tipo Swing lift:

Estos se han desarrollado para dar cabida al conjunto de BOP y cabezales de pozos más altos; A un que cada constructor tiene su propio modelo, todos ellos tienen las siguientes características: Habilitan el armado del malacate y la torre en el nivel del suelo lo que elimina la necesidad de usar grandes grúas, utiliza el malacate del equipo para elevar el piso y torre de perforación (algunos modelos usan pistones hidráulicos); en este modelo las patas del mástil van desde el nivel del suelo.

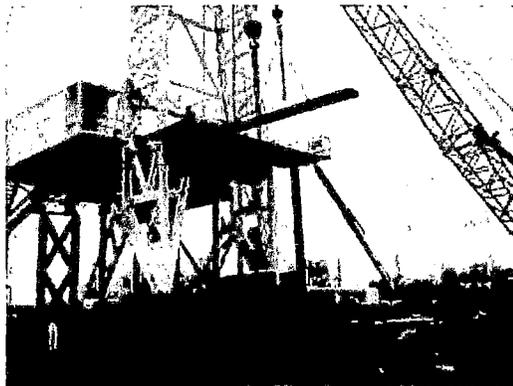


Figura 2-05: Subestructura Tipo Swing lift

### Subestructura tipo Slingshot

En este tipo de subestructura, lo primero que se arma es la subestructura y luego el mástil, y lo primero que se levanta es el mástil con la ayuda del malacate, posteriormente se levanta la subestructura con la ayuda de dos winches hidráulicos operados por el mecánico desde una unidad hidráulica.

El levantamiento es lento debido a que tiene un gran carga encima que es el mástil de forma vertical.

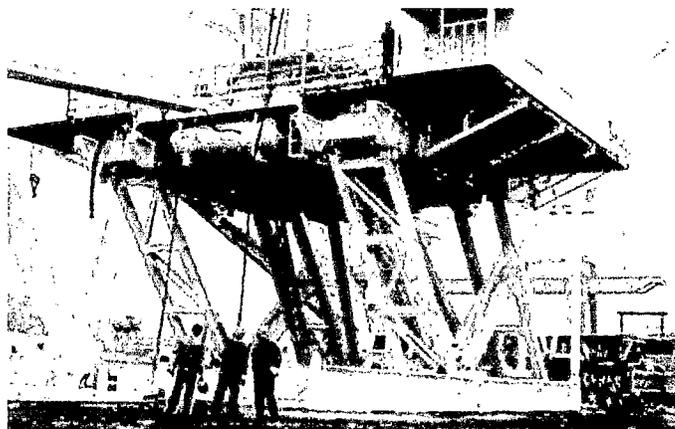


Figura 2-06: Subestructura Tipo Slingshot

### 2.2.1.3 Corona (Crown Block)

La corona está ubicada en la parte superior del mástil, formados por un conjunto de poleas fijas en las cuales se enrolla el cable de perforación. Este conjunto de poleas se usa para obtener una mayor ventaja mecánica y reducir la fuerza requerida en subir o bajar los enormes pesos que representan la sarta de perforación, la corrida de casing y las maniobras de sobre tensión (stuck pipe). El número de poleas utilizadas dependerá de la operación a realizar, no en todos los pozos se puede usar el mismo número de poleas; Este conjunto de poleas da movilidad al block viajero.



Figura 2-07: Bloque Corona

### Combinación de poleas:

El número de poleas y arreglo del cable a través de ellos son importantes. Un fenómeno del sistema de aparejo de poleas es que la carga real en la estructura es mayor que el peso real levantado.

Análisis de esfuerzos en el mástil:

- El número de poleas tanto del bloque corona y el motón viajero puede estar en el rango de 5 hasta 8 y está en función de la capacidad del sistema de izaje.
- La capacidad del bloque corona debe ser mayor a la del motón viajero.
- El diámetro y la garganta de la polea depende del diámetro del cable de perforación en uso.

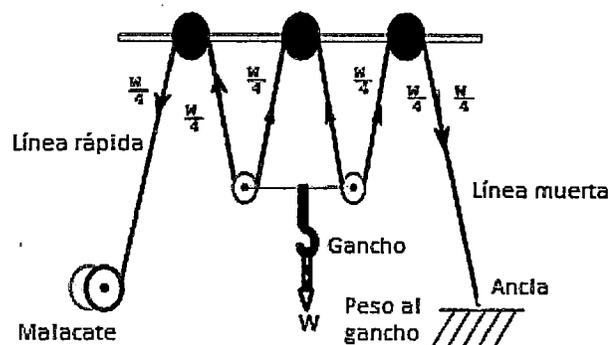


Figura 2-08: Esquema de Distribución de carga en Poleas

El conjunto de poleas móviles tienen un rendimiento efectivo de:

$$\text{Eficiencia Poleas } (E) = \frac{(K^N - 1)}{N(K - 1)K^N} \quad \text{Fórmula \# 09}$$

K: 1.04 (Rodillo)

N: Número de líneas entre el travelling block y corona

Haciendo el cálculo para de eficiencia por número de poleas tenemos el Cuadro 2-02.

Números de Poleas	Factor de Eficiencia
n	E
6	0.874
8	0.841
10	0.810
12	0.770
14	0.740

Cuadro 2-02: Factor de Eficiencia de las Poleas

#### 2.2.1.4 Motón Viajero (*Travelling Block*)

EL Motón Viajero, es un conjunto de poleas móviles el cual se desliza verticalmente dentro de la torre o Mástil a través del cable de perforación el cual pasa por las poleas del bloque corona y a través de las poleas de motón viajero, esto proporciona una gran ventaja mecánica al cable de perforación, lo que le permite levantar cargas pesadas como la sarta de perforación y la tubería de revestimiento, la construcción esta echa en base a la norma API Spec. 8A y 8C.

Existen dos modelos de aparejo:

- Tipo compacto (tipo G) (Aparejo/gancho unificado)
- Tipo simple (tipo H) (Aparejo sin gancho)



Figura 2-09: Motón Viajero  
Unificado



Figura 2-10: Motón Viajero  
Individual

Teniendo la velocidad de maniobra y el peso de la herramienta, se calcula la potencia al gancho de la siguiente manera:

$$\text{Potencia del gancho (HP)} = \frac{HL \times \text{Vel de Maniobra}}{33,000} \quad \text{Fórmula \# 10}$$

Dónde:

$$HL(lb) = W_{\text{sarta en hoyo}} + W_{td} + W_{tb} + OP, \quad \text{Fórmula \# 05}$$

33,000= factor de conversión

Vel. de Maniobra= Velocidad a la cual se saca o baja la herramienta

### 2.2.1.5 Ancla de la Línea Muerta

Sirve para fijar la línea muerta que viene del block corona, en la cual se instala un sensor donde va el indicador de peso, también permite el suministro de cable de perforación cada vez que se requiera correr y/o cortar el cable desgastado.

La práctica de deslizar y cortar ayuda a incrementar la vida útil del cable de perforación.

**Como se diseña un ancla:**

- Tamaño del equipo
- Capacidad del mástil
- Modelo de ubicación derecha o izquierda
- Diámetro del cable de perforación
- Número de líneas
- Tensión en la línea muerta

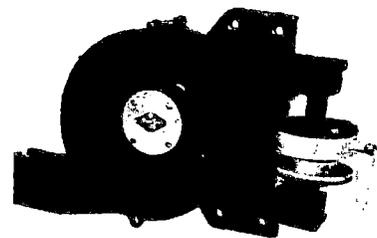


Figura 2-11: Ancla de Línea Muerta

Para determinar la Tensión en la línea muerta se usa la siguiente formula

$$\text{Tensión en línea muerta} \quad LM = \frac{L}{N} \quad \text{Fórmula \# 11}$$

Con este valor se selecciona el ancla adecuada.

### 2.2.1.6 Cable de Perforación (*Drilling line*)

El cable de acero es la agrupación de alambres de características especiales, ordenados en cierta forma o construcción, para obtener una combinación de resistencia, flexibilidad y seguridad en un trabajo específico.

Los componentes básicos del Cable de Acero son: alambres, los torones y el alma.

El cable de perforación se fabrica acorde al API 9A y API RP 9B

Parámetros para la elección del cable de perforación:

- Diámetro del cable
- Resistencia a la ruptura
- Flexibilidad
- Elasticidad
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la fatiga

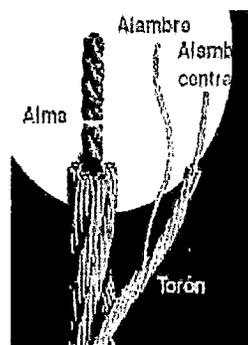


Figura 2-12: Cable de Perforación

### Calidad de Acero para la fabricación de Cables

DESCRIPCION	RESISTENCIA
ACERO TRACCION (AT)	1215 N/mm <sup>2</sup> (120)
ACERO DE ARADO (AA,PS)	1570 N/mm <sup>2</sup> (160)
ACERO DE ARADO MEJORADO(IPS)	1770 N/mm <sup>2</sup> (170)
ACERO DE ARADO EXTRA MEJORADO(EIPS)	1960 N/mm <sup>2</sup> (200)

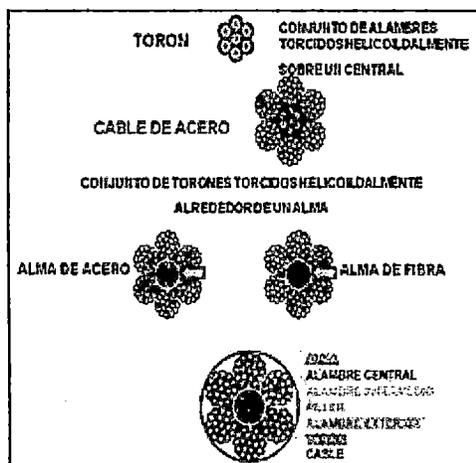


Figura 2-13: Composición del Cable de Perforación

### Ejemplo de Nomenclatura

#### **1 3/8" x 5000' 6 x 19 S PFR RRL IPS IWRC**

1 3/8" = Diámetro

5000 pies = Longitud del cable

6 = Número de torones en cable

19 = Número de alambres por torón

S = Todas las capas contiene el mismo número de alambre

PRF = Alambre preformado

RRL = Trama derecho

IPS = Acero de arado mejorado

IWRC = Alma ce acero

Abreviaciones y Definiciones más comunes usados en cables de perforación:

- W= Warrington; la capa externa o interna (combinaciones) tiene alambres alternados de diferentes diámetros
- S = Seale; todas las capas contienen el mismo número de alambres, generalmente de diámetros diferentes (el externo es mayor)
- WS= Warrington-Seale; Torón mezclado, Seale externamente y Warrington en internamente
- FW=Filler Wire ; las capas internas son rellenas con alambres
- PS= Plow Steel ; acero de arado
- IPS= Improved Plow Steel; acero de arado mejorado
- EIPS= Extra Improved Plow Steel; acero de arado extra mejorado
- PF=Performed; alambres preformados
- NPF= Non performed; alambre no performado
- RL=Right lay; Trama derecha
- LL=Left lay; Trama izquierda
- FC=Fiber core; Alma de fibra
- IWRC= Independent Wire Rope Core; Alma de acero

El cable de perforación seleccionado para la operación tiene que tener un factor mínimo de seguridad recomendado por el API RP9.

Operación	Factor mínimo de diseño
Cable – tool line	3
Cable en unidad de registros	3
Cable de perforación rotaria	3
Cable de perforación cuando se está bajando revestidor	2
Tensionar en una pega de tubería y operaciones similares no frecuentes	2
Cable para levantar y bajar mástil	2.5

Cuadro 2-03: Factor de Seguridad Para Cable de Perforación

Calculo del factor de seguridad

$$\text{Factor de Seguridad (FS)} = \frac{Rt}{LR}$$

Fórmula # 12

- $Rt$ =Resistencia mínima de ruptura (catálogos)
- $LR$ = Tensión de Trabajo (max) en la línea rápida (lb)

### Especificaciones de Cable de Acero

Por su resistencia a la abrasión el cable de acero es usado principalmente como cable de perforación de pozos petroleros.

Según recomendación del IADC y Norma API RP-9B, los cables de Perforación para equipos rotaria de gran capacidad pueden ser:

- Para pozos poco profundos: 1" to 1 1/8"
- Para pozos profundos: 1 1/4" to 2"
- Arreglos recomendados: 6x19 S ó 6x21 ó 6x25
- Tipos: FW,RRL, IPS or EIP, IWRC

### Construcción 6 x19 Seale

- Alma de Acero
- Serie: 6x19, alma de acero
- Acero arado mejorado

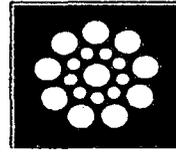


Figura 2-14: Arreglo tipo Seale, 19 alambres (1-9-9)

### Nota:

- Se debe tomar en cuenta el tiempo de trabajo y uso para proceder a cambiarlo.
- El desgaste del cable es determinado por el peso, distancia y movimiento.
- El cable es un elemento de transmisión entre el sistema de potencia y el trabajo de levantamiento del motón viajero. Este cable se enrolla y desenrolla sobre el carrete principal del malacate para operar el sistema de poleas de la corona, en esta operación el cable se somete a condiciones muy severas, más que cualquier elemento del sistema de izaje.

#### 2.2.1.7 Malacate (*Drawwork*)

El Malacate es uno de los componentes más importante del equipo de perforación; suministra la potencia al sistema de izaje, permite maniobrar la carga a una determinada velocidad de maniobra, la capacidad del equipo se limita a la carga que el malacate puede levantar y sostener con seguridad.

El malacate es construido bajo las norma API spec 7K.

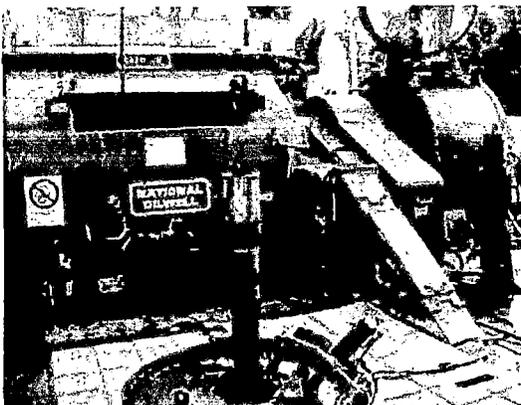


Figura 2-15: Malacate

El malacate da la capacidad y nombre al equipo de perforación rotaria; puede tener motores mecánicos o eléctricos. En este caso se analizará los tipos eléctricos, debido a que los mecánicos son usados en equipos de Workover y Pulling.

La potencia requerida en el malacate será calculada de la siguiente manera:

Potencia de entrada (input)

$$Potencia\ Entrada\ (HP) = \frac{Potencia\ malacate\ (HP)}{EF_{mec}} \quad \text{Fórmula \# 13}$$

Potencia de salida (output)

$$Potencia\ Malacate\ (HP) = \frac{Potencia\ Gancho\ (HP)}{EF_{poleas}} \quad \text{Fórmula \# 14}$$

Dónde:

$EF_{poleas}$ : Eficiencia de las poleas

$EF_{mec}$ : Eficiencia mecánica puede variar desde 80% si es mecánico a 90% si es eléctrico (promedio considerando las pérdidas en la cadena, transmisión, rozamiento en otros componentes).

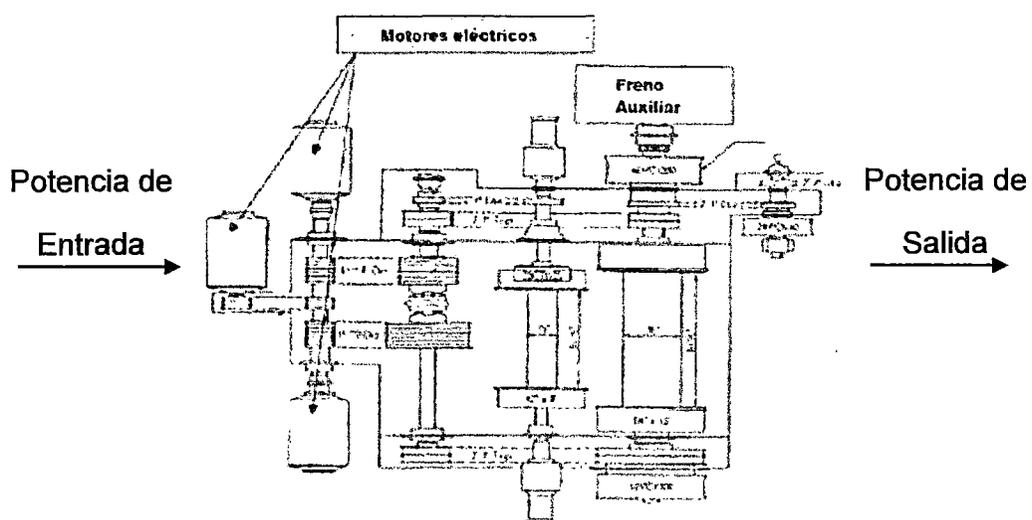


Figura 2-16: Potencia de Entrada y Salida en Malacate de 3000 HP

Carga Máxima de Maniobra del Malacate:

$$Carga\ Máxima = \frac{Potencia\ del\ Malacate}{Velocidad\ de\ Izaje} \times 33,000 \quad \text{Fórmula \# 15}$$

Los principales componentes del malacate son:

- a) Tambor
- b) Cabezas de gatos
- c) Sistema de Frenos
- d) Frenos auxiliares.

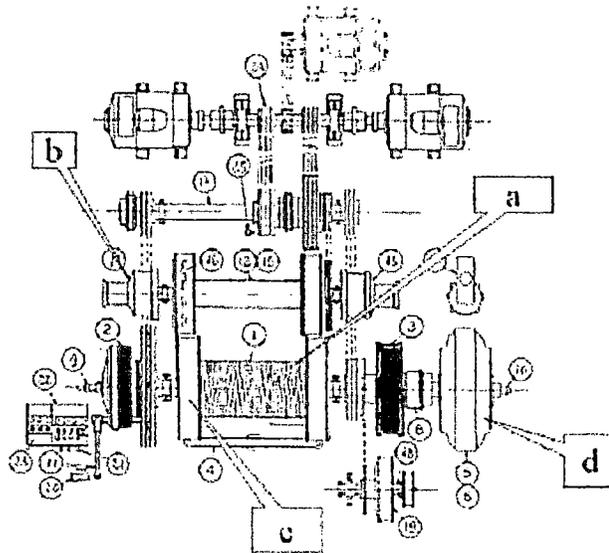


Figura 2-17: Componentes del Malacate

### Frenos auxiliares del cuadro de maniobra

Cuando la bajada de herramienta registra un excesivo peso en el indicador de peso, la herramienta tiende a acelerar en caída libre, por lo que el perforador exige a los frenos, calentándose en exceso las llantas de frenado, ahí es donde entra a tallar el freno auxiliar del malacate.

La función de un freno auxiliar son las siguientes:

- Se usan en el malacate para disminuir la velocidad de descenso del motón viajero cuando se bajan cargas pesadas.
- Estos frenos, garantizan que esta carga baje con lentitud, suavidad y reducen el desgaste en los frenos principales.
- Controlan los deslizamientos antes de accionar el freno de fricción para detener el motón viajero completamente.

Estos frenos auxiliares no detienen totalmente el movimiento del tambor, sí no, son para anular el efecto de aceleración en la caída (Inercia).

Una vez vencida la inercia, se consigue detener totalmente la carga con el freno principal del equipo.

Existen tres tipos de frenos auxiliares:

- Hidrodinámico
- Electromagnético
- Neumático

En esta oportunidad se analizarán los frenos auxiliares más usados en equipos de perforación de gran capacidad: Electromagnético y Neumático.

### **Freno Electromagnético**

Consta de una armadura de acero en forma de tambor, o cilindro, que gira en un campo magnético producido por electroimanes que rodean el tambor.

Para que ocurra el frenado parcial, el campo magnético de los electroimanes reacciona con los campos magnéticos estacionarios del tambor (ferromagnético) que rota, apareciendo una corriente que opone resistencia al movimiento del tambor.

Al no haber contacto entre el tambor en movimiento y los elementos estacionarios no hay superficies de desgaste a excepción de los rodamientos que sostienen el eje del tambor.

Cuando una corriente continua pasa a través de las bobinas del electroimán, se genera el magnetismo.

La reacción que se crea entre los dos campos cuando el freno funciona desarrolla calor, debido a que el calor puede producir desgaste al aislante eléctrico y la dilatación de la parte metálica, este calor debe dispersarse rápidamente, para lo cual se circula agua por el freno.

Las partes importantes del Freno Electromagnético son:

- Tambor
- Bobina de campo
- Polos magnéticos
- Caja
- Eje

- Agujeros de inspección
- Caja de empalmes

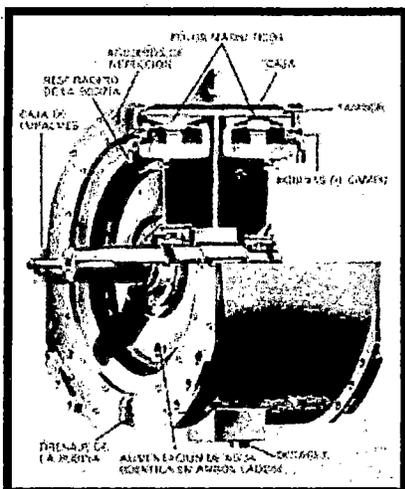


Figura 2-18: Freno Electromagnético

### Freno Neumático

Este freno está acoplado al eje del tambor del malacate con un acoplamiento orientado hacia el eje del embrague de alta.

El freno neumático conocido como Wichita consta de platos de fricción accionados por aire; La aplicación de presión de aire hace que el actuador sujete los discos de fricción rotativa entre las camisas estática donde circula el agua. Variando el aire a presión que se aplica regula el torque de frenado.

El torque máximo de frenado se ajusta a la capacidad del malacate.

El freno auxiliar neumático (Wichita) se compone de lo siguiente:

- Una base para el montaje
- Frenos o platos de fricción
- Eje principal
- Sistema de distribución para el enfriamiento por agua
- Instrumentación
- Protector



Figura 2-19: Freno Neumático

## 2.2.2 Sistema de Rotación

Es aquel sistema que hace girar la sarta de perforación y permite el avance de la broca desde la superficie a la profundidad programada.

Dentro de los componentes de este sistema se tiene: Top drive, Mesa rotaria, sarta de perforación (tubería de perforación, tubería pesada y tubería extra pesada) todo estos como componentes principales del sistema de rotación.

### 2.2.2.1 Top Drive (TD)

El top drive ha sido una de las mejores innovaciones en el campo del petróleo en los últimos años.

Las principales ventajas y funcionamiento del Top drive son:

- Cumplir con la capacidad requerida en el sistema de izaje
- Rotar la sarta de perforación.
- Permitir la circulación a través de la sarta de perforación.

La mayoría de equipos de perforación hoy en día están equipados con el Top Drive.

Ventajas del Top drive:

- Con el TD se puede enroscar y desenroscar las conexiones de los tubos en forma directa sin el empleo de las llaves de fuerzas y cadena de maniobra.
- La elevadora puede operarse hidráulicamente para moverla hacia el engrampador y así maniobrar la tubería de manera segura.
- En las operaciones de control de pozo, con el TD aumenta la seguridad del pozo al reducir el desgaste del BOP al permitir que esta selle alrededor de un tubo.
- Es posible conectarse a la tubería de perforación en cualquier nivel de la torre para circular los fluidos de perforación.
- Permite la rotación y circulación inmediata cuando se encuentra problemas en el hoyo.

- Forma segura y fácil de aplicar, en forma simultáneo, la torsión y tensión que se requiere en las operaciones de punto libre y desenroscado de la sarta.
- Se puede repasar hacia arriba (back reaming) sin limitaciones. Esta maniobra con vástago y cuñas presenta riesgos para el personal que maniobra las herramientas.
- Rotación y Circulación continuas durante el movimiento de la sarta de perforación.
- Reduce el tiempo en aquellas funciones que no sean de perforación. Permanece mayor parte del tiempo perforando. Menos tiempo en las conexiones, viajes, tomando registros direccionales, repasando.
- Si la estabilidad del pozo lo permite, se puede realizar conexiones en el fondo durante la perforación direccional, eliminando así la necesidad de re-orientar la cara de la herramienta direccional después de cada nueva conexiones.

#### **Los componentes principales del Top Drive son:**

- Motores de perforación de corriente alterna
- Sistema de enfriamiento del motor
- Caja de transmisión / motor (cuerpo principal)
- Unión giratoria
- Sistema de contrapeso
- Carro y viga de guía
- Sistema de control hidráulico
- Pipehandler (IBOP y sujetador de torsión)
- Consola del perforador

Para determinar el tipo de top drive (TD) que se va a usar en la operación, es necesario conocer: peso máximo de la sarta, peso máximo del revestimiento que se va a bajar en el pozo, parámetros de perforación como las revoluciones y torques en superficie durante los diferentes tramos, con estos datos procederemos a seleccionar el TD para nuestro equipo.

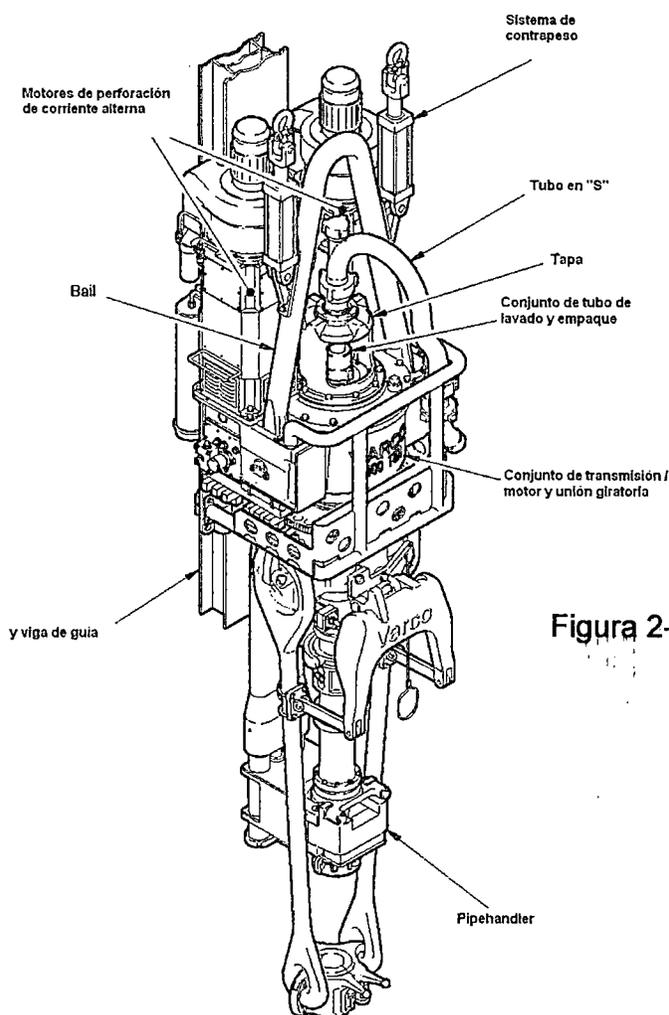


Figura 2-20: Top Drive

### 2.2.2.2 Mesa Rotaria

La mesa rotaria tiene específicamente dos funciones principales, por medio de las cuñas soporta el peso de la sarta de perforación y revestimiento suspendida en el pozo mientras se enrosca o desenrosca tubería; además transfiere rotación a la sarta de perforación y a través de esta a la broca.

La mesa rotaria puede funcionar con motor independiente o puede ser acoplado al malacate.

Dentro de los accesorios podemos mencionar al buje maestro que es el asiento extendido para las cuñas, se encuentra seccionado en dos partes con perfil cónico interior y molde cuadrado de tracción en el exterior superior.

Los diámetros estándar de las mesas rotarias son: 10  $\frac{3}{4}$ ", 17  $\frac{1}{2}$ ", 20  $\frac{1}{2}$ ", 23", 27  $\frac{1}{2}$ ", 37  $\frac{1}{2}$ ".

### Cálculo de la Potencia Rotaria (*Para Top Drive y Mesa Rotaria*)



Figura 2-21: Potencia de Entrada y Salida en Mesa Rotaria

#### Potencia de Salida

$$Potencia Rotaria (HP) = \frac{Torque Superficie (lb - pies) \times \#Vuelatas (rpm)}{5250}$$

Fórmula # 16

#### Potencia de Entrada para la Mesa Rotaria

$$Potencia Entrada (HP) = \frac{Potencia Rotaria (HP)}{EFmec}$$

Fórmula # 17

EF mec: 85% a 90%

#### Potencia de Entrada para Top Drive

$$Potencia Entrada (HP) = \frac{Potencia Rotaria (HP)}{EFmec \times EFelec}$$

Fórmula # 18

EF mecánica: 85% a 90%

EF eléctrica: 90% a 95%

#### 2.2.2.3 Sarta de Perforación

Está compuesta principalmente de: tubería de perforación (*Drill pipe, DP*), tubería pesada llamada botella de perforación (*Drill collar, DC*), y tubería extra pesada (*Heavy weight drill pipe, HWDP*).

Función de la sarta de perforación:

- El lodo circula a través de la sarta de perforación.
- Transmite la potencia rotaria a la broca para poder perforar.
- La sarta provee energía a la broca para que perfora tal como Potencia en carga axial, Potencia radial, Potencia hidráulica.

### 2.2.2.4 Tubería de Perforación (*Drill Pipe*)

Es la que constituye la mayor parte de la sarta de perforación y que generalmente está en tensión, esta tubería tiene una vida relativamente corta por lo que es importante un adecuado cuidado y selección; la parte más débil de la tubería es el cuerpo, siendo la tubería de perforación la más débil de toda la sarta.

Por otra parte, está compuesto de dos partes: cuerpo y uniones

**Cuerpo:** Parte central

Las tuberías de perforación están fabricadas bajo las normas API 7, API 5D

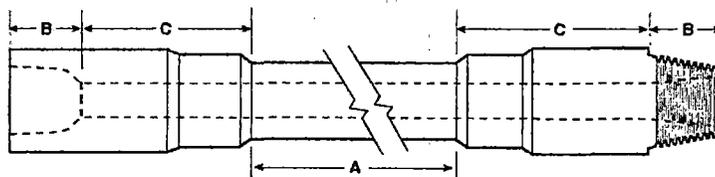


Figura 2-22: Tubería de Perforación

Existen cinco calidades de acero con resistencias desde 55,000 hasta 135,000 lb/pulg<sup>2</sup>; El grado de aceros de los tubos son: E-X-G-S, estos grados van aumentando las propiedades desde la E a la S, y corresponden a Máxima esfuerzo de fluencia, las cuales son:

E-75 : 75,000 lb/pulg<sup>2</sup>

X-95 : 95,000 lb/pulg<sup>2</sup>

G-105: 105,000 lb/pulg<sup>2</sup>

S-135: 135,000 lb/pulg<sup>2</sup>

Los diámetros más usados en DP son: 3 1/2", 5", 5 1/2", 5 7/8", 6 5/8".

**Margen de Sobre Tensión:** Es una propiedad del DP para poder trabajar bajo tensión.

Cálculo del Margen de sobre tensión (MST) de la tubería de perforación

$$MST (lbs) = Rt \text{ min } xFS - Wsarta \text{ en hoyo}$$

Fórmula # 19

Dónde:

Rt min: Resistencia mínima a la tensión (ver TH Hill 2da edición)

FS: Factor de seguridad: 85% (ver TH Hill 2da edición)

En la gráfica Fig 2-23, se ve claramente que la tensión en la tubería es un factor importante, debemos siempre trabajar en la zona de deformación plástica evitando exceder estos valores de resistencia a la tensión, para esto realizamos el cálculo de MST de la tubería de perforación.

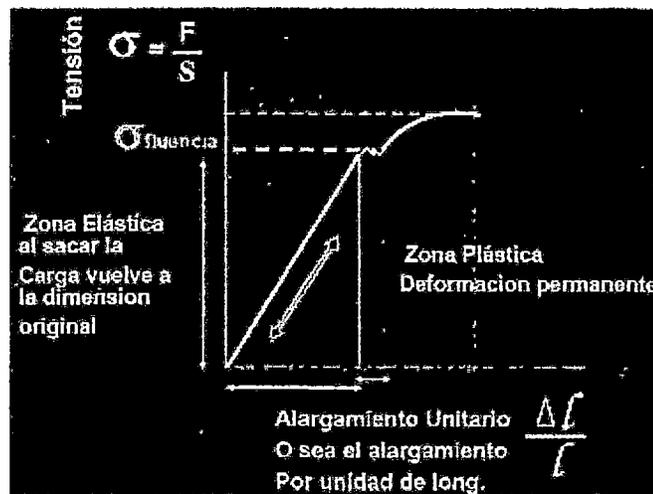


Figura 2-23: Deformación de la Tubería de Perforación

Nota: Para el cálculo de MST de la tubería, se trabajara con la clase Premium.

### Uniones de roscas (*Tool joint*)

Son Conexiones soldadas por un proceso de fricción provocado por la rotación del tubo y aplicación de presión contra la unión a cada extremo del cuerpo del tubo, una es caja y el otro es macho, ambos tienen roscas.

Debe coincidir el diámetro interno de la unión y del tubo; debe tener suficiente pared para hacer el proceso de soldadura.

Existe una transición llamada recalque entre el cuerpo de tubo y de las uniones:

Estas transiciones pueden ser:

- Recalque interno

- Recalque externo
- Recalque interno-externo

Este tipo de calque se encuentran en las Tuberías grado X95 G105, S135

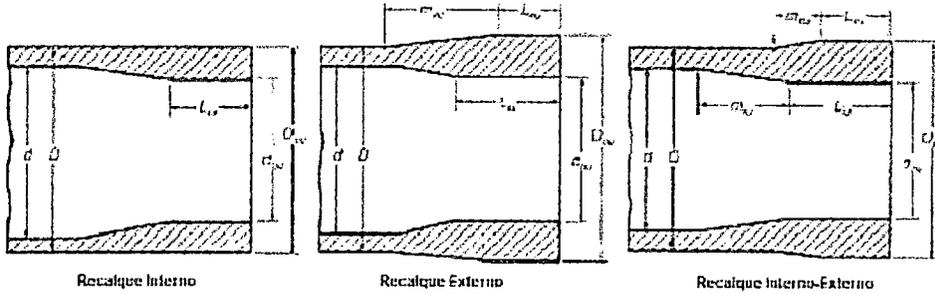


Figura 2-24: Tipos de Recalque

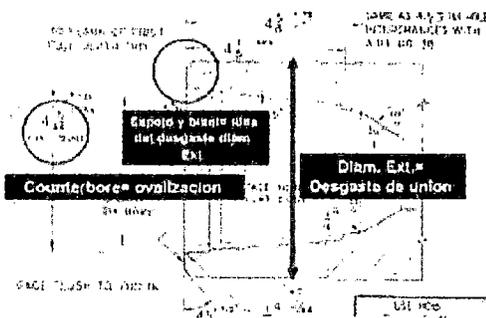


Figura 2-25: Conexión Hembra

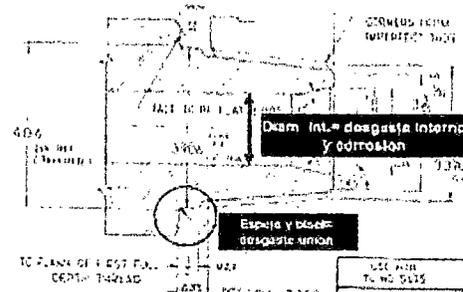


Figura 2-26: Conexión Macho

Las uniones roscadas (tool joints) existen en diferentes conexiones entre las cuales tenemos:

Items	Conexión	Items	Conexión
1	NC26 (2 3/8 IF)	7	5 1/2 FH
2	NC31 (2 7/8)	8	TSDS55
3	NC38 (3 1/2 IF)	9	DP2S55
4	NC40 (4 FH)	10	XT55
5	NC46 (4 IF)	11	DP2S65
6	NC50 (4 1/2 IF)	12	6 5/8FH

Cuadro 2-04: Tipos Conexión de Tubería de Perforación

**Plastificado interno del tubo (internal plastic coating)**

Los tubos se plastifican para prevenir la corrosión interna del tubo.

Se hace con un material especial, es una resina TK34 (Epoxi-fenólico).

#### Beneficios:

- Mejora eficiencia hidráulica
- Proteja de la corrosión por picadura
- Prolonga la vida útil de tubo de perforación tres o cuatro veces en comparación con los tubos sin protección
- Puede trabajar con una amplia variedad de lodo y en condiciones geotermales
- Permite una reducción entre el 10% y 25% en fricción a través de la sarta de perforación.
- Se puede usar en lodo sintético

#### Algunas condiciones en la que se pierde el recubrimiento interno:

- Los daños en el recubrimiento aumenta la velocidad de la corrosión en esa área por electroquímica, y relación de áreas expuestas.
- Se daña en la zona de cuñas por mal asentamiento o por mal estado de cuñas, bujes, o mordazas incorrectas.
- Se daña en lugares fijos por filtros de direccionales.
- Se daña en las bocas de los pin (por daño mecánico)
- Se daña por esfuerzos mecánicos durante el manipuleo, en las desarmadas, estibados, etc.

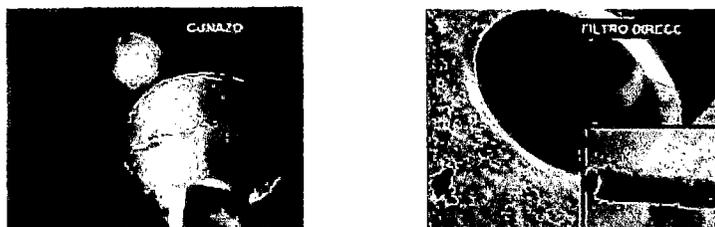


Figura 2-27: Plastificado Interno de Tubería

#### **Banda Dura (*Hardbanding*)**

Es un aporte de material duro, aplicado para impedir la pérdida de diámetro exterior de las uniones (tool joints) por desgaste.

Puede ser de varios tipos, según el material y el espesor de aporte.

Hay dos tipos básico de aporte según el material:

- Aportes de Carburo de Tungsteno, granos de distintas granulometría, muy dura y abrasivo; no usar en tuberías muy extensas.
- Aporte de materiales "soft", Arnco 200, Armacor, etc; material más homogéneo, no tan abrasivo, siempre es requerido para usar en tuberías largas intermedias.



Figura 2-28: Aplicación de Banda Dura

Las bandas duras más usadas en la industria de la perforación son: TCT Titanio, Armacor M, Arnco 300XT, Pinnchrome X 38; cada uno de estas bandas duras tiene características diferentes de dureza, composición química que son aplicables a diferentes tipos de formaciones o desgastes que serán sometidos durante la operación.

Producto	Desgaste de casing	Factor de fricción	Desgaste de la junta en casing	Desgaste de la junta en hueco abierto
Armacor M	***	****	****	***
Arnco 100XT	****	**	****	*
Arnco 300XT	****	**	****	****
Pinnchrome X38	***	*****	****	***
TCS 8000	***	***	*	**
TCS Titanium	***	***	****	Ver nota
Hughes Smooth X	*	*	****	****
Bare TJ Steel	*	*	****	****

Cuadro 2-05: Comparación de Valores de Dureza de Bandas Duras

Nota: Cuadro comparativo recopilada de la Cia NOV.

### 2.2.2.5 Tubería Extra Pesada (*Heavy weight drill pipe*)

Forma parte de la sarta de perforación, va ubicada entre la tubería y botellas de perforación, tiene las mismas conexiones y el mismo diámetro que la tubería de perforación.

Su función es de:

- Crear una reducción gradual de rigidez entre BHA y la tubería de perforación.
- Reducir el esfuerzo de fatiga entre la botella y la tubería de perforación.
- Reduce la fricción en las paredes en pozos verticales con alto revoluciones.
- Reduce la fricción en las paredes en pozos desviados.
- Tiene las mismas dimensiones que la tubería de perforación, evitando el cambio de herramientas durante la sacada y bajada de la sarta de perforación.
- Tiene un recalcado central que protege al cuerpo del tubo del desgaste por la abrasión, esta sección recalcada actúa como un centralizador y contribuye a una mayor rigidez, y resistencia de la tubería.
- Evita la pega diferencial de la tubería.



Figura 2-29: Tubería Extra pesada (HWDP)

#### **2.2.2.5 Botella de Perforación (*Drill Collar*)**

Las botellas forman parte de la sarta de perforación que provee peso a la broca cuando se está perforando.

Las botellas son de paredes gruesas, tubos huecos mecanizados a partir de barras solidas de acero (por lo general al carbono)

El diámetro exterior puede ser maquinado con ranuras helicoidales (Espiral) para reducir una pega por diferencial.

### Funciones:

- Proveer el peso sobre la broca (WOB)
- Mantiene a la tubería de perforación en tensión.
- Prevenir el pandeo de la sarta de perforación.
- Proveer el efecto de péndulo para la perforación de agujeros rectos.

Actualmente se tienen en uso dos tipos de drill collar:

- Acabado liso. Este acabado se denomina convencional, ya que trae la forma tal y como sale de la fábrica, satisface todos los requisitos nominales.
- Acabado espiral. Reduce el área de contacto entre los drill collar y la pared del pozo, evitando con esto pegaduras por presión diferencial en agujero abierto.

Ambos tipos con o sin receso para cuñas y/o elevadora.

El espiral disminuye el área expuesta a la pared del pozo y la posibilidad de pegarse, la desventaja es que "pierde" peso útil por el maquinado, esto es entre un 4 o 6% más liviano que una botella de igual diámetro.

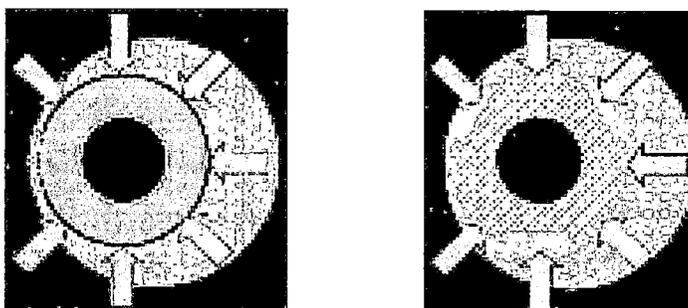


Figura 2-30: Perfil de Botellas de Perforación Lisas y Espiral

Diámetro Exterior	9 1/2"	8"	6 3/4"	4 3/4"
Diámetro Interior	3"	2 13/16"	2 13/16"	2 1/4"
Conexión	7 5/8 reg	6 5/8 reg	4 1/2 IF=NC50	3 1/2 IF=NC38

Cuadro 2-06: Tipos de Conexiones de las Botellas de Perforación

### 2.2.3 Sistema de Circulación

La principal función del sistema de circulación es de hacer circular el fluido de perforación hacia el interior y fuera del pozo con el propósito de remover los recortes de roca del fondo del pozo a medida que se perfora, además de proveer un medio para controlar el pozo y las presiones de formación mediante el fluido de perforación.

En esta oportunidad básicamente se describirá los componentes que forman parte del sistema de circulación de alta presión en superficie.

De las cuales tenemos los siguientes componentes:

- Bombas de Precarga
- Bombas de Lodo
- Líneas de Alta
- Manifold de Bombas
- Manifold de Stand Pipe
- Stand pipe
- Manguerote

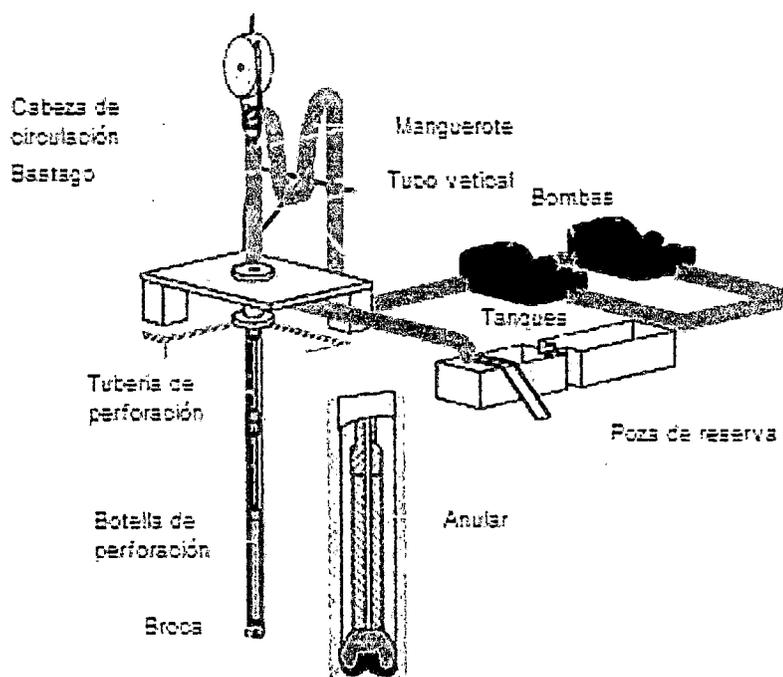


Figura 2-31: Sistema de Circulación

### 2.2.3.1 Bombas de Precarga:

Las Bomba centrifugas tienen un rol importante en el equipo de perforación.

Son usadas para:

- Alimentación para el desgasificador, desarenador, desarcillador, tanque de viaje
- Sobrealimentar a las bombas de lodo
- Para la mezcla de lodo
- Transferencia de lodo

La bomba centrifuga sobrealimenta la bomba de lodo a través de la línea de succión manteniendo todo el tiempo la línea llena para evitar que entre al módulo de succión de la bomba aire o se encuentre vacío, pudiendo bajar la eficiencia de la bomba de lodo.

Los componentes:

- Carcaza
- Impeler
- Sello
- Rodamiento
- Eje
- Pedestal

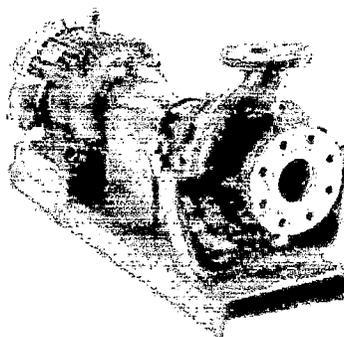


Figura 2-32: Bomba Centrifuga

### 2.2.3.2 Bombas de Lodo

Las bombas de lodo son los componentes principales en el sistema de circulación en un equipo de perforación, las bombas proveen la fuerza de impulso del lodo hacia todo el sistema de circulación del equipo; estas bombas son impulsadas por motores diesel o eléctricos.

Función principal: Es la de dar potencia hidráulica al lodo en forma de presión y volumen, transportando el lodo desde el tanque de succión a través de la sarta a la broca y de regreso hacia afuera del pozo por el espacio anular hacia los tanques a través de la línea de retorno.

Las bombas se dividen en dos partes importantes: parte mecánica y parte hidráulica.

### Parte mecánica

Está compuesto por:

- Cuerpo de acero (fundición de acero),
- Ejes
- Cigüeñal,
- Bielas,
- Rodamientos y engranajes de transmisión,
- Bomba de aceite, etc.

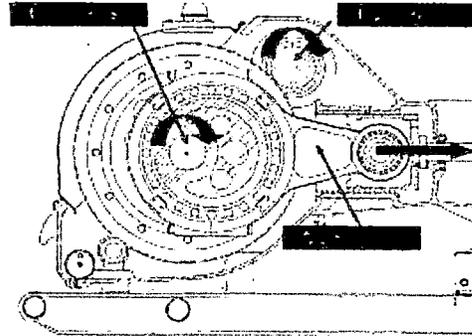


Figura 2-33: Componentes de la Parte Mecánica de la Bomba

El movimiento de rotación del motor (mecánico o eléctrico), entra al eje del piñón (eje veloz) a través de la transmisión (cadena o correas), y transmite el movimiento al cigüeñal por los engranajes de transmisión.

El movimiento rotatorio, se hace movimiento lineal por las bielas hasta la cabeza de biela y a luego a los pistones.

### Parte Hidráulica

Está compuesto por:

- Módulo de succión
- Módulo de descarga
- Manifold de succión y descarga
- Válvulas
- Asientos de válvulas
- Vástago y cuerpo del pistón
- Camisas
- Tapas hidráulicas, etc.

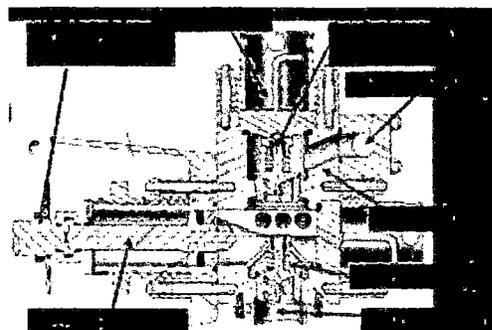


Figura 2-34: Componente de la Parte Hidráulica de la Bomba

### Cálculo de la potencia Hidráulica (HHP)

Esta potencia es a la salida de la bomba y está en función de la presión y caudal.

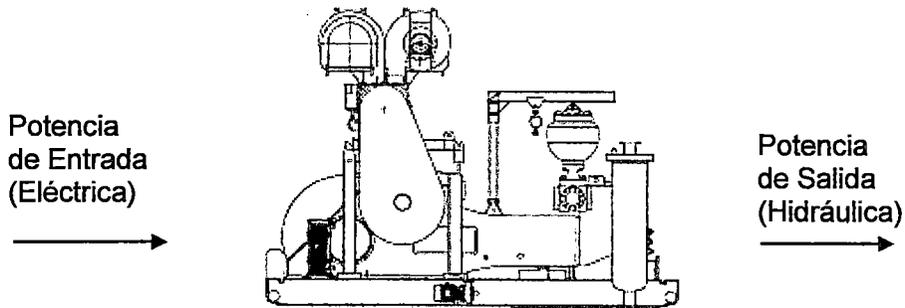


Figura 2-35: Potencia de Entrada y Salida de la Bomba

Potencia de salida

$$Potencia\ Hidráulica\ (HHP) = \frac{Q(gpm) \times P(psi)}{1714} \quad \text{Fórmula \# 20}$$

$$Caudal\ (Q) = 0.0102 \times D^2 \times L \times (\# Emboladas) \quad \text{Fórmula \# 21}$$

Potencia de entrada

$$Potencia\ Electrica\ (HP) = \frac{Potencia\ Hidráulica\ (HHP)}{EF_{eléctrica} \times EF_{mecánica}} \quad \text{Fórmula \# 22}$$

Dónde:

Q: (caudal), depende de las emboladas y el diámetro de la camisa.

P: (presión), depende de la condiciones del pozo.

D: Diámetro de la camisa

L: Longitud del vástago de pistón o recorrido

EF eléctrica: Eficiencia eléctrica

EF mecánica: Eficiencia mecánica

### Accesorios de las bombas

- Amortiguador de pulsaciones
- Válvulas de alivio

### Amortiguadores de alta presión:

Los amortiguadores de alta presión cumplen con la función de disminuir el factor pulsación de la bomba a la salida y en las líneas de alta, debido al movimiento alternativo de los pistones produciendo un flujo irregular (Debido a diferencia de presión en cada ciclo de los 3 pistones)

Es un recipiente de alta presión, con una cámara interior y un diafragma de protección, precargado con nitrógeno a una presión que según las especificaciones, debe variar entre 50 – 70% de la presión de operación de la bomba.

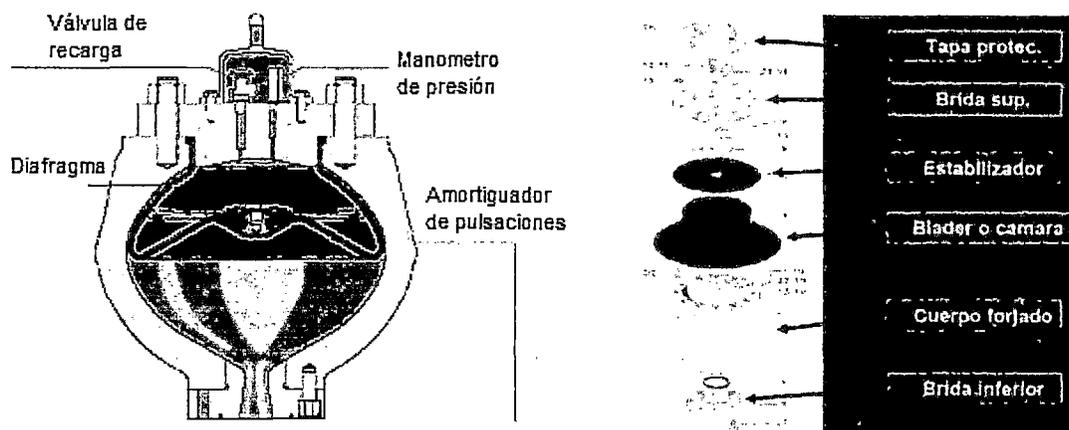


Figura 2-36: Amortiguador de Pulsaciones y sus Partes

### Válvula de alivio

La válvula de alivio debe ser instalada en la línea de descarga inmediatamente después de la bomba.

Su principal propósito es proteger la bomba y la línea de descarga contra presiones excesivas que puede ocurrir cuando se tapa la broca o algún otro componente de la línea de circulación.

El valor de descarga puede regularse, según sea el tipo de válvula:

- De corte (o clavo) - Shear valves
- De resorte (Regulable) – Reset valve

La válvula de seguridad más usada en estos tiempos y de mayor confiabilidad es la válvula de resorte.

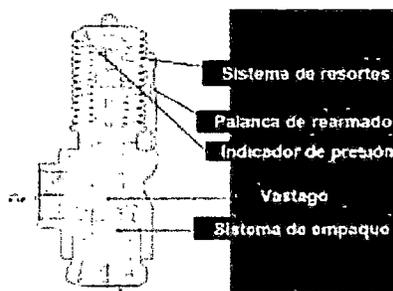


Figura 2-37: Válvula de Alivio

### 2.2.3.3 Manifold de bombas y Manifold del stand pipe:

Conjunto de válvulas que permite derivar el flujo de manera segura, desde las bombas hacia la cabeza de circulación a través de líneas de alta, válvulas y manguerotes, evitando parar la circulación en la perforación, la presión de trabajo tiene que ser la misma en todo el circuito de alta.

Los componentes del Manifold de Bombas son:

- Válvulas de compuerta
- Manguerotes
- "T" de acero
- Codo de 90° y 45°
- Unión de golpes
- Líneas de alta presión

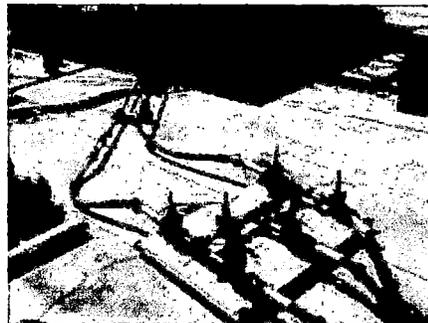


Figura 2-38: Manifold de Bombas

Los componentes del Manifold del Stand pipe son:

- Válvula de compuerta
- Manguerote
- Cruz y "T" de acero
- Unión de golpe
- Manómetro
- Líneas de alta presión

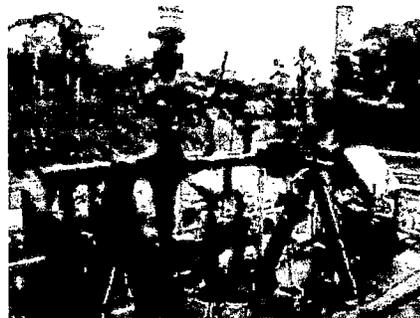


Figura 2-39: Manifold del Stand Pipe

### Manguerote de perforación rotaria

El Manguerote se utiliza como conector flexible en la parte alta del stand pipe y el tope de la cabeza de inyección que permite el movimiento vertical.

Se utiliza longitud desde 45 pies a hasta 110 pie y de presión variable.

Existe dos tipos de Manguerote: tipo D de ,5000 psi y tipo E de 10,000 psi.

### Manguera vibratoria rotaria

Este Manguerote es usado como conector flexible entre las bombas de lodos y manifold de bombas y stand pipe para lograr un alineamiento de flujo y aislar la vibración

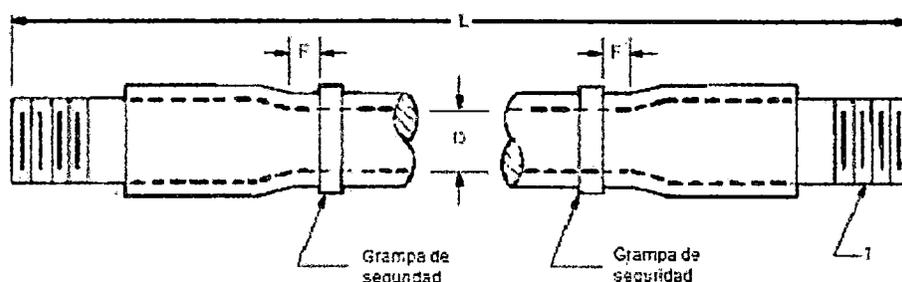


Figura 2-40: Manguerote de Perforación Rotaria

### Válvula de compuerta

Una válvula de compuerta utiliza un mecanismo de cierre diferente de una válvula tipo bola, en la válvula de compuerta una placa es posicionada a través de la trayectoria del fluido para poder detener el flujo.

Cuando la válvula es abierta; la compuerta se mueve de una manera tal que una sección de la placa que contiene un orificio se coloca a través de la vía de flujo que permite así el movimiento del fluido a través del orificio.

Beneficios de la válvula de compuerta:

- Para altas presiones de trabajo.
- Facilidad en el desarmado y armado sin mover el cuerpo de la línea.
- La inspección y el mantenimiento se puede llevar acabo en corto tiempo.
- Estas válvulas vienen con protección interna y con asiento de elastómero.

- Amplio rango de temperatura de trabajo, entre  $-10^{\circ}\text{F}$  hasta  $200^{\circ}\text{F}$ .

Diámetros más usados: 2", 3", 4", 5", 6"

Presión de trabajo: 1,000; 2,000; 3,000; 5,000; 7,500 psi

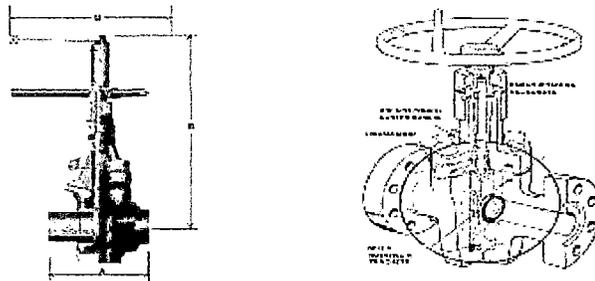


Figura 2-42: Válvula del Tipo Compuerta

### Unión de Golpe

Son conexiones rápidas usadas en tubería y líneas de flujo de instalaciones temporales.

Presión de trabajo: de 1,000 psi hasta 20,000 psi

Nota: Prohibido la combinación de conectores hembra y macho de diferentes figura en mismo diámetro.

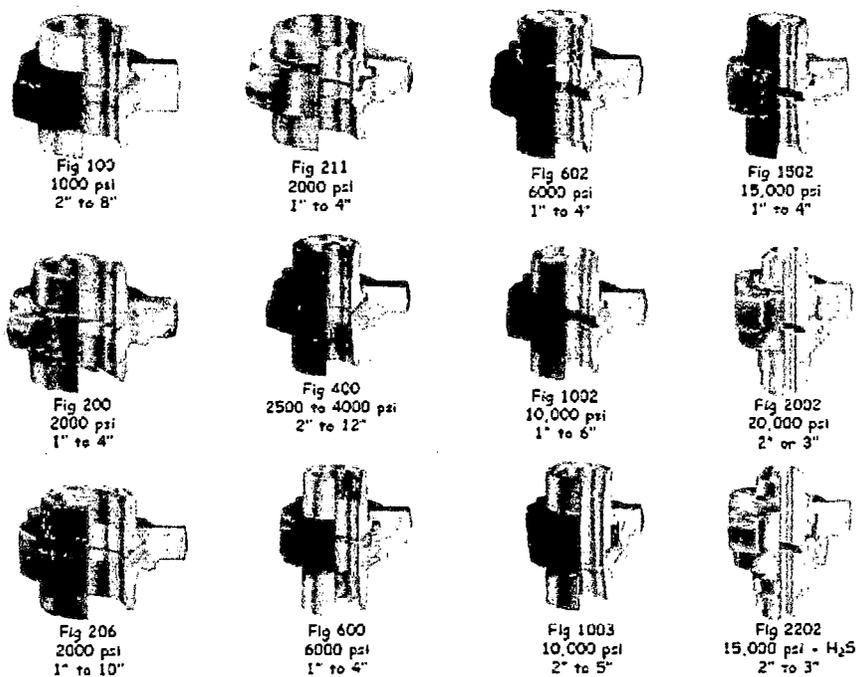


Figura 2-43: Uniones de Golpe

### Manómetro de Presión

Pueden ser del tipo roscado o de bridada, cada uno tiene diferente presión de trabajo, existen dos tipos: "D" y "F", rango de 0 a 6,000 psi.

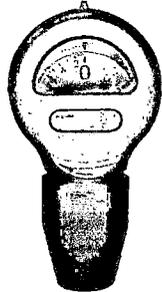


Figura 2-44: Manómetro Tipo "D"

Figura 2-45: Manómetro Tipo "F"

### Línea de alta y accesorios

En la superficie de un equipo de perforación hay muchas líneas, codo, "T", "Y"; estas pueden ser de alta y baja presión; cada una de estas líneas tiene que ser dimensionadas en función del uso, el tipo de fluido, las condiciones generales (Caudal, presión, temperatura, etc). Cuando las líneas son muy largas tenemos que considerar la caída de presión, (ver Fig. 2-45).

En el Tipo A, diámetro pequeño, causa mayor velocidad y turbulencia, alta pérdida de presión.

En el tipo B, diámetro grande, tendencia a que los sólidos se decante y restringe el flujo.

El tipo C, diámetro correcto, un flujo óptimo y se mantiene limpia la línea, menos costo de mantenimiento.

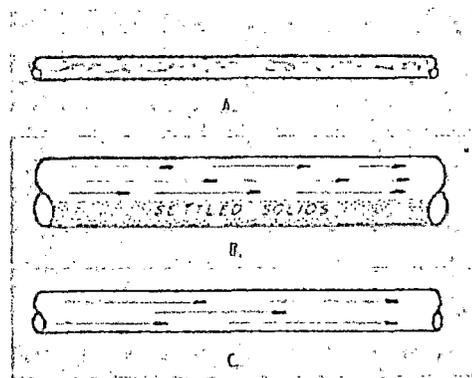


Figura 2-45: Influencia en el Flujo por los diferentes Diámetros de Tubería

## **2.2.4 Sistema de Control de Pozos**

El sistema de control de pozos esta normado por el API STD 53; es un sistema que previene el influjo incontrolado de la formación hacia el pozo, cuando la broca perfora una formación permeable que tiene una presión de formación mayor que la hidrostática ejercida por el fluido de perforación (Control primario), un “golpe de gas” (kick) puede ocurrir y poner en riesgo la formación y el equipo en superficie; si este golpe de gas no es controlado, puede producir fuego que pone en riesgo vidas humanas, puede destruir el equipo y puede soltar contaminantes que pueden dañar el medio ambiente.

La función del equipo de control de pozo es la de cerrar el pozo para impedir que se produzca un influjo de gas, evitar la pérdida de lodo y mantener el control de la presión mientras se restaura la presión hidrostática suficiente para contrabalancear la presión de formación.

El sistema de control de pozo debe permitir:

- Prevenir el golpe de gas (kick)
- Detectar el golpe de gas
- Controlar el golpe de gas

Los componentes que conforman el sistema de control de pozos son los siguientes:

- Sistema Desviador de Flujo (Sistema Diverter)
- BOP stack
- Línea de Matar (Kill line)
- Línea de Estrangulación (Choke line)
- Acumulador
- Múltiple de Estrangulación (Choke Manifold)
- Separador de Gas

### **2.2.4.1 El sistema Desviador de Flujo**

El Sistema Desviador de Flujo es instalado en la conductora antes de perforar el primer tramo del pozo y es usado para mantener a salvo el personal y el equipo.

Su función principal es desviar el flujo de gas superficial lejos del pozo mientras se realiza la perforación.

De este modo el pozo permanece abierto pero desviando la presión evitando fractura la formación.

Los componentes del Sistema Desviador de Flujo:

- Desviador de Flujo (*Diverter*)
- Válvula neumática
- Líneas de venteo

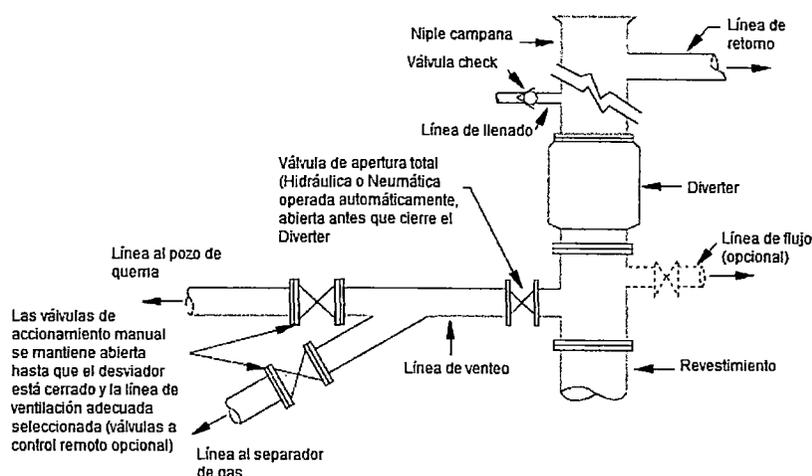


Figura 2-46: Sistema Desviador de Flujo

#### 2.2.4.2 Desviador de Flujo (Diverter)

El Diverter es un dispositivo de sello anular usado para cerrar y empaquetar el anular alrededor de la tubería de perforación en la superficie del pozo, o la apertura del hoyo cuando se desea desviar el fluido del pozo fuera del equipo; El Diverter y todos los componentes individuales del sistema Diverter deben tener una mínima presión de trabajo de 200 psi. Aplica a onshore y offshore.

En ambiente de ácido sulfúrico, los componentes metálicos del Diverter deben cumplir con la norma NACE MR 01-75; si el Diverter es expuesto a un ambiente de ácido sulfhídrico, muchos componentes resistentes no metálicos, tales como los sellos elastómeros usados en el Diverter, son atacados por H<sub>2</sub>S

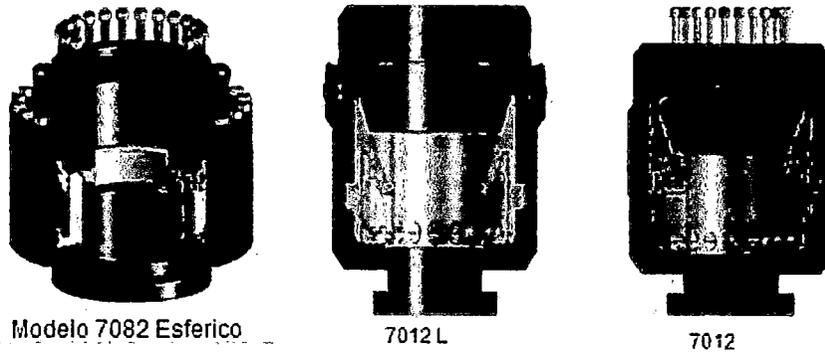


Figura 2-47: Modelos de Desviadores de Flujo

### 2.2.4.3 Válvula Neumática

El uso la válvula en la línea del sistema desviador de flujo debe ser:

- De apertura total.
- Tener por lo menos la misma apertura que la línea en las cuales se ha instalado.
- Disponible para una operación manual o control remoto (sólo en offshore).
- Facilidad en el mantenimiento y fiabilidad son importantes para la selección.
- Las válvulas que ofrecen poco o ningún espacio para la acumulación de sólidos son las preferidas.

Existe varios tipos de válvula de apertura las cuales pueden ser: válvulas de compuerta, válvulas de bola, válvulas conmutables de tres vías, válvulas de cuchilla se pueden usar con las precauciones adecuadas.

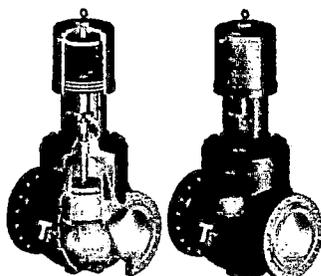


Figura 2-48: Válvula Neumática

#### 2.2.4.4 Línea del venteo

La erosión y la caída de presión son las mayores consideraciones en el diseño de las líneas del Sistema desviador de flujo, lo ideal de las líneas es que debería ser sin curvas o codos y tan grande en diámetro como sea posible para disminuir la pérdida de presión.

La desviación de lo ideal tiende a incrementar la contrapresión en el pozo y la posibilidad de erosionar durante las operaciones de desviación. Toda tubería, válvulas, equipos y los dispositivos de monitoreo de pozos expuestos a los fluidos derivados, debe estar disponible para soportar anticipadamente la contrapresión sin la existencia de liqueo o sin falla alguna.

La línea de venteo debe ser de un tamaño tal que permita reducir al mínimo tanto como práctica, la contrapresión en el pozo mientras el fluido es desviado; la línea de venteo es generalmente de 6" de diámetro interno (ID) u otros más grande para la perforación en tierra, y 10" ID o más para perforaciones costa afuera.

#### Tiempo de respuesta del desviador de flujo

Tiempo de cierre (regulación API STD 53), capaz de operar la línea de venteo y la válvula en la línea de flujo y cerrar el diverter.

- Para 20" de diámetro o más grande:    menos de 45 segundos
- Para diámetros menores de 20":        menos de 30 segundos

La instalación del Diverter es por debajo de la línea de retorno (*flowline*); el equipo debería estar diseñado e instalado de tal manera que la(s) válvula(s) de venteo sean abierta antes de que se cierre el anular.

#### 2.2.4.5 Conjunto Preventor de Surgencia (*BOP stack*)

El Conjunto Preventor de Surgencias está formado por BOP anular, BOP doble, BOP simple, carrete espaciador, líneas de matar y estrangulación.

### 2.2.4.6 BOP Anular

Se usan en la parte superior del conjunto BOP puede cerrarse alrededor de cualquier diámetro de tubo, en caso de emergencia puede llevar a cabo un cierre total del pozo; generalmente es el primer BOP que hay que cerrar cuando ocurre un golpe de gas.

Se usa en operación de stripping (Sacar herramienta con el preventor anular cerrado) porque es el único tipo de BOP que puede mantener el sellado durante el paso de la conexión (tool joints).

Tiempo de cierre (regulación API STD 53)

- Para 20" de diámetro o más grande: menos de 45 segundos
- Para diámetros menores de 20": menos de 30 segundos

### Componentes

Los BOP anulares cuentan con un pistón de cierre que es operado hidráulicamente mediante la aplicación de presión en las cámaras para el cierre y la apertura.

El anular esta conformador por:

- Cabeza
- Unidad de Empaque
- Cámara de Apertura
- Pistón
- Cámara de Cierre
- Cuerpo
- Sellos

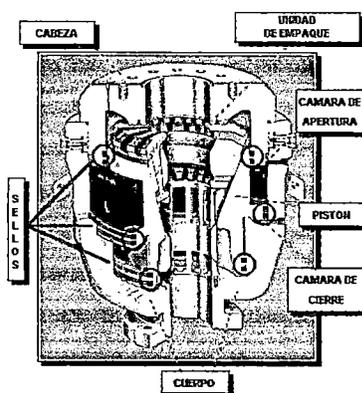


Figura 2-49: Partes del BOP anular

### Unidad de empaque

La unidad de empaque constituye el componente que actúa haciendo el sellado y es una estructura de caucho con reforzamiento de acero (segmentos). La parte de caucho es deformable para llevar a cabo el

sellado, mientras los segmentos de acero aseguran solidez previniendo así la extrusión de los cauchos y reduciendo la fricción con la cabeza del BOP.

Las unidades de empaque son de diferentes tipos, dependiendo de:

- Tipo de caucho (derecho)
- Tipo de BOP donde deben instalarse
- Diámetro nominal del BOP
- Presión de trabajo del BOP

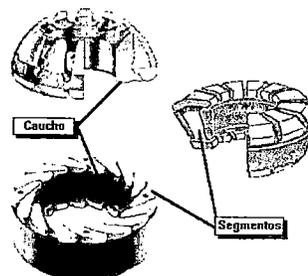


Figura 2-50: Unidad de Empaque

Los componentes de caucho están marcados e identificados con zonas coloradas y códigos impresos durante su fabricación.

Los códigos de identificación de acuerdo con el reglamento API RP 53 constan de dos partes:

1. Dureza
2. Código componente del fabricante

TIPO DE CAUCHO	LODO	TEMPERATURA	DUREZA	Código ASTM	Color
Natural (Hydriil)	base de	-35 ÷ 107 °C	70 ÷ 75	NR	Negro
Natural (Shaffer)	agua	-35 ÷ 107 °C	65 ÷ 75		
Nitrile (Hydriil)		-7 ÷ 88 °C	70 ÷ 75	NBR	Rojo
Nitrile (Shaffer)	base de	-7 ÷ 88 °C	70 ÷ 82		
Neoprene (Hydriil)	aceite	-35 ÷ 77 °C	0 ÷ 75	CR	Verde
Neoprene (Shaffer)		-35 ÷ 77 °C	0 ÷ 75		

Cuadro 2-07: Especificaciones de las Unidades de Empaque

**Tipos de BOP Anulares:**

**Cabeza Roscada (Screwed Head)** (Figura 2-51): se conecta al cuerpo a través de una sección de hilos cuadrados y se sella con un empaque. Una desventaja posible es que la operación de desenroscar puede resultar difícil.



Figura 2-51

**Cabeza con cerrojos (Latched Head) (Figura 2-52):** se conecta al cuerpo a través de un conjunto de cerrojos que son controlados por apropiados tornillos de cierre. Se usa generalmente en caso de grandes diámetros y valores de alta presión.



Figura 2-52

**Cabeza Empernado (Bolted Head) (Figura 2-53):** Se conecta al cuerpo a través de un conjunto de tornillos de cierre. Se usa generalmente con valores de presión inferior a 5,000 psi.

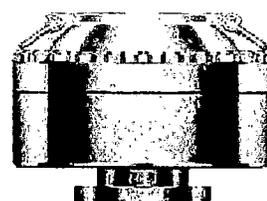


Figura 2-53

### Presión de cierre

Los BOP anulares se caracterizan por:

- Presión de apertura/cierre
- Máxima Presión de Trabajo (WP)

Un adecuado valor de presión de apertura y cierre dentro de las cámaras le permite al pistón moverse y variar de acuerdo a la tipología del BOP. En la mayoría de los casos oscila entre 700 y 1500 psi. La máxima presión de trabajo es la presión máxima del pozo que el BOP puede soportar y controlar en condiciones de trabajo.

Respecto a la presión de cierre, las siguientes afirmaciones son generalmente válidas:

- A mayor diámetro de la tubería, menor presión inicial de cierre.
- En caso de cierre de un pozo vacío, el BOP se cerrará con la presión máxima permitida (1500 psi para todos los tipos, en caso de emergencia, puede ser cerrado a 3000 psi.)

El cierre de los BOP anulares puede ser:

- *Presión del pozo asistida:* Gracias a la estructura y la forma del pistón, la presión del pozo ejercida en las paredes del pistón produce una fuerza que se suma a la presión de cierre. Por lo tanto, la presión de

cierre debe ser reducida cuando el BOP se mantiene cerrado, para limitar el desgaste del caucho (siguiendo las instrucciones del fabricante).

- *Presión en el pozo no asistida:* La presión del pozo no altera la presión de cierre del BOP que mantiene; por lo tanto, su valor de referencia durante las operaciones de cierre preventivas.

#### 2.2.4.7 BOP Esclusa (BOP Ram)

Los BOP esclusas pueden ser del tipo simple y doble, sirve para cerrar alrededor de la tubería de perforación y en un cierre total sin tubería en el pozo.

Cuentan con conexiones principales y laterales con bridas o empalmadas con abrazaderas y son todos, salvo pocas excepciones, para servicio H<sub>2</sub>S.

Son particularmente apropiados para las operaciones de stripping, pero no pueden utilizarse solos.

Existen dos tipos más usados de BOP Esclusas: Simple y Doble

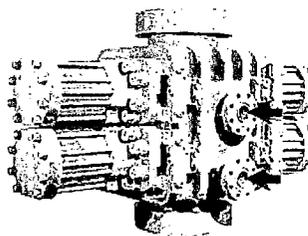
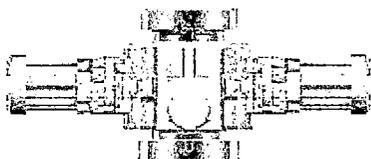


Figura 2-54: BOP Esclusa Simple

Figura 2-55: BOP Esclusa Doble

Principales ventajas del BOP esclusa comparada con el BOP anular:

- Mejor resistencia para valores de alta presión
- Requiere menor volumen de fluido de control, lo que implica menor tiempo de cierre.
- Pueden soportar el peso de la sarta de perforación (durante el hang-off).
- Permiten el stripping en caso de valores de presión muy altos (de ram a ram).
- Una vez cerrados previenen la expulsión de la sarta de perforación.

Principales componentes del BOP:

- Cuerpo
- Sistema de cierre y apertura (Cilindro, pistón, vástago, rams)
- Circuito hidráulico de cierre y apertura
- Sistema asegurador de rams (manual, automático (poslock: Shaffer, Hydriil) o hidráulico (wedglock: Cameron))
- Unidades de empaques (rams)
- Sellos secundarios

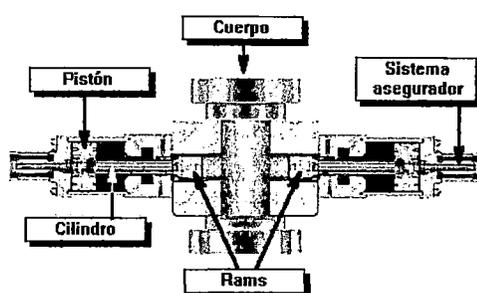


Figura 2-56: Partes del BOP Esclusas

#### Presión de trabajo de cierre/apertura

- La presión de trabajo de cierre y apertura es de 1500 psi, pero puede llegar a ser de 3000 psi en caso de emergencia.
- El tiempo de cierre para cada tipo de BOP, sin importar el valor de la presión de trabajo, tiene que ser menor de 30 segundos (reglamento API RP 53).

#### 2.2.4.8 Esclusas (RAMS)

Son unidades de empaques, que cierran alrededor de la tubería y otras sin tubería, haciendo un sello hermético.

Los componentes principales de las esclusas son:

- Cuerpo: hecho de acero, está conectado al vástago a través de asientos verticales y horizontales; en algunos modelos cuenta con un soporte para acomodar las esclusas mismo. Tiene una guía frontal para centrar tubos de diámetro pequeño en el pozo durante el cierre.

- Sello superior: caucho frontal del sello para realizar el sellado total alrededor de la tubería.
- Sello frontal: caucho de sellado superior para el sellado total entre la esclusa y el cuerpo del BOP.

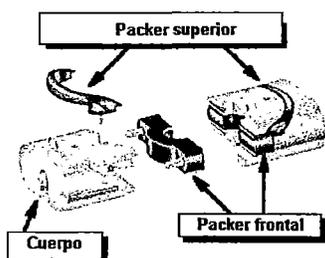


Figura 2-57: Partes de las Esclusas

Entre las esclusas más usadas tenemos:

- Para tubería de perforación, para los diferentes diámetros
- Para tubería revestimiento, para los diferentes diámetros
- Ciegos
- De cuerpo variable
- De corte

#### 2.2.4.9 Línea de Matar (*Kill line*)

Las líneas de matar se conectan del Manifold de stand pipe a la salida lateral del BOP esclusas o a las salidas laterales del carrete de perforación y se usan para bombear lodo dentro del pozo cuando la circulación a través de los tubos no es posible.

En la sección conectada al conjunto BOP se pueden instalar dos ó tres válvulas:

- Válvula manual
- Válvula hidráulica operada con control remoto (HCR)
- Válvula de retención (*Check valve*)

Las líneas deben ser como mínimo mayor o igual a 2" para presiones mayor o igual a 5,000 psi.

Las válvulas manuales generalmente se colocan al lado del pozo y se mantienen abiertas, mientras que las válvulas hidráulicas se colocan al lado externo y se mantienen cerradas.

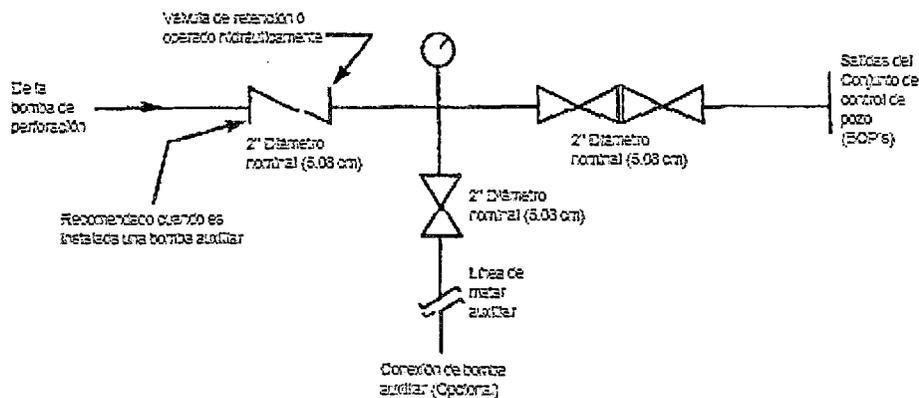


Figura 2-58: Línea de Matar, Recomendada por el API RP 53

**Nota:** Para presión de trabajo de 5M, 10M, 15M psi, instalación en superficie.

#### 2.2.4.10 Línea de Estrangulación (*Choke Line*)

Las líneas de estrangulación son de alta presión, se conectan del conjunto BOP al Múltiple de Estrangulación y permiten que el fluido descargado sea conducido a la salida durante el control de un golpe de gas. Puede haber una o dos líneas de estrangulación y están insertadas en el conjunto BOP a través de carrete de perforación o conectadas a la brida lateral del BOP esclusas.

Sirve para hacer contra presión al pozo cuando se viene un influjo.

Si hay dos líneas, se usa generalmente la de arriba, mientras que la de abajo se deja para situaciones de emergencia.

La línea de estrangulación está conformada por dos válvulas:

- Válvula manual
- Válvula hidráulica operada con control remoto (HCR)

Las válvulas manuales generalmente se colocan al lado del pozo y se mantienen abiertas, mientras que las válvulas hidráulicas se colocan al lado externo y se mantienen cerradas.

Según la API STD 53, La línea debe ser como mínimo mayor a 3" para presiones de 5M psi a mayor.

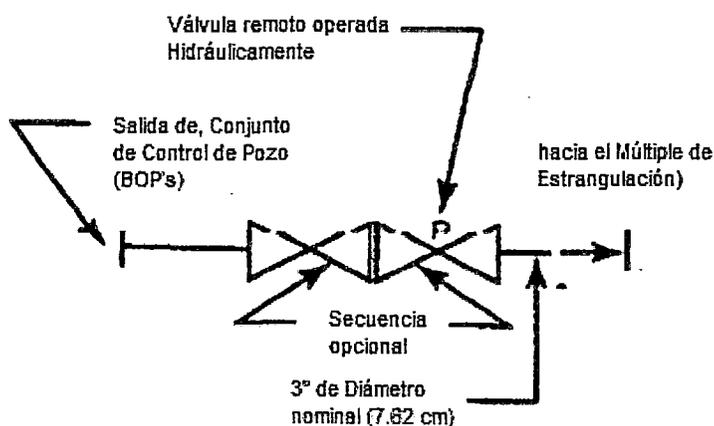


Figura 2-59: Línea Estrangulación, Recomendada por el API RP 53

**Nota:** Para presión de trabajo de 5M, 10M, 15M psi, instalación en superficie.

#### 2.2.4.11 Múltiple de Estrangulación (*Choke Manifold*)

El Múltiple de Estrangulación se compone de un conjunto de válvulas y líneas conectadas a la cabeza del pozo (Conjunto BOP) a través de las líneas de estrangulación.

Se usa durante el influjo para mantener la correcta contrapresión ajustando la salida del fluido del pozo a través de un estrangulador ajustable.

El Múltiple de Estrangulación puede contar con una cámara compensadora para conducir los fluidos de alta presión que salen a una sola línea y a la línea de descarga conectada (línea de quemado de gas).

La cámara compensadora tiene un valor de presión de trabajo menor que todas las demás áreas del Múltiple de Estrangulación; Debe tenerse en cuenta esta diferencia durante las prueba de presión.

De acuerdo al API STD 53; El diseño del Múltiple del Estrangulador debe tener los mínimos requerimientos de acuerdo a los siguientes esquemas

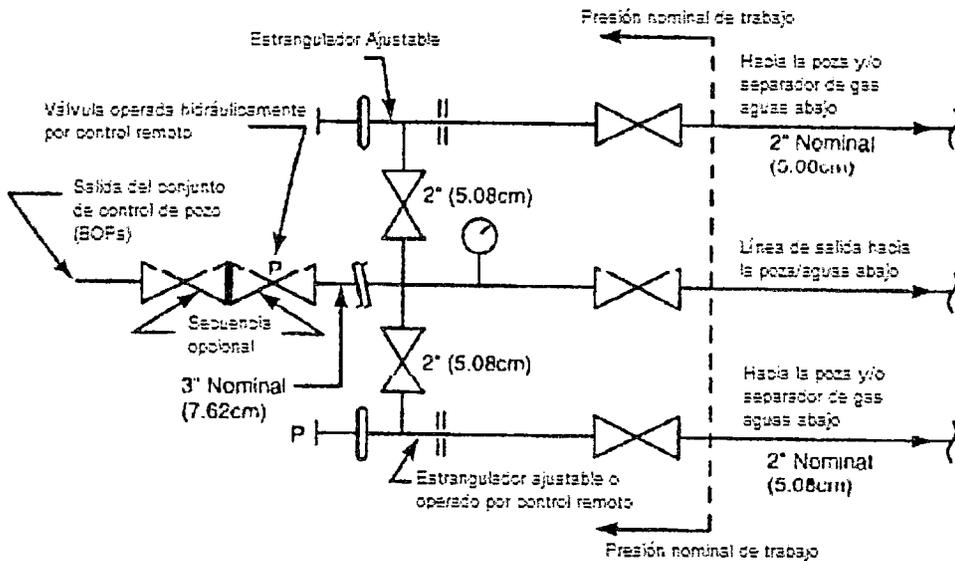


Figura 2-60: Múltiple de Estrangulación para 5,000 psi WP

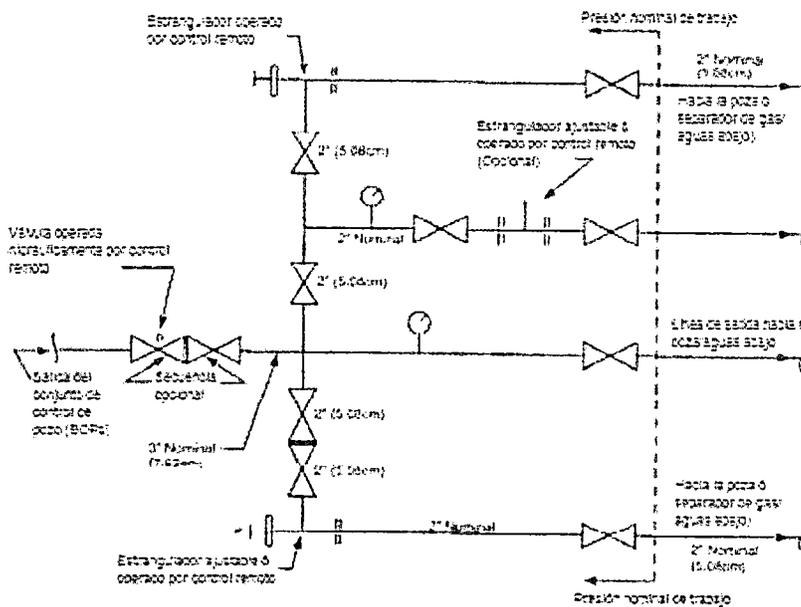


Figura 2-61: Múltiple de Estrangulación para 10,000 y 15,000 psi WP

### Válvulas de Alta Presión

Las válvulas de alta presión son generalmente válvulas de compuerta y se instalan en el circuito de lodo de alta presión para controlar una arremetida o golpe de gas (En Línea de Matar, Línea de Estrangulación, Múltiple de Estrangulación).

Componentes de la válvula:

- Cuerpo
- Cabeza
- Unidad de sello (compuerta y Asiento)
- Vástago

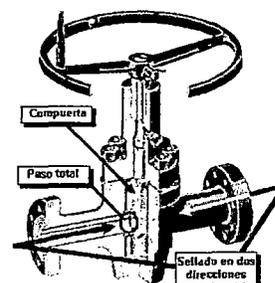


Figura 2-62: Válvula de Compuerta

Por su estructura particular, hay que tener estas válvulas ya sea completamente abiertas que completamente cerradas para evitar la erosión causada por el flujo de lodo.

### Válvulas de alta presión tipo Cameron "F"

La Cameron tipo "F" es una válvula de compuerta de paso total que sella en las dos direcciones, puede abrirse o cerrarse la válvula rotando el vástago que teniendo un eje fijo y una parte inferior roscada, fuerza la compuerta a moverse verticalmente.

El cuerpo es para servicio H<sub>2</sub>S mientras que los componentes internos pueden ser:

- Regular trim: no resistente al H<sub>2</sub>S
- Super trim: en acero especial, resistente a la corrosión y al servicio H<sub>2</sub>S.

Hay dos tipos de válvulas Cameron de alta presión:

- Tipo "C" con cavidad rectangular (más común)
- Tipo "F" con cavidad cilíndrica (más reciente, llamada también modelo FC).

Todos los componentes tienen las mismas características, excepto una camisa de conexión (con un empaque) entre las terminaciones de salida lateral y la unidad a sellar.

Figura 2-63:  
Válvula  
Compuerta  
Tipo "F"

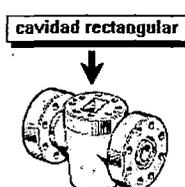


Figura 2-64:  
Válvula  
Compuerta  
Tipo "C"

### Ventajas del tipo F:

- La cavidad cilíndrica facilita una mayor distribución del estrés debido a la Presión que la cavidad rectangular;
- Tiene una mejor capacidad de almacenamiento de grasa
- Menores costos de fabricación.

### Válvulas HCR de alta presión tipo "F" con control hidráulico

Las válvulas Cameron tipo "F" con control hidráulico están instaladas en la líneas de matar y estrangulación, generalmente se mantienen cerradas.

Operan mediante un actuador hidráulico y su presión de trabajo es 1500 psi (en condiciones de emergencia pueden subir a 3000 psi); las conexiones de apertura y cierre dentro del cilindro se colocan a una distancia tal del final del cilindro, que el pistón puede alcanzar la salida del orificio antes de llegar al final de la cerrera.

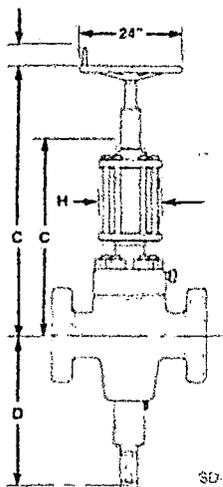


Figura 2-65: Válvula HCR, Tipo "F" con Control Hidráulica

### Estrangulador Ajustable (*Adjustable choke*)

Los Estranguladores son válvulas con un orificio regulable para controlar el flujo del fluido que viene del pozo. Pueden ser operados ya sea manual (llave de postigo, Fig. 2-66) o con control remoto operado hidráulicamente (control automático, Fig. 2-67).

La función principal es suministrar una contrapresión para balancear la presión del pozo y así poder controlar las arremetidas.

Los estranguladores manuales generalmente se mantienen como reserva, mientras que durante las operaciones de control de arremetida se usan preferiblemente los chokes automáticos, ya que proveen ciertamente una gran seguridad y funcionalidad (puede ser operados a control remoto).

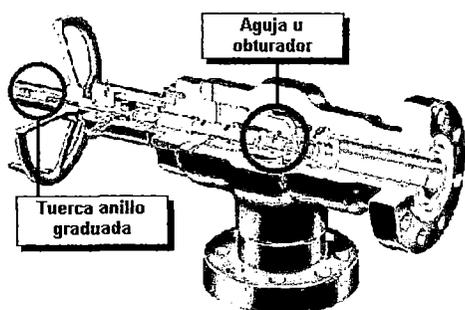


Figura 2-66: Estrangulador Ajustable, Manual

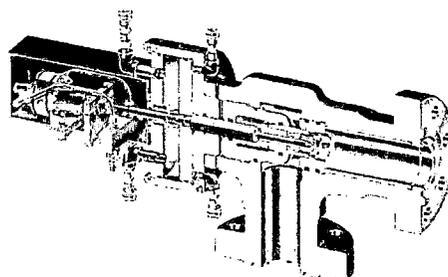


Figura 2-67: Estrangulador Ajustable, Hidráulico

Están hechos de material altamente resistentes (carburo de tungsteno, acero, cerámica) para resistir la abrasión creada por el paso de fluidos a alta velocidad y alta presión.

La apertura puede ser regulada a través de un elemento de forma cónica (obturador o aguja) que encaja en el orificio (asiento) permitiendo regular el fluido.

Una tuerca anillo graduada en 64avos de pulgada, colocada sobre la aguja, permite leer la medida de la apertura en el estrangulador manual. El punto cero de la tuerca anillo, tiene que coincidir de antemano con la posición de cierre.

Para prevenir daños, los Estranguladores regulables no deberían ser testeados como válvulas normales durante las prueba de presión.

Partes importantes del Estrangulador:

- Cuerpo
- Pistón hidráulico
- Obturador
- Asiento
- Indicador de posición
- Sello positivo

### 2.2.4.12 Acumulador

Los acumuladores producen y almacena energía hidráulica para usarla cuando hay que cerrar rápidamente el Conjunto de Control de pozo por condiciones de emergencia.

Cuenta con los controles necesarios para activar los BOP's y las válvulas hidráulicas durante la perforación y en caso de una arremetida.

Los componentes principales son:

- Un tanque que contiene fluido hidráulico a presión atmosférica.
- Una o más unidades de bombeo de alta presión para presurizar fluido.
- Botellas precargadas de nitrógenos para almacenar fluido presurizado.

El fluido de control de alta presión es conducido a un Manifold y enviando hacia mecanismos de cierre a través de válvulas de control previstas.

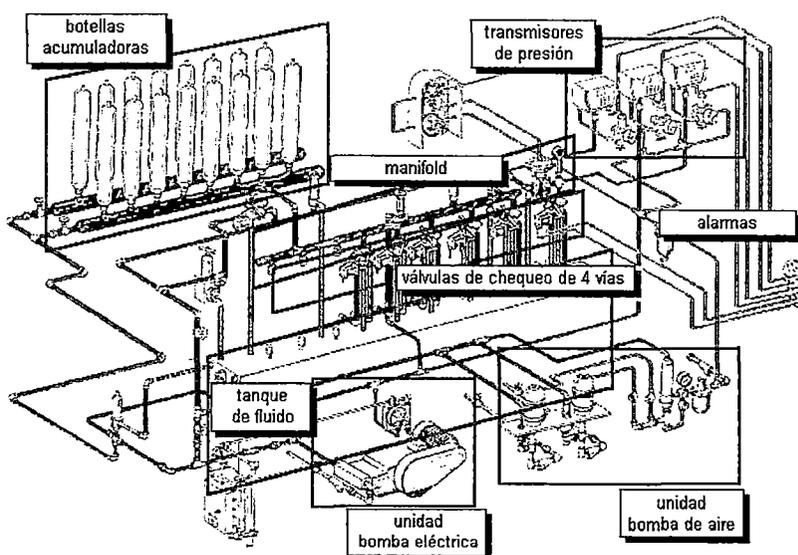


Figura 2-68: Acumulador

#### Funcionamiento:

El funcionamiento del acumulador de presión se caracteriza por las siguientes fases: precarga de las botellas con nitrógeno, carga con las bombas triplex y neumáticas, descarga activadas por las válvulas, control de bombas con interruptores automáticos, regulación con las válvulas reguladoras de presión en manifold y BOP's.

El cálculo de la capacidad volumétrica del acumulador estará en base al API STD 53 y API STD 16E.

### **Según Reglamento API STD 53**

Todos los acumuladores de presión deben contar con el número de botellas necesarias para proveer un volumen suficiente de fluido utilizable (con bombas no trabajando) para:

- Cerrar un BOP anular
- Cerrar un BOP esclusa simple
- Abrir la válvula hidráulica de la línea de estrangulación.

### **Según Reglamento API STD 16E**

El acumulador debe tener una capacidad volumétrica suficiente para reunir lo máximo de los siguientes requisitos (con bombas no trabajando):

- Cerrar todo el conjunto de control de pozo con una reserva del 50%
- Después de cerrar todo el conjunto de control de pozo, la presión de fluido que queda tiene que ser mayor que la presión mínima de trabajo (calculado por la relación de cierre del BOP) requerida para cerrar cualquier BOP esclusa (excepto las esclusas de corte).

Crear las dimensiones de un acumulador de presión incluye la definición de un número suficiente de botellas, cuya cantidad debe conocerse para llevar a cabo un número dado de operaciones de apertura/cierre.

Se puede llevar a cabo los cálculos en tres pasos:

- Calcular el volumen del fluido utilizable para cada botella.
- Determinar el volumen de fluido necesario para efectuar todas las operaciones requeridas.
- Calcular el número de las botellas requeridas.

La fórmula para el Volumen de fluido utilizable para cada botella aplicando la Ley de los gases es.

**Volumen de fluido utilizable**

$$Vu = \frac{Pp * V * (Pm - Pr)}{Pm * Pr}$$

Fórmula # 23

Dónde:

Vu: Volumen del fluido utilizable

V : Volumen por cada botella

Pp : Presión de precarga de nitrógeno

Pm: Presión de trabajo

Pr : Presión mínima de trabajo

Datos:

Presión del acumulador : 3000 psi

Presión de precarga : 1000 psi

Presión mínima de trabajo : 1200 psi

Volumen de cada botella (gal) : 11 o 10 gal

**Volumen total**

El volumen total del fluido de control se calcula considerando las diferentes capacidades del conjunto de control de pozo (Anular, doble, simple) y de las válvulas hidráulicas, ya sea durante el cierre y la apertura, multiplicando cada valor por el número de operaciones de apertura y cierre que hay que afectar.

Para el diseño se realizara cumpliendo la norma API STD 53 o 16E.

$$Volumen Total = Va + Vd + Vs + Vacc.$$

Fórmula # 24

Va: Volumen del anular para cerrar, abrir, etc.

Vd: Volumen del esclusas doble para cerrar, abrir, etc.

Vs: Volumen del esclusa simple para cerrar, abrir, etc.

Vacc: Volumen de la válvula HCR y línea de matar, etc.

**El número de botellas será:**

$$\# \text{ Botellas} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Volumen utilizable}} \quad \text{Fórmula \# 25}$$

De acuerdo al API STD16E se considera un 50% por seguridad

Por lo tanto el número total de botellas de un acumulador será:

$$\# \text{ Total de Botellas} = \# \text{ Botellas} * 1.5 \quad \text{Fórmula \# 26}$$

### **Características y requisitos**

Tiempo de respuesta:

El sistema de cierre tiene que ser capaz de cerrar cualquier tipo de BOP dentro de los siguientes lapsos de tiempos:

Diámetro menores de 18 ¾"	Diámetro de 18 ¾" o más grandes
30 segundos por BOP esclusa	45 segundos por anular
30 segundos por BOP anular	

Reglamento API STD 16E

Para diámetro BOP anular inferior a 18 ¾"	Para diámetro BOP anular mayor o igual a 18 ¾"
Menos de 30 segundos	Menos de 45 segundos

### **Bombas del Acumulador:**

Cada acumulador tiene que contar con un número suficiente de bombas para llevar a cabo lo siguiente:

- Capacidad de la bomba: Cuando se excluyen las botellas deben permitir, dentro de un tiempo máximo de dos minutos:
  - Cerrar el BOP anular
  - Abrir la válvula hidráulica en la choke line
  - Subir la presión del Manifold a un valor que iguale la presión de precarga más 200 psi.

- Tiempo de carga: El uso de todas las bombas debe permitir cargar el acumulador desde un valor de presión de precarga hasta el valor de presión máxima de trabajo dentro de un tiempo máximo de 15 minutos.
- Presión de trabajo: Las bombas instaladas tienen que mantener una presión de trabajo igual a la presión de trabajo del acumulador (3000 psi).
- Requisito de poder: La fuerza necesaria para permitir que las bombas funcionen, tiene que ser siempre disponible para permitirles empezar automáticamente siempre que la presión disminuya por debajo del 90% de la presión de trabajo (2000 psi para valores de presión de trabajo de 3000 psi).

Por razones de seguridad, hay que tener a disposición dos o tres fuentes de alimentación independientes para cada acumulador, cada una de ellas debe reunir los requisitos descritos antes para permitir la operación de la bomba.

Se recomienda una fuente de doble alimentación combinando alimentación eléctrica y aire comprimido.

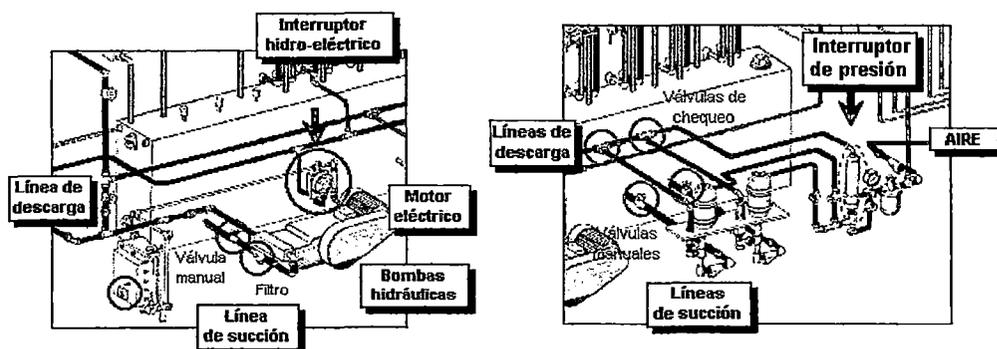


Figura 2-69: Bomba Eléctrica y Neumáticas del acumulador

### Tanque de Control de Fluido

- Fluido hidráulico: hay que usar un fluido hidráulico adecuado en el acumulador (aceite hidráulico o agua con lubricante)
- No se recomienda diesel, aceite de motor, kerosene o cualquier otro fluido parecido porque pueden dañar los sellos de caucho. Si el fluido

contiene un poco de agua, o si la temperatura puede bajar de cero, hay que añadir una adecuada cantidad de glicol.

- Capacidad del tanque: Cada acumulador tiene que tener un tanque cuya capacidad debe ser por lo menos el **doble del volumen** del fluido utilizable.

### Botellas del Acumulador:

Las botellas de acumulación (Fig. 2-70) están agrupadas en bancos y conectadas a las bombas y al Manifold a través de las líneas de alta presión.

Las válvulas manuales usadas para aislar las botellas se instalan sobre las líneas en las cuales tenemos:

- Válvulas para excluir los manifold en caso de fallas o servicio.
- Válvulas para aislar completamente las botellas acumuladoras durante las pruebas.
- Válvulas de seguridad para descargar cualquier presión anormal.

Las botellas acumuladoras se caracterizan por una presión máxima de trabajo de 3000 psi, que es inferior de la presión máxima de las bombas.

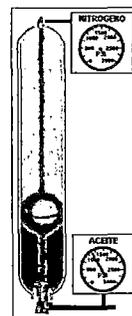
Para protegerlas se instala en la línea una válvula de seguridad.

Las botellas se precargan con nitrógeno a 1000 psi + o – 10%.

El elemento de separación de las botellas puede caracterizarse por:

- Una membrana
- Un flotador

Figura 2-70: Botella del Tipo Flotador



### Panel de Control Remoto

Las funciones hidráulicas del acumulador se pueden seleccionar por medio de paneles de control remoto; generalmente se instalan dos paneles:

- Panel del piso del equipo
- Panel auxiliar

Los paneles de control son alimentados sólo con aire y permiten controlar las principales funciones del acumulador (apertura/cierre del BOP, válvulas hidráulicas y válvulas by pass, regulación de la presión del BOP anular).

Los manómetros de presión usados para leer los valores de presión del acumulador y el manómetro de presión del BOP anular también se instalen en el panel de control.

#### **2.2.4.14 Separador de Gas (MGS)**

El separador de lodo / gas está diseñado para proporcionar una separación efectiva entre el lodo y gas que circula en el pozo venteando el gas y retornando el lodo hacia los tanques de lodo.

#### **Principio de Operación**

La operación principal de un Separador de Gas es relativamente simple. El mecanismo principal es un cuerpo cilíndrico vertical metálico con salidas en el tope, en la base y los costados; la mezcla de lodo y gas entra al separador directa o indirectamente hacia platos metálicos planos perpendicular al flujo. El plato de choque minimiza el desgaste por erosión en las paredes internas del separador y contribuye a la separación del lodo y gas. La separación del lodo/gas es adicionalmente asistida con la caída sobre una serie de diseño de platos amortiguadores. El gas libre luego es venteado a través de la línea de venteo, y el lodo retorna a los tanques de lodo.

#### **Tipos de Separador de Gas**

Hay tres tipos de Separador de Gas usados en la actualidad: con la base cerrada, base abierta, y del tipo flotador. El principio de todos los Separadores de Gas es lo mismo, la diferencia es en la forma del sello hidráulico, (*Mug leg*):

- **El sello hidráulico** se mantiene en el separador por la instalación de un tubo en U invertido en la línea de retorno de lodo, el nivel de fluido puede ajustarse por el aumento o disminución de la longitud del tubo en U, (ver Fig. 2-71).
- El comúnmente llamado **Poor boy**, con una base abierta, el MGS es típicamente montado en el tanque de lodo o tanque de viaje con la base del MGS sumergido en el lodo, el nivel de fluido en el separador es controlado por el nivel de fluido del tanque o por el movimiento del separador hacia arriba o abajo dependiendo del nivel de fluido del tanque.
- **El nivel de fluido** se mantiene en un separador de gas tipo flotador con una configuración de una válvula flotadora, la válvula flotadora abre y cierra la válvula en la línea de retorno del lodo manteniendo el sello hidráulico, la válvula puede ser operado por un sistema de articulación conectado del flotador a la válvula.

Hay algunos problemas inherentes en el uso del separador tipo flotador. El separador con el sistema de articulación ha experimentado problemas con falla inadecuada del sistema de articulación con la apertura o cierre de la válvula en la línea de retorno.

La construcción de este sistema está en función de la cantidad de fluido gasificado capaz de tratar (Caudal), presión de formación, presión al llegar a superficie, régimen de circulación del golpe de gas, presión del separador, sello hidráulico (por lo general 5 ft or 1.5 mts) y la densidad del lodo.

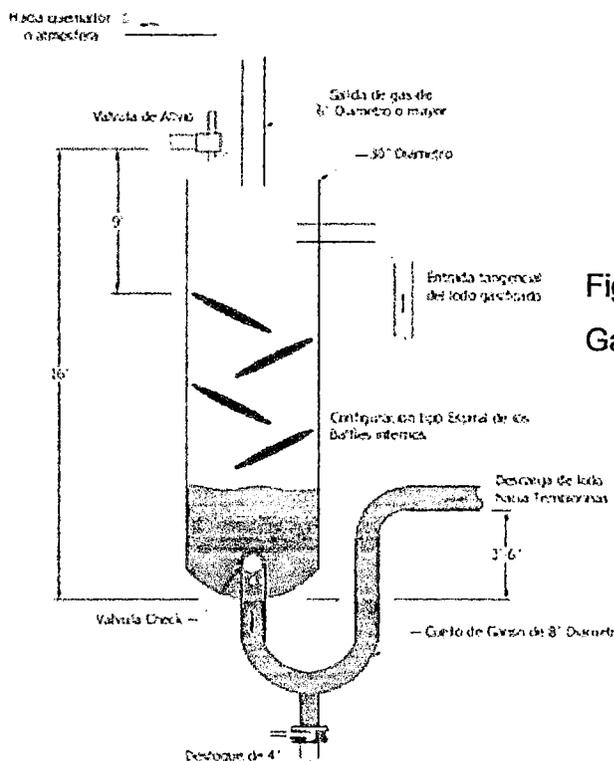


Figura 2-71: Separador de Gas

### 2.2.5 Sistema de Potencia

El sistema de potencia de un equipo de perforación rotaria tiene que suministrar energía a los siguientes componentes principales tales como: Sistema de Rotación, Sistema de Izaje, Sistema de Circulación; también provee a componentes auxiliares tales como, al Sistema de Control de Pozo; al Sistema de Iluminación del equipo, al campamento y en ocasiones a las compañías de terceros. El mayor consumos de energía en un equipo de perforación rotaria son: el Sistema de Izaje y Circulación; estos sistemas determinan principalmente los requerimientos de potencia total en un equipo de perforación.

El consumo de potencia en una operación normal de perforación es relativamente bajo en comparación de una operación de backreaming donde se trabaja en simultaneo el sistema de elevación y circulación; en otra operaciones el sistema de Izaje y circulación no son operados en simultaneo. Por lo tanto, los mismos grupos electrógenos pueden ser utilizados para realizar ambas funciones.

En la Figura 2-72, y 2-73 se muestra dos tiempos de configuración respecto al sistema de potencia; antiguamente se utilizaba una instalación de transmisión mecánica (Fig. 2-73), en este caso la energía es transmitida desde los motores hasta el malacate, las bombas y otra maquinaria a través de un ensamble conocido como la central de distribución. La central de distribución está compuesta por embragues, uniones, ruedas de cabilla, correas, poleas y ejes, todos los cuales funcionan para lograr la transmisión de energía.

Las instalaciones Diesel-eléctricas (Fig. 2-72) utilizan motores Diesel; estos motores Diesel le suplen energía a generadores de electricidad; estos generadores a su vez producen electricidad que se transmite por cables hasta un dispositivo de distribución (SCR). De aquí, se distribuye la electricidad hacia los motores eléctricos que van conectados directamente a equipo tales como al malacate, las bombas de lodo, mesa rotaria y misceláneos.

Figura 2-72: Configuración Diesel-Eléctricas

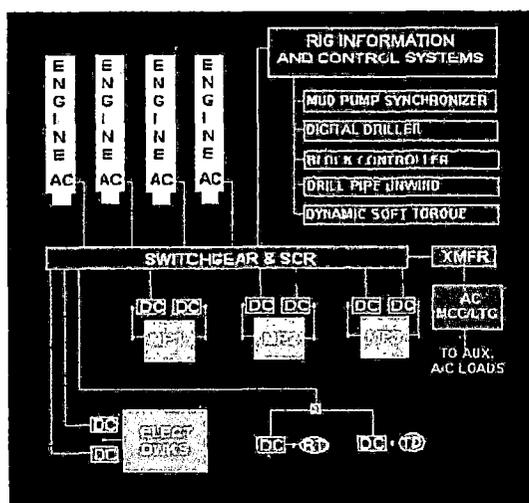
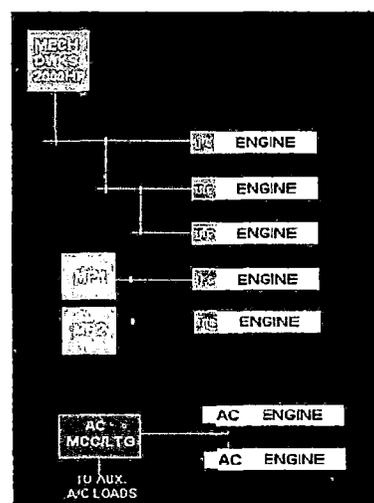


Figura 2-73: Configuración Mecánica



Los componentes más importantes del sistema de potencia son:

- Grupos Electrónicos (Motor y Generador)
- Sistema Rectificador Controlado de Silicio (SCR)
- Motores eléctricos (AC y DC)

### 2.2.5.1 Grupo Electrónico (GE)

Es una máquina capaz de convertir energía mecánica en energía eléctrica, el grupo electrónico es el ensamblaje de un motor a combustión con un alternador monofásico o trifásico (Generador).

Se usa para proporcionar una fuente de corriente eléctrica autónoma a partir de un carburante (gasolina o diesel).

Partes principales:

- Motor diesel
- Generador
- Radiador
- Panel de control
- Filtro de aire
- Batería

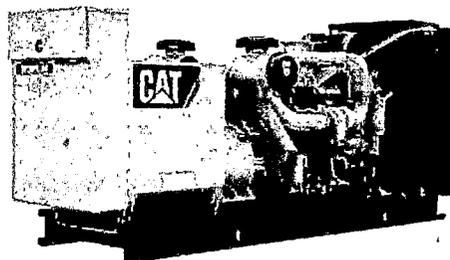


Figura 2-74: Grupo Electrónico

La determinación del tamaño, capacidad, cantidad para tener la potencia que cubrirá las necesidades presentes y futuras en el equipo de perforación; los GE deben ambientalmente amigables respecto a la contaminación (ruido, emisión de gases y partículas).

En consecuencia, tenemos que la potencia requerida es la suma de todas las potencias que consumen todo los componentes eléctricos en la operación:

$$Potencia\ requerida = \sum HP_{malcate} + HP_{bombas} + HP_{top\ drive} + HP_{camp} + HP_{misc} + HP_{otras\ cia}$$

Fórmula # 27

El número de grupos generadores será igual

$$\# \text{ de Grupo Electrónico} = \frac{Potencia\ requerida}{HP_{grupo\ electrogeno} * (80\%)} \quad \text{Fórmula \# 28}$$

Considerar un factor de seguridad de 80% de la Potencia máxima del grupo electrónico.

### **2.2.5.2 Sistema Rectificador Controlado de Silicio (SCR)**

El sistema SCR proporciona la conversión de energía eléctrica y control para los motores DC del equipo de perforación. Este sistema regula la alimentación de corriente AC del conjunto de GE grupo electrógeno y entrega corriente DC variable continuamente a los distintos motores de tracción que son usando en los distintas partes del equipo como el malacate, masa rotaria, bombas de lodo. También provee corriente AC para los motores menores usado en misceláneos (Agitadores, bombas precarga, zarandas, iluminación etc).

Un sistema SCR típico consta de las siguientes unidades:

- Unidades Generadoras para el control del conjunto de grupo electrógenos.
- Unidades SCR rectificadoras de corriente alterna (AC) a corriente continua (DC).
- Unidad Alimentadora de Transformadores: Cortacircuitos alimentados de corriente AC para alimentar los transformadores reductores que entregan potencia en baja tensión a las unidades auxiliares AC tales como, agitadores, zarandas, los ventiladores, bombas de agua, luminarias y campamentos para personal.
- Freno Dinámico: freno regenerativo o de resistencia eléctrica para los motores del malacate.
- Unidad de Suministro de Campo para la alimentación de Campo de los motores DC de tracción de excitación DC separada con bobinado en derivación.
- Consola de perforador para el control de todas las funciones de perforación desde la mesa de trabajo.
- Consola de Bombas de Lodo para el control local de estas durante el mantenimiento.
- Centro de Control de Motores: el cual contiene arrancadores para los motores auxiliares y brakers alimentadores AC para los tableros de luminarias y transformadores de distribución más pequeños.

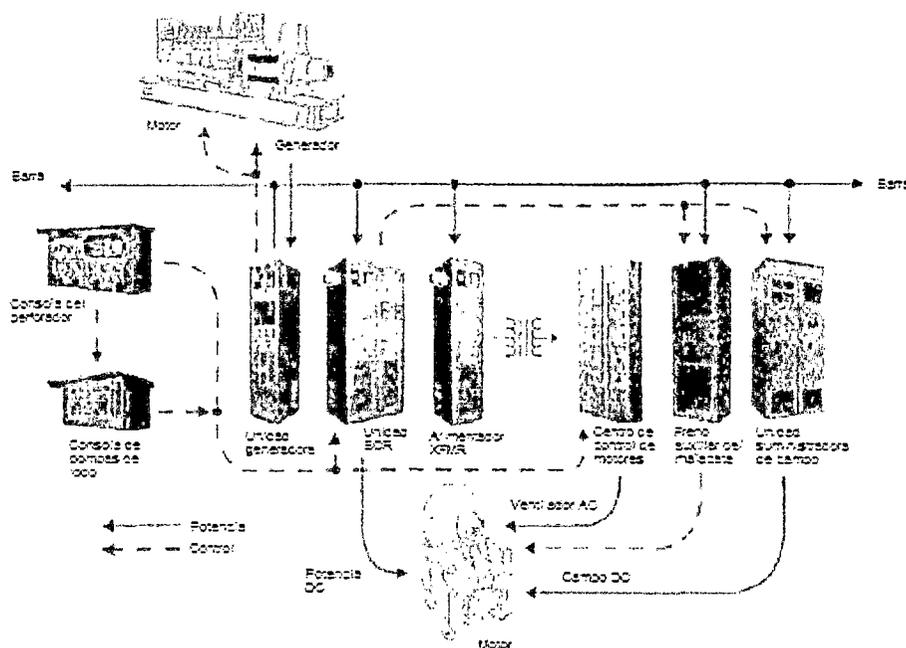


Figura 2-75: Esquema de Distribución del Sistema SCR

### 2.2.5.3 Motores Eléctricos DC y AC

Los motores eléctricos son las máquinas que mueven la industria pues sirven como medio de transformación de energía eléctrica a energía mecánica, estos conjuntos de motores forman parte del Equipo de Perforación

#### Motores corriente Continua (DC)

Los motores de corriente continua de excitación separada son motores ampliamente utilizados para accionar máquinas a velocidad variable. Muy fáciles de miniaturizar, se imponen en las potencias muy bajas. Se adaptan igualmente bien a la variación de velocidad con tecnologías electrónicas simples y económicas, a las aplicaciones en las que se requiere un alto rendimiento e incluso a las potencias elevadas (varios megavatios).

Sus características también permiten regular con precisión el par torsión, tanto en modo motor como en modo generador. Su velocidad de rotación nominal puede adaptarse fácilmente mediante fabricación a todo tipo de aplicaciones, ya que no depende de la frecuencia de la red. En cambio, son

menos robustos que los motores asíncronos y requieren un mantenimiento regular del colector y de las escobillas.

Los componentes que utilizan motores DC son: El malacate, bombas de lodo.

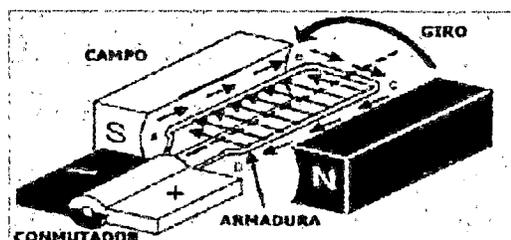


Figura 2-76: Principio de Funcionamiento de Motores DC

Potencia en corriente continua

$$P = V * I$$

Fórmula # 29

Dónde:

V = Voltaje en Voltios

I = Corriente en Amperes

P = Potencia en Watts

### Motores de Corrientes alterna (AC)

Como ocurre en los motores DC, la corriente circula por la espira, genera un par en el bobinado. Dado que la corriente es alterna, el motor girará suavemente a la frecuencia de la forma senoidal, denominándose MOTOR ASÍNCRONO.

El más común motor AC es el motor de inducción, donde la corriente eléctrica es inducida en los bobinados del rotor, más que alimentada directamente.

El campo magnético es producido por un electroimán accionado por el mismo voltaje de C.A. como en el rotor. Los bobinados que producen el campo magnético se llaman tradicionalmente los "bobinados de campo" mientras los bobinados y el rotor que gira se llaman la "armadura". En un

motor de C.A. el campo magnético varía sinusoidalmente, tal y como la corriente varíe en el bobinado.

El estator está constituido por un núcleo en cuyo interior hay pares de arrollamientos colocados simétricamente en un ángulo de 120°. Son sometidos a una C.A. y los polos del estator se trasladan continuamente creando un campo giratorio. Como se muestra en la Fig. 2-77.

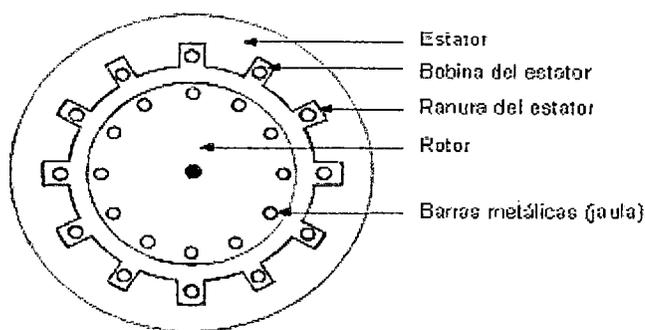


Figura 2-77: Esquema de un motor AC

Potencia en corriente Alterna

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos} \phi$$

Fórmula # 30

Formula de conversión de KW a HP

$$HP = KW / 0.746$$

Fórmula # 31

### 2.3 Definición de Términos Básicos

Entre las definiciones básicas tenemos a las siguientes:

AC: Corriente Alterna

Adjustable Choke: Estrangulador Ajustable

BOP: Conjunto de Control de Pozo

BHA: Ensamblaje de Conjunto de Fondo

Backreaming: Operación en la cual se levanta la sarta de perforación rotando en sentido contrario y con circulación.

Casing: Tubería de revestimiento

Crown Block: Corona

Choke Manifold: Múltiple de Estrangulación

Choke Line: Línea de Estrangulación  
DC: Corriente continúa  
Diverter: Desviador de Flujo  
Drawwork: Malacate  
Drill Collar: Botella de Perforación  
Drill Pipe: Tubería de Perforación  
Drilling Line: Cable de Perforación  
Drum: Tambor  
Feet (ft): Pies, unidad de medida  
Hardbanding: Banda Dura  
HL: Carga al Gancho  
Heavy Weight Drill Pipe: Tubería Extra Pesada  
Internal Plastic Coating: Plastificado del Tubo Interno  
Kick: Golpe de gas  
Kill Line: Línea de Matar  
MOP: Margen o Rango de tensión de la tubería de perforación  
Manifold: Conjunto de válvulas ordenadas de manera que permite desviar el flujo de la forma más segura.  
MGS: Separador de Lodo y Gas  
NPT: Tiempo no productivo  
Q: Caudal  
Rams: Esclusas  
ROP: Rate de penetración de la broca (ft/hr)  
SCR: Sistema Rectificador Controlado de Silicio  
Setback: Espacio en la mesa de trabajo donde se coloca la tubería en barras.  
Stripping: Sacar herramienta con el preventor anular cerrado  
Tool Joint: Uniones de roscas  
TQ: Toque (ft-lbs)  
Travelling Block: Motón Viajero  
WOB: Peso sobre la broca (lbs)

## CAPÍTULO III

### 3.1 Hipótesis

A través del análisis de los requerimientos de los pozos programados a perforar en el Lote 58, se verificara que los componentes del Equipo PTX-12 (2000 HP) cumplan en capacidad y potencia con la selección óptima que se realizará en el presente estudio.

### 3.2 Identificación de Variables

Las variables principales de la que dependerá el diseño y selección del Equipo, viene hacer las siguientes:

- Puntos de sentado de casing en cada tramo.
- Tipos, peso y característica del casing.
- La profundidad total del pozo
- El peso del lodo a usar en cada tramo
- Determinar la velocidad de maniobra, en backreaming, en viaje.
- Determinar la hidráulica en cada tramo, valores del caudal y presión máximas en superficie.
- Cargas dinámicas o arrastre estimado durante la bajada de casing
- Margen de sobre tensión (*overpull*) de la sarta de perforación
- Diseño de BHA por cada sección
- Tubería de perforación disponible.
- Torque en superficie por tramo
- RPM durante la perforación por tramos
- Situación económica del mercado

### 3.3 Tipo de Investigación

El tipo de investigación realizada se basa en la adquisición de datos a través de las prognosis de los pozos que nos da la operadora para su campaña de exploración que realizara en el Lote 58, si bien estos datos nos darán un diseño con gran incertidumbre, nosotros tendremos un margen de seguridad

en los cálculos para poder tener un diseño óptimo y poder realizar la perforación de forma exitosa.

### **3.3.1 Por el Tipo de Aplicación de Resultados:**

Es una investigación aplicada, ya que se han generado resultados que pueden aplicarse a la realidad y ser de utilidad para otras aplicaciones de diseño y selección de equipos de perforación, sea costa fuera y dentro.(offshore and onshore).

### **3.3.2 Población y Muestra**

Nuestro universo es el conjunto de programa de pozos de gas que se esperan perforar en el LT 58, de los cuatro yacimiento como son Urubamba, Taini, Picha y Paratori, nuestra muestra es de 05 pozos a perforar en la etapa de exploración, siendo estos datos considerable, representativa y monoetápica.

Los pozos son:

- Urubamba 1X
- Picha 2X
- Taini 3X
- Paratori 4X
- Picha 5X

La información de los perfiles de pozo se sacaron lo los siguientes programas de perforación:

- Programa de Perforación Pozo Exploratorio Vertical Urubamba 1-x, Petrobras Energy, Junio 2009.
- Programa de Pozo Exploratorio Vertical Picha 58-21-2X, Petrobras Energy, Marzo 2010.
- Programa de Pozo Exploratorio Vertical Taini 58-13-3X, Petrobras Energy, Diciembre 2010.
- Programa de Pozo Exploratorio Direccional Paratori 58-20-4X, Petrobras Energy, Diciembre 2011.

- En el último pozo Picha 5X, solo se tiene el Perfil de pozo (ver anexo 3-5).

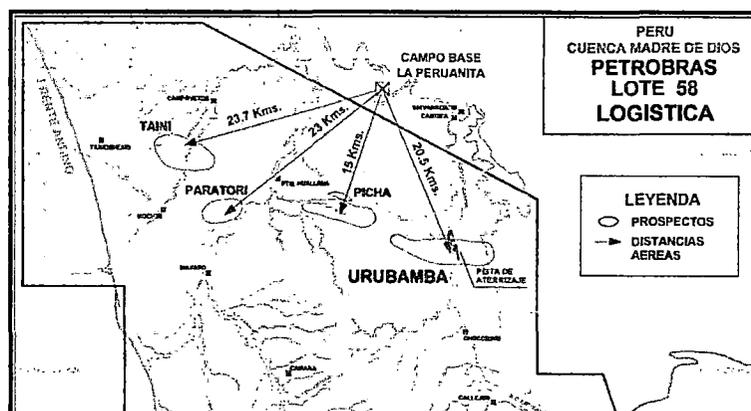


Figura 3-1 Ubicación de los Yacimientos del Lote 58

A continuación se ven los anexos 3-1 al 3-5 donde figuran los respectivos perfiles de pozo

### 3.4 Instrumentos de recolección de datos

La información disponible se obtendrá del programa de perforación de los pozos exploratorios a perforar, en este caso, serán proveídos por la compañía operadora.

Toda la información recopilada será plasmando en el formato API Buill D-10 (Selecting Rotary Drilling Equipment), como guía de trabajo donde se describe toda la información necesaria que se requiere para el diseño y selección del equipo capaz de perforar los pozos programados, el formato traducido al Castellano figuran en el Anexos 3-6-1 y 3-6-2.

En esta oportunidad, el formado API D10 se ha acondicionado de manera que sea más versátil el uso y nos permita tener una secuencia de pasos necesarios para poder bajar la información del programa de los pozos.

De estos programas de pozos se tiene los siguientes resúmenes en los Anexos 3-7,3-8,3-9,3-10,3-11 respectivamente.

## CAPITULO IV

### 4. Análisis e interpretación de la información

En base al análisis de la información recolectada sobre todo los planes de pozos (Anexos 3-7,3-8,3-9,3-10,3-11) de los cuatros yacimientos presentes en el LT 58, (Fig. 4-1); podemos ver que cada pozo tiene profundidades variadas en lo que respecta a la formación productiva de interés; esto hace que se crea una incertidumbre en la selección del Equipo de Perforación con variables totalmente diferentes. El performance del equipo en cada pozo va ser variable, va a depender mucho de las condiciones del hoyo y de los parámetros que se usaran.

La forma de desarrollar este capítulo será: determinar los requerimientos mínimos de cada componente, con dicha información, buscar en las tablas de los Anexos 4 donde figuran las características de los componentes que deban cumplir con los requisitos solicitados.

Se analizaran los cinco sistemas que gobiernan un Equipo de Perforación Rotaria y otros requerimientos para poder cumplir la operatividad del equipo en la plataforma de perforación y algunas normas de regulación vigentes.

#### 4.1 Selección del Sistema de Izaje

Para la selección de los componentes del sistema de Izaje, se utilizará los mayores valores en cada sección de cada pozo a Perforar.

En esta oportunidad se han asignado valores de la experiencia que se tiene con los equipos de perforación las cuales son:

- Peso del Motón viajero + peso del Top drive: 50 M lbs
- Sobre tensión en revestimiento (Overpull): 80 M lbs
- Sobre tensión en sarta de perforación (Overpull): 100 M lbs

Estos valores figuran en los Anexos 3-7,3-8,3-9,3-10,3-1, formato API D10

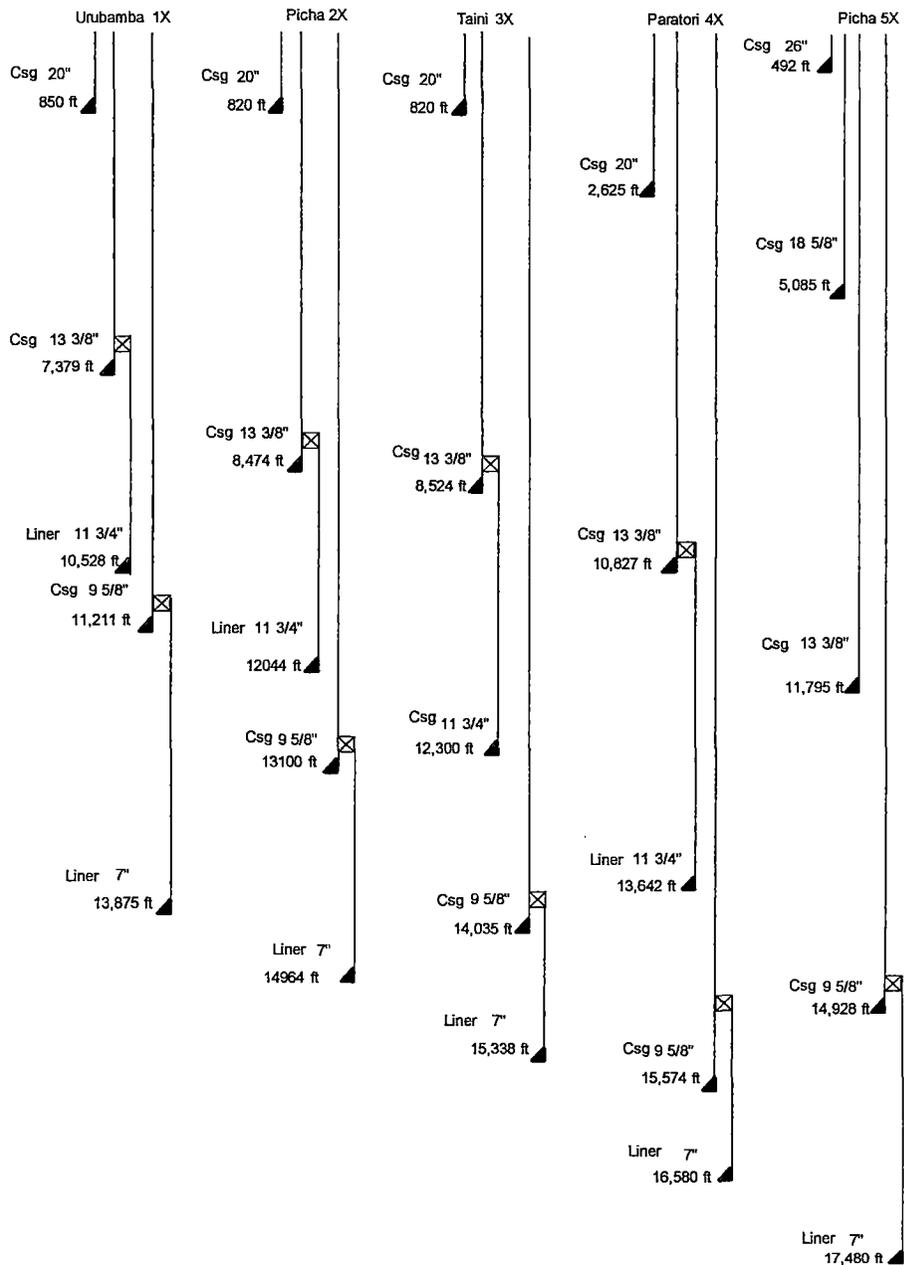


Figura 4-1: Perfil de los Pozo Exploratorios

#### 4.1.1 Requerimiento del Mástil

Los principales requerimiento del Mástil por parte de la operadora son:

- Capacidad al gancho: **1,000,000 lbs**
- Capacidad Nominal Bruta **>1,300,000 lbs** con 12 líneas de 1 3/8"
- Altura mínima del Mástil de **142 ft**
- Bloque corona: capacidad estática de **500 ton**

- Motón viajero: capacidad estática de **500 ton**
- Capacidad de la Repisa del Engrampador
  - Capacidad de alojamiento >13,000 ft de 5"-5 1/2" DP
  - Capacidad de alojamiento >980 ft de 9 1/2"-8" DC
  - Capacidad de alojamiento >980 ft de 6 1/2"-6 3/4" DC
  - Capacidad de alojamiento >980 ft de 5"-5 1/2" HWDP

### Requerimiento del Mástil

Haciendo un resumen de los máximos pesos al fondo, bajando el revestimiento tenemos 829.3 M lbs de peso en el tramo 10 5/8", Pozo Paratori 4X, (ver Cuadro 4-01), y bajando Sarta de Perforación al fondo tenemos 506.3 M lbs de peso en el tramo 8 1/2", Pozo Picha 5X (Ver Cuadro 4-02).

Peso Total al Gancho Bajando Revestimiento (M lbs)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		199.1	559.7	451.2	562.5	447.0
Picha 2X		196.2	600.5	486.4	635.6	463.7
Taini 3X		196.2	607.7	499.6	716.9	471.9
Paratori 4X	171.8	426.8	757.0	509.3	<b>829.3</b>	499.3
Picha 5X	201.9	538.2	791.5	725.7	-	520.4

Cuadro 4-01: Peso Total al Gancho Bajando Revestidor

Peso Total al Gancho de la sarta (M lbs)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		209.8	358.8	431.0	439.7	508.9
Picha 2X		210.5	395.8	460.1	493.7	523.6
Taini 3X		210.7	382.7	466.6	514.2	531.3
Paratori 4X	168.1	273.0	436.4	486.2	545.9	552.8
Picha 5X	175.7	324.4	455.8	533.1		<b>572.7</b>

Cuadro 4-02: Peso Total al Gancho de la Sarta de Perforación

En base a estos máximos valores de peso, procederemos a diseñar la capacidad del mástil del equipo.

Carga al gancho bajando revestimiento	<b>829.3</b>	M lbs
Factor de seguridad (20%)	165.9	M lbs
<b>Carga total al gancho será (HL)</b>	<b>995.2</b>	M lbs

Carga al gancho en Sarta de Perforación	<b>572.7</b>	M lbs
Factor de seguridad (20%)	114.5	M lbs
Carga total al gancho será	<b>687.2</b>	M lbs

Aplicando la fórmula # 06 calculamos la Capacidad Nominal Bruta (GNC).

$$GNC = \left( \frac{12+4}{12} \right) * 995.2 = 1326.9 \text{ M Lbs}$$

#### Requerimiento de la Altura del Mástil

Para determinar la altura mínima requerida para el mástil (ver Fig. 4-02), se sumará todas las longitudes de los componentes disponibles que intervienen en una sacada de tubería en stand (ver Cuadro 4-03).

Componentes		Con gancho	Sin gancho	
Altura libre de trabajo para TD 11 SA	(A)	<b>13.5</b>	<b>13.5</b>	ft
Longitud del motón viajero	(B)	14.7	8.6	ft
Longitud del Top drive	(C)	19	19	ft
Longitud de un stand de tubería de perforación	(D)	93	93	ft
Longitud de la conexión del tubo	(E)	4	4	ft
<b>Altura mínima del mástil</b>	<b>(F)</b>	<b>144.2</b>	<b>138.1</b>	ft

Cuadro 4-03: Requerimiento de Altura Mínima del Mástil

Teniendo todo estos valores se procede a seleccionar el mástil que pueda cumplir con lo requerido en capacidad y altura, (ver Figura 4-2).

El mínimo valor tomado en la altura es de 144.2 ft debido a que por emergencia en la operación se puede usar el Kelly para continuar la perforación, y en este caso si se utilizaría el Motón Viajero con gancho.

Nota: Para el uso del TD, el fabricante requiere como mínimo 13.5 ft altura libre

Por lo tanto, lo que define la altura del mástil será el tipo de Travelling Block que se va a usar en la operación.

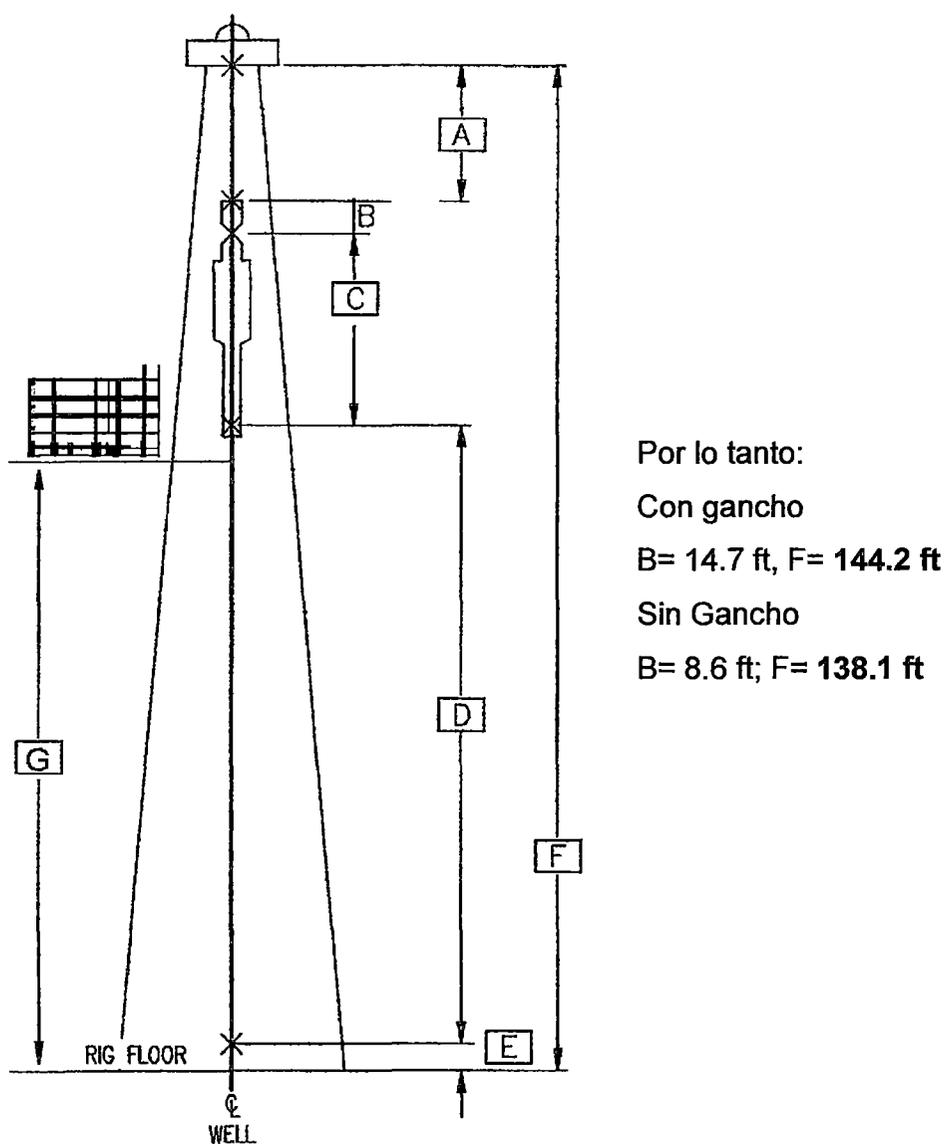


Figura 4-02: Requerimiento de Altura Mínima del Mástil

### Requerimiento de la Repisa del Mástil

Para poder determinar el requerimiento mínimo de la repisa, se tomará la profundidad máxima que se va a perforar con la sarta de perforación de los pozos analizados, en esta oportunidad al pozo Picha 5X, de donde se puede sacar lo siguiente datos del Anexo 3-11 (Líneas 34, 38,48), por lo que se tiene el siguiente resumen (ver Cuadro 4-04).

A todos los valores se le adicionar un factor de 20 % por seguridad.

Capacidad de DC 9 1/2"	1	11	Stands
Capacidad de DC 8"	5		
Capacidad de DC 6 3/4"	5		
Capacidad de HWDP 5 1/2" (+20%)	10	221	Stands
Capacidad de DP 5 1/2" (+ 20%)	211		

Cuadro 4-04: Requerimiento de la Repisa del Mástil

Nota:

- La longitud promedio para el cálculo de la tubería de perforación 31 ft
- Un stand consta de 3 tubos.

Por consiguiente, los requerimientos mínimos del mástil de acuerdo a los diseños de los pozos para el siguiente proyecto son:

Altura libre del Mástil	<b>144.2</b>	ft
Carga al gancho total (Hook Load)	<b>995.2</b>	M lbs
Capacidad nominal brutal (GNC)	<b>1326.9</b>	M lbs
Cantidad de DC en el mástil	<b>11</b>	Stands
Cantidad de DP en el mástil	<b>221</b>	Stands

Cuadro 4-05: Requerimiento del Mástil

El Mástil seleccionado para este proyecto es el siguiente:

- De la Marca Drillmec, empresa que cumple con la certificación API 4F

- Facilidad de construcción de acuerdo a nuestra necesidad y soporte técnico, en esta oportunidad el mástil tiene que desarmarse en varias partes para poder volarlo con helicóptero de 4 ton.
- Nos ofreció un mástil de altura libre de 147 ft, teniendo mayor espacio disponible para cualquier maniobra de tensión y cumpliendo con el HL requerido de 1, 000,000 lbs (ver Anexo 4-42).
- Modelo Cantilever, se arma formando un solo cuerpo, teniendo mayor resistencia, y elevándose en una sola maniobra de levante.
- El bloque corona, al ser parte del mástil, tiene la capacidad de 500 ton, y 7 poleas de 60" del tipo rodillo, este tipos de poleas reducen la fricción generada durante el recorrido del motón viajero y de mayor uso en los equipos de perforación.

#### 4.1.2 Requerimiento de Subestructura.

Los principales requerimiento para la subestructura son:

- a) Máxima carga estática en mesa rotaria (Máximo peso de revestimiento en el fondo sentado en cuñas)
- b) Máxima carga estática en el setback (Máximo peso de la sarta de perforación en el aire).
- c) Máxima carga en simultáneo (a+b), esta capacidad nos permite bajar el revestimiento con toda la tubería parada en el setback.
- d) Altura mínima por debajo de las vigas de la mesa rotaria.

De los Anexos 3-7,3-8,3-9,3-10,3-11, se tiene los siguientes cuadros resumen Cuadro 4-06 y 4-07; (Líneas 14 y 51).

Peso del Revestidor en el Fondo Sentado en Cuñas (M lbs)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		69.1	429.7	321.2	432.5	317.0
Picha 2X		66.2	470.5	356.4	505.6	333.7
Taini 3X		66.2	477.7	369.6	586.9	341.9
Paratori 4X	41.8	296.8	627.0	379.3	<b>699.3</b>	369.3
Picha 5X	71.9	408.2	661.5	595.7	-	390.4

Cuadro 4-06: Peso del Revestimiento en el Fondo Sentado en Cuñas

Peso de la Sarta en el aire (M lbs)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		69.1	243.9	341.6	372.3	419.9
Picha 2X		70.4	301.0	390.7	418.6	449.2
Taini 3X		70.6	282.3	393.7	439.4	456.8
Paratori 4X	21.1	144.7	356.1	436.3	476.0	482.5
Picha 5X	29.8	209.7	381.7	458.9		<b>506.3</b>

Cuadro 4-07: Peso de la Sarta de Perforación en el Aire

De los cuadro 4-06 y 07 se tiene el siguiente resumen en capacidades:

Peso de sarta en setback	506.3	M lbs
Más un Factor de seguridad (20%)	<b>607.6</b>	M lbs
Carga estática en mesa	699.3	M lbs
Más un Factor de seguridad (20%)	<b>839.2</b>	M lbs

#### Altura Mínima de la Subestructura

La altura mínima debe ser capaz de instalar el conjunto BOP y el flow line, por lo tanto, de la Fig. 4-21, se tiene una altura mínima de 7.24 mts (23.7 ft).

Por lo que el requerimiento mínimo de Subestructura será la siguiente:

Peso de sarta en setback (+ 20% FS)	<b>607.6</b>	M lbs
Carga estática en mesa (+ 20% FS)	<b>839.2</b>	M lbs
<b>Peso Total En simultáneo</b>	<b>1,446.8</b>	M lbs
Altura mínima debajo de la viga de la mesa rotaria	<b>23.7</b>	Ft

Cuadro 4-08: Requerimiento Mínimo de Subestructura

La compañía operadora solicita una subestructura de la siguiente capacidad:

- La altura debe ser como mínimo para alojar el BOP stack (anular, doble, simple, cabezales y accesorios requeridos).
- Capacidad de carga total de 1, 600,000 lbs.
- Setback no menor a 600,000 lbs.

Por lo tanto, la Subestructura seleccionado para este proyecto es el siguiente:

- Posee una altura libre de 24 ft, cumpliendo lo mínimo requerido.
- Capacidad en set back de 600,000 lbs.
- Capacidad en carga total de 1, 600,000 lbs.
- Cumple con lo requerido por el cliente y supera con lo requerido.
- Facilidad en la desarmado y generar cargas que permiten ser voladas con helicópteros de 4 ton.
- Es del tipo Slingshot, este tipo de subestructura es formado de un solo cuerpo compacto, es más segura su maniobra cuando se procede a levantar.
- Autopropulsado, se levanta con los winches en una sola maniobra.

#### **4.1.3 Requerimiento del Motón Viajero (*Travelling block*)**

Para el requerimiento del motón viajero se tomaran el máximo valor de la Cuadro 4-01, por lo cual se tiene que el Peso total al gancho será:

Carga al gancho	829.3	M lbs
Carga al Gancho + (20%) FS	995.2	M lbs (452.4 ton)
Número de poleas	6	

Con este máximo valor se va al Anexo 4-02, "Especificaciones del motón viajero", se determina el motón que cumpla con estas características para realizar un trabajo seguro es:

- Marca Emsco
- Tipo H, sin gancho, generando mayor altura libre en el mástil.
- Las poleas tienen el mismo diámetro que las poleas de la corona.
- Las poleas son para cable de 1 3/8",
- Tiene la misma capacidad que la corona, de 500 ton.
- La modelo disponibilidad en el mercado.
- De menor longitud que otros modelo y marca.

Model		RA-60-6-500TB
Número de poleas		6
Diámetro de poleas	pul	60
Capacidad	ton	500
Diámetro del cable	pul	1 3/8"
Peso	lbs	19158
Longitud total	pul	118 3/16
Ancho total	pul	64
Espesor	pul	34
Longitud útil	pul	<b>103 3/16</b>
Longitud útil	pies	8.6

Cuadro 4-09: Especificaciones del Motón, EMSCO, Tipo H

#### 4.1.4 Requerimiento del Cable de Perforación

Para determinar el tipo de cable a usar, se calculará con los valores máximos de carga al gancho bajando revestimiento y perforando; Se determinará la **máxima resistencia** a la tensión de la línea rápida en estos dos casos.

Los factores de seguridad se obtienen del Cuadro 2-03; y los factores de eficiencia del cuadro 2-02, teniendo los siguientes datos:

Factor de Seguridad Bajando revestimiento:	2
Factor de Seguridad Perforando	: 3
Carga al gancho bajando revestimiento	: <b>995.2 M lbs</b>
Carga al gancho Perforando	: <b>687.2 M lbs</b>

Por lo tanto, usando las fórmulas # 01 y # 12, se tiene la fórmula # 32.

Aplicando para los diferentes números de líneas, se tiene los requerimientos mínimos de la Resistencia a la rotura del cable de perforación, (ver Cuadro 4-09).

$$RT = FS \frac{L}{N * Ef} \quad \text{Fórmula \# 32}$$

Por lo tanto, del Anexo 4-05; el diámetro que cumple este requerimiento es el de: **1 ½"** con **228,000 lbs**, tipo **EIPS, RRL, arreglo 6x19 IWRC**.

Resistencia mínima a la Roptura		
# de Líneas	Bajando revestimiento (M Lbs)	Perforando (M Lbs)
10	246	255
12	<b>215</b>	<b>223</b>
14	192	199

Cuadro 4-10: Requerimiento Mínimo del Cable de Perforación

El cable que posee el Equipo PTX-12 es de 1 3/8", de 192 M lbs de resistencia mínima, el cual nos permite como máximo tensionar cuando se está perforando hasta 875 M lbs y bajando casing hasta 591 M lbs; por lo que este cable nos limita mucho para cumplir con lo requerido, el equipo no se podrá utilizar el 100% de su capacidad al gancho.

Se recomienda el cambio de cable para poder utilizar el equipo de forma eficiente y cumplir con los programas de los pozos establecidos.

#### 4.1.5 Requerimiento del Ancla de Perforación

Para determinar el requerimiento mínimo del ancla se requiere tener el valor de la tensión en la línea muerta, esto se obtienen usando la Fórmula # 11; donde se tiene que:

Carga al gancho bajando revestimiento: 995.2 M lbs

# De líneas : 12

Tensión en la línea muerta: **82.9 M lbs.**

Diámetro del cable : 1 1/2"

Con este valor, viendo los Anexos 4-03 y 4-04 se tiene la marca Wagner HA120T-SG cumplen con el requerimiento mínimo.

Ancla para la línea muerta, marca Wagner						
Modelo	Tension de la línea (lbs)	Sensor de peso	Modelo de indicador de peso	Tamaño del cable	Diámetro del carrete	Peso (lbs)
HA120T-SG	100,000	E551 Compresión	75/100	1 1/4, 1 3/8, 1 1/2, 1 5/8	28	1,875

Cuadro 4-11: Especificaciones del Ancla, Marca Wagner

#### 4.1.6 Requerimiento de Malacate (*Drawwork*)

Para determinar que malacate será el que pueda cumplir con los requerimientos de los pozos, se requiere saber los pesos o carga al gancho máximos bajando revestimiento y perforando.

Tenemos los siguientes datos:

- Peso de la sarta perforando: **687.2 M lb**
- Peso de bajando revestimiento: **995.2 M lb**
- Velocidad de maniobra: **60 ft/min**
- # De líneas: **12**
- Eficiencia de poleas (cuadro 2-03): **0.77**
- Eficiencia mecánica: **85%**

Para el cálculo de potencia se utilizara el peso de la sarta dado que en dicha maniobra se tiene mayor velocidad por ende, mayor consumo de potencias que cuando se baja revestimiento; para este cálculo de potencia de entradas se utilizara las Fórmulas # 10, 13, y 14.

$$\text{Potencia al gancho: } \frac{678.2 \text{ Mlb} * 60 \text{ ft/min}}{33000} = 1249.4 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia de salida: } \frac{1249.4 \text{ hp}}{0.77} = 1622.6 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia de entrada: } \frac{1622.6 \text{ hp}}{0.85} = 1909 \text{ HP}$$

Por lo tanto, con el máximo peso al gancho (**995.2 M lbs**) y la máxima potencia de entrada (**1909 HP**), se selecciona el malacate que cumpla dichas necesidades; del Anexo 4-06, se tiene el siguiente Cuadro 4-12.

El malacate para este equipo tiene las siguientes características:

- Marca National 1320-UE, esta marca está respaldada por la cia NOV.
- Potencia 2000 HP, mayor a lo requerido.
- EL malacate consta de 02 motores eléctricos del tipo DC, con variadores de velocidad.

- Utiliza frenos a zapatas, muy versátiles para el cambio y de buen rendimiento.
- Con 12 líneas, tiene buena capacidad de tensión en baja baja.
- Posee 04 velocidad para Izaje y 02 para la rotación
- Se desarman en 04 partes para poder volar con Helicópteros de 10 ton.
- Sistema de enfriamiento es por agua y transmisión en cadena.

National 1320-UE					
Potencia de entrada	2000 HP				
Embrague del tambor	Baja			Alta	
Transmisión		Baja	Alta	Baja	Alta
Capacidad total en 1000 lbs	8 líneas	660	415	270	170
	10 líneas	805	505	330	205
	12 líneas	<b>940</b>	590	380	240
Peso	77,660				

Cuadro 4-12: Especificaciones del Malacate National 1320 UE

#### 4.1.7 Requerimiento del Freno Auxiliar

Para seleccionar el freno auxiliar; de dato se debe tener la misma potencia que requiere el malacate que es de **1909 HP**, el freno seleccionado tiene que ser de mayor capacidad por ello, sería de **2250 HP**, ver Anexo 4-07 de Equivalencia de frenos auxiliares tenemos el siguiente modelo, Anexo 4-09.

Freno Auxiliar Tipo Neumatico (Wichita)		
Modelo		EDS-3
Freno tipo Serie V		V336
Cantidad de discos de freno		3
Accionado por		Aire
Máxima potencia continuo	HP	2,250
Máximo torque operativo	lbs-pies	120,000 @100-130 psi
Máxima revoluciones	rpm	640
Máxima presión de aire	psi	150
Máxima presión enfriamiento por agua	psi	60
Peso aproximado	lbs	12,500
Capacidad máxima de desgaste	pulg	1.5
Capacidad máxima de torque de frenado	lbs-pies	120,000

Cuadro 4-13: Especificaciones Freno Wichita

Las principales características para esta selección son: Un modelo más electrónico, posee el mismo peso que el freno electromagnético y puede ser volado en una sola carga con helicóptero de 11 ton, tipo neumática; la desventaja es el desgaste de los platos de fricción, este desgaste es muy rápidamente si no hay un buen control en el sistema de enfriamiento y si el uso es continuo; como su nombre lo dice, es un freno auxiliar, solo se debe usar cuando se está bajando la sarta o herramienta para controlar la inercia respecto al peso generado durante esta maniobra.

Por la experiencia que tiene Petrex en la industria del petróleo, se recomienda el uso del freno auxiliar tipo Electromagnético por darnos mayor seguridad y confiabilidad durante la operación, al no presenta falla alguna.

En el Anexo 4-43, Anexo Técnico del Equipo PTX-12, punto # 01, se ve todos los componentes del Sistema de Izaje.

## 4.2 Selección del Sistema de circulación

En la Fig 4-03, Se muestra el diagrama del sistema de circulación del equipo PTX-12; en esta oportunidad se realizara los cálculos para los componentes de alta presión que son: Bombas de lodo, Manifold de bombas, Manifold del stand pipe y líneas de circulación del bombas hacia la entrada al Top Drive.

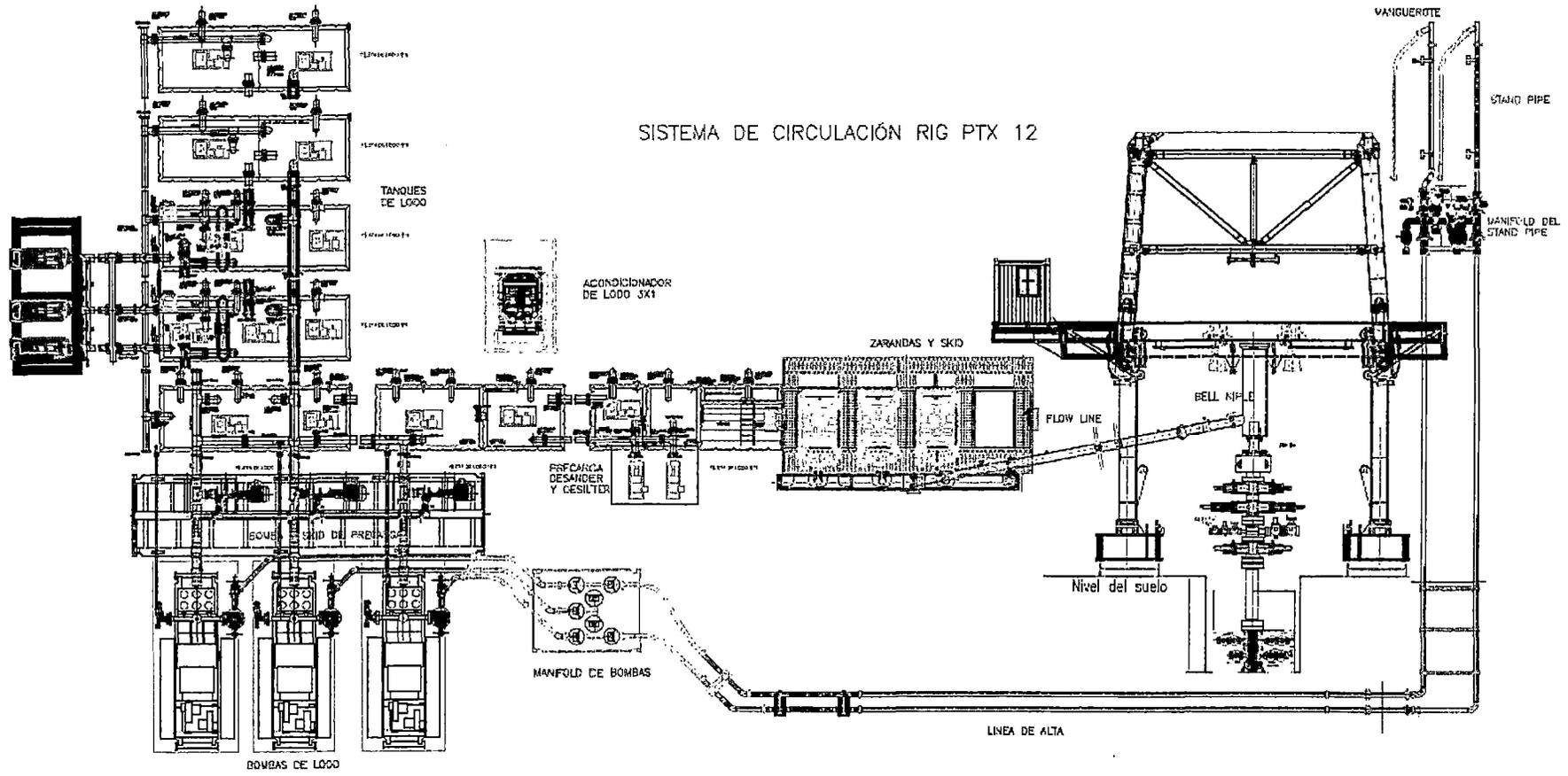
### 4.2.1 Requerimiento de la bomba de lodos

De los anexo 3-07 al 3-11 de los pozos tenemos el siguiente cuadro resúmenes de presión y caudal para cada tramo de los pozos.

Presiones máximas por tramos (psi)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		800	3,500	3,300	2,500	3,600
Picha 2X		800	3,700	3,800	3,200	3,000
Taini 3X		900	3,700	3,800	3,200	3,000
Paratori 4X	700	2,800	3,800	3,970	2,600	3,000
Picha 5X	800	2,800	3,800	3,200	-	3,000

Cuadro 4-14: Resumen de Máximas Presiones

Figura 4-03: Sistema de Circulación, Equipo PTX12



Caudal máximas por tramos (gpm)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		700	900	800	650	450
Picha 2X		700	980	850	650	420
Taini 3X		700	1000	850	650	450
Paratori 4X	300	1000	1000	900	700	450
Picha 5X	300	1000	1000	900	-	450

Cuadro 4-15: Resumen de Máximas Caudales

Utilizando la fórmula # 20, con las Cuadro 4-13 y 4-14 tenemos la potencia hidráulica a la salida de la bomba para cada tramo de los diferentes pozos; de estos cálculos se genera el cuadro 4-16.

$$\text{Potencia Hidráulica (HHP)} = \frac{Q(\text{gpm}) \times P(\text{psi})}{1714}$$

Potencia Hidráulica de salida (HHP)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		326.7	1837.8	1540.3	948.1	945.2
Picha 2X		326.7	2115.5	1884.5	1213.5	735.1
Taini 3X		367.6	2158.7	1884.5	1213.5	787.6
Paratori 4X	122.5	1633.6	2217.0	2084.6	1061.8	787.6
Picha 5X	140.0	1633.6	2217.0	1680.3	-	787.6

Cuadro 4-16: Resumen de Potencia Hidráulica de Salida

Para el cálculo de la potencia de entrada, al Cuadro 4-16 se le aplica los factores de eficiencia mecánica y volumétrica en la Fórmula # 22, tenemos el Cuadro 4-17.

- Eficiencia mecánica: 90%
- Eficiencia volumétrica 100%

Entonces la potencia de entrada (HP) será (ver cuadro 4-17):

$$\text{Potencia de Entrada (HP)} = \frac{\text{Potencia Hidráulica (HHP)}}{EF_{eléc} * EF_{mec}}$$

Potencia de entrada (HP)						
Hoyo	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X		363.0	2042.0	1711.4	1053.4	1050.2
Picha 2X		363.0	2350.6	2093.9	1348.4	816.8
Taini 3X		408.4	2398.5	2093.9	1348.4	875.1
Paratori 4X	136.1	1815.1	<b>2463.4</b>	2316.2	1179.8	875.1
Picha 5X	155.6	1815.1	<b>2463.4</b>	1867.0	-	875.1

**Cuadro 4-17: Requerimiento de Potencia Hidráulica de entrada**

Donde vemos que la máxima potencia requerida de entrada es de **2463.4** HP.

A este valor hay que sumar un factor de seguridad del 20% por ser pozos exploratorios; donde las presiones y caudales no son conocidos a ciencia cierta.

Por lo tanto, tenemos un total de consumo de **2956** HP.

Para trabajar con 02 bombas todo el tiempo en los tramos más pesados dividimos la máxima potencia entre las dos bombas, teniendo lo siguiente:

$$\text{Potencia por bomba de lodo: } \frac{2956 \text{ HP}}{2} = 1478 \text{ HP}$$

Con este valor, procedemos a seleccionar la bomba de lodo que pueda cumplir con los requisitos mínimos calculados para usar en la operación.

Usando el Anexo 4-22 "Especificaciones de Bombas de Lodo" se procede a ver el tipo de bomba de lodo.

Por lo que podemos determinar trabajar con 02 bombas de 1600 HP, la cual es la que más se acerca al cálculo realizado.

**Requerimiento mínimo de la operadora:**

- Bomba de lodo de 1600 HP
- Camisa de 7" hasta 4 1/2"
- 03 bombas de lodo

En esta oportunidad se seleccionó la marca **Lewco WH1216** por los siguientes motivos (Cuadro 4-18, se especifica sus características de la bomba de lodo):

- Se cumple con el requerimiento de la operadora respecto a la potencia de la bomba solicitada.
- Son bombas modernas con sistema de transmisión es de fajas, el cual genera menor perdida por fricción que las cadenas
- Facilidad en el desarmado y armado, mejorando el tiempo de las mismas.
- El Fluid end (módulos de succión y descarga) están construido con material resistente al H<sub>2</sub>S de acuerdo a NACE MR0175
- Buen performance para lodo base aceite.
- Bombas con mayor capacidad de bombeo.
- Facilidad en el cambio de válvulas, asientos, camisa y pistones.
- La marca de la bomba es nueva, con entrega inmediata de los repuestos requeridos.
- Para siempre mantener la operatividad del sistema de circulación siempre se debe tener una bomba de lodo en stand by, por lo tanto se debe tener 3 bombas.

Descripción	Bomba
Marca	Lewco LTI
Modelo	WH-1612
Tipo	Triplex
Potencia Hidráulica (HHP)	<b>1600</b>
Máximo número de emboladas	120
Mínimo número de embolajes	60
Longitud del vástago	12"
<b>Impulsado por</b>	
Número de motor	2
Marca	DC GE
Modelo	752 R3A
Tipo	Series
Potencia Máxima cada motor	1000

Cuadro 4-18: Especificaciones de la Bomba de Lodos Lewco WH 1612

#### 4.2.1 Selección de Diámetros de Camisa en la Bomba de Lodo:

Para la selección adecuada de las camisas a usar en todas las etapas de un pozo, se utiliza la tabla de performance de la bomba elegida, en este caso es la de la bomba Lewco WH1612.

Para una adecuada selección las bombas trabajan bajo cierto Performance que nos permiten una mayor eficiencia y alargar la vida útil de las bombas de lodos de las cuales tenemos.

Performance de las Bombas de Lodos	
Para un periodo continuo, mayor a 24 hrs	Para un periodo corto, menor a 24 hrs
85% del máximo spm	85% del máximo spm
80% de la presión máxima de la camisa	90% de la presión máxima de la camisa

Cuadro 4-19: Performance de la operatividad de las Bombas de Lodos

BOMBA DE LODO LEWCO WH-1612								
Datos de Capacidades								
Tamaño de la camisa, (pul)		4 1/2"	5"	5½"	6"	6½"	7"	7½"
Máxima presión descarga, psi		7500	6722	5555	4668	3997	3429	2987
SPM	Máx. entrada HP	gpm						
120**	1600**	297	367	444	529	621	720	826
110	1467	273	337	407	485	569	660	757
<b>102*</b>	<b>1359*</b>	<b>253</b>	<b>312</b>	<b>378</b>	<b>449</b>	<b>527</b>	<b>612</b>	<b>702</b>
100	1333	248	306	370	441	517	600	688
90	1200	223	275	333	397	465	540	620
80	1067	198	245	296	353	414	480	551
70	933	174	214	259	308	362	420	482
Volumen/Embolada (gal)		2.479	3.06	3.703	4.406	5.171	5.998	6.885

Gpm basado en 90% de eficiencia mecánica y 100% eficiencia volumétrica

\*\* Máxima velocidad y potencia de entrada

Cuadro 4-20: Performance de la Bomba de Lodo Lewco WH1612

De ambos cuadros (4-19 y 4-21) se puede ver que al 85% de performance, se tiene como máximo 102 SPM para un trabajo más eficiente de la bomba. Por otro lado, tenemos los rangos de trabajo en presión y caudal para cada camisa de la bomba Lewco WH1612 que se desea usar (ver Cuadro 4-21). Bajo estos valores se realizara los cálculos necesarios para determinar las camisas para todo el proyecto.

Performance Camisa 7"		Performance Camisa 6 1/2"	
Max Psi	3430	Max Psi	3980
90% psi	3087	90% psi	3582
80% psi	2744	80% psi	3184
Max spm	120	Max spm	120
85% spm	102	85% spm	102

Performance Camisa 6"		Performance Camisa 5 1/2"	
Max Psi	4670	Max Psi	5000
90% psi	4203	90% psi	4500
80% psi	3736	80% psi	4000
Max spm	120	Max spm	120
85% spm	102	85% spm	102

Cuadro 4-21: Performance de las Camisas de la Bomba Lewco WH1612

De los anexos 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11; (líneas 60 y 61); En resumen tenemos los caudales y presiones máximas para realizar la selección de las camisas de las bombas de lodo seleccionada (Cuadro 4-22).

			36"	28"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X	Caudal	gpm		700	900	800	650	450
	Presión máxima	psi		800	3500	3300	2500	3600
Picha 2X	Caudal	gpm		700	980	850	650	420
	Presión máxima	psi		800	3700	3800	3200	3000
Taini 3X	Caudal	gpm		700	1000	850	650	450
	Presión máxima	psi		900	3700	3800	3200	3000
Paratori 4X	Caudal	gpm	300	1000	1000	900	700	450
	Presión máxima	psi	700	2800	3800	3970	2600	3000
Picha 5X	Caudal	gpm	300	1000	1000	900		450
	Presión máxima	psi	800	2800	3800	3200		3000

Cuadro 4-22: Resumen de Presión y Caudal

De los Cuadros 4-20, 4-22 determinamos el diámetro de camisa que se requiere para cada tramo cumpliendo con el performance del Cuadro 4-21, de los cuales se tienen 02 opciones con diferentes diámetros de camisa para cada tramo (ver Cuadro 4-23).

La potencia de una bomba depende de los motores eléctricos que posee, en las cuales depende de los amperajes y voltaje que consume para entregar la

potencia requerida. Los motores eléctricos están gobernados por la Fig. 4-03.

		Cálculo de camisa para cada tramo				
		26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Caudal	gpm	1000	1000	900	650	450
Presión máxima	psi	2800	3800	3970	3200	3600

Caso # 01	# de bombas		2	2	2	2	1
	Capacidad de camisa	gps	5.171	4.406	4.406	4.406	4.406
	SPM		97	114	103	80	103
	Camisa	pul	6 1/2"	6"	6"	6"	6"
	Potencia requerida	HP	1821	2474	2336	1462	1059

Caso # 02	# de bombas		2	3	3	2	1
	Capacidad de camisa	gps	4.406	3.703	3.703	3.703	4.406
	SPM		114	91	82	95	103
	Camisa	pul	6"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	6"
	Potencia requerida	HP	1823	2490	2344	1452	1059

Cuadro 4-23: Análisis de Diámetro de Camisa con Número de bombas

Cada bomba de lodos tiene 02 motores eléctricos, cada uno de 1000 HP, marca GE, 752ARB1, con relación de transferencia de 7.53:1 de RMP del motor eléctrico a SPM de la bomba.

Por lo que si se trabaja con 02 bombas tendremos 04 motores; dividiremos la potencia por tramo entre 4; teniendo el siguiente cuadro 4-24.

Caso # 01	Emboladas por min	spm	97	114	103	80	103
	Potencia de entrada	HP	455	619	584	366	530

Caso # 02	Emboladas por min	spm	114	91	82	95	103
	Potencia de entrada	HP	456	415	391	363	530

Cuadro 4-24: Análisis de Emboladas y Potencia por motor eléctrico

Con estos valores entramos en la Fig 4-04, donde un buen valor en el consumo de Amperaje será menor a 750 Amp. Cuando la bomba se encuentre operativa. De la misma figura se ve una relación inversa entre los SPM y el amperaje, que a menor velocidad SPM más consumo de

Amperaje; por eso, siempre debemos buscar que nuestras bombas trabajen a mayores SPM todo el tiempo, de este análisis obtenemos el Cuadro 4-25.

Tramos	pul	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Camisa	pul	6 1/2"	6"	6"	5 1/2"	6"
SPM		97	114	103	95	103
# de bombas		2	2	2	2	1

**Cuadro 4-25: Requerimiento de Diámetro de Camisa por Tramos**

En conclusión, la bomba trabajara con camisas de: 6 1/2", 6" y 5 1/2" para un mejor rendimiento.

Sí bien la compañía operadora solicita camisa de 7" hasta 4 1/2", se determina que no es necesario tener dichas camisas si es que no se van a usar de acuerdo al programa de los pozos; generando así costo innecesario en la operación, ya que estas camisas quedarían almacenado que a la larga podrían malograrse.

#### **Accesorios de la bomba de lodo**

En esta oportunidad la bomba Lewco vienen con su respectivo amortiguador de pulsaciones y válvula de descarga, Ver Cuadro 4-26.

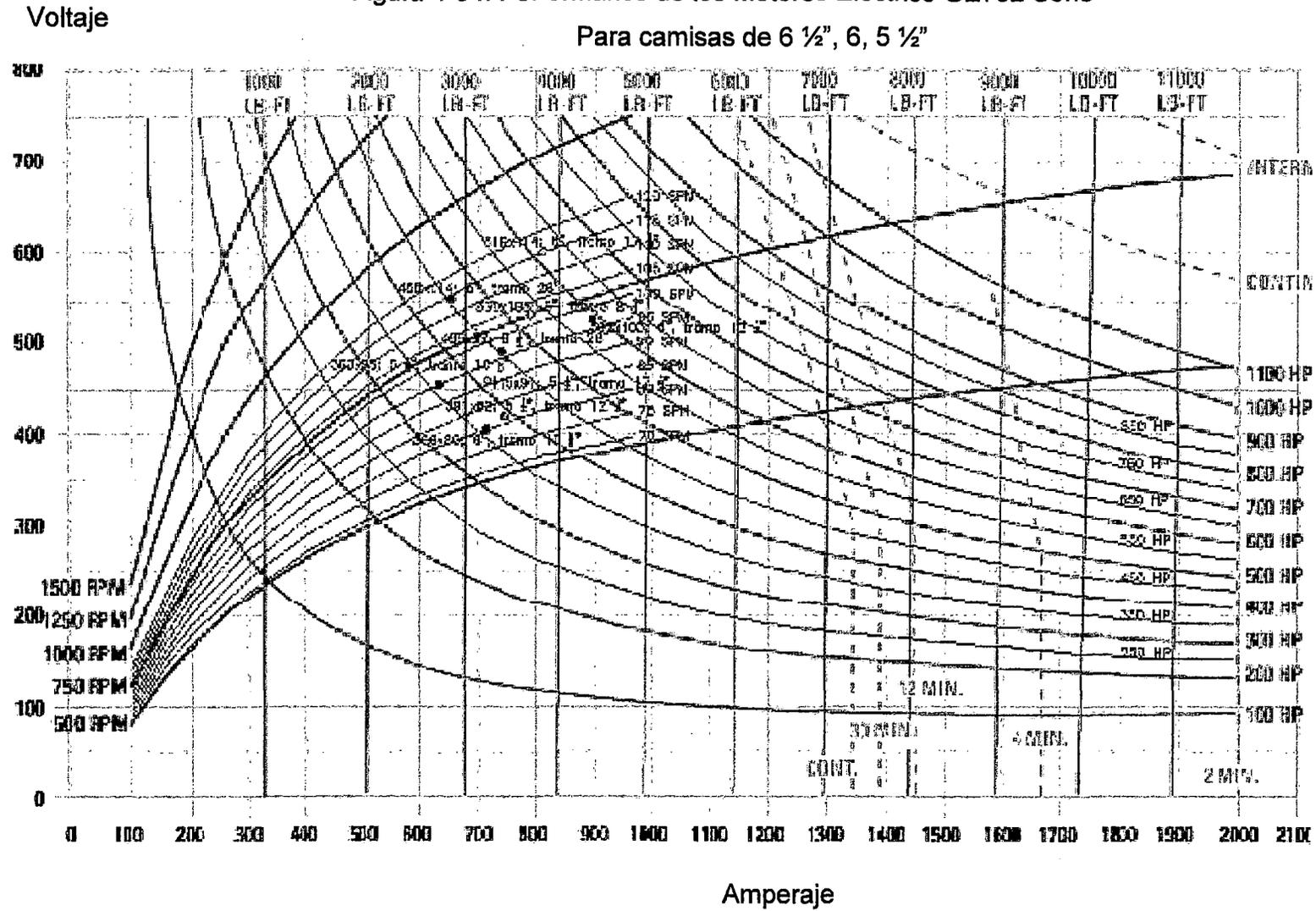
<b>Amortiguador de pulsaciones</b>	
Marca	LTI
Tipo	L20-5000
Presión de trabajo	5000 psi
<b>Válvula de descarga</b>	
Marca	OTECO
Tipo	RR
Diámetro exterior	3"

**Cuadro 4-26: Accesorios de la Bomba de Lodos**

#### **4.2.2 Selección del Diámetro Interno de las Líneas de Superficie**

De acuerdo a la recomendación por el IADC, nos muestra el Cuadro 4-27 donde nos recomienda 04 tipos de arreglos para de Líneas de Superficie en el equipo de perforación.

Figura 4-04: Performance de los Motores Eléctrico GE752 Serie  
 Para camisas de 6 1/2", 6, 5 1/2"



Tipos de Arreglos en Líneas de Superficie								
Tipo	Stand Pipe		Manguerote		Cabeza de Circulación		Kelly	
	Longitud (ft)	DI (pulg)	Longitud (ft)	DI (pulg)	Longitud (ft)	DI (pulg)	Longitud (ft)	DI (pulg)
1	40	3	45	2	4	2	40	2 1/4
2	40	3 1/2	55	2 1/2	5	2 1/4	40	3 1/4
3	45	4	55	3	5	2 1/4	40	3 1/4
4	45	4	55	3	6	3	40	4

Cuadro 4-27: Tipos de Arreglos en Líneas de Superficie

Utilizando la siguiente Fórmula 33 para el cálculo de caída de presión para cada tipo de línea de superficie se tiene la siguiente figura 4-1.

$$\Delta P (\text{psi}) = C * D * \left(\frac{Q}{100}\right)^{1.86} \quad \text{Fórmula \# 33}$$

Donde

D: Densidad del lodo (ppg)

Q: Caudal (gpm)

C: Factor de conversión

Tipo 01, C=1; Tipo 02, C=0.36; Tipo 03, C=0.22; Tipo 04, C=0.15

Donde tenemos lo siguiente: el tipo 04 genera una menor pérdida de presión en superficie; por lo que el diámetro interno recomendado sería de 4" para todas las líneas.

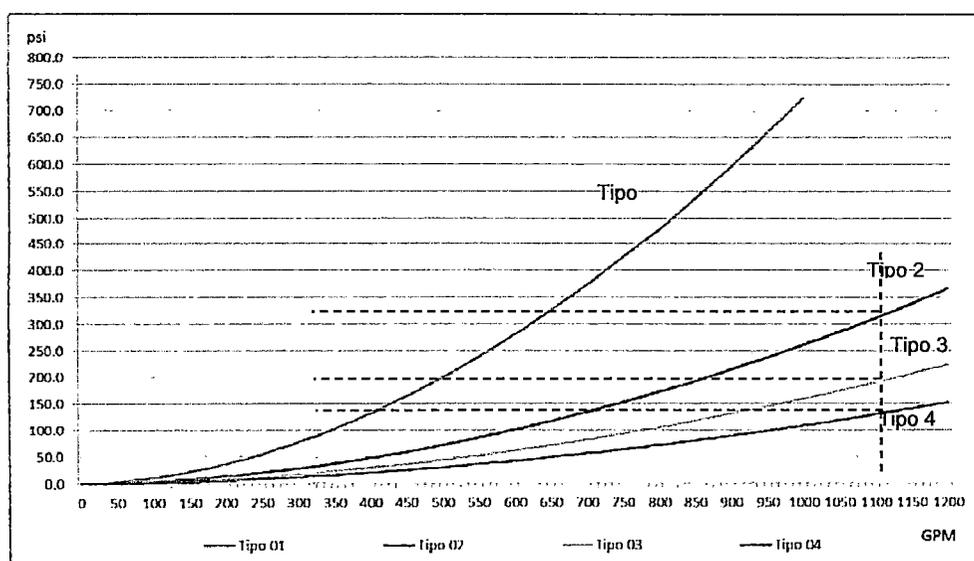


Figura 4-05: Pérdida de Presión en Arreglos de Líneas de Superficie

Cuando se procede a ver las especificaciones de la tubería de alta presión Anexo 4-28, se ve que para la tubería cedula 160 (SCH) de 4" DE (diámetro externo) tiene un 3.438" DI (diámetro interno) y 5" DE tiene 4.313" DI; por lo tanto, la caída de presión es diferente a lo mostrado en la Fig 4-05; para tener una idea se ha realizado una corrida con la Fórmula 34, Caída de Presión en Tubería de Perforación, (ver Anexo 04-29); Con estos valores tendremos una aproximación y podremos tomar una decisión del diámetro de tubería que se desea usar en la línea de superficie.

$$\Delta P \text{ (psi)} = \frac{0.000061 * \rho * L * Q^{1.86}}{d^{4.86}} \quad \text{Fórmula \# 34}$$

#### Datos

L: Longitud (ft): 260 pies

$\rho$ : Densidad de lodo (ppg), 10 ppg

d: Diámetro interno (pulg)

Como se ve la Fórmula 34, los valores variables son los diámetros internos de 3.438" y 4.313", los demás valores se mantiene constantes de modo que se logra realizar la siguiente Figura 4-6, donde se ve claramente que con tubería de 5" DE, se tiene una menor pérdida de presión, la cual nos permite alargar la vida útil de todo los componentes de la línea de alta de superficie como válvulas de compuerta, uniones de golpe, manómetro etc.

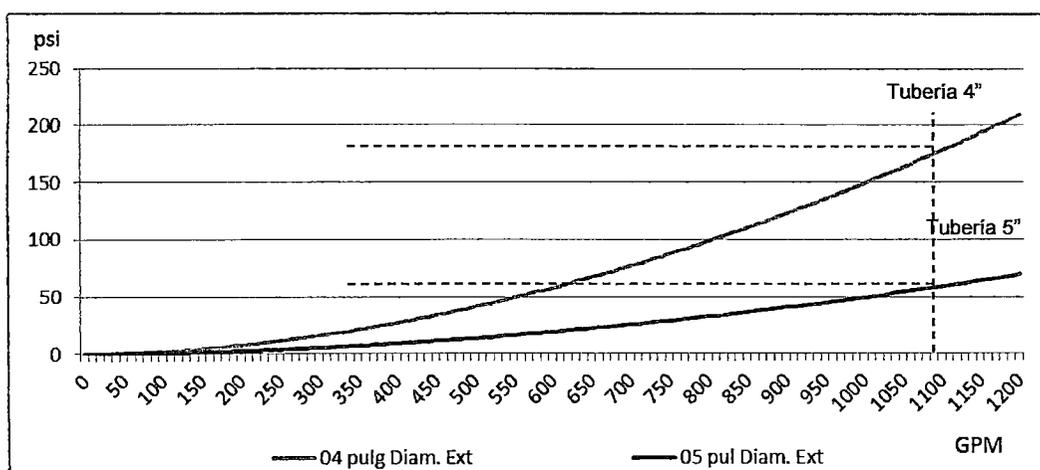


Figura 4-06: Comparación de Pérdida de Presión con diámetros 4" y 5"

Por lo tanto, los componentes de la Línea de Alta de Superficie para nuestro diseño debería ser lo siguiente (Ver anexos, 4-23, 4-24, 4-25, 4-28):

- Tubería de 5" DE, 4.313" DI, 160 SCH,
- Manguerote de 6.5" DE, 4" DI, 5000psi Wp Tipo "D"
- Uniones rápida soldable de 4", FIG 1002, 10000 psi wp,
- Válvulas de compuerta soldable 4", 160 SCH @ 5000 psi wp

Con el diseño seleccionado; toda la línea, Manifold de bomba, Manifold de stand pipe, stand pipe y Manguerote generaría una disminución drástica en la pérdida de presión en superficie, generando un mayor performance en el sistema de circulación y alargando la vida útil de todo los componentes.

#### 4.2.3 Diseño del Manifold de Bomba

El diseño de nuestro Manifold de Bombas, nos da la ventaja de que no parar la circulación cuando se desea realizar lo siguiente (Fig 4-07):

- No parar la circulación para el cambio de bomba.
- No parar la circulación cuando se malogra una válvula del Manifold de bomba o Manifold del stand pipe.
- Facilidad en el desvío del flujo cuando un manguerote se lava.
- Mayor control de flujo de las bombas hacia el Manifold del stand pipe.

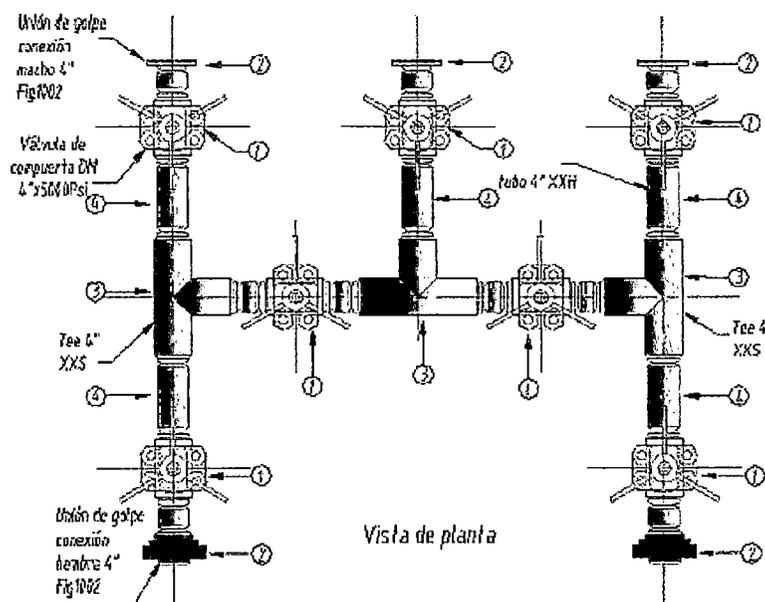


Figura 4-07: Manifold de Bombas, Equipo PTX-12

En el Cuadro 4-28 se listan todo los componentes del Manifold de bomba y la línea de alta.

#### 4.2.4 Diseño Manifold del Stand Pipe

Se ubica en la mesa de trabajo al lado opuesto al perforador, pero con una buena visibilidad y facial acceso para poder maniobra de acuerdo a la necesidad (Fig 4-08).

El flujo es derivado también para realizar otras maniobras como llenado del tanque de viaje (*trip tank*), se conecta líneas hacia la línea de matar, para descargar cuando se ha presurizado la línea hacia el pozo, se colocan los manómetros de presión y sensores de otras Compañías; en el Cuadro 4-29 se listan los componentes del Manifold del Stand Pipe.

Manifold de Bombas de Alta Presión 5000 psi wp		
Items	Cantidad	Descripción
1	7	4" x 5,000 psi, válvula manual de compuerta
2	3	4" Fig 1002 Union rápida de golpe para soldar
3	3	4",XXS, Tee 4"
4	5	4", XXH, Tubo de acero, longitud 40 cm
5	5	4", 5,000 psi BW/XXH codo de 45° grados
6	3	3 1/2" ID x10 ft, tipo "D" ; 5,000 psi WP, Manguera vibratoria con 4"x Fig1002 union de golpe soldable hembra/macho
7	2	3 1/2" ID x15 ft, tipo "D" ; 5,000 psi WP, Manguera vibratoria con 4"x Fig1002 union de golpe soldable hembra/macho

Línea de Alta Manifold de bomba a Manifold de stand pipe		
Items	Cantidad	Descripción
1	10	Tubo de acero de 4"x20ft, SCH160 ASTM A-106GR
2	2	4", 5,000 psi BW/XXH codo de 90° grados
3	2	4", 5,000 psi BW/XXH codo de 45° grados

Cuadro 4-28: Especificaciones del Manifold de Bombas y Líneas

Manifold del stand Pipe; 5000 psi wp		
Items	Cantidad	Descripción
1	5	4" x 5,000 psi, válvula manual de compuerta
2	2	4" Fig 1002 Unión rápida de golpe para soldar
3	1	4",XXS, Tee 4"
4	1	4", 5,000 psi BW/XXH tipo cruz
5	2	4", XXH, Tubo de acero, longitud 40 cm
6	4	2" x 5000 psi wp, válvula Lo Torq, con unión de golpe Fig 1502
7	1	Manómetro de alta presión 0- 6000 psi, Oteco

Cuadro 4-29: Especificaciones del Manifold de Stand pipe

### 4.2.5 Diseño Stand Pipe dual y Manguerote

La finalidad de tener un stand pipe dual; es de evitar tener paradas prolongadas mientras se está circulando al producirse algún liqueo o fuga en el manguerote, para así poder continuar circulando se derivar el fluido a través de las válvulas de Manifold del stand pipe, en el cuadro 4-30 se las características de los materiales del Anexo 4-28, 4-23.

Stand pipe Dual y Manguerote		
Items	Cantidad	Descripción
1	2	4"x 55ft, SCH160 Tubo de acero
2	2	4" x SCH160, XXS, cuello de ganso con salida en el tope,
3	2	3 1/2" ID x 10 ft, tipo "D" ; 5,000 psi WP, Manguera vibratoria con 4"x Fig1002 union de golpe soldable hembra/macho
4	2	3 1/2" ID x75 ft, tipo "D" ; 5,000 psi WP, Manguera vibratoria con 4"x Fig1002 union de golpe soldable hembra/macho

Cuadro 4-30: Especificaciones del Stand pipe Dual y Manguerote

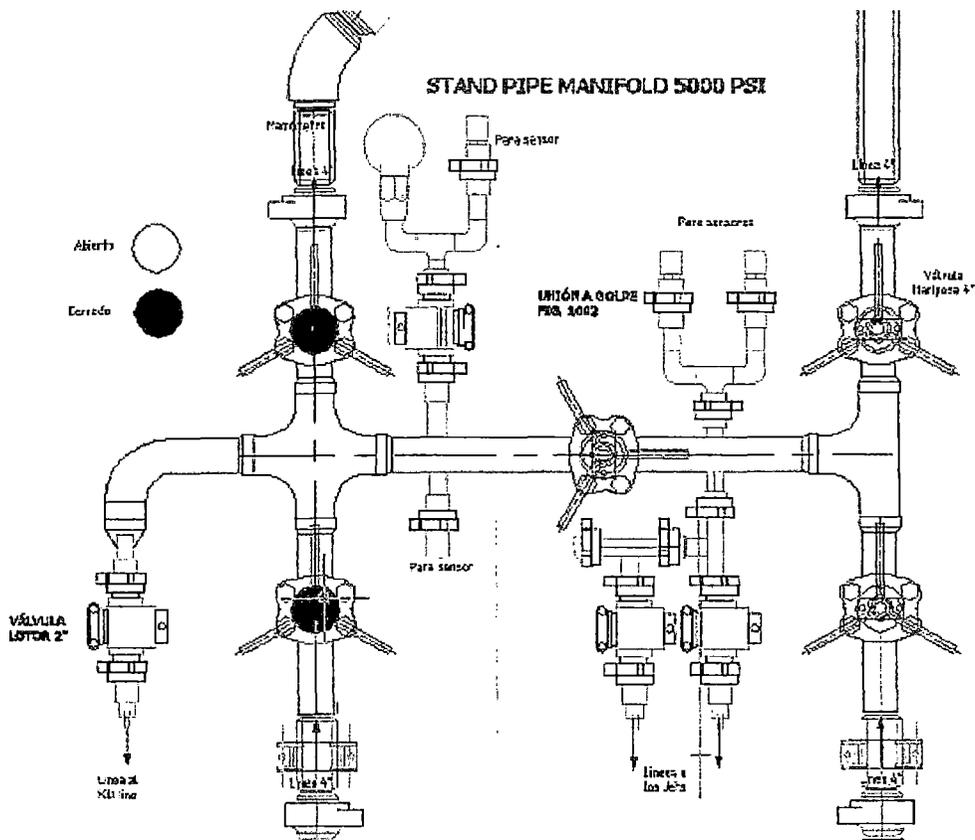


Figura 4-08 Manifold del Stand Pipe, Equipo PTX-12

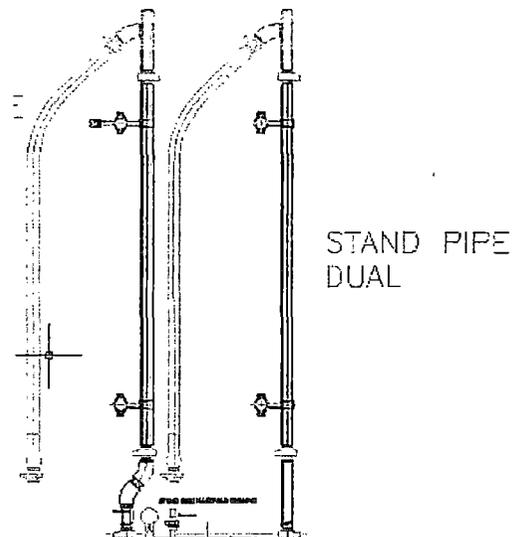


Figura 4-09 Stand Pipe Dual, Equipo PTX-12

**NOTA:** En el Anexo 4-43 "Anexo Técnico Equipo PTX-12", parte 2, se ve los demás componentes del sistema de Circulación.

#### 4.3 Selección del Sistema de Rotación

Los componentes principales para el diseño son los siguientes: Mesa rotaria, Top drive, y la sarta de perforación.

##### 4.3.1 Selección del Top Drive

De los Anexos 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11 tenemos el resumen de requerimiento de Torque, y revolución en superficie para los diferentes pozos a perforar; En el Cuadro 4-31 y usando la Fórmula # 16 tenemos la potencia rotaria requerida para cada tramo y pozo.

$$\text{Potencia Rotaria (HP)} = \frac{\text{Torque Superficie (lb - pies)} \times \# \text{Vueltas (rpm)}}{5250}$$

Para nuestro diseño, a los valores más alto de torque y RPM se les adicionara un factor de seguridad del 20% para poder tener las especificaciones mínimas.

Calculo de la potencia de entrada, con la fórmula # 18, tenemos:

$$\text{Potencia de Entrada} = \frac{1.2 * 571 \text{ HP}}{0.9 * 0.95} = 801 \text{ HP}$$

		Unidades	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Urubamba 1X	Torque máxima en superficie	M ft*lb		6	10	12	12	20
	Revoluciones por minuto	rpm		90	120	130	130	120
	Potencia requerida	HP		103	229	297	297	457
Picha 2X	Torque máxima en superficie	M ft*lb		5	10	12	12	20
	Revoluciones por minuto	rpm		100	130	150	150	140
	Potencia requerida	HP		95	248	343	343	533
Taini 3X	Torque máxima en superficie	M ft*lb		6	10	12	12	20
	Revoluciones por minuto	rpm		100	160	150	150	140
	Potencia requerida	HP		114	305	343	343	533
Paratori 4X	Torque máxima en superficie	M ft*lb	6	10	12	13	12	20
	Revoluciones por minuto	rpm	70	130	180	150	130	150
	Potencia requerida	HP	80	248	411	371	297	571
Picha 5X	Torque máxima en superficie	M ft*lb	5	10	12	12	-	20
	Revoluciones por minuto	rpm	70	130	180	150	-	130
	Potencia requerida	HP	67	248	411	343	-	495

Cuadro 4-31: Resumen de Toque y Revoluciones (RPM)

### Requerimiento del Top Drive

Lo requerido por la operadora es de 500 ton, TQ continuo > 30,000 lbs y de 0 - 228 rpm.

En el cuadro 4-32 se ve los requerimientos mínimos del TD de acuerdo al análisis realizado de los pozos.

Carga al gancho bajando casing	995.2	M lbs
Máx Torque + FS (20%)	24	M lbs* ft
Máx RPM + FS (20%)	180	rpm
Máx Potencia + FS (20%)+ Efm (90%)+Efe (95%)	801	HP

Cuadro 4-32: Requerimiento Mínimo de Top Drive

Con estos datos procedemos a seleccionar el TD; del Anexo 4-12 se tiene la curva de Torque y RPM; del Anexo 4-10 se ve que el modelo TD 11SA, cumple con las especificaciones mínimas del Cuadro 4-32 y de la operadora; el TD es proporcionado por la Cia NOV que nos da servicio y garantía, es amigable ambientalmente, posee sistema eléctrico-mecánico no muy complicado y de fácil uso; se recomienda tener un motor eléctrico de backup para cualquier emergencia ante la falla de uno de ellos, el TD ha

revolucionado la perforación rotaria con muy buen resultado disminuyendo los tiempo de viaje de la herramienta y en las conexiones en la de tubería.

	ESPECIFICACIONES
Modelo	TDS 11SA
Parámetros de Perforación	
Rango de velocidad perforando	0 hasta 228 RPM Continuo
Torque perforando	37,500 ft.lbs. (50,842 Nm) Continuo
Máxima potencia perforando	800 HP Máximo Continuo
Freno de bloqueo estático	35,000 ft.lbs.
Torque intermitente	55,000 ft.lbs.
Capacidad Nominal	
Capacidad	500 ton, (1,100,000 lbs) API-8C, PSL-1
Línea de circulación	3" @ 5,000 psi CWP
Motores de Perforación:	
Tipo	Dependencia eléctrica, inducción de CA, enfriamiento forzado por aire, diseñado para aplicación de accionamiento CA
Potencia de cada motor	400 HP c/u (Total 800 HP)
PIPE HANDLER :	PH 75
Capacidad de torque	75,000 ft.lbs. @ 2000 psi
Rango del diámetro de tubería	3½" to 6 5/8" (4" to 8½" OD tool joint)
Válvula superior de control IBOP	6 5/8" API Reg. RH Box
Válvula inferior de control IBOP	6 5/8" API Reg. RH Pin/Box
Presión de trabajo del IBOP's	15,000 psi CWP
Válvula IBOP resistente a la corrosión	H2S Trim (Opcional)
Brazos de maniobra	350 or 500 ton API, 108" (2.7m) log
Cabeza rotativa	Infinitas posiciones
Dimensiones	W=65 in
	H=19.16 ft
	L=67 in
Peso ( lbs)	30,000

Cuadro 4-33: Especificaciones del Top Drive TDS11 SA

#### 4.3.2 Selección de la Mesa Rotaria

Del Cuadro 4-31 tenemos el diámetro máximo de broca, torque y RPM y de los Anexos de los pozos tenemos el peso del casing al aire.

Con la Formula # 17, se tiene el cálculo de Potencia para la mesa rotaria:

$$Potencia\ de\ Entrada = \frac{1.2 * 571\ HP}{0.85} = 806\ HP$$

#### Requerimiento del Mesa Rotaria

Lo requerido por la operadora es de 500 ton, apertura de 37 ½".

Lo requerido de acuerdo al análisis realizado es:

Diámetro máximo de la broca	36"	pulg
Peso del revestidor al aire	840.8	M lbs
Peso del rev. + FS (20%)	1009	M lbs
Torque + FS (20%)	24	M lbs* ft
RPM + FS (20%)	180	rpm
Potencia Total +FS (20%) +EFm (85%)	806	HP

Cuadro 4-34: Requerimiento Mínimo de Mesa Rotaria

Del Anexo 4-13 vemos que la mesa que cumple con ambos requerimiento es la del modelo RT375-53, marca Mud King, marca nueva en el mercado, compatible en repuestos con la marca National; transmisión a cadena, que se puede usar con el malacate sin ningún problema, se puede volar en una sola carga con helicóptero de 11 ton, presenta una facilidad en el montaje de cuña neumática y piso antideslizante.

Mesa Rotaria		Mud King
Modelo		RT375-53
Apertura máxima	pulg	37 1/2"
Carga estática	ton (lbs)	650 (1,430 M lbs)
Relación de engranajes		3.56
Maxima revoluciones	RPM	300
Max torque de trabajo	lbf-ft	23,883
Ancho total	pulg	71
Largo total	pulg	97
Altura total	pulg	28
Peso con buje maestro	lbs	17,534

Cuadro 4-35: Especificaciones de la Mesa Rotaria MK RT375-53

#### 4.3.3 Requerimiento de sarta de Perforación

El requerimiento de la sarta de perforación por parte de la operadora es la siguiente:

- DP 5", 5000 mts, S-135, 19.5 #, NC50.
- u opcional DP 5 1/2", 5000 mts, S-135, 21.9#, 5 1/2 FH/XT-57.
- DP 3 1/2", 2000 mts, S-135, NC-38.
- HWDP 3 1/2", 5" y 5 1/2" (opcional), 25 unidades de cada diámetro.
- 06 DC 9 1/2", 7 5/8 Reg; 12 DC 8", 6 5/8 Reg; 24 Dc 6 3/4" ó 6 1/2" NC-50 y 24 DC 4 3/4", NC-38; todos del tipo espiral.

Para nuestro estudio y poder determinar el diámetro de tubería a utilizar en la selección de la sarta de perforación se tendrá en cuenta los parámetros tales como:

- Peso de la sarta dentro del hoyo
- Resistencia a la tensión (Rt)
- Margen de sobre tensión (MST)
- Caída de presión en la sarta (drill pipe)
- Capacidad de la tubería

Iniciaremos analizando la Resistencia a la Tensión (Rt) de las tuberías de perforación más comunes disponibles para la operación, del Anexo 4-15 tenemos la Rt y en la Fig. 4-10 se ve una comparación de la Rt de las diferentes Tuberías de Perforación usadas en la industria.

Calcularemos la Máxima Carga de Trabajo de cada tubería, la cual nos permitirá tener una idea de lo máximo que se puede tensionar una sarta de perforación (ver Cuadro 4-36).

Diámetro de Tubería		5 7/8"	5 1/2"	5"
Resistencia a la tensión (Clase Premium)	M lbs	757.1	620.6	561
Máxima carga de trabajo = $R_t \times 85\% \text{ FS}$	M lbs	<b>643.5</b>	<b>527.5</b>	<b>477</b>

Cuadro 4-36: Resistencia a la Tensión de la Tubería de Perforación, (Valores tomados del TH Hill Edición 2)

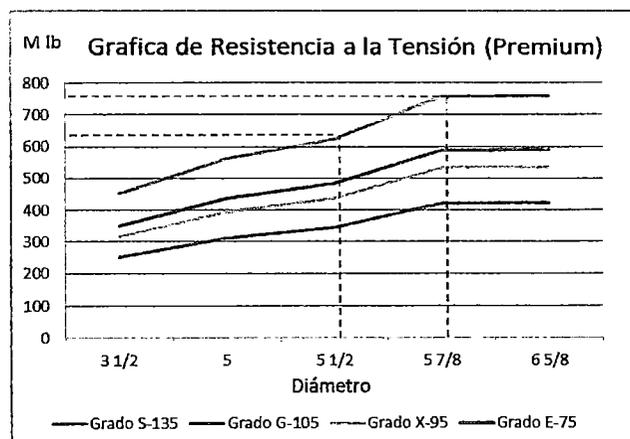


Figura 4-10: Resistencia a la Tensión en Tubería de Perforación

Nuestro análisis se realizara en el tramo de 8 1/2" donde la Sarta de Perforación posee mayor peso y profundidad; de los anexos 3-07 al 3-11, (línea 52) tenemos el Cuadro 4-37, también se realizó cálculos del peso de la sarta con diferentes diámetros de tubería que son de 5 7/8", 5 1/2" y de 5" para tener una comparación y mejorar nuestro análisis.

Pozos		5 7/8"	5 1/2"	5"	Profundidad (ft)
Urubamba 1X	M lbs	390.8	358.9	313.1	13,875
Picha 2X	M lbs	407.1	373.6	325.3	14,964
Taini 3X	M lbs	415.8	381.3	331.5	15,338
Paratori 4X	M lbs	<b>440.9</b>	<b>402.8</b>	<b>348.1</b>	16,580
Picha 5X	M lbs	462.8	422.7	363.1	17,480

Cuadro 4-37: Peso de las Diferentes Sargas de Perforación en el Lodo

Ahora calculamos el Margen de sobre tensión para cada diámetro de tubería; de los cuadro 4-36, 4-37 y la Fórmula # 19 tenemos el Cuadro 4-37.

$$MST (lbs) = Rt \min xFS - Wsarta \text{ en hoyo}$$

Margen de Sobre Tensión, Tramo 8 1/2"					
Diámetro de Tubería	unid.	5 7/8"	5 1/2"	5"	Profundidad Total (ft)
Urubamba 1X	M lbs	252.7	168.6	164	13,875
Picha 2X	M lbs	236.4	153.9	151	14,964
Taini 3X	M lbs	227.7	146.2	145	15,338
Paratori 4X	M lbs	202.6	124.7	131	16,580
Picha 5X	M lbs	<b>180.7</b>	<b>104.8</b>	<b>114</b>	17,480

Cuadro 4-38: Margen de Sobre Tensión para Cada Sarta

Por lo tanto, del Cuadro 4-38 se determina que la tubería de 5 1/2" nos quedamos al límite en sobre tensión sí se le resta 100 M lb para tensionar en cualquier eventualidad como pega de tubería etc. en el último pozo exploratorio, por medida de seguridad no es conveniente perforar con esta sarta, por lo que sería recomendable perforar con tubería de 5 7/8".

Otro factor importante en el diseño es la **Caída de Presión Interna** que ocurre durante la perforación; en la Fig 4-11 (sacada del TH Hill Edic. 2) se ve claramente la gran diferencia que existe entre los diferentes diámetro de tubería de perforación, donde la tubería de 5 7/8" tiene mejor performance.

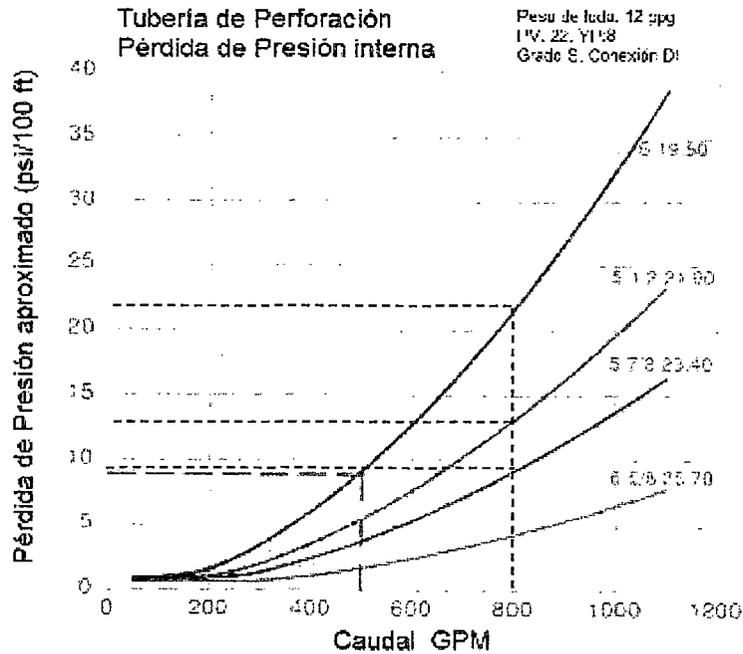


Figura 4-11: Caudal vs Caída de Presión en Tubería de Perforación

Otra diferencia es la capacidad para llenar los tubos (Fig. 4-12), según sea mayor el diámetro se tomara más tiempo en el llenado y mayor volumen del mismo, por lo que tendrá menor caída de presión; por eso, ahora se tiene bombas para lodo de grandes capacidad para poder realizar un trabajo más eficiente.

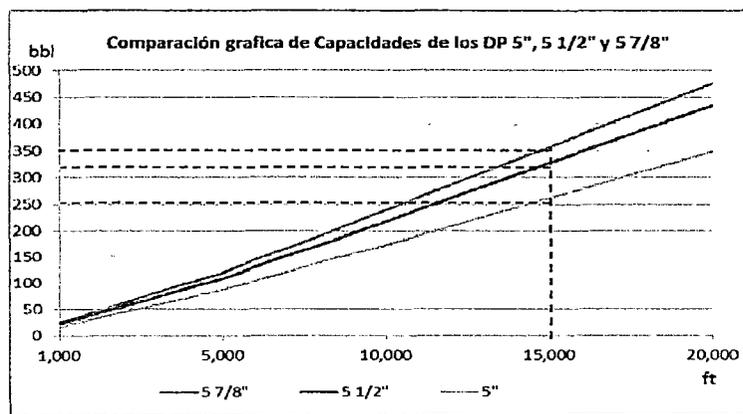


Figura 4-12: Comparación en Capacidades de la Tubería de perforación

Nota: Para un diseño óptimo se debería utilizar el DP 5 7/8" por tener un mejor performance y así lograr el objetivo de perforar todo los pozos de forma tal que no hay necesidad de estar cambiando de sarta durante el proyecto.

Por lo tanto, la tubería de perforación seleccionada para el proyecto exploratorio es de 5 ½" y 3 ½" (ver Cuadro 4-39):

Especificaciones de la Tubería de Perforación (Drill pipe)			
Diámetro exterior (DE)	pulg	5 1/2"	3 1/2"
Diámetro interior (DI)	pulg	4.778	2.602
Grado del tubo		S-135	S-135
Rango		R-2	R-2
DE de la unión	pulg	7"	4 3/4"
DI de la unión	pulg	4"	2 1/2"
Longitud del macho	pulg	10	10
Longitud de caja	pulg	12	12.5
Peso lineal	lb/ft	21.9	15.5
Peso ajustado	lb/ft	24.85	17.07
Conexión		TSDS-55	3 1/2" IF
Banda dura (Hardbanding)		Amco 300XT	Amco 300XT
Recubrimiento interior		TK34	TK34
Capacidad	bbl/ft	0.02174	0.00919
Desplazamiento	bbl/ft	0.00904	0.0058
Torque máximo de ajuste en la unión	lb-ft	43,990	
Torque mínimo de ajuste en la unión	lb-ft	34,200	14419
Resistencia a la tensión (Premium)	lb	620,604	451,115

Cuadro 4-39: Especificaciones de la Tubería 5 ½" y 3 ½"

### Selección de botellas de Perforación y Tubería Extra Pesada (HWDP)

Dado que estas tuberías forman parte del Conjunto de Fondo, la cantidad, el diámetro, tipo, el peso lo define la operadora; en los Cuadro 4-40 y 4-41 se colocan las Especificaciones completas de las botellas y tubería extra pesada extraídas de los Anexos 4-16, 4-17, 4-18.

Especificaciones de los Botellas de Perforación (Drill collar)					
Diámetro Exterior	pul	4 3/4"	6 3/4"	8"	9 1/2"
Diámetro Interior	pul	2 1/4"	2 13/16"	2 13/16"	3"
Tipo		Espiral	Espiral	Espiral	Espiral
Peso	lb/ft	46.7	101.3	150.5	216.6
Conexión		3 1/2" IF	NC-50	6 5/8" Reg	7 5/8" Reg
Cantidad	unid	24	24	12	6
Capacidad	bbl/ft	0.0049	0.0077	0.0077	0.0087
Desplazamiento	bbl/ft	0.017	0.0366	0.0544	0.0789
Torque	lb-ft	9,899	31,868	52,994	87,998

Cuadro 4-40: Especificaciones de las Botellas de Perforación

Especificaciones de la Tubería Extra Pesada (Heavy weight drill pipe)			
OD	pul	5 1/2"	3 1/2"
Tool Joint OD	pul	7"	4 3/4"
Tool Joint ID	pul	3 1/2"	2 3/8"
Longitud del pin	pul	30	30
Longitud de caja	pul	27	27
Tipo		Espiral	Espiral
Peso	lb/ft	55.6	23.7
Conexión		TSDS-55	3 1/2" IF
Hardbanding		Amco 300XT	Armacor M
Tipo de HB		Elevado	Al ras
Capacidad	bbf/ft	0.0155	0.00241
Desplazamiento	bbf/ft	0.01781	0.00921
Torque	lb-ft	55,920	11,500
Resistencia a la tensión	M lb	1,778.30	790
Área de desgaste OD	pul	6"	4"
Longitud área de desgaste	pul	24	18.5
Cantidad	unid	25	25

Cuadro 4-41: Especificaciones de Tubería Extra Pesada

### Costo de la Tubería

Otro factor importante para seleccionar la sarta de perforación son los costos por pies de tubería y por unidad en lo que respecta a DC y HWDP, así también la disponibilidad de la misma en el mercado, ver Cuadro 4-42.

		Diámetro de la Tubería			
		5 7/8"	5 1/2"	5"	3 1/2"
Costo de la tubería de perforación	\$*pies	125	97.24	79.53	56.15
Costo de la tubería extra pesada	\$*unidad	6484	5,400	5,052	3,395

		Diámetro de la Tubería			
		9 1/2"	8"	6 3/4"	4 3/4"
Costo de Las botellas de perforación	\$*unidad	10478	7468	5430	3023

Cuadro 4-42: Costo de Tubería y Botellas de Perforación

Dado que la depreciación de La Sarta de Perforación es a 02 años, tiene una depreciación lineal por lo que el cambio de Sarta sí influye en la tarifa diaria del equipo de perforación.

Por ejemplo; si se desea trabajar con 18,000 pies de tubería de perforación; el costo mínimo diario que se tendría que incrementar a la tarifa diaria del equipo es como se ve líneas abajo.

Por lo tanto, el costo de la tubería es un factor de diseño (ver Cuadro 4-43).

Costo Diario de Sarta DP		
5 7/8"	5 1/2"	5"
3,125 \$/día	2,431 \$/día	1,988.3 \$/día

Cuadro 4-43: Incremento de Tarifa Diaria en DP

**NOTA:** En el Anexo 4-43, parte 3, se ve los demás componentes del sistema de rotación.

#### 4.4 Selección del Sistema de Control de Pozos

Los componentes a diseñar en el sistema de control de pozos son los siguientes:

- Sistema Desviador de Flujo
- Conjunto de Preventor de Surgencias (*BOP stack*)
- Línea de Matar y Línea de Estrangulación
- Múltiple de Estrangulación
- Acumulador
- Separador de gas

##### 4.4.1 Sistema desviador de Flujo

Este sistema se instala (Fig. 4-13) antes de perforar el tramo de 17 ½", después de haber bajado el revestidor de 20" y bajo las recomendaciones del API STD 64; Este sistema está compuesto por los siguientes componentes:

- Desviador de Flujo
- Válvula neumática
- Carrete espaciador bridado con salidas laterales
- Líneas de venteo

Cuadro 4-44 se puede ver los requerimientos de la operadora

Requerimiento del Diverter		
Diámetro	pulg	2 1/4
Presión de trabajo	psi	2,000
Diámetro de línea soldia	pulg	6"
Válvula	pulg	

Cuadro 4-44: Requerimiento Mínimo del Diverter

Bajo este requerimiento, nosotros iniciamos la selección de los componentes ya mencionados.

### Selección del Desviador de Flujo (*Diverter*)

El Desviador de flujo seleccionado debe cumplir con la Norma NACE 01-75 (Todo los componentes metálicos tienen que ser resistentes a la corrosión, específicamente al ácido sulfhídrico).

Criterio de la Selección:

- De menor peso (para poder volarlo y transporta de forma segura).
- Presión de cierre es de 1500 psi.
- De menor altura, permitiendo así instalar cualquier otro componente como una bandeja anti derrame, facilidad para maniobrar la instalación.
- La cabeza es del tipo "Bolted head ó Spherical", facilidad en retirar la tapa con pernos para el cambio de la unidad de empaque, la cual se puede realizar en el mismo equipo.
- El T3 es de menor costo por su disponibilidad, Marca nueva en el mercado equivalente a la marca Cameron.
- Resistente al H<sub>2</sub>S.

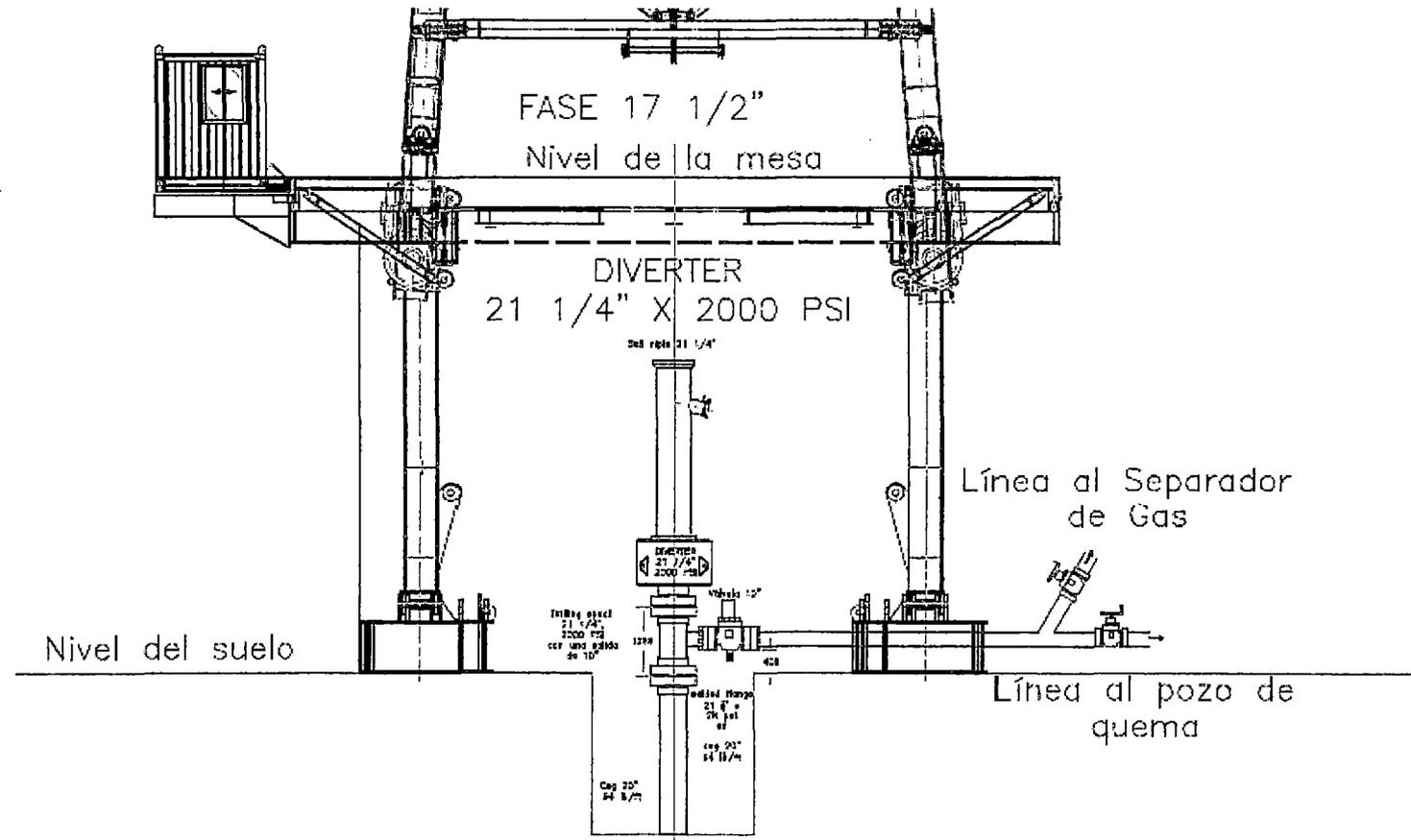


Figura 4-13: Sistema Desviador de Flujo

Por lo tanto, del Anexo 4-30 seleccionamos la siguiente marca y modelo cuyas características son (Cuadro 4-45):

Marca		T3 Energy
Modelo		7082 Spherical
Diámetro	pulg	21 1/4
Presión de trabajo	psi	2,000
Presión de cierre	psi	1,500
Volumen de cierre	gal	32.6
Volumen de apertura	gal	16.9
Peso	lbs	10,850
Conexión superior		Esparragadas
Conexión inferior		Bridada
Altura	pulg	46.6

Cuadro 4-45: Especificaciones del Diverter, marca T3 Energy

### Diseño del Carrete Espaciador

Se diseñó un carrete espaciador de 21 ¼"x 2,000 psi, 4 ft de altura, con bridas de 21 ¼" soldables en el tope y la base de anillo R-73, con una salida lateral de 10" con brida, la construcción bajo la Norma API STD 54.

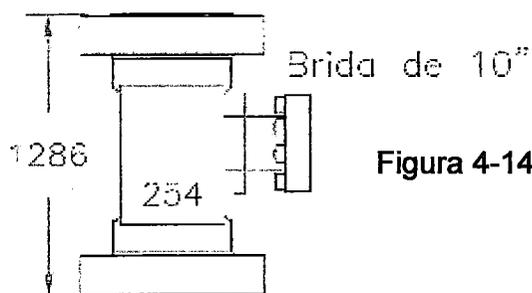


Figura 4-14: Carrete Espaciador

Unidad: mm

### Selección Válvula del Desviador de Flujo

La válvula que se utiliza es la válvula de bola PVS-CFT de la marca T3 Energy, ver Fig. 2-48.

Características:

- Válvula neumática, trabaja con el aire del sistema del equipo.
- Actuador de resorte.

- De apertura total, tipo bola.
- Diseñado para las condiciones más severas.
- Resistente a la corrosión acorde a NACE MR-01-75.
- Válvula de 10", bridadas.
- Presión de trabajo 2000 psi.
- Facilidad para el mantenimiento.

### Selección de Línea de Venteo

Debe ser la más recta posible (Sin curvas o codos) para evitar la erosión, tiene que ser de un diámetro adecuado para evitar la caída de presión.

De acuerdo al API STD 64, el diámetro para perforación en tierra es mayor o igual a 6" y menor que 10"; con estas recomendaciones y del Anexo 4-31 se determina trabajar con tubos de acero de 8" x 20 pies (6m), SCH 40 de 121 m de longitud en total, con este diámetro se tiene más fácil de maniobrar durante la instalación, la caída de presión es menor (ver Cuadro 4-46); tiene conexiones bridadas para hacer más rápido el armado de toda la línea desde el pozo hacia la poza de quema.

**Tubería 8" DI**

Volumen de Gas MMSCF/D	Caída de la bomba de fondo, GPM					
	0	100	200	300	500	1000
0	0	0.028	0.08	0.15	0.362	1.16
10	1.51	7.28	11.5	15.4	21.3	32.6
50	20	40.1	48	54.6	66.4	91.3
100	44.2	82.6	90.2	98.5	114	148

**Cuadro 4-46: Caída de Presión para Tubería de Presión de 8"**

#### 4.4.2 Selección del Conjunto de Preventor de Surgencias

Para el diseño y selección adecuada del conjunto de Preventores que se usaran durante la campaña de exploración, se tomará como punto de partida los requerimientos mínimos por parte de la operadora las cuales podemos ver en el Cuadro 4-47. Donde la presión de trabajo de todo el sistema es de 10,000 psi. Por lo tanto, todos los componentes han de estar diseñado y seleccionado para trabajar con esta presión que es solicitado por la operadora.

Entonces, procederemos por el BOP Anular y las Esclusas doble y simple

<b>Requerimiento del Sistema de Preventor de Surgencias</b>		
<b>BOP Anular</b>		
Diámetro	pulg	13 5/8"
Presión de trabajo	psi	5,000
<b>BOP Esclusas doble y simple</b>		
Diámetro	pulg	13 5/8"
Presión de trabajo	psi	10,000
<b>Esclusas</b>		
Esclusas para tubería		
Esclusas para revestidor		
Esclusas ciegas		

Cuadro 4-47: Requerimiento mínimo del Sistema de Preventor de Surgencias

### **Selección del BOP Anular**

Para poder seleccionar el modelo y la marca, primero se debe tener en cuenta que el Anular es de 5,000 psi, y las Esclusas son de 10,000 psi, por lo que la brida del Anular tiene que ser 10,000 psi, para poder montar.

Del Anexo 4-32 se tiene 3 modelos que cumplen los requisitos de 5000 psi presión de trabajo con brida de 10,000 psi, Hydril GK Roscado & Seguros y T3 energy 7082; en esta oportunidad se eligió el T3 modelo 7082 por las siguientes razones (ver Cuadro 4-48).

#### **Criterio de Selección:**

- Cumple con lo requerido, 13 5/8" x 5,000 psi con brida de 10,000 psi.
- La cabeza es del tipo "Empernada", facilidad en retirar la tapa con pernos para el cambio de la unidad de empaque, el trabajo se puede realizar en el mismo equipo.
- Tiene menor altura que las demás marca.
- Peso relativamente menor, se puede volar en una sola carga con helicóptero de 11 ton.
- El T3 es de menor costo.
- Cumple con la Norma NACE MR0175, resistente al H2S.
- Disponibilidad de repuestos por ser compatibles con marca Cameron.



Marca	T3 Energy	
Modelo		7082
Diámetro	pulg	13 5/8
Presión de trabajo	psi	5,000
Presión de cierre	psi	1,500
Volumen de cierre	gal	23.5
Volumene de apertura	gal	17.4
Conexión superior		Esparragadas
Conexión inferior		Flange
Anillo superior		BX-160
Anillo inferior		BX-159
Altura	pulg	48.13
Peso Brida 10M	lbs	14,150

Cuadro 4-48: Especificaciones del BOP anular, Marca T3 Energy

### Selección de las Esclusas Doble y Simple

Del Anexo 4-33 y los siguientes Criterio de la Selección para las Esclusas Dobles y Simple son, (Cuadro 4-49 se ve las especificaciones):

- La única marca que tiene el modelo Esparragada & brida en 13 5/8" x10M psi.
- De menor altura que las demás marcas.
- Menor peso que el Shaffer.
- Modelo compatible con Cameron U, para los repuestos.
- El T3 es de menor costo por ser una marca nueva en el mercado.
- Cumple con la Norma NACE MR0175, resistente al H2S.

Marca		T3 Energy	
Modelo		6012	6012
Tipo de ram		Simple	Doble
Diámetro	pulg	13 3/8	13 3/8
Presión de trabajo	psi	10,000	10,000
Presión de cierre	psi	1,500	1,500
Volumen de cierre	gal	5.8	11.6
Volumen de apertura	gal	5.5	11
Conexión superior		Esparragadas	Esparragadas
Conexión inferior		Bridada	Bridada
Anillo superior		BX-159	BX-159
Anillo inferior		BX-159	BX-159
Altura total	pulg	31.31	56.25
Peso	lbs	10,300	18,400

Cuadro 4-49: Especificaciones del BOP Esclusas, Marca T3 Energy

En la Fig 4-16 y 4-17 se ve la diferencia que existe entre una Esclusa doble con conexión esparragada & brida y brida & brida.

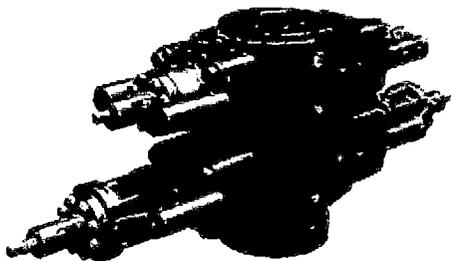


Figura 4-16: BOP Esclusa  
Esparragada

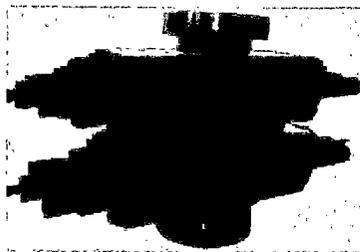


Figura 4-17: BOP esclusa  
Bridada

De la Fig. 4.16, La Esclusa doble con conexión emperrada en el tope y bridada en la base, Longitud: 56.25”.

De la Fig. 4-17, La Esclusa doble con conexión bridada en tope y base; Longitud: 66.62”.

Por lo tanto, se estaría ganando unos 10.37” de altura libre.

### Diseño del Línea de Matar, Estrangulación y Carrete Espaciador

Para el diseño de estos componentes partiremos por los requerimientos mínimos solicitadas por la Operadora, ver Cuadro 4-50.

#### Carrete de Perforación

Diámetro	pulg	13 5/8”
Presión de trabajo	psi	10,000

#### Línea de Matar

Diámetro	pulg	2”
Presión de trabajo	psi	10,000

#### Línea de Estrangulación

Diámetro	pulg	3”
Presión de trabajo	psi	10,000

Cuadro 4-50: Requerimientos de la línea de Matar y Estrangulación

El diseño de los siguientes componentes cumplen con la Norma API STD 53, ver Figura 2-59 y 2-60; donde especifican los requerimientos mínimos que debe tener ambas líneas; para esta ocasión (Ver Figura 4-14 y Cuadro

4-51) donde se ven las especificaciones de los componentes que conforman, en las cuales tenemos:

- **Carrete Espaciador:** De diámetro interno de 13 5/8", con 10M psi de presión de trabajo, con dos salidas bridadas de 2 1/16" y 4 1/16" donde se alojara la Línea de Matar y de Estrangulación; 28" de altura (ver Figura 4-18).
- **Línea de Matar:** Diámetro de 2 1/16", 10M psi, tiene una válvula de retención, y 02 válvulas de compuerta manual de apertura total, todas las válvulas tiene conexiones bridadas, la manual ubicada al lado del pozo (Ver Fig. 4-18).
- **Línea de Estrangulación:** diámetro de 4 1/16", 10M psi presión de trabajo, compuesta por una válvula manual que va pegada al carrete espaciador (ver Fig. 4-18), de esta forma prolonga la vida útil y evita erosionar y taponearse a la válvula hidráulica cuando se encuentra perforando o circulando (ver Fig 2-60); ambas válvulas tiene conexiones bridadas.

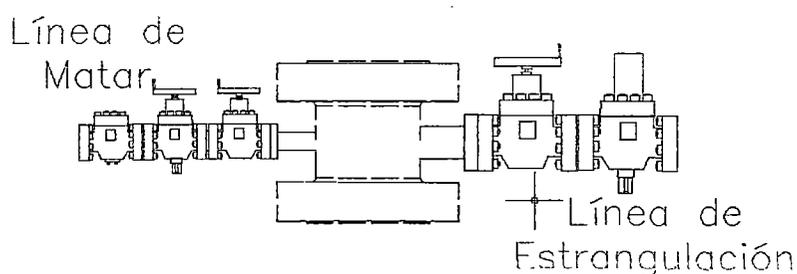


Figura 4-18: Carrete Espaciador 13 5/8" 10M psi con 02 Salidas Laterales

Componentes del La Línea de Matar							
Items	Cantidad	Descripción	Tipo	Marca	Diámetro	WP	Conexión
1	1	Válvula check	R	CIW	2 1/16"	10,000 psi	Brida x brida H2S strim
2	2	Válvula de compuerta manual	FC	CIW	2 1/16"	10,000 psi	Brida x brida H2S strim
3	1	Brida adapter a unión hembra		CIW	2 1/16"	10,000 psi	Brida x Union 1502
4	1	Brida doble esparragada		CIW		10,000 psi	4 1/16x 2 1/16"
5	4	Anillos (cad plated)		BX-152			
6	1	Anillos (cad plated)		BX-155			
7	4	Conjunto de pernos y tuerca: 3/4"x 5 1/2"					

Componentes de La Línea de Estrangulación							
Items	Cantidad	Descripción	Tipo	Marca	Diámetro	WP	Conexión
1	1	Válvula de compuerta manual	FC	CIW	4 1/16"	10,000 psi	Brida x brida H2S strim
2	2	Válvula de compuerta hidráulica	FC	CIW	4 1/16"	10,000 psi	Brida x brida H2S strim
5	3	Anillos (cad plated)		BX-155			
7	2	Conjunto de pernos y tuerca: 1 1/8"x 8 1/2"					

Cuadro 4-51: Especificaciones de la Línea de Matar y estrangulación

### Ventajas de Usar BOP Esclusas con Conexiones Esparragadas

Una de las ventajas de usar las Esclusas Doble y simple de conexión Esparragadas y Bridada (ver Fig.4-19) son de: menor peso, la diferencia en altura de todo el conjunto, así tenemos más espacio disponible para cualquier maniobra, instalación de equipos adicionales como la Cabeza Rotativa (MPD), limpiador de tubos y la bandeja antiderrames, y últimamente por seguridad se está considerando aumentar un carrete con Kill y choke line (ver Arreglo # 04, Fig 4-20).

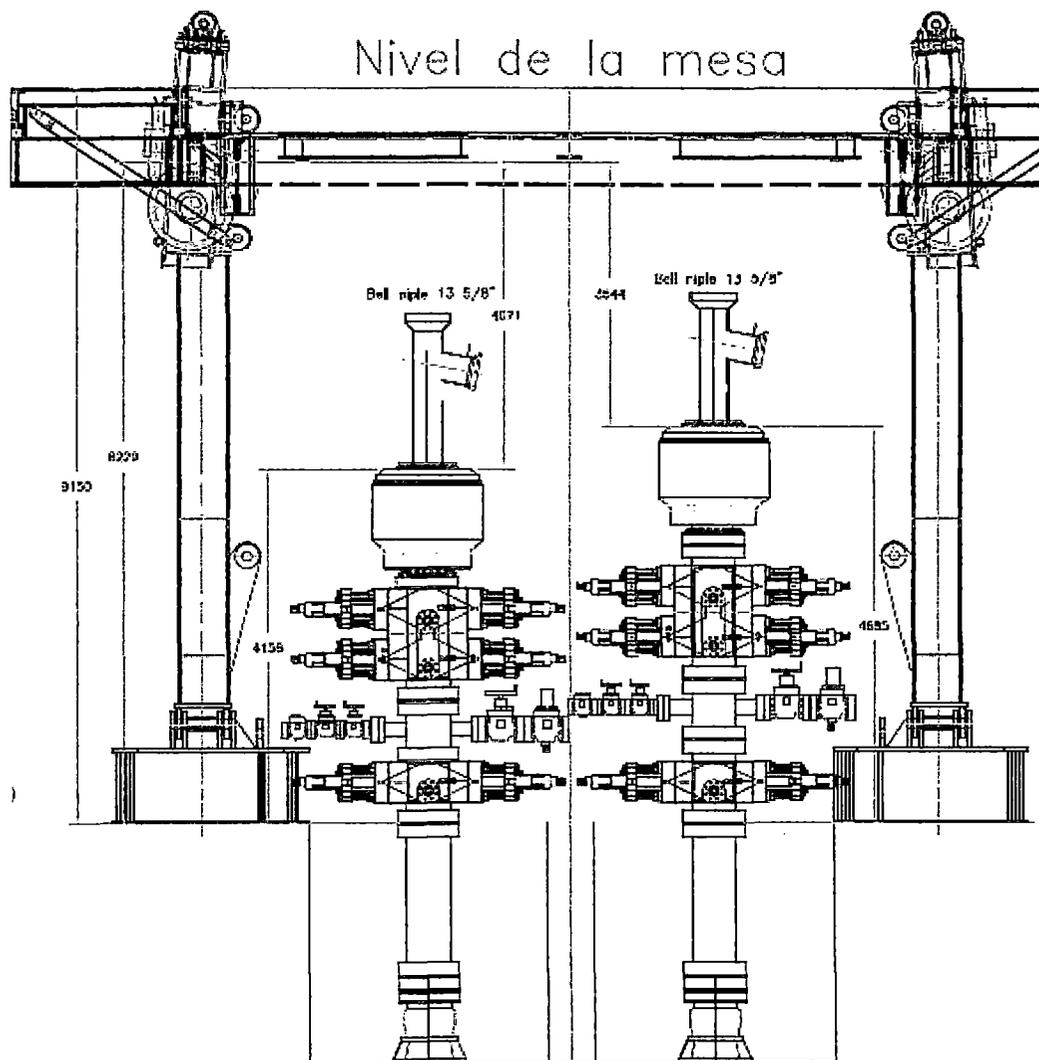


Figura 4-19: Diferencia entre los Conjuntos de Preventores, Esparragas vs Bridadas

## Los Diferentes Arreglo del Conjunto BOP

En la Fig. 4-20 se ve varios tipos de arreglo del Conjunto de Preventores de Surgencias recomendados por Norma API RP 53, de 3M-5M psi y de 10M-15M-20M psi.

El arreglo # 01 y 02 son más usados en las operaciones de Workover y Pulling (Servicio de Pozo).

El arreglo # 02 también se utiliza en perforación de pozos someros.

El arreglo # 04 se usan en pozos de aguas profundas, mar adentro o en pozos profundos superado los 20,000 ft.

El arreglo más usado es # 03; Nuestro diseño es basado en este arreglo, el cual permite realizar las siguientes maniobras en el pozo:

- Permite controlar un golpe de gas con o sin tubería dentro del pozo.
- Circulación a través de la línea de estrangulación y de matar con tubería dentro del pozo.
- Posibilidad de maniobrar en stripping cuando las esclusas están separadas adecuadamente.
- Posibilidad de llevar a cabo un hang-off (la tubería queda colgado después de un corte, Cierras la esclusa de tubos inferior y la esclusa ciega).
- Cierre el pozo durante el reemplazo de las esclusas y de emergencia después de un cierre.
- Reparación de carrete espaciador.
- Reducción de las conexiones del conjunto en total.
- Uso de una Sarta de perforación combinada o mixta.
- El uso de un carrete espaciador aumenta la distancia entre las Esclusas facilitando las operaciones de Stripping.

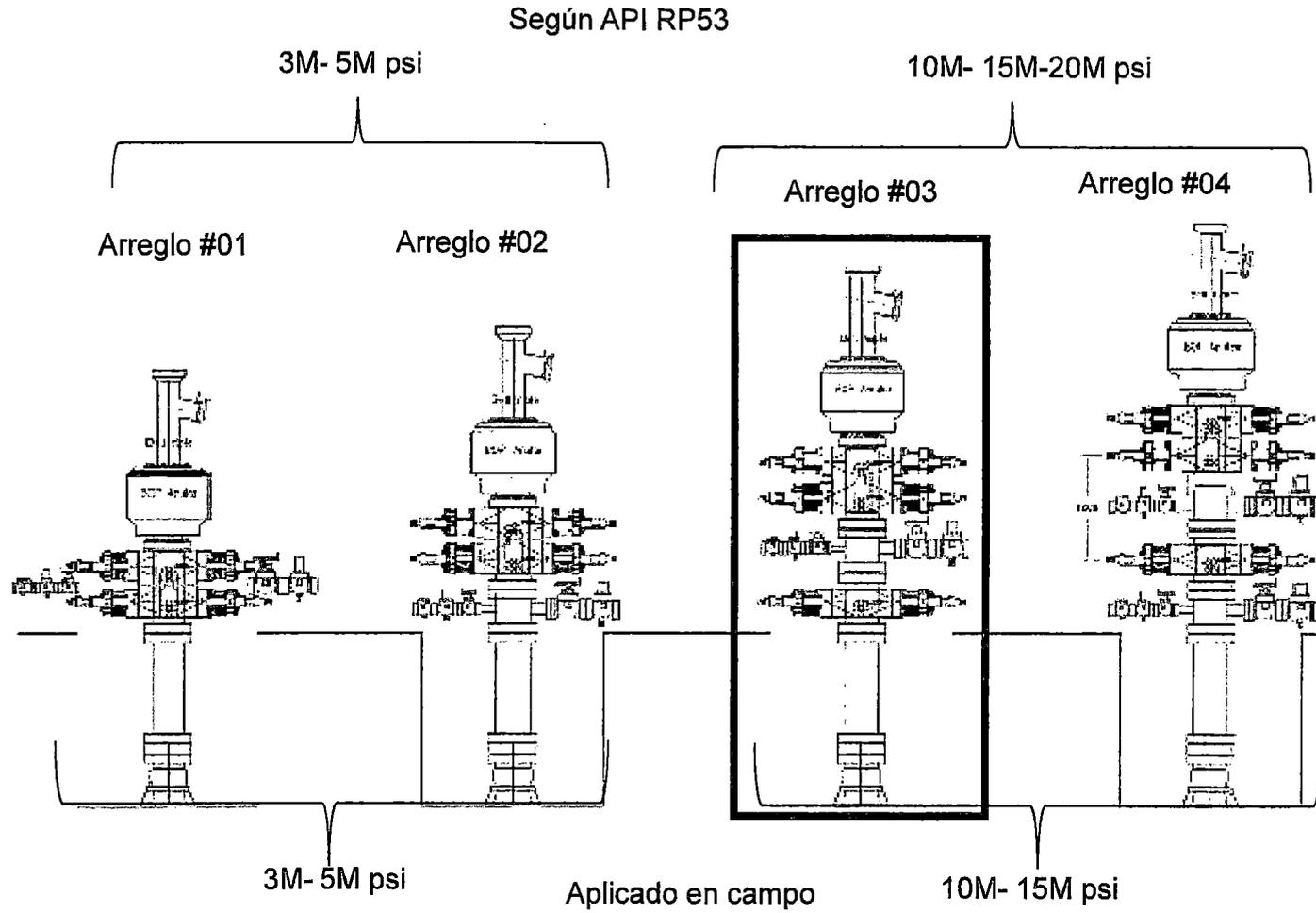


Figura 4-20: Arreglos de Conjunto Preventor de Surgencia

En la Fig. 4-21 tenemos el arreglo final del Conjunto de Preventor de Surgencias que se están usando en la perforación de los pozos exploratorios en el Lote 58 de Petrobras, cumpliendo con la Norma API STD 53.

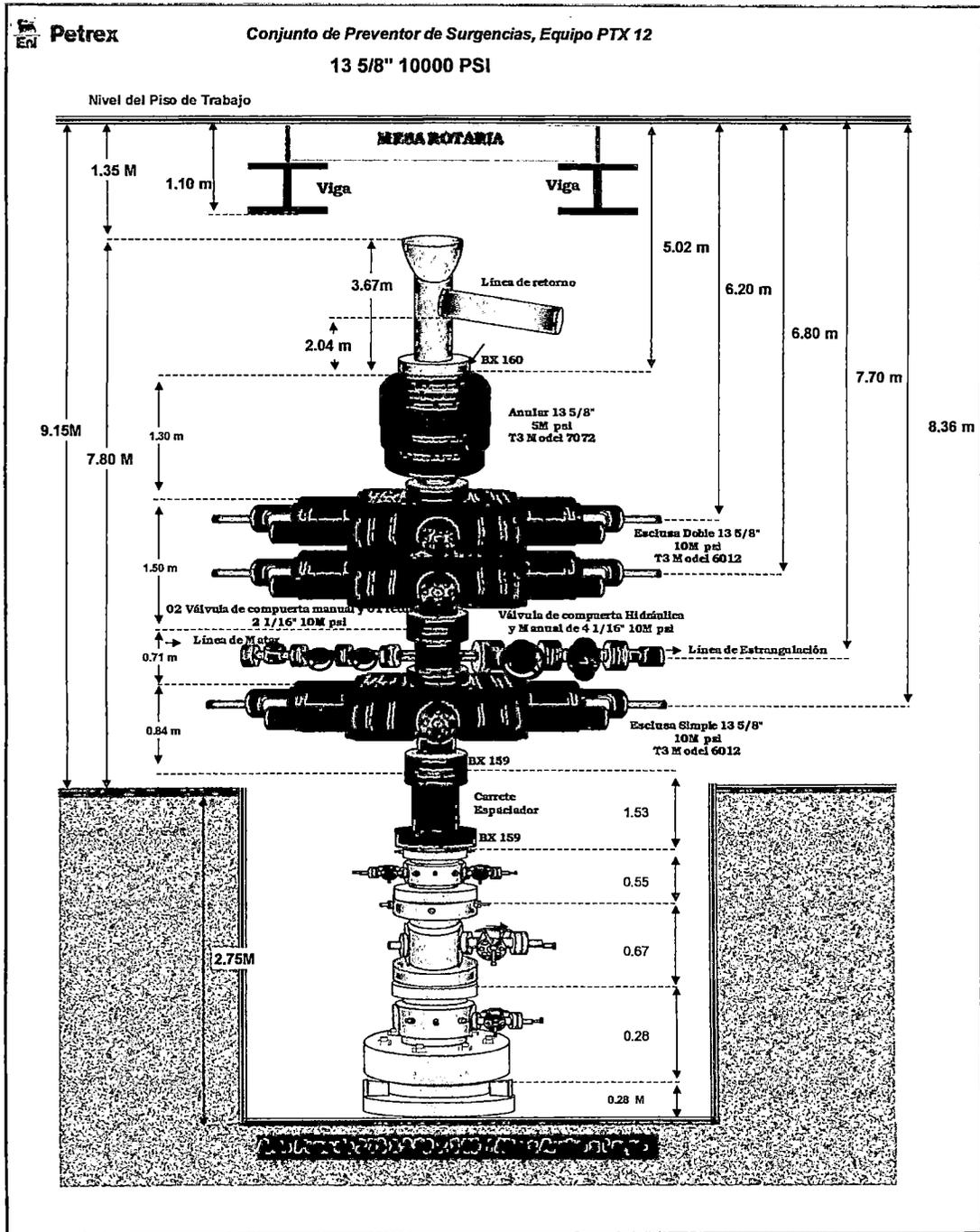


Figura 4-21: Diseño del Conjunto Preventor de Surgencias, Equipo PTX-12

### Selección de las Esclusas

De los Anexos 3-7 al 3-11 tenemos todas las sargas de perforación posible que se usarían en la perforación de todos los pozos programados, para tal fin en el Cuadro 4-52 se tienen todas las Esclusas que se usarán en esta campaña exploratoria, tanto para la sarga y los revestimientos.

Esclusas para BOP 13 5/8"x10 M psi			
Uso	Descripción	Cantidad	Marca
Cierre total	Esclusas ciega	1	T3 Energy
Para Drill pipe	Esclusas para 3 1/2"	2	T3 Energy
	Esclusas para 5 1/2"	2	T3 Energy
	Esclusas variable 5 1/2" - 3 1/2"	1	T3 Energy
Para Revestidor	Esclusas para 5"	1	T3 Energy
	Esclusas para 7"	1	T3 Energy
	Esclusas para 9 5/8"	1	T3 Energy
	Esclusas para 10 3/4"	1	T3 Energy

Tabla 4-52: Esclusas para La Sarga y Revestimiento

### Diseño del Múltiple de Estrangulación "Choke manifold"

De acuerdo a lo solicitado por el cliente, del Cuadro 4-53 tenemos los requerimientos mínimos:

Múltiple de Estrangulación		
Diámetro	pulg	3"
Presión de trabajo	psi	10,000
# de Estranguladores	unid	2+1 remoto

Cuadro 4-53: Requerimiento Mínimo del Múltiple de Estrangulación

La presión de trabajo es de 10M psi y debe cumplir con la Norma API STD 53 por lo tanto, el diseño que cumple con los requerimientos mínimos es la Fig. 2-62.

En la Fig. 4-22 se visualiza el diagrama del Múltiple de Estrangulación diseñado de acuerdo al requerimiento y la Norma API STD 53.

Este Múltiple de estrangulación cumple con las siguientes condiciones:

- Tiene una línea directa desde el pozo al campo (flare line), o línea de venteo directa a pozo de quemado.
- Tiene líneas al degasificador primario o atmosférico.

- Tiene una línea al campo regulada por un estrangulador manual.
- El diámetro de las líneas y válvulas son mayor o igual a 2".
- La línea de pánico tiene el mismo diámetro que la Línea de Estrangulación para evitar contrapresiones al momento de ventear el pozo de quema.
- Tiene la misma presión de trabajo todo el Múltiple de Estrangulación "Aguas arriba y aguas abajo".
- Tiene líneas alternativas que permitan reemplazar partes erosionadas.
- Tiene 01 Estrangulador remoto y 02 ajustables manuales.
- Las conexiones son bridadas, soldadas y tipo seguros.
- El tanque de amortiguación de impacto tiene comunicación con la línea de pánico por tener presiones bidireccionales, **no cumple con la Norma API STD 53.**

En el Cuadro 4-54 se muestra todo los componentes del Manifold de Estrangulación.

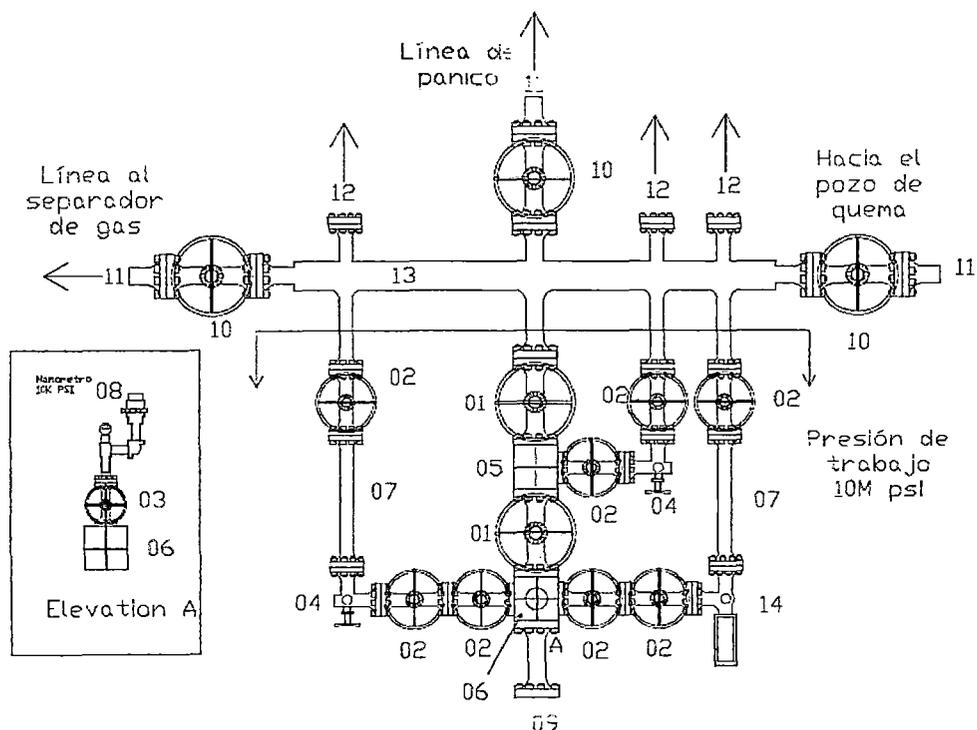


Figura 4-22: Múltiple de Estrangulación 3 1/16" x 10M psi

Múltiple de Estrangulación 3 1/16" x 10 M psi

Ítems	Cantidad	Descripción
1	2	4" 10M CIW Válvula de compuerta manual FC
2	8	3" 10M CIW Válvula de compuerta manual FC
3	1	2" 10M CIW Válvula de compuerta manual FC
4	2	3" 10M CIW Estrangulador ajustable H2
5	1	4"x3"x4" 10M Cubo tipo T
6	1	4"x3" 10M Cubo de 5 salidas
7	2	3" 10M Espaciador largo
8	1	2" 10M Instrumentación bridada
9	1	4" 10M Espaciador pequeño
10	3	4" 5M CIW Válvula de compuerta manual FC
11	3	4" 5M Bridas soldables
12	3	3" 5M Bridas ciegas
13	1	6 5/8" 5M Tanque de amortiguación de impacto
14	1	3" 10M Estrangulador hidráulico Swaco

Cuadro 4-54: Especificaciones del Múltiple de Estrangulación

### Diseño del Acumulador

El diseño del Acumulador se realiza bajo las normas API STD 53, API STD 16; en el Cuadro 4-56, se ve los requerimientos mínimos por parte de la Operadora.

Los principales componentes a diseñar en el Acumulador son:

- Volumen de cada botella
- La cantidad de botellas
- Capacidad del tanque de almacenamiento
- Bombas de precarga (hidráulica y neumática)

### Cálculo del número de botellas

Para el cálculo del número de botellas se realizará teniendo en cuenta lo que solicita el cliente, la Norma API STD 16 y el API STD53; los datos de volumen de apertura y cierre de cada componente del Conjunto Preventor de Reventones se obtienen de las siguientes Cuadros 4-48 y 4-49 respectivamente.

Requerimientos del Acumulador	
Bombas:	02, eléctrica y neumática; capacidad de cerrar en 02 minutos el BOP anular y abrir HCR
Volumen de fluido a presión	El necesario para abrir y cerrar el BOP anular, doble esclusas, HCR + 50% remanente
Reservorio de fluido hidráulico	Tendra como mínimo el doble del volumen antes solicitado
Manifold para líneas de esclusa	presión de trabajo entre 1200 y 1500 psi
Manifold para líneas del BOP anular	Alimentada con regulador independiente, con variador neumático, con misma presión de accionamiento de la válvula.
Líneas	metálicas en rack e ignífugas de alta presión
Ubicación	30 mts del pozo

Cuadro 4-55: Requerimiento del Acumulador

Como datos se tiene:

Volumen de Botella: 11 gal (es el volumen estándar)

Presión del Acumulador: 3000 psi

Presión mínima de trabajo: 1200 psi

Con la Fórmula # 23 se calcula el Volumen de Fluido Utilizable (Vu):

$$Vu = \frac{1000 \text{ psi} * 11 \text{ gal} * (3000 - 1200) \text{ psi}}{3000 \text{ psi} * 1200 \text{ psi}} = 5.5 \text{ gal}$$

Para el cálculo del # de botellas, nos basamos a lo solicitado por el cliente (cuadro 4-55) añadiendo la esclusa Simple para un cierre y apertura de todo el conjunto Preventor, así el cálculo cumple el API STD 16 y 53, utilizando la fórmula 24 tenemos:

Componentes	Volumen (gal)		
	Cierre	Apertura	Total (gal)
Anular 5M psi	23.5	17.4	40.9
Esclusa Doble 10M psi	11.6	11	22.6
Esclusa Simple 10M psi	5.8	5.5	11.3
Valvulas	2	2	4
Volumen total Cierre & Apertura			78.8
Volumen total Cierre & Apertura +50%			118.2

Cuadro 4-56: Cálculo del Volumen Requerido por API RP 16

Teniendo el volumen total requerido, procedemos a calcular el número de botellas con la Fórmula 25.

$$\# \text{ Botellas} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Volumen utilizable}} = \frac{118.2}{5.5} = 21.5$$

Por lo tanto, el número mínimo de botellas que tiene que tener el acumulador es **22**, el Acumulador actual tiene 24, suficiente para realizar la operaciones solicitadas de apertura y cierre del BOP stack.

De acuerdo a las Normas API STD 53, la capacidad del tanque de almacenamiento será el doble del volumen total de fluido calculado.

Capacidad del tanque de almacenamiento=  $2 \times 118.2 = 236.4$  gal; actualmente tiene 330 galones.

### Cálculos de las bombas hidráulica y neumática

De acuerdo al API STD 53 la bomba sea hidráulica o neumática, en 02 minutos deben cerrar el BOP anular y abrir el HCR.

Por lo tanto, el volumen total para esa operación es: 24.5 gln

Volumen de cierre anular	gal	23.5
Volumen de apertura HCR	gal	1.0
Volumen total	gal	24.5

Ahora dividimos por 02 minutos para calcular la capacidad de las bombas en gal/min que se requiere.

Tenemos:  $24.5/2 = 12.25$  gal/min

Con este dato, vemos en los Anexos 4-38, 4-39 y seleccionamos las posibles capacidades de las bombas a utilizar que cumpla lo mínimo requerido en las cuales tenemos:

Bomba de aire	3
Diámetro	8 1/2"
Plunger ratio	40:1
gpm	15 @ 2000 psi

Bomba eléctrica	1
Max presión	3000
Tipo	triplex
Camisa	1"
Potencia HP	30
gpm	14.2 @ 3000 psi

Cuadro 4-57: Especificaciones de las Bombas Neumática e Hidráulica

Del Cuadro 4-56, se determinó que la bomba triplex debe ser de 30 HP para poder cumplir con los requerimientos mínimos, si comparamos con el Cuadro 4-58, se tiene una bomba triplex de 25 HP por lo que se recomendaría el respectivo cambio y poder cumplir con la norma API STD 53.

Cálculo del número de válvulas de 04 vías; lo mínimo que se requiere es para:

- 01 válvula para el Anular, 02 válvulas para Esclusa para Tubería, 01 para Esclusas Ciegas, 02 para las válvulas de la línea de estrangulación y de matar.

Por lo tanto, se requiere como mínimo 5+1 válvulas para el acumulador.

En el cuadro 4-58 se ve las características del acumulador actual del PTX-12 que cumple con el diseño realizado, a excepción de la bomba triplex.

Acumulador	
Marca	CPC
# de botellas	24
Volumen cada botella	11
Tipo	Bladder
Presión de trabajo	3000
Presión de prueba	5000
Relief valve	3/4"
Presión seteadado	3500
Capacidad del tanque	330
# de válvulas	6+1
Bomba eléctrica	1
modelo	CPCBP4032
Max presión	3000
Tipo	triplex
Camisa	1 3/8"
Potencia HP	25
# de fases	3
voltaje	575
Hz	60
gpm	11 @3000 psi
Bomba de aire	3
Diámetro	8 1/2"
plunger ratio	40::1
gpm	15 @ 2000 psi

Cuadro 4-58: Especificaciones del Acumulador del Equipo PTX-12

### Selección de Separador de Gas

El tipo de Separador de Gas seleccionado para este proyecto es de la marca MI Swaco, la versión Costa afuera, con válvula flotadora de control (ver Cuadro 4-59 Especificaciones) y la Fig. 4-23 Instalación del Separador de Gas.

Principales características:

- Configuración versátil y fácil instalación.
- Diseñado de acuerdo a la normas ASME y NACE
- Posee un patín independiente y de fácil transporte aéreo.
- Diseñado para perforación constante bajo balance.
- Resistente a la corrosión, con recubrimiento epoxi para asegurar una larga vida.
- Nuestro diseño posee dos tipos de sellos primarios, Líquido (tubo en "U") y mecánico (válvula flotadora).
- Es un modelo liviano para tu transporte aéreo.
- La presión del Separador es dependiente de la presión de fricción del gas al fluir a través de la línea de venteo, de ahí la importancia de tener la línea lo más recto posible.
- Mayor volumen de tratamiento de gas y líquidos.

<b>Separador de lodo y gas</b>	
Versión	Costa afuera
Modelo	Válvula de control de nivel
Volumen de tratamiento líquido	1500 gpm
Volumen de tratamiento gas	17.5 MMPCSD
Diámetro de línea de entrada	8"
Diámetro de línea de salida	8"
Diámetro de separador	4 pies
Altura del separador	18.3 pies
Sello hidráulico "U" (adicional)	14 pies
Temperatura de trabajo	650 ° F
Presión de trabajo	125 psi
Peso	6450 lbs

Cuadro 4-59: Especificaciones del Separador de Gas, Marca MI Swaco

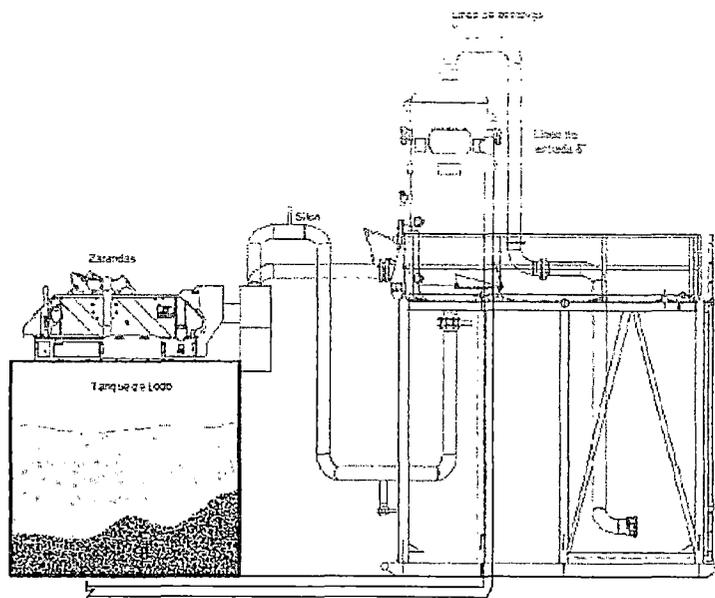


Figura 4-23: Instalación del Separador de Gas

**NOTA:** En el anexo 4-43 "Anexo técnico del Equipo PTX-12, en la parte 4, se ve todo los componentes principales del Sistema de Control de pozo

#### 4.5 Selección del Sistema de Potencia

El requerimiento de la operadora con respecto a la potencia requerida es:

##### 3. Sistema de potencia

- Generadores a diesel, considerar algún tipo de tecnología, para barrera de ruidos (insonoro). Se requiere planos con "radios" de niveles de ruido.
- Conexiones eléctricas principales tipo "explosion proof".
- Considerar el suministro de energía para el campamento (120 – 140 personas aprox.). Adicionalmente, considerar suministro de energía para los servicios de algunas compañías de servicios (control de sólidos, laboratorios, trailers y otros) y la iluminación de las áreas periféricas al taladro.
- 1-2 compresores de aire-sistema eléctrico / 2 compresores de aire – sistema diesel.

#### Cuadro 4-60: Requerimientos de Potencia de la Operadora

Los componentes más importantes a seleccionar son:

- Grupos Electrógenos (Motor y Generador)
- Sistema SCR

#### 4.5.1 Diseño del Grupo Electrónico

Para el diseño y la cantidad de grupos eléctricos que se requerirán para la operación se analizan de la siguiente manera:

Determinar la potencia requerida para un pozo, se realizará el cálculo por cada tramo, y en las diferentes maniobras, tales como perforando, repasada en el fondo arriba; en estas dos maniobra es donde el consumo de potencia es mayor debido a que todo los sistemas del equipo está encendida.

El cálculo se realizará en los tramos más pesados que son 17 1/2" y 12 1/4".

De los Anexos 3-7 al 3-11 tenemos los siguientes cuadros resúmenes: Cuadro del 4-60 a 4-64. Donde los valores de Misceláneo (Anexo 4-41), otras Cía. y Campamento son obtenidos de la experiencia de campo, medidos en el SCR de un equipo operativa de 2000 HP.

Otra consideración es que cuando se está perforando, el consumo de potencia del malacate es cero, por estar trabajando solo con el freno del mismo o el consumo es relativamente bajo.

Los parámetros de perforación son relativamente menor en un backreaming que cuando se encuentra perforando, en ambos casos funcionan todo los componentes al mismo tiempo, solo cambia la maniobra; a continuación tenemos los cuadros resúmenes de parámetro de los pozos sacados del anexos correspondiente.

		Pozo Urubamba 1X				
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"		
		Perforando	Repasando	Perforando	Repasando	
Bombas de lodos	Presión	psi	3500	3300	3300	3100
	caudal	gpm	900	850	800	750
Malacate	Peso al gancho	M lbs	358.8	358.8	431	431
	Velocidad de izaje	ft/min	0	30	0	30
	# de líneas		12	12	12	12
Top drive	Torque	M lb-ft	10	8	12	10
	RPM		120	100	130	110
Misceláneos	Consumo eléctrico	Kw	530	613	600	690
Otras Cias	Consumo eléctrico	Kw	150	150	150	150
Campamento	Consumo eléctrico	Kw	200	200	200	200

Cuadro 4-61: Resumen de Parámetro del Pozo Urubamba 1X

		Pozo Picha 2X				
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"		
		Perforando	Repasando	Perforando	Repasando	
Bombas de lodos	Presión	psi	3700	3500	3800	3600
	caudal	gpm	980	930	850	800
Malacate	Peso al gancho	M lbs	395.8	395.8	460.1	460.1
	Velocidad de izaje	ft/min	0	31	0	31
	# de líneas		12	12	12	12
Top drive	Torque	M lb-ft	10	8	12	10
	RPM		130	110	150	130
Misceláneos	Consumo electrico	Kw	530	613	600	690
Otras Cias	Consumo electrico	Kw	150	150	150	150
Campamento	Consumo electrico	Kw	200	200	200	200

Cuadro 4-62: Resumen de Parámetro del Pozo Picha 2X

		Pozo Taini 3X				
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"		
		Perforando	Repasando	Perforando	Repasando	
Bombas de lodos	Presión	psi	3700	3500	3800	3600
	caudal	gpm	1000	950	850	800
Malacate	Peso al gancho	M lbs	382.7	382.7	466.6	466.6
	Velocidad de izaje	ft/min	0	31	0	31
	# de líneas		12	12	12	12
Top drive	Torque	M lb-ft	10	8	12	10
	RPM		160	140	150	130
Misceláneos	Consumo electrico	Kw	530	613	600	684
Otras Cias	Consumo electrico	Kw	150	150	150	150
Campamento	Consumo electrico	Kw	200	200	200	200

Cuadro 4-63: Resumen de Parámetro del Pozo Taini 3X

		Pozo Paratori 4X				
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"		
		Perforando	Repasando	Perforando	Repasando	
Bombas de lodos	Presión	psi	3800	3600	3970	3770
	caudal	gpm	1000	950	900	850
Malacate	Peso al gancho	M lbs	436.4	436.4	486.2	486.2
	Velocidad de izaje	ft/min	0	31	0	31
	# de líneas		12	12	12	12
Top drive	Torque	M lb-ft	12	10	13	11
	RPM		180	160	150	130
Misceláneos	Consumo electrico	Kw	530	613	600	684
Otras Cias	Consumo electrico	Kw	150	150	150	150
Campamento	Consumo electrico	Kw	200	200	200	200

Cuadro 4-64: Resumen de Parámetro del Pozo Paratori 4X

		Pozo Picha 5X				
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"		
		Perforando	Repasando	Perforando	Repasando	
Bombas de lodos	Presión	psi	3800	3600	3200	3000
	caudal	gpm	1000	950	900	850
Malacate	Peso al gancho	M lbs	455.8	455.8	533.1	533.1
	Velocidad de izaje	ft/min	0	31	0	31
	# de líneas		12	12	12	12
Top drive	Torque	M lb-ft	12	10	12	10
	RPM		180	160	150	130
Misceláneos	Consumo eléctrico	Kw	530	613	600	684
Otras Cias	Consumo eléctrico	Kw	150	150	150	150
Campamento	Consumo eléctrico	Kw	200	200	200	200

Cuadro 4-65: Resumen de Parámetro del Pozo Picha 5X

La potencia requerida en cada pozo de los tramos 17 1/2" y 12 1/4" será:

La potencia que requiere el equipo está dado por la Fórmula # 23, al cual se aplicara para cada pozo y tramo correspondiente.

En los Cuadros 4-61 al 4-65 se aplican las siguientes fórmulas (Líneas abajo) para el cálculo de potencia para cada componente.

HP malacate; se usan las fórmulas 10, 13 y 14

$$\text{Potencia de entrada} = \frac{HL * Vel \text{ Maniobra}}{33,000 * EF_{mec} * EF_{poleas}}$$

HP bombas, se usa fórmula 20 y 22

$$\text{Potencia de Entrada} = \frac{Q(gpm) * P(psi)}{1714 * EF_{eléc} * EF_{mec}}$$

HP Top Drive, se usa fórmula 16 y 18

$$\text{Potencia de Entrada} = \frac{TQ(lb - pies) * \#Vuel\text{tas} (rpm)}{5250 * EF_{mec} * EF_{elec}}$$

HP camp+HP misc+HP otras cia., se usa la fórmula 31

$$HP = KW / 0.746$$

Por lo tanto, la potencia requerida será la suma de todos los componentes eléctricos, Fórmula # 27.

$$\text{Potencia requerida} = \sum \text{Potencia de los componentes eléctricos del Equipo}$$

Usando las fórmulas descritas, se obtiene los cuadros resúmenes de potencia requerida para cada tramo analizado, (Cuadro 4-66 al 4-70).

		<b>Potencia requerida Pozo Urubamba 1X</b>			
		<b>Tramo 17 1/2"</b>		<b>Tramo 12 1/4"</b>	
		<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>	<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>
Consumo Bombas	HP	2041.6	1814.3	1715.6	1505.4
Consumo Drawwork	HP	0.0	461.9	0.0	554.8
Consumo Top Drive	HP	267.3	178.2	347.5	245.1
Consumo camp	HP	282.2	282.2	282.2	282.2
Consumo Miscelane.	HP	791.5	916.5	893.0	1034.7
Consumo Otras Cias	HP	150.8	150.8	170.9	170.9
<b>Requerimiento en Potencia</b>	HP	<b>3533.4</b>	<b>3803.9</b>	<b>3409.3</b>	<b>3793.0</b>

Cuadro 4-66: Potencia Requerida Pozo Urubamba 1X

		<b>Potencia requerida Pozo Taini 3X</b>			
		<b>Tramo 17 1/2"</b>		<b>Tramo 12 1/4"</b>	
		<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>	<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>
Consumo Bombas	HP	2409.7	2159.5	2105.8	1871.6
Consumo Drawwork	HP	0.0	492.6	0.0	600.6
Consumo Top Drive	HP	356.4	249.5	401.0	289.6
Consumo camp	HP	282.2	282.2	282.2	282.2
Consumo Miscelane.	HP	821.9	943.3	913.3	1048.7
Consumo Otras Cias	HP	156.8	156.8	174.9	174.9
<b>Requerimiento en Potencia</b>	HP	<b>4027.1</b>	<b>4283.9</b>	<b>3877.3</b>	<b>4267.6</b>

Cuadro 4-67: Potencia Requerida Pozo Picha 2X

		<b>Potencia requerida Pozo Picha 2X</b>			
		<b>Tramo 17 1/2"</b>		<b>Tramo 12 1/4"</b>	
		<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>	<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>
Consumo Bombas	HP	2367.4	2119.5	2105.8	1871.6
Consumo Drawwork	HP	0.0	509.5	0.0	592.2
Consumo Top Drive	HP	289.6	196.0	401.0	245.1
Consumo camp	HP	282.2	282.2	282.2	282.2
Consumo Miscelane.	HP	821.9	943.3	913.3	1058.3
Consumo Otras Cias	HP	156.8	156.8	174.9	174.9
<b>Requerimiento en Potencia</b>	HP	<b>3918.0</b>	<b>4207.3</b>	<b>3877.3</b>	<b>4224.3</b>

Cuadro 4-68: Potencia Requerida Pozo Taini 3X

		<b>Potencia requerida Pozo Paratori 4X</b>			
		<b>Tramo 17 1/2"</b>		<b>Tramo 12 1/4"</b>	
		<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>	<b>Perforando</b>	<b>Backreaming</b>
Consumo Bombas	HP	2474.9	2221.2	2313.4	2089.2
Consumo Drawwork	HP	0.0	562.0	0.0	625.8
Consumo Top Drive	HP	481.2	356.4	434.4	318.6
Consumo camp	HP	282.2	282.2	282.2	282.2
Consumo Miscelane.	HP	821.9	943.3	913.3	1048.7
Consumo Otras Cias	HP	156.8	156.8	174.9	174.9
<b>Requerimiento en Potencia</b>	HP	<b>4217.0</b>	<b>4521.9</b>	<b>4118.3</b>	<b>4539.4</b>

Cuadro 4-69: Potencia Requerida Pozo Paratori 4X

		Potencia requerida Pozo Picha 5X			
		Tramo 17 1/2"		Tramo 12 1/4"	
		Perforando	Backreaming	Perforando	Backreaming
Consumo Bombas	HP	2474.9	2221.2	1864.7	1662.5
Consumo Drawwork	HP	0.0	586.7	0.0	686.2
Consumo Top Drive	HP	481.2	356.4	401.0	289.6
Consumo camp	HP	282.2	282.2	282.2	282.2
Consumo Miscelane.	HP	821.9	943.3	913.3	1048.7
Consumo Otras Cias	HP	156.8	156.8	174.9	174.9
<b>Requerimiento en Potencia</b>	HP	<b>4217.0</b>	<b>4546.7</b>	<b>3636.2</b>	<b>4144.1</b>

Cuadro 4-70: Potencia Requerida Pozo Picha 5X

Haciendo un resumen de la máxima potencia que se requiere, tenemos en el Pozo Picha 5x (cuadro 4-70), la cual es **4546.7 HP** en la operación de Backreaming.

El cálculo de # de GE será determinado con el máximo valor calculado y usando la fórmula 28 y el Anexo 2-40. Por lo cual tenemos lo siguiente:

$$\# \text{ de Grupo Electrónico} = \frac{4546.7 \text{ HP}}{1476 \text{ HP} * (80\%)} = 3.9$$

Del cálculo se determina que necesitamos **04** Grupo Electrónicos operativos.

Debido a que las operaciones que tenemos son en zonas remotas, se debe tener siempre un GE de reserva, evitando así tener que parar la operación.

En el cuadro 4-71 y para tener una mejor idea, se calculó con los otros modelos de GE para ver la factibilidad de otras alternativas en caso no contar con el GE adecuado.

El Grupo electrónico para el proyecto es **CAT 3512B**, cuyas especificaciones principales se encuentran en el "Anexo 4-43, parte 5".

Algunas de las características son:

- Baja emisión de gases contaminantes durante la combustión.
- Bajo consumo de combustible.
- Motores modernos.

- Disponibilidad en el mercado.
- Soporte técnico inmediato por parte del Proveedor.
- Grupo Generador totalmente electrónico.
- Son motores helitrasportable.

<b># de Grupos Electrogenos</b>						
<b>Modelos de los GE</b>		<b>Potencia Prime</b>	<b>Requeridos</b>	<b>Operativos</b>	<b>Reserva</b>	<b>Total</b>
Cat 3412D	HP	750	7.6	8	2	10
Cat 399D	HP	1100	5.2	5	1	6
<b>Cat 3512</b>	<b>HP</b>	<b>1476</b>	<b>3.9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
Cat C32	HP	1125	5.1	5	1	6

Cuadro 4-71: Determinación del Número de Grupo Electrogeno

#### 4.5.2 Diseño del Sistema SCR

En la Fig. 4-24 se muestra el diseño Unifilar del SCR que se realiza después de haber seleccionado los componentes que generen y consumen corriente eléctrica en el equipo de perforación.

Las Características más resaltante del SCR

- EL sistema es diseñado para cargas que no excedan las 20,000 lbs por carga.
- El centro de control de motores (MCC) tiene capacidad máxima de 600 Vac (para el consumo de misceláneos ver Anexo 4-41).
- Conjunto de 05 controladores motor/generador de corrientes AC.
  - Motores CAT 3512 serie B, 1200 rpm
  - Generadores SR4867, 1225kw, 600V, 60 Hz. 1200 rpm
- 04 módulos SCR para:
  - Malacate de 2000 HP, impulsado por 02 motores (1000 HP cada uno) GE752 serie DC, con reversa para la mesa rotaria.
  - 03 Bombas de lodo, cada bomba impulsado por 02 motores (1000 HP cada uno) GE 752 serie DC, sin reversa.

- El SCR está equipado con el sistema PLC (Controladores lógicos programables); con HMI para el monitoreo y control de la perforación, generación y sistema de alarmas, suministro de energía filtrada y by-pass de emergencia.

En el "Anexo 4-43, parte 5", se ve el resumen de las especificaciones del SCR.

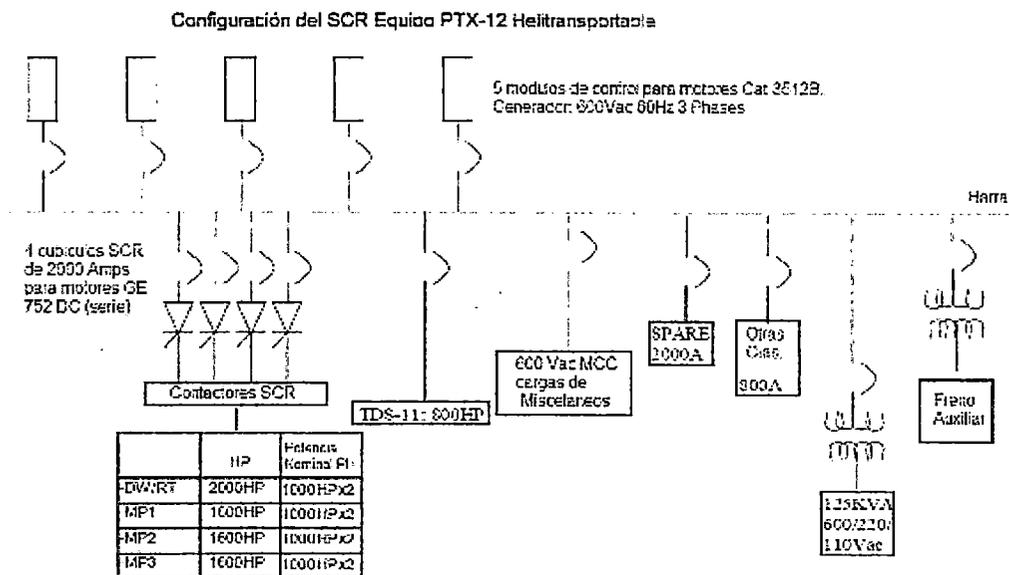


Figura 4-24: Diagrama Unifilar del Sistema de SCR, Equipo PTX-12

En el Anexo 4-43, Sistema de potencia, del 5.1 al 5.6 se visualiza los demás componentes y especificaciones del Sistema de Potencia que forman parte del Equipo PTX-12 diseñado que cumple con los requerimientos.

#### 4.6 Recurso de Operación

Después de haber diseñado y seleccionado el equipo de perforación óptimo para poder desarrollar el plan de pozo establecido, otro factor importante es el recurso de operación; este recurso se basa en el personal que laborará en el equipo de perforación de forma eficiente, el personal mínimo requerido se ve en el Cuadro 4-72 “Recurso de Operación”; todo el personal tiene que tener los suficientes años de experiencia para poder desarrollar su labor.

El personal del Equipo está conformado por una Cuadrilla completa que ésta a su vez está formado por 03 guardias, 02 operativas en el equipo y una de descanso (ver Cuadro 4-73 Personal de Guardia).

El personal clave con (\*) tiene que tener curso de Control de Pozo y experiencia en el cargo mayor a 5 años.

Ítems	Puesto	En el Equipo		Fuera del equipo	Régimen
		Operativos	Campamento	Descanso	
1	Jefe de Equipo*	1	0	1	28/28
2	Supervisor de 12 hrs*	1	0	1	28/28
3	Perforador*	1	1	1	28/14
4	Asistente del Perforador*	1	1	1	28/14
5	Electrónico	1	0	1	28/28
6	Mecánico	1	0	1	28/28
7	Coordinador de QHSE	1	0	1	28/28
8	Gruero	1	1	1	28/14
9	Operador de Cargador Frontal	1	0	1	28/14
10	Engrampador	1	1	1	28/14
11	Control de Sólidos	1	1	1	28/14
12	Poceros	3	3	3	28/14
13	Operario de Tareas Generales	3	3	3	28/14
14	Radio Operador	1	0	1	28/14
15	Almacenero	1	0	1	28/14
16	Soldador	1	0	1	28/14
17	Motorista	1	1	1	28/14
18	Electricista	1	1	1	28/14
19	Doctor	1	0	1	28/28
	<b>Sub total</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	
	<b>Total de personal</b>	<b>59</b>			

Cuadro 4-72 Recurso de Operación

El personal de guardia tiene la prioridad de ingreso al equipo, porque sin ellos no hay personal que pueda realizar la operación de forma segura y eficientemente.

Personal de Guardia		
Ítems	Puesto	Régimen
1	Perforador	28/14
2	Asistente del Perforador	28/14
3	Engrampador	28/14
4	Control de Sólidos	28/14
5	Poceros	28/14
6	Operario de Tareas Generales	28/14
7	Motorista	28/14
8	Gruero	28/14
9	Operador de Cargador Frontal	28/14

Cuadro 4-73: Personal de Guardia

## CAPITULO V

### 5. Evaluación Económica del Equipo de Perforación

La evaluación económica del equipo de perforación depende de varios factores tales como el tiempo de contrato que se va a firmar con la operadora, precio del petróleo, coyuntura política en el país, mercados internacionales, tipo de operación costa afuera y en tierra, la competencia con otras compañías contratista de equipo de perforación, si amerita abrir una nueva base de operaciones, si el proyecto es exploratorio o de desarrollo, costo del personal que operara el equipo, consumibles del equipo y otros factores más influyen en la inversión de un equipo de perforación. Con todas estas variables se realizará el cálculo de las diferentes tarifas que tiene un equipo durante un proyecto.

#### 5.1 Evaluación Financiera

La evaluación financiera analiza el proyecto sobre la base de su retorno financiero que permite determinar si los costos pueden ser cubiertos oportunamente (diseño del plan financiero); mide la rentabilidad de la inversión y hace posible la comparación contra otras alternativas u oportunidades de inversión.

Una vez organizados los costos de operación, inversión, impuestos e ingresos se procede a evaluar la viabilidad o no del proyecto desde el punto de vista del inversionista hacia el proyecto. Los indicadores seleccionados consideran el valor del dinero en el tiempo, utilizando para este propósito una tasa de actualización.

Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja son el VAN, TIR y el tiempo de retorno de la inversión (Pay out). Adicionalmente se utilizan otros indicadores como el periodo de recuperación del capital y punto de equilibrio.

### Valor actual neto (VAN)

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es igual o superior a Cero, donde el VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egreso del proyecto expresado en moneda actual. El VAN establece cual es la variación de la riqueza medida en términos presentes, que genere el proyecto con respecto a la alternativa que la renta la tasa de descuento utilizada.

$$VAN = -I + \frac{R * (1 - (1 + i)^{-n})}{i} \quad \text{Fórmula \# 37}$$

### Tasa Interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento al cual el valor actualizado de los ingresos en efectivo es igual al valor actualizado de las salidas de efectivo, teóricamente valores menores de TIR respecto de tasas de comparación indican la inviabilidad de inversión.

$$-I + \frac{R * (1 - (1 + i)^{-n})}{i} = 0 \quad \text{Fórmula \# 38}$$

### Periodo de retorno de la inversión (Pay out)

El periodo de recuperación de la inversión, mide en cuanto tiempo se recupera la inversión (o la inversión más el costo de capital involucrado).

## 5.2 Costo de Inversión

El Costo de inversión de todo el proyecto, está determinado por los costos de todo los componentes se bienes de capital, material y consumibles agrupados por sistemas y componentes que forman parte del equipo de perforación, así como también los costos variables tales como costo del personal asignado al proyecto, alojamiento etc., (ver Cuadro 5-02).

Todo este costo se sacó de las Órdenes de Comprar emitidas para todo el proyecto, la forma de colocar el costo por componente se debe a que en el diseño y selección del equipo es uno de los factores más importante, para

poder tener un mejor concepto del costo en un Equipo de Perforación; estos costos se ven en las siguientes Anexos 5-01 al 5-10.

Realizando un resumen de los Anexos 5-01 al 5-10, tenemos el Cuadro 5-01 Resumen de costo de un equipo de perforación 2000 HP.

<b>Resumen de costo del Equipo de perforación 2000 HP</b>			
Ítems	Descripción	Costo \$	Porcentaje
1	Resumen de Costo del Sistema de Izaje	\$4,131,000.0	19.6%
2	Resumen de Costo del Sistema de Rotación	\$5,761,482.5	27.3%
3	Resumen de Costo del Sistema de Circulación	\$3,985,409.0	18.9%
4	Resumen Costo del Sistema de Potencia	\$2,973,421.7	14.1%
5	Resumen de costo del Sistema de Control de Pozos	\$1,857,606.6	8.8%
6	Resumen de Costo del Campamento	\$794,227.7	3.8%
7	Resumen de Costo de Unidades Móviles	\$466,000.0	2.2%
8	Resumen de Costo QHSE	\$260,578.4	1.2%
9	Resumen de Costo Miscelaneos	\$656,457.7	3.1%
10	Resumen de Costo Parte Eléctrica	\$241,155.8	1.1%
	<b>Costo total \$</b>	<b>\$21,127,339.4</b>	<b>100%</b>

Cuadro 5-01

### **Costos variables incurridos en el Proyecto**

Representa los costos incluidos en el acondicionamiento, construcción, armado, prueba del equipo en una base en la ciudad de lima, hasta el momento que se da la aprobación para su respectivo trasteo; el tiempo total llevado acabo es de 6 meses.

<b>Costo Variable del Proyecto en Construcción</b>		
Ítems	Descripción	Costo/día
1	Transporte de material	300.0
2	Transporte de personal	400.0
3	Alojamiento	680.0
4	Alimentación	1800.0
5	Consumo de material	500.0
6	Servicios de inspecciones	1000.0
7	Servicio de internet y teléfono	100.0
8	Costo de personal	5380.0
9	Alquiler de local y otros gastos	300.0
	<b>Costo diario \$</b>	<b>10460.0</b>

Cuadro 5-02

El costo variable en los 6 meses de duración del proyecto es de:

**\$ 1, 882,800.0** dólares americanos.

Existe otros costos asociados al proyecto, el cual es el impuesto de importación más el costo de transporte de componente desde EEUU hasta el Perú, posterior al lugar donde se está construyendo el equipo de perforación; en este caso el punto de llegada está en el distrito de Ventanilla, Provincia de Callao.

El costo total de impuesto + transporte = 18% costo total del proyecto

Este 18% es un valor aproximado de experiencias pasadas.

Del Cuadro 5-01, tenemos el Costo total del Equipo de Perforación=

**\$ 21, 127,339.4**

Por lo tanto, tenemos:

Gasto de aduana + transporte (18% del costo del equipo)	<b>\$ 3,802,921.1</b>
---	-----------------------

El costo total de inversión del Proyecto será: la suma del costo del equipo + gasto de aduana + gasto de transporte + costos variables, teniendo un total de: **\$ 26, 813,060.5**

Costo del Equipo	\$ 21,069,726.1
Gasto de aduana+ transporte (18% del costo del equipo)	\$ 3,802,921.1
Costo variable	\$ 1,882,800.0
<b>Costo total del Proyecto</b>	<b>\$ 26,813,060.5</b>

### 5.3 Cálculo de la Tarifa Base del Equipo de Perforación

El cálculo de la Tarifa Base estará en función del tiempo de recuperación de la inversión (10 años), y los costos variables operativos.

$$\text{Tarifa Base Diaria} = \frac{\text{Costo Total Inversión}}{360 * 10} + \text{Costos Variables Operativos diarios}$$

Fórmula # 39

Costo variable operativos diarios son costos cargados a la obra operativa que son de consumo diario, una lista de esos costos diarios tenemos en la Cuadro 5-03.

Flujo de consumo operativo		
Ítems	Descripción	\$ Costo/día
1	Transporte de equipo	
2	Transporte de personal	
3	Alojamiento	
4	Alimentación	
5	Mantenimiento del equipo	
6	Reparación del equipo	
7	Consumo de material	
8	Gasto de mantenimiento	
9	Servicios de inspecciones	
10	Alquiler de servicio de transmisión de datos	
11	Servicio de internet y teléfono	
12	Catering	
13	Examen médico del personal	
14	Examen médico anual del personal	
15	Costo de personal	
16	Seguro del equipo	

Cuadro 5-03

Todo el gasto variable de la Cuadro 5-03 tiene un promedio diario de gasto alrededor de los \$ 13,000 dólares.

Usando la Fórmula 39 tenemos

$$\text{Tarifa Base Diaria} = \frac{26,813,060.5}{360 \times 10} + 13,000 \text{ dólares/día}$$

$$\text{Tarifa Base Diaria} = 20,448.1 \text{ dólares/día}$$

Ahora calcularemos una tarifa promedio diario para realizar nuestro flujo de caja, el cual está en función de la tarifa base diaria más un porcentaje de ganancia, para ver si el proyecto es rentable.

El valor de 50% de la tarifa base nos permite tener una buena rentabilidad y un recupero de la inversión a los 7 años, ver Cuadro 5-04.

$$\text{Tarifa promedio Diaria} = 20,448.1 \times (1.5) \text{ dólares/día}$$

*Tarifa promedio Diaria = 30,672.1 dólares/día*

Con esta tarifa promedio diaria se desarrollara el flujo de caja correspondiente.

#### **5.4 Flujo de Caja**

Representa la distribución temporal de los costos y beneficios que se originan a lo largo de la vida del proyecto, ver Cuadro 5-04 y aplicando la fórmula 37 y 38 se realizan una acorrida económica.

Por lo tanto, nuestros indicadores financieros nos arrojan lo siguiente:

Valor Actual Neto (VAN) al 8%	3.53	MMU\$
Tasa Interna de Retorno (TIR)	10.86%	
Tiempo de Retorno de la Inversión (Payout)	6.85	Años

#### **5.5 Cálculos de las Diferentes Tarifas del Equipo de Perforación**

En el Cuadro 5-15 se ve las diferentes tarifas que se aplican durante un proyecto de perforación desde la movilización, operatividad y desmovilización de la misma, las que se tendrá que calcular para tener una rentabilidad en el alquiler de un equipo de perforación, el promedio de toda las tarifas descritas tiene que ser mayor o igual a la tarifa base calculada para realizar la corrida económica.

##### **Tarifa Diaria Operativa (Perforación)**

La Tarifa Diaria de Perforación se aplicará durante el funcionamiento del Equipo de Perforación y la ejecución del trabajo en el pozo, excepto cuando resulten de aplicación de otras tarifas.

**Datos de Entrada**

Inversion total	(MM US\$)	26.813
Consumo operativo diario	(MM US\$)	0.0130
Cosumo opativo anual	(MM US\$)	4.6800
Tarifa base	(MM US\$)	0.0204
Tarifa para la corrida economica	(MM US\$)	0.031
Ingreso anual (360 dias)	(MM US\$)	11.04

**Depreciación**

Valor total de los activos	(MM US\$)	21.1
Tiempo de depreciación	años	10
Valor de la depreciación anual	(MM US\$)	2.11

		Corrida Económica									
		1er año	2do año	3er año	4to año	5to año	6to año	7mo año	8vo año	9no año	10mo año
Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingreso por Operatividad del equipo	(MM US\$)	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04	11.04
(-) Depreciación anual	(MM US\$)	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
(-) Costo operativo anual	(MM US\$)	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
(-) Costo de Presupuesto anual	(MM US\$)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ganancia anual	(MM US\$)	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999	3.999
Costo de Inversión	(MM US\$)	-26.81									
Flujo de caja	(MM US\$)	-22.811	-18.812	-14.812	-10.813	-6.814	-2.815	1.185	5.184	9.183	13.182

Cuadro 5-04: Flujo de Caja Equipo PTX-12

**Tarifa Diaria de Movimiento**

Durante la Movilización, Desmovilización y transporte entre locaciones del Equipo, en el mismo Lote 58 o entre diferentes, se aplicará las siguientes Tarifas de Transporte:

**Tarifa Diaria de Helitransporte**

Esta tarifa se aplicará durante el transporte por helicóptero del Equipo, desde el momento en que salga el primer vuelo transportando los componentes del Equipo hasta la llegada en la sucesiva Locación del último vuelo con los componentes del Equipo.

**Tarifa Diaria de Movimiento Terrestre**

Esta tarifa se aplicara durante el transporte terrestre del Equipo, desde el momento en que salga la primera carga hasta la llegada de la última carga en la sucesiva locación.

**Tarifa Diaria de Navegación Fluvial**

Esta tarifa se aplicara durante el transporte fluvial del Equipo, desde el momento en que salga la primera barcaza hasta la llegada de la última en la sucesiva Locación.

**Tarifa Diaria en Espera sin Personal**

Esta tarifa se aplicara cuando el equipo de perforación no esté operando por las mismas causas indicadas en los términos de aplicación de la tarifa en espera con personal y el equipo permanezca sin los miembros de la cuadrilla.

**Tarifa Diaria en Espera con Personal**

Se aplica generalmente cuando la operadora está en la espera de algún material de importancia en la maniobra que no se puede continuar la operación o por alguna decisión que toma la compañía para no continuar la operación.

### **Tarifa Diaria de Reparación**

Esta tarifa se aplicara cuando el Equipo de Perforación se encuentre fuera de servicios debido a la avería del Equipo durante la ejecución del Trabajo con el Equipo de Perforación (excepto las averías resultantes de un caso de Fuerza mayor), el equipo como máximo tendrá 30 horas acumulativas por mes, si excede pasara a tarifa cero; solo se reconocerá una (01) hora diaria por concepto de mantenimiento diario y rutinario que se efectuara dentro de la tarifa operativa, así también la corrida y corte de cable de perforación y cambio de partes en la descarga de la bomba de lodos.

Para determinar las tarifas se tiene en cuenta algunos aspectos tales como:

- El mercado, demanda de equipos
- Disponibilidad de equipo en el país.
- Tiempo de duración del Proyecto
- En función del precio de Petróleo
- Tipo de proyecto (onshore, offshore, operaciones remotas)

Son algunas variables para la determinación de las diferentes tarifas de un Equipo de Perforación.

En el Cuadro 5-05 se ve las tarifas reales calculadas para el proyecto de exploración realizada con la empresa Petrobras Energy SA; como el movimiento del equipo desde el punto de partida hacia el primer pozo es multimodal tenemos: terrestre, fluvial y aérea para cada uno se calcula las tarifas debido a al riesgo que implica.

La determinación de los diferentes precios se calcula de acuerdo a la negociación con la Operadora donde todo el tiempo el promedio de todas las tarifas que se aplican durante la está de todo el proyecto es siempre mayor o igual a la Tarifa promedio diaria calculada para el flujo de caja.

CUADRO DE TARIFAS			
Ítem	Descripción de Tarifas	Unidad	Tarifa US \$
1	Tarifa Diaria Operativa: Perforación	US \$/día	32,952.00
2	Tarifa Diaria Operativa: Completación y ensayos	US \$/día	32,952.00
3	Tarifa Diaria Movimiento Helitransporte (95%)	US \$/día	31,304.00
4	Tarifa Diaria Movimiento Fluvial (80%)	US \$/día	26,352.00
5	Tarifa Diaria Movimiento Terrestre (95%)	US \$/día	31,304.00
6	Tarifa Diaria en espera sin personal (75%)	US \$/día	24,714.00
7	Tarifa Diaria en espera con personal (95%)	US \$/día	31,304.00
8	Tarifa Diaria Reparación (90%)	US \$/día	29,657.00

Cuadro 5-05: Tarifas Diaria del Equipo PTX-12

## CAPITULO VI

### 6 Análisis de Resultado

En este capítulo se realizara un análisis de los aspectos más importantes que pudieron identificar durante el cálculo para la selección de los componentes del equipo:

- En el Sistema de Izaje, el punto débil es el cable de perforación de 1 3/8", con esto, el equipo está limitado a tensionar solo hasta 820,000 lb; con un factor de seguridad de 02 bajando revestimiento en el pozo más profundo como el Picha 5X. Bajo esta limitación el equipo no se puede operar al 100% de su capacidad.
- Todo los demás componentes del Sistema de Izaje tales como: Mástil, malacate, subestructura, repisa y freno auxiliar cumplen con los requerimientos para perforar de forma segura los pozos diseñados.
- En el Sistema de circulación, la líneas de superficie que va desde la bomba de lodos hasta el Manguerote, hasta la entrada al Top Drive es de 4" DE; generando mayor pérdida de presión, mayor esfuerzo a la bomba de lodos disminuyendo su performance.
- Uno de los factores importante en el sistema de circulación es selección adecuada de las camisas de las bombas, el diámetro correcto para cada tramo a perforar es importante y no usar el mismo tamaño para todas las etapas ya que nos generaría un incremento de en amperaje a los motores eléctricos de las bombas.
- En el Sistema de Rotación, el punto limitante es la tubería de perforación de 5 1/2"; con esto, la tubería nos limita en la perforación del pozo profundo Picha 5X, dejándonos sin margen de sobre tensión ante cualquier eventualidad. Evaluar la parte económica para ver el cambio de diámetro de tubería a 5 7/8".

- Los demás componentes del sistema de rotación, tales como: el top drive, mesa rotaria cumplen en capacidad y potencia de acuerdo a lo requerido.
- En el sistema de control de pozos, la marca T3 seleccionada cumple con los requerimientos de presión tanto en el diverter (21 ¼"x 2000 psi) y BOP stack de 13 5/8"x 10,000 psi; el acumulador tiene la suficiente cantidad de botellas capaz de cumplir con la Norma API STD 53 y la 16 RP.
- En el Sistema de potencia, tiene la cantidad de grupos generadores suficiente para poder realizar el pozo exploratorio Picha 5X contando con uno de reserva.
- Nuestro tiempo de retorno del flujo de caja es aproximadamente de 6.85 años, es un tiempo elevado para una inversión en la industria del petróleo; y la no continuidad de la operación del equipo hace que este tiempo se alargue sin poder recuperar la inversión.

## CONCLUSIONES

- El Equipo PTX-12 de 2000 HP tal como se encuentra está diseñado de acuerdo a lo solicitado por la operadora y los parámetros iniciales de perforación como son los primeros 04 pozos exploratorios manteniendo un buen factor de seguridad, pero para poder perforar un pozo profundo Picha 5X bajo los parámetros presentados por la operadora no podría perforarse a menos que se realice algunos cambio de acuerdo a lo analizado en la tesis.
- A través de los cálculos realizados, se ve la importancia de tener un factor de seguridad que permita seleccionar los componentes de forma tal, que nos permita disminuir la incertidumbre generada al perforar pozos exploratorios.
- Para la rentabilidad del equipo, el contrato que se firme con la operadora tiene que ser mayor al tiempo de retorno de la inversión; o garantizar la operatividad del equipo con otras empresas de tal forma que se pueda superar al tiempo de retorno.

## RECOMENDACIONES

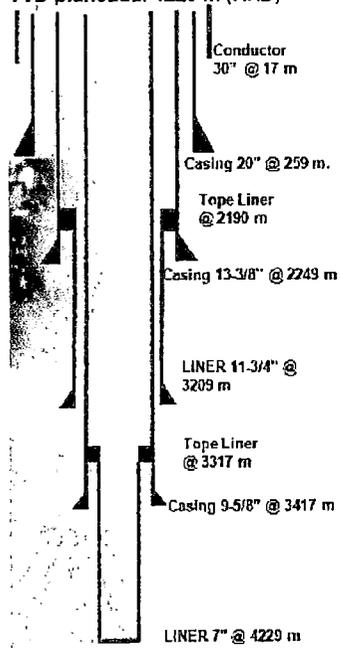
- Mejorar la tarifa diaria del equipo para tener un mejor tiempo de retorno del capital invertido y mayor ingreso.
- Para la selección más eficiente se recomienda partir siempre del pozo y evitando diseñar el pozo en función al equipo disponible.
- Seleccionar personal capacitado y de experiencia para lograr una eficiente operación del equipo.
- Se recomienda el uso del formato API Bull D 10 como herramienta para tener clara la información de un pozo, esto nos facilita comparar los valores por tramos o secciones en un mismo pozo dando una mayor objetividad para la selección del equipo.
- Todo diseño de los componentes del equipo y otros misceláneos debe seguir las recomendaciones de las Normas API, OSHAS, ANSI, etc.

**BIBLIOGRAFÍA**

- API RP 4G, Mantenimiento y uso Estructura en perforación y servicio de Pozo, 2da Edición, 1998.
- API Bul D10, Procedimiento para selección del Equipo de perforación Rotaria, 2da Edición, 1973.
- API RP 53, Sistema de control de Surgencias para perforación de pozos, 3ra Edición, 1997.
- Applied Drilling Engineering, Capítulo 1, Perforación Rotaria, 1986.
- Manual de Control de Pozo, Eni Corporate University, 2000
- Optimización la Perforación, Programa Anual de Capacitación Auspiciado por CAREC, SYGNUS Argentina, Lima-Marzo 2004.
- Glosario Latinoamericano de Términos de Perforación, Ingles-Español/Portugués, COLAPER, Brasil 1992.
- Curso: Well Planning and Rig Selection, Elite Training, Instructor: Ing. Jairo Molero, Bogota-D.C.-Colombia, Diciembre 2009.
- eXtreme Rotary Shoulder Handbook, Grant Prideco, 2004.
- Programa de Perforación Pozo Exploratorio Vertical Urubamba 1-x, Petrobras Energy, Junio 2009
- Programa de Pozo Exploratorio Vertical Picha 58-21-2X, Petrobras Energy, Marzo 2010.
- Programa de Pozo Exploratorio Vertical Taini 58-13-3X, Petrobras Energy, Diciembre 2010.
- Programa de Pozo Exploratorio Direccional Paratori 58-20-4X, Petrobras Energy, Diciembre 2011.
- Drilling Operations Technology & Well Control School, Murchison Drilling School, Revised 2004.
- Composite Catalog, 1986-1987

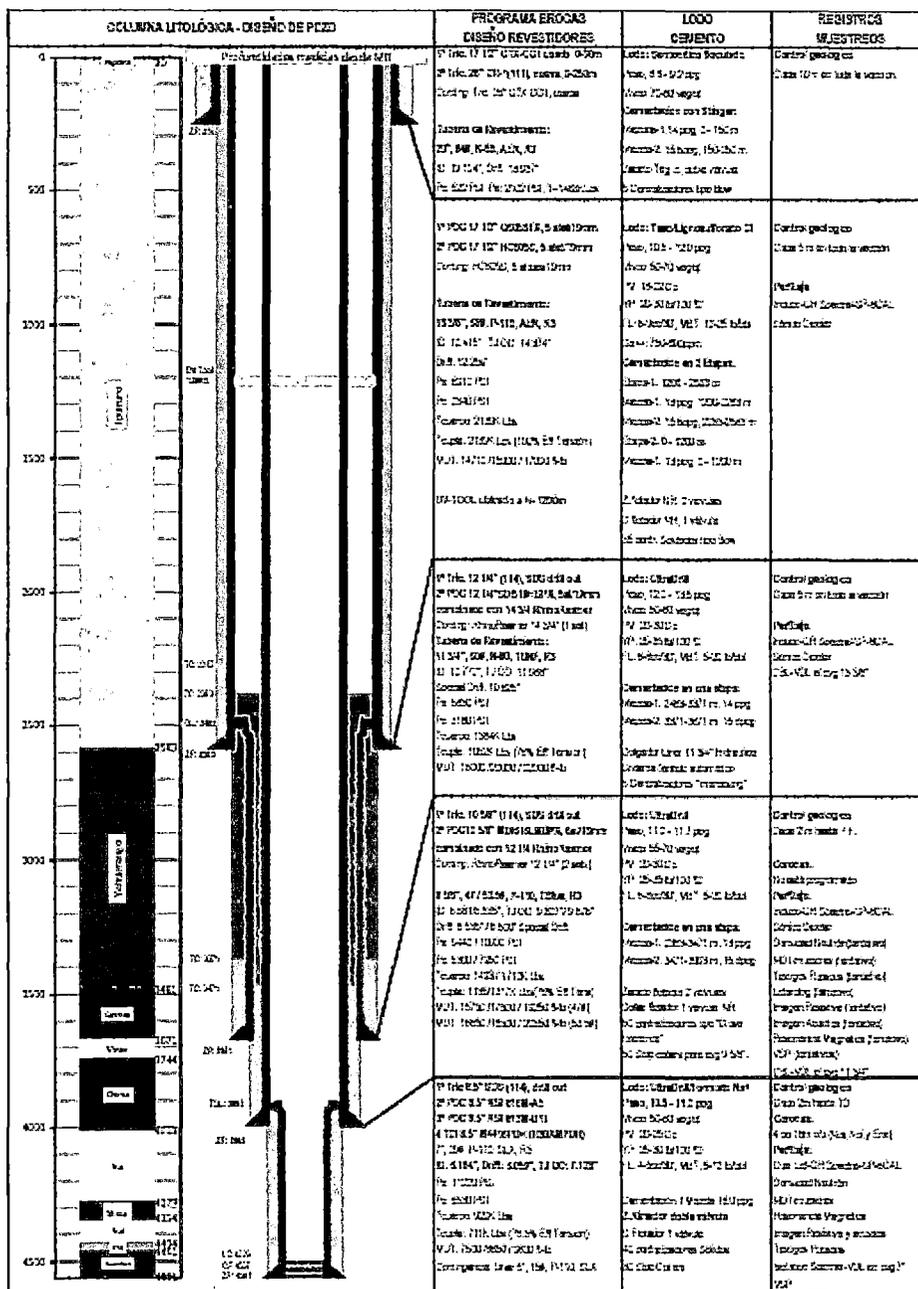
## ANEXOS

Tipo: Exploratorio Vertical  
TVD planeada: 4229 m (RKB)



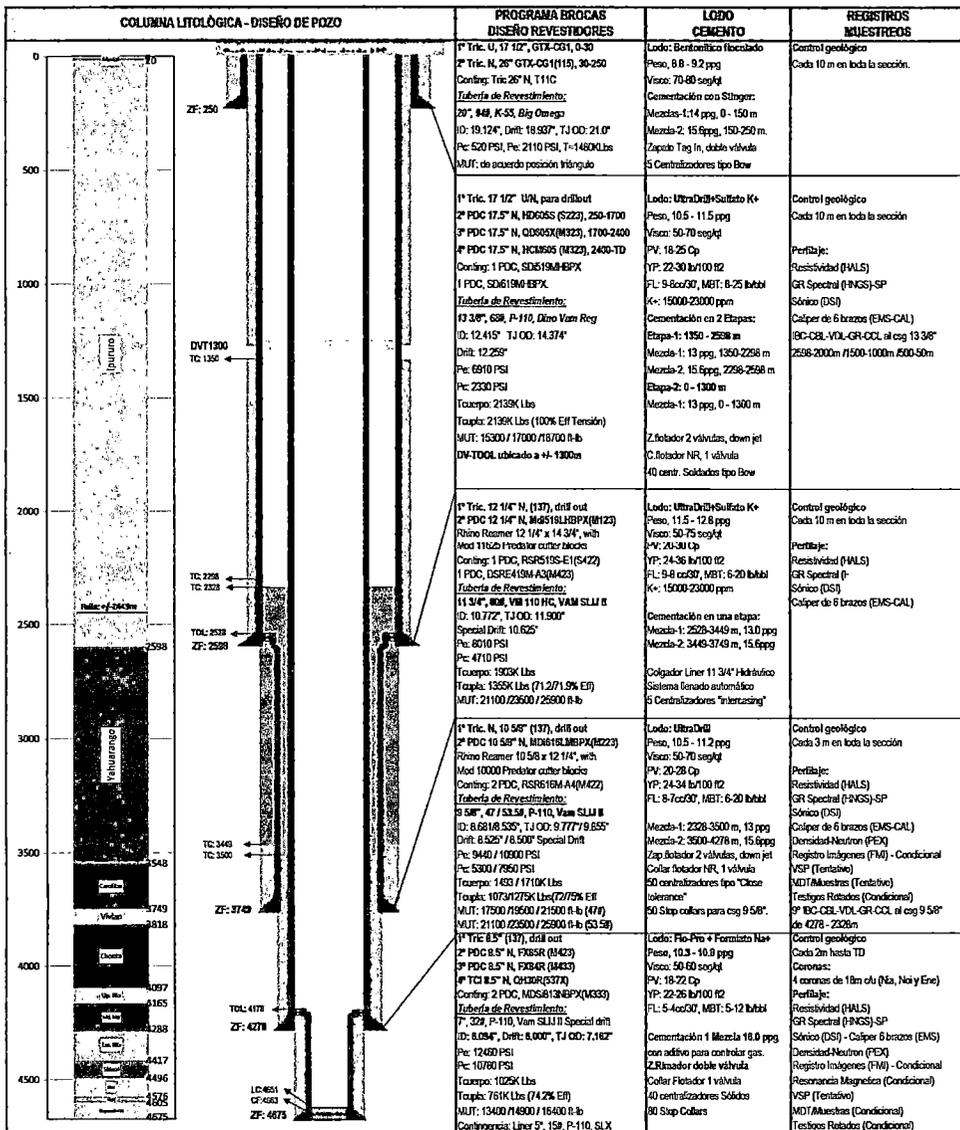
DIÁMETRO DE HOYO	FLUIDO DE PERFORACIÓN	TOPE CEMENTO	FORMACIÓN
26" (242 m)	Spud Mud 8.8 - 9.0	SUPERFICIE	PAGORENE IPURURO
17-1/2" (1990 m)	Yeso Disperso 8.8 - 9.4	SUPERFICIE	IPURURO
12-1/4" x 14-3/4" (960 m)	Ultracill con Formiato de Sodio 9.5 - 11.6	Tope del Liner	YAHUARANGO CHAROPHYTES
8-1/2" x 12-1/4" (205 m)	Ultracill con Formiato de Sodio 10.0 - 10.5	2090 m	VIVIAN CHONTA SUPERIOR
8-1/2" (812 m)	Ultracill con Formiato de Sodio 9.0 - 9.5 (Experiencia Pozos Perforados Recientemente en Elti quea Vecinos)	Tope del Liner	CHONTA INFERIOR CHONTA BASAL NIA SHINA NOL ENE CCPACABANA

Anexo 3-1 Perfil del Pozo Urubamba 1X



Anexo 3-2 Perfil del Pozo Picha 2X

PROYECTO POZO EXPLORATORIO PERÚ - LOTE 58						
DISEÑO DE POZO - RESUMEN PROGRAMA DE PERFORACIÓN						
CUENCA	MADRE DE DIOS	POZO	TAINI 58-13-3X	NIVEL REF. PROFUNDIDAD	Mesa de Trabajo (MT)	COORD UTM WGS84 Zona 18S
LICENCIA	LOTE 58	PERFORACIÓN, Dias	136.0	ELEVACION MT, margl	9.00	NORTE, m   8,699,291.79
PROVINCIA	LA CONVENCION	COMPLENSAYOS, Dias	66.0	NIVEL TERRENO, mssm	423.00	ESTE, m   694,525.39
DEPARTAMENTO	CUSCO	TIEMPO TOTAL, Dias	202.0	PROFUNDIDAD FINAL, m	4675.00	Z, m   432m (423 + 9)



Anexo 3-3 Perfil del Pozo Taini 3X







FORMATO A.P.I # D-10 A					
Análisis del Programa de Perforación					
Nombre y # del pozo				Departamento	
Pozo A.P.I No.				LOTE	
Formación Geológica en la superficie				Campo	
Formación Geológica en el TD				Profundidad total del proyectada	
<b>Programa del hoyo y del revestimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
Diametro del Hoyo, in					
Profundidad de hoyo, ft					
Perforabilidad de la formación					
Diametro Exterior del Revestimiento, pulg.					
Peso (lbs/pie)					
Grado API					
Cantidad, pies.					
Peso (lbs/pie)					
Grado API					
Cantidad, pies.					
Peso (lbs/pie)					
Grado API					
Cantidad, pies.					
Peso de la sarta de revestimiento en el aire, M-lbs					
Minima carga para partirse, M-lbs					
Peso del Revestidor en el lodo, M-lbs					
Velocidad requerida, pie/min					
<b>Sarta de Perforación recomendada</b>					
<b>Drill collar</b>					
<b>Diametro externo e interno del DC</b>					
Peso en lbs/ft y grado API					
Longitud de la sección superior, pies					
<b>Diametro externo e interno, sección inferior, pulg</b>					
Peso en lbs/ft y grado API					
Longitud de la sección inferior, pies					
Peso de las barras (drillcollar) en el aire, M-lbs					
<b>Heavi weight</b>					
Diametro externo e interno, pulg					
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP					
Longitud de la sección inferior, pies					
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs					
<b>Drill pipe</b>					
Diametro externo e interno, pulg					
Peso en lbs/pie y grado API de la tubería de perforación					
Longitud de la tubería de perforación, pies					
Peso de la tubería de perforación en el aire, M-lbs					
Carga para partirse (resistencia a la tensión), M-lbs					
Peso de la sarta de perforación en el aire, M-lbs					
Minima velocidad requerida para izamiento, pies/min					
Caballaje al gancho al máximo peso y mínima velocidad					
Peso de la sarta de perforación en el lodo, M-lbs					
Velocidad requerida, pies/min					

Anexo 3-6-1 Formato API D-10

FORMATO A.P.I # D-10 A							
Análisis del Programa de Perforación							
Nombre y # del pozo		Urubamba 1X		Pais	Perú		
Altura de la mesa rotaria		30 ft		Departamento	CUSCO		
Tipo de pozo		Vertical		Lote	LT 58		
Formación Geológica en el TD		Vivian, Nía, Noi inf		Profundidad total	13875 ft		
SECCIONES							
Programa del pozo y del revestimiento		I	II	III	IV	V	1
Diametro del pozo	In	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"	2
Profundidad Estimada del pozo	ft	850	7379	10528	11211	13875	3
Peso del lodo ppg	ppg	8.8	9.4	11.6	14.5	9.5	4
<b>Diametro Exterior del Revestimiento</b>	In	20"	13 3/8"	11 3/4"	9 5/8"	7"	5
# 01 Grado API		K55	P110	N80	P110	P-110	6
Peso	lbs/ft	94	68	60	47	29	7
Longitud	Ft	850	7379	3343	6775	1640	8
# 02 Grado API				DP 5 1/2"	P110	DP 5 1/2"	9
Peso	lbs/ft			26.42	53.5	26.43	10
Longitud	Ft		0	7185	4436	12235	11
Peso del Casing en el aire	M lbs	79.9	501.8	390.4	555.8	370.9	12
Minima carga para partirse	M lbs						13
Peso del Revestidor en el lodo	M lbs	69.1	429.7	321.2	432.5	317.0	14
Cargas Dinámicas- Dog Leg	M lbs						15
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	16
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	17
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	199.1	559.7	451.2	562.5	447.0	18
<b>Sarta de Perforación recomendada</b>							19
<b>Drill collar</b>							20
#01 Diametro Exterior OD	in	9 1/2"					21
ID		3"					22
Peso en grado API	lbs/ft	217					23
Longitud de la sección inferior	Ft	93					24
#02 Diametro Exterior OD	in	8"	8"	8"	8"		25
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"		26
Peso en grado API	lbs/ft	150	150	150	150		27
Longitud de la sección intermedia	Ft	93	155	217	372		28
#03 Diametro Exterior OD	in	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	29
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	30
Peso en grado API	lbs/ft	101	101	101	101	101	31
Longitud de la sección superior	Ft	93	93	93	93	372	32
Peso tota de drill collar en el aire	M lbs	43.5	32.6	41.9	65.2	37.6	33
Longitud total de DCs		279.0	248.0	310.0	465.0	372.0	34
<b>Heavy weight</b>							35
Diametro externo e interno	in	5 1/2"	3 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	36
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP	lbs/ft	61.6	23.7	61.6	61.6	61.6	37
Longitud de la sección inferior, pies	Ft	279	279	279	279	279	38
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs	M lbs	17.2	6.6	17.2	17.2	17.2	39
<b>BHA</b>							40
Peso de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	M lbs	2.0	26.3	22.4	15.0	18.0	41
Longitud de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	Ft	52.0	106.0	99.0	66.0	90.0	42
<b>Drill pipe</b>							43
Diametro del DP	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	44
Peso en lbs/pie	lbs/ft	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	45
Grado API de la tubería de perforación		S-135	S-135	S-135	S-135	S-135	46
Peso el DP + Tool Joint (ajustado)	lbs/ft	26.43	26.43	26.43	26.43	26.43	47
Longitud de la tubería de perforación, pies	Ft	240	6746	9840	10401	13134	48
Peso de la tubería de perforación en el aire	M lbs	6.3	178.3	260.1	274.9	347.1	49
Carga para partirse (resistencia a la tensión/1.15 *FS")	M lbs	540	540	540	540	540	50
Peso de la sarta de perforación en el aire	M lbs	69.1	243.9	341.6	372.3	419.9	51
Peso de la sarta de perforación en el lodo	M lbs	59.8	208.8	281.0	289.7	358.9	52
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50	50	50	50	50	53
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	100	100	100	100	100	54
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	209.8	358.8	431.0	439.7	508.9	55
<b>Parámetros de Perforación</b>							56
Peso sobre la broca	M lbs	15.0	30.0	30.0	30.0	32.0	57
Torque máxima en superficie	ft*lb	6	10	12	12	20	58
Revoluciones por minuto	rpm	90	120	130	130	120	59
Caudal	gpm	700	900	800	650	450	60
Presión máxima en superficie	psi	800	3500	3300	2500	3600	61
Choros	TFA	3x18+01x20	5x12+5x13	7x12	6x12	4x13	62

Anexo 3-7 Datos del Pozo Urubamba 1X, Formato API D 10A

FORMATO A.P.I # D-10 A							
Análisis del Programa de Perforación							
Nombre y # del pozo		Picha 2X		Pais	Perú		
Altura de la mesa rotaria		30 ft		Departamento	Cusco		
Tipo de pozo		Vertical		Lote	LT 58		
Formación Geológica en el TD		Vivian, Nia, Noi, Ene		Profundidad total	14964ft		
SECCIONES							
Programa del pozo y del revestimiento		I	II	III	IV	V	1
Diametro del pozo	in	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"	2
Profundidad Estimada del pozo	ft	820.0	8,474.0	12,044.0	13,100.0	14,964.0	3
Peso del lodo ppg	ppg	9.2	12	13.5	11.7	11	4
<b>Diametro Exterior del Revestimiento</b>	in	20"	13 3/8"	11 3/4"	9 5/8"	7"	5
# 01 Grado API		K55	P110	N80	P110	P-110	6
Peso	lbs/ft	94	68	60	47	29	7
Longitud	Ft	820.0	8,474.0	3,898.0	13,100.0	2,192.0	8
# 02 Grado API				DP 5 1/2"		DP 5 1/2"	9
Peso	lbs/ft			26.42		26.43	10
Longitud	Ft			8,146.0		12,772.0	11
Peso del Casing en el aire	M lbs	77.1	576.2	449.1	615.7	401.1	12
Minima carga para partirse	M lbs						13
Peso del Revestidor en el lodo	M lbs	66.2	470.5	356.4	505.6	333.7	14
Cargas Dinámicas- Dog Leg	M lbs						15
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	16
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	17
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	196.2	600.5	486.4	635.6	463.7	18
<b>Sarta de Perforación recomendada</b>							19
<b>Drill collar</b>							20
#01 Diametro Exterior OD	in	9 1/2"	9 1/2"				21
ID		3"	3"				22
Peso en grado API	lbs/ft	217	217				23
Longitud de la sección inferior	Ft	93	93				24
#02 Diametro Exterior OD	in	8"	8"	8"	8"		25
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"		26
Peso en grado API	lbs/ft	150	150	150	150		27
Longitud de la sección intermedia	Ft	93	155	341	341		28
#03 Diametro Exterior OD	in	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	29
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	30
Peso en grado API	lbs/ft	101	101	101	101	101	31
Longitud de la sección superior	Ft	31	31	31	31	372	32
Peso tota de drill collar en el aire	M lbs	37.3	46.6	54.3	54.3	37.6	33
Longitud total de DCs		217.0	279.0	372.0	372.0	372.0	34
<b>Heavy weight</b>							35
Diametro externo e interno	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	36
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP	lbs/ft	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	37
Longitud de la sección inferior, pies	Ft	372	372	372	372	372	38
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs	M lbs	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	39
<b>BHA</b>							40
Peso de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	M lbs	4.6	28.1	17.9	17.8	17.2	41
Longitud de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	Ft	19.0	127.0	115.0	114.0	164.0	42
<b>Drill pipe</b>							43
Diametro del DP	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	44
Peso en lbs/pie	lbs/ft	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	45
Grado API de la tubería de perforación		S-135	S-135	S-135	S-135	S-135	46
Peso el DP + Tool Joint (ajustado)	lbs/ft	26.43	26.43	26.43	26.43	26.43	47
Longitud de la tubería de perforación, pies	Ft	212	7696	11185	12242	14056	48
Peso de la tubería de perforación en el aire	M lbs	5.6	203.4	295.6	323.6	371.5	49
Carga para partirse (resistencia a la tensión/1.15 "FS")	M lbs	540	540	540	540	540	50
Peso de la sarta de perforación en el aire	M lbs	70.4	301.0	390.7	418.6	449.2	51
Peso de la sarta de perforación en el lodo	M lbs	60.5	245.8	310.1	343.7	373.6	52
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50	50	50	50	50	53
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	100	100	100	100	100	54
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	210.5	395.8	460.1	493.7	523.6	55
<b>Parametros de Perforación</b>							56
Peso sobre la broca	M lbs	15.0	30.0	30.0	30.0	32.0	57
Torque máxima en superficie	ft*lb	5	10	12	12	20	58
Revoluciones por minuto	rpm	100	130	150	150	140	59
Caudal	gpm	700	980	850	650	420	60
Caudal máxima en superficie	psi	800	3700	3800	3200	3000	61
Chorros	TFA	1.05	1.02	0.77	0.56	0.68	62

Anexo 3-8 Datos del Pozo Picha 2X, Formato API D 10A

FORMATO A.P.I # D-10 A							
Análisis del Programa de Perforación							
Nombre y # del pozo		Taini 3X		Pais	Perú		
Altura de la mesa rotaria		30 ft		Departamento	Cusco		
Tipo de pozo		Vertical		Lote	LT 58		
Formación Geológica en el TD		Viván, Nía, Noi, Ene		Profundidad total	15338 ft		
SECCIONES							
Programa del pozo y del revestimiento		I	II	III	IV	V	1
Diametro del pozo	In	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"	2
Profundidad Estimada del pozo	ft	820.0	8,524.0	12,300.0	14,035.0	15,338.0	3
Peso del lodo ppg	ppg	9.2	11.5	12.8	11.2	10.8	4
Diametro Exterior del Revestimiento	In	20"	13 3/8"	11 3/4"	9 5/8"	7"	5
# 01 Grado API		K55	P110	N80	P110	P-110	6
Peso	lbs/ft	94	68	60	47	29	7
Longitud	Ft	820.0	8,524.0	4,006.0	6,562.0	1,631.0	8
# 02 Grado API				DP 5 1/2"	P110	DP 5 1/2"	9
Peso	lbs/ft			26.42	53.5	26.43	10
Longitud	Ft			8,294.0	7,473.0	13,707.0	11
Peso del Casing en el aire	M lbs	77.1	579.6	459.5	708.2	409.6	12
Minima carga para partirse	M lbs						13
Peso del Revestidor en el lodo	M lbs	66.2	477.7	369.6	586.9	341.9	14
Cargas Dinámicas- Dog Leg	M lbs						15
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	16
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	17
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	196.2	607.7	499.6	716.9	471.9	18
<b>Sarta de Perforación recomendada</b>							19
<b>Drill collar</b>							20
#01 Diametro Exterior OD	In	9 1/2"					21
ID		3"					22
Peso en grado API	lbs/ft	217					23
Longitud de la sección inferior	Ft	93					24
#02 Diametro Exterior OD	In	8"	8"	8"	8"		25
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"		26
Peso en grado API	lbs/ft	150	150	150	150		27
Longitud de la sección intermedia	Ft	93	155	310	310		28
#03 Diametro Exterior OD	In	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	6 3/4"	29
ID		2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	30
Peso en grado API	lbs/ft	101	101	101	101	101	31
Longitud de la sección superior	Ft	31	31	31	31	341	32
Peso tota de drill collar en el aire	M lbs	37.3	26.4	49.6	49.6	34.4	33
Longitud total de DCs		217.0	186.0	341.0	341.0	341.0	34
<b>Heavy weight</b>							35
Diametro externo e interno	In	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	36
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP	lbs/ft	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	37
Longitud de la sección inferior, pies	Ft	372	372	372	372	372	38
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs	M lbs	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	39
<b>BHA</b>							40
Peso de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	M lbs	4.8	26.3	17.9	17.8	17.2	41
Longitud de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	Ft	19.0	145.0	115.0	114.0	164.0	42
<b>Drill pipe</b>							43
Diametro del DP	In	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	44
Peso en lbs/pie	lbs/ft	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	45
Grado API de la tubería de perforación		S-135	S-135	S-135	S-135	S-135	46
Peso el DP + Tool Joint (ajustado)	lbs/ft	26.43	26.43	26.43	26.43	26.43	47
Longitud de la tubería de perforación, pies	Ft	212.0	7,821.0	11,472.0	13,208.0	14,461.0	48
Peso de la tubería de perforación en el aire	M lbs	5.6	206.7	303.2	349.1	382.2	49
Carga para partirse (resistencia a la tensión/1.15 "FS")	M lbs	540	540	540	540	540	50
Peso de la sarta de perforación en el aire	M lbs	70.6	282.3	393.7	439.4	456.8	51
Peso de la sarta de perforación en el lodo	M lbs	60.7	232.7	316.6	364.2	381.3	52
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50	50	50	50	50	53
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	100	100	100	100	100	54
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	210.7	382.7	466.6	514.2	531.3	55
<b>Parametros de Perforación</b>							56
Peso sobre la broca	M lbs	15.0	30.0	30.0	30.0	32.0	57
Torque máxima en superficie	ft*lb	6	10	12	12	20	58
Revoluciones por minuto	rpm	100	160	150	150	140	59
Caudal	gpm	700	1000	850	650	450	60
Presión máxima en superficie	psi	900	3700	3800	3200	3000	61
Chorros	TFA	1.05	1.1	0.77	0.56	0.68	62

Anexo 3-9 Datos del Pozo Taini 3X, Formato API D 10A

FORMATO A.P.I # D-10 A							
Análisis del Programa de Perforación							
Nombre y # del pozo		Paratori 4X	Pais	Perú			
Altura de la mesa rotaria		30 ft	Departamento	Cusco			
Tipo de pozo		Direccional tipo "S", 19°		Lote	LT 5B		
Formación Geológica en el TD		Nia, Noi, Ene	Profundidad total	16580 ft			
SECCIONES							
Programa del pozo y del revestimiento		I	II	III	IV	V	VI
Diametro del pozo	In	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	10 5/8"	8 1/2"
Profundidad Estimada del pozo	ft	157.5	2,625.0	10,827.0	14,035.0	15,574.0	16,580.0
Peso del lodo ppg	ppg	9.2	9.8	12.8	15	11	10.8
Diametro Exterior del Revestimiento	In	30"	20"	13 3/8"	11 3/4"	9 5/8"	7"
# 01 Grado API		X65	K55	P110	P110	P110	P-110
Peso	lbs/ft	310	133	72	65	65	29
Longitud	Ft	157	2625	10827	3143	656	1631
# 02 Grado API					DP 5 1/2"	P110	DP 5 1/2"
Peso	lbs/ft				26.43	53.5	26.43
Longitud	Ft				10,892.0	14,918.0	14,949.0
Peso del casing en el aire	M lbs	48.7	349.1	779.5	492.2	840.8	442.4
Mínima carga para partirse	M lbs						
Peso del Revestidor en el lodo	M lbs	41.8	296.8	627.0	379.3	699.3	369.3
Cargas Dinámicas- Dog Leg	M lbs						
Peso del motor viajero y top Drive	M lbs	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	171.8	426.8	757.0	509.3	829.3	499.3
Sarta de Perforación recomendada							
Drill collar							
#01 Diametro Exterior OD	in	9 1/2"	9 1/2"				
ID		3"	3"				
Peso en grado API	lbs/ft	217	217				
Longitud de la sección inferior	Ft	62	93				
#02 Diametro Exterior OD	in		8"	8"	8"	8"	
ID			2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"	
Peso en grado API	lbs/ft		150	150	150	150	
Longitud de la sección intermedia	Ft		93	186	186	186	
#03 Diametro Exterior OD	in		6 3/4"				6 3/4"
ID			2 13/16"				2 13/16"
Peso en grado API	lbs/ft		101				101
Longitud de la sección superior	Ft		62				124
Peso total de drill collar en el aire	M lbs	13.5	40.4	27.9	27.9	27.9	12.5
Longitud total de DCs		62.0	248.0	186.0	186.0	186.0	124.0
Heavy weight							
Diametro externo e interno	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP	lbs/ft	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6
Longitud de la sección inferior, pies	Ft	93	558	651	651	651	744
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs	M lbs	5.7	34.4	40.1	40.1	40.1	45.8
BHA							
Peso de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	M lbs	1.9	27.0	29.8	25.0	23.8	14.3
Longitud de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	Ft	7.0	195.5	216.2	210.0	200.3	206.0
Drill pipe							
Diametro del DP	in		5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"
Peso en lbs/pie	lbs/ft		21.9	21.9	21.9	21.9	21.9
Grado API de la tubería de perforación			S-135	S-135	S-135	S-135	S-135
Peso el DP + Tool Joint (ajustado)	lbs/ft		26.43	26.43	26.43	26.43	26.43
Longitud de la tubería de perforación, pies	Ft		1,623.5	9,773.8	12,988.0	14,536.7	15,506.0
Peso de la tubería de perforación en el aire	M lbs	0.0	42.9	258.3	343.3	384.2	409.8
Carga para partirse (resistencia a la tensión/1.15 "FS")	M lbs	540	540	540	540	540	540
Peso de la sarta de perforación en el aire	M lbs	21.1	144.7	356.1	436.3	476.0	482.5
Peso de la sarta de perforación en el lodo	M lbs	18.1	123.0	286.4	336.2	395.9	402.8
Peso del motor viajero y top Drive	M lbs	50	50	50	50	50	50
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	100	100	100	100	100	100
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	168.1	273.0	436.4	486.2	545.9	552.8
Parámetros de Perforación							
Peso sobre la broca	M lbs	4.0	15.0	30.0	35.0	30.0	40.0
Torque máxima en superficie	ft*lb	6	10	12	13	12	20
Revoluciones por minuto	rpm	70	130	180	150	130	150
Caudal	gpm	300	1000	1000	900	700	450
Presión máxima en superficie	psi	700	2800	3800	3970	2600	3000
Chorros	TFA	3x18+1x20	6x12+1x12	3x16+2x18	2x15+4x18+1x8	2x12+4x13+1x8	

Anexo 3-10 Datos del Pozo Paratori 4X, Formato API D 10A

FORMATO A.P.I # D-10 A							
Análisis del Programa de Perforación							
Nombre y # del pozo		Picha 5X		Pais	Perú		
Altura de la mesa rotaria		30 ft		Departamento	Cusco		
Tipo de pozo		Tipo "S"		Lote	LT 58		
Formación Geológica en el TD		Vivian, Nia, Noi, Ene		Profundidad total	17480 ft		
SECCIONES							
Programa del pozo y del revestimiento		I	II	III	IV	V	1
Diametro del pozo	In	36"	26"	17 1/2"	12 1/4"	8 1/2"	2
Profundidad Estimada del pozo	ft	492.0	5,085.3	11,795.0	14,928.0	17,480.0	3
Peso del lodo ppg	ppg	9	11	13	10.8	10.8	4
<b>Diametro Exterior del Revestimiento</b>	In	26"	18 5/8"	13 3/8"	9 5/8"	7"	5
# 01 Grado API		X42	N80	P110	P110	P-110	6
Peso	lbs/ft	169.54	96.5	68	47	29	7
Longitud	Ft	492.0	5,085.3	5,905.5	13,100.0	2,192.0	8
# 02 Grado API				Q125	P110	DP 5 1/2"	9
Peso	lbs/ft			72	53.5	26.43	10
Longitud	Ft			5,889.5	1,828.0	15,288.0	11
Peso del Casing en el aire	M lbs	83.4	490.7	825.6	713.5	467.6	12
Minima carga para partirse	M lbs						13
Peso del Revestidor en el lodo	M lbs	71.9	408.2	661.5	595.7	390.4	14
Cargas Dinámicas- Dog Leg	M lbs						15
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	16
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	17
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	201.9	538.2	791.5	725.7	520.4	18
<b>Sarta de Perforación recomendada</b>							19
<b>Drill collar</b>							20
#01 Diametro Exterior OD	in	9 1/2"	9 1/2"				21
ID		3"	3"				22
Peso en grado API	lbs/ft	217	217				23
Longitud de la sección inferior	Ft	62	93				24
#02 Diametro Exterior OD	in		8"	8"	8"		25
ID			2 13/16"	2 13/16"	2 13/16"		26
Peso en grado API	lbs/ft		150	150	150		27
Longitud de la sección intermedia	Ft		93	186	186		28
#03 Diametro Exterior OD	in		6 3/4"			6 3/4"	29
ID			2 13/16"			2 13/16"	30
Peso en grado API	lbs/ft		101			101	31
Longitud de la sección superior	Ft		62			124	32
Peso tota de drill collar en el aire	M lbs	13.5	40.4	27.9	27.9	12.5	33
Longitud total de DCs		62.0	248.0	186.0	186.0	124.0	34
<b>Heavy weight</b>							35
Diametro externo e interno	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	36
Peso en lbs/pie y grado API del HWDP	lbs/ft	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6	37
Longitud de la sección inferior, pies	Ft	93	558	651	651	744	38
Peso de los HWDP en el aire, M-lbs	M lbs	5.7	34.4	40.1	40.1	45.8	39
<b>BHA</b>							40
Peso de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	M lbs	1.9	27.0	29.8	23.8	14.3	41
Longitud de otras herramientas del BHA - (DC & HWDP)	Ft	7.0	195.5	216.2	200.3	206.0	42
<b>Drill pipe</b>							43
Diametro del DP	in	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	5 1/2"	44
Peso en lbs/pie	lbs/ft	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	45
Grado API de la tubería de perforación		S-135	S-135	S-135	S-135	S-135	46
Peso el DP + Tool Joint (ajustado)	lbs/ft	26.43	26.43	26.43	26.43	26.43	47
Longitud de la tubería de perforación, pies	Ft	330.0	4,083.8	10,741.8	13,890.7	16,406.0	48
Peso de la tubería de perforación en el aire	M lbs	8.7	107.9	283.9	367.1	433.6	49
Carga para partirse (resistencia a la tensión/1.15 "FS")	M lbs	540	540	540	540	540	50
Peso de la sarta de perforación en el aire	M lbs	29.8	209.7	381.7	458.9	506.3	51
Peso de la sarta de perforación en el todo	M lbs	25.7	174.4	305.8	383.1	422.7	52
Peso del motón viajero y top Drive	M lbs	50	50	50	50	50	53
Sobre tensión (Overpull)	M lbs	100	100	100	100	100	54
Total carga al Gancho (Hook load total)	M lbs	175.7	324.4	455.8	533.1	572.7	55
<b>Parámetros de Perforación</b>							56
Peso sobre la broca	M lbs	4.0	15.0	35.0	30.0	40.0	57
Torque máxima en superficie	ft*lb	5	10	12	12	20	58
Revoluciones por minuto	rpm	70	130	180	150	130	59
Caudal	gpm	300	1000	1000	900	450	60
Presión máxima en superficie	psi	800	2800	3800	3200	3000	61
Chomos	TFA	1.05	1.02	0.77	0.56	0.68	62

Anexo 3-11 Datos del Pozo Picha 5X, Formato API D 10A

### National type G

Model		435G175	540G250	545G350	650G500	660G500	760G650
Número de poleas		4	5	5	6	6	7
Diámetro de poleas	pul	35	40	45	50	60	60
Capacidad	ton	175	250	350	500	500	650
Diámetro del cable	pul	1 1/8-1 1/4	1 1/8-1 1/4	1 1/4-1 3/8	1 3/8-1 1/2	1 3/8-1 1/2	1 1/2-1 5/8
Peso	lbs	7,920	11,600	15,260	21,250	26,500	31,780
Longitud total	pul	129 7/8	142 3/4	158 1/8	176 1/2	191 1/2	201
Ancho total	pul	37	42	47	52	63	63
Espesor	pul	21 1/4	25 1/2	26 1/2	31 3/4	31 3/4	38
Longitud útil	pul	<b>118 1/8</b>	<b>129 3/4</b>	<b>144 1/8</b>	<b>161</b>	<b>176</b>	<b>184 1/4</b>
Longitud útil	pies	9.8	10.8	12.0	<b>13.4</b>	14.7	15.4

### Anexo 4- 01: Especificaciones de Motón Viajero, Tipo G

Model		RA-36-5-250TB	RA-44-5-350TB	RA-52-6-500TB	RA-60-6-650TB	RA-60-7-750TB	RA-60-8-750TB
Capacidad	ton	250	350	500	650	750	750
Número de poleas		5	5	6	6	7	8
Diámetro de poleas	pul	36	44	52	60	60	60
Peso	lbs	6535	11650	16765	19158	22871	22871
Longitud total	pul	<b>77</b>	<b>90 3/4</b>	<b>104</b>	<b>118 3/16</b>	<b>127 1/3</b>	<b>127 1/3</b>
Ancho total	pul	40	48	56	64	64	64
Espesor	pul	25 1/8	26 1/4	32 1/2	34	38 1/4	42.5
Longitud útil	pul	67 1/2	79 3/4	92	103 3/16	110 1/8	110 1/8
Longitud útil	pies	5.6	6.6	7.7	8.6	9.2	9.2

### Anexo 4-02: Especificaciones de Motón Viajero, Tipo H

Ancla para la línea muerta marca Wagner						
Modelo	Tension de la línea (lbs)	Sensor de peso	Modelo de indicador de peso	Tamaño del cable	Diámetro del carrete	Peso (lbs)
HA150T-SG	150,000	E551 Compresión	150	1 5/8; 1 3/4; 2	38	3,300
HA130T-SG	130,000	E551 Compresión	125	1 1/2; 1 5/8; 1 3/4	31	2,297
<b>HA120T-SG</b>	<b>100,000</b>	<b>E551 Compresión</b>	<b>75/100</b>	<b>1 1/4; 1 3/8; 1 1/2; 1 5/8</b>	<b>28</b>	<b>1,676</b>
HA131T	100,000	E80 Tensión	75/100	(E) 1 1/4; 1 3/8; 1 1/2 (EB) 1 1/2; 1 5/8	28	1,460
HA129T	60,000	E80 Tensión	50	1; 1 1/8; 1 1/4	24	810
HA119T	60,000	E543 Compresión	50	1; 1 1/8; 1 1/4	24	820
HA118T	45,000	E542 Compresión	40	7/8; 1; 1 1/8; 1 1/4	16	300
HA117T	30,000	E190 Compresión	30	5/8; 3/4; 7/8; 1	10	150

### Anexo 4-03: Especificaciones de Ancla, Marca Wagner

Ancla para la línea muerta marca National						
Modelo	Tension de la línea (lbs)	Sensor de peso	Modelo de indicador de peso	Tamaño del cable	Diámetro del carrete	Peso (lbs)
<b>EB</b>	<b>100,000</b>	<b>E80 Tension</b>	<b>E or EB</b>	<b>(E) 1 1/4; 1 3/8; 1 1/2 (EB) 1 1/2; 1 5/8</b>	<b>28</b>	<b>1,560</b>
D	50,000	E80 Tensión	D	1; 1 1/8; 1 1/4	24	1,075
F	40,000	E160A Tension	FS	7/8; 1; 1 1/8	16	385
G	30,000	E190 Compression	G	5/8; 3/4; 7/8; 1	9	200

### Anexo 4-04: Especificaciones de Ancla, Marca National

Diámetro	Peso lineal	IPS	EIPS
Pulg	lb/pies	lbf	lbf
1/2	0.46	23,000	26,600
9/16	0.59	29,000	33,600
5/8	0.72	35,800	41,200
3/4	1.04	51,200	58,800
7/8	1.42	69,200	79,600
1	1.85	89,800	103,400
1 1/8	2.34	113,000	130,000
1 1/4	2.89	138,800	159,800
<b>1 3/8</b>	<b>3.5</b>	<b>167,000</b>	<b>192,000</b>
1 1/2	4.16	197,000	228,000
1 5/8	4.88	230,000	264,000
1 3/4	5.67	266,000	306,000
1 7/8	6.5	304,000	348,000
2	7.39	344,000	396,000

#### Anexo 4-05: Especificaciones de Cable, Arreglo

National 110-UE					
Potencia de entrada	1500 HP				
Embrague del tambor	Transmisión	Baja		Alta	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Capacidad total en 1000 lbs	8 líneas	500	320	180	115
	10 líneas	605	390	215	140
	12 líneas	<b>710</b>	455	250	160
Peso	55,065				

Oilwell 840E					
Potencia de entrada	1400 HP				
Embrague del tambor	Transmisión	Baja		Alta	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Capacidad total en 1000 lbs	8 líneas	492	285	190	111
	10 líneas	584	340	227	144
	12 líneas	<b>633</b>	390	262	155
Peso	45,000				

Ideco E2100					
Potencia de entrada	2000 HP				
Embrague del tambor	Transmisión	Baja		Alta	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Capacidad total en 1000 lbs	8 líneas	568	469	257	185
	10 líneas	673	554	306	218
	12 líneas	<b>785</b>	645	356	253
Peso					

National 1320-UE					
Potencia de entrada	2000 HP				
Embrague del tambor	Transmisión	Baja		Alta	
		Baja	Alta	Baja	Alta
Capacidad total en 1000 lbs	8 líneas	660	415	270	170
	10 líneas	805	505	330	205
	12 líneas	<b>940</b>	590	380	240
Peso	77,660				

#### Anexo 4-06: Especificaciones de Malacate

Equivalencia de Frenos Auxiliares			
Freno Electromagnético (Baylor)	Freno Neumático (Wichita)	Torque lb*ft	Potencia HP
6032	EDS-2	60,000	1500
7040	EDS-3C	84,000	2250
<b>7838</b>	<b>EDS-3</b>	<b>120,000</b>	<b>2250</b>
7838	EDS-4C	180,000	3000
15050	EDS-4	180,000	3000

Anexo 4-07: Equivalencia de Frenos Auxiliares

		Frenos auxiliar Marca Baylor			
Modelo		5032	6032	7040	7838
Tipo		Electromagnético			
Profundidad máxima	pies	12,000	15,000	20,000	30,000
Potencia requerida	kw	9	9	18	21
Volumen de agua para enfriamiento	gpm	50	75	140	150
Torque máximo operativo	lb-ft	39,000	55,500	84,000	117,000
Peso aproximado	lbs	9,000	12,000	24,000	28,000
Largo	pulg	50	60	71	78
Ancho	pulg	42	45	57	57
Espacio del Rotor/Estator	mm	-	1.0/1.3	1.0/1.6	1.4/1.5

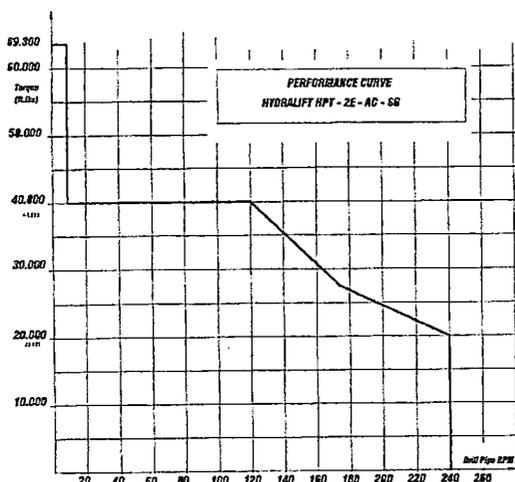
Anexo 4-08: Especificaciones de Freno Electromagnético, Marca Baylor

		Frenos Neumático Marca Wichita				
Modelo		EDS-2	EDS-3C	EDS-3	EDS-4C	EDS-4
Freno tipo Serie V		V236	V336C	V336	V436C	V436
Cantidad de discos de freno		2	3	3	4	4
Accionado por		Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Máxima potencia continuo	HP	1,500	2,250	2,250	3,000	3,000
Máximo torque operativo	lbs-pies	60,000 @ 70-90 psi	84,000 @ 70-90 psi	120,000 @ 100-130 psi	180,000 @ 110-140 psi	180,000 @ 110-140 psi
Máxima revoluciones	rpm	640	640	640	640	640
Máxima presión de aire	psi	150	150	150	150	150
Máxima presión enfriamiento por agua	psi	60	60	60	60	60
Peso aproximado	lbs	9,500	11,500	12,500	15,500	17,500
Capacidad máxima de desgaste	pulg	1	1.5	1.5	1.6	1.6
Capacidad máxima de torque de frenado	lbs-pies	90,000	120,000	120,000	180,000	180,000

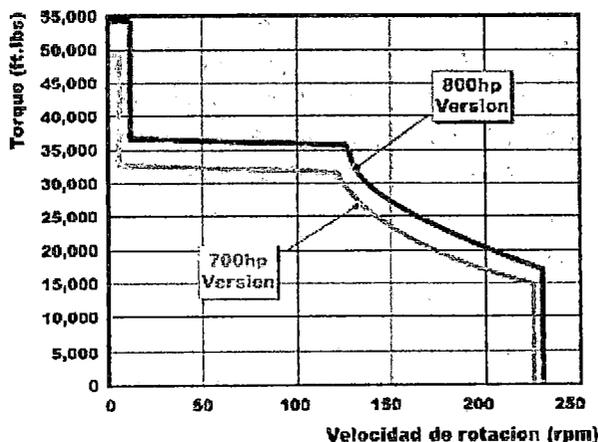
Anexo 4-09: Especificaciones de freno Neumático, Marca Wichita

Modelo	Top Drive VARCO		
	TDS 9SA	TDS 11SA	HPT500
Parámetros de Perforación			
Rango de velocidad perforando	0 hasta 228 RPM Continuo	0 hasta 228 RPM Continuo	0 hasta 236 RPM Continuo
Torque perforando	32,500 ft.lbs. (44,050 Nm) Continuo	37,500 ft.lbs. (50,842 Nm) Continuo	40,000 ft.lbs. (54,240 Nm) Continuo
Máxima potencia perforando	700 HP Máximo Continuo	800 HP Máximo Continuo	900 HP Máximo Continuo
Freno de bloqueo estático	35,000 ft.lbs.	35,000 ft.lbs.	70,000 ft.lbs.
Torque intermitente	46,000 ft.lbs.	55,000 ft.lbs.	69,300 ft.lbs.
Capacidad Nominal			
Capacidad	400 ton, API-8C, PSL-1	500 ton, API-8C, PSL-1	500 ton, API-8C, PSL-1
Línea de circulación	3" @ 5,000 psi CWP	3" @ 5,000 psi CWP	3" @ 5,000 psi CWP
Motores de Perforación:			
Tipo	Dependencia eléctrica, inducción de CA, enfriamiento forzado por aire, diseñado para aplicación de accionamiento CA	Dependencia eléctrica, inducción de CA, enfriamiento forzado por aire, diseñado para aplicación de accionamiento CA	Dependencia eléctrica, inducción de CA, enfriamiento forzado por aire, diseñado para aplicación de accionamiento CA
Potencia de cada motor	350 HP c/u (Total 700 HP)	400 HP c/u (Total 800 HP)	450 HP c/u (Total 900 HP)
PIPE HANDLER :	PH 50	PH 75	PH
Capacidad de torque	50,000 ft.lbs. @ 2000 psi	75,000 ft.lbs. @ 2000 psi	69,300 ft.lbs. @ 2000 psi
Rango del diámetro de tubería	2 7/8" to 5" (4" to 6 5/8" OD tool joint)	3 1/2" to 6 5/8" (4" to 8 1/2" OD tool joint)	4" to 8" OD
Válvula superior de control IBOP	6 5/8" API Reg. RH Box	6 5/8" API Reg. RH Box	6 5/8" API Reg. RH Box
Válvula inferior de control IBOP	6 5/8" API Reg. RH Pin/Box	6 5/8" API Reg. RH Pin/Box	6 5/8" API Reg. RH Pin/Box
Presión de trabajo del IBOP's	15,000 psi CWP	15,000 psi CWP	10,000 psi CWP
Válvula IBOP resistente a la corrosión	H2S Trim (Opcional)	H2S Trim (Opcional)	H2S Trim (Opcional)
Brazos de maniobra	250, 350 or 500 ton API, 108" (2.7m) log	350 or 500 ton API, 108" (2.7m) log	350 or 500 ton API, 108" (2.7m) log
Cabeza rotativa	Infinitas posiciones	Infinitas posiciones	Infinitas posiciones
Dimensiones	W=56.5 pulg	W=65 in	W=55.2
	H=17.8 pies	H=19.16 ft	H=18.1
	L=60.56 pulg	L=67 in	L=73.4
Peso ( lbs)	28,000	30,000	28,880

Anexo 4-10: Especificaciones de Top Drive



Anexo 4-11: Curva de Torque/Revolución del TD HPT 500



Anexo 4-12: Curva de Torque/Revolución del TD 9SA Y 11 SA

Mesa Rotaria		Mud King				
Modelo		RT175-44	RT205-44	RT205-53	RT275-53	RT375-53
Apertura máxima	pulg	17 1/2"	20 1/2"	20 1/2"	27 1/2"	37 1/2"
Carga estática	ton (lbs)	250 (550 M lbs)	350 (770 M lbs)	350 (770 M lbs)	500 (1,210 M lbs)	650 (1,430 M lbs)
Relación de engranajes		3.75	3.79	3.22	3.67	3.56
Maxima revoluciones	RPM	350	300	300	300	300
Max torque de trabajo	lb-ft	10,132	16,646	16,635	20,265	23,883
Ancho total	pulg	54	56	56	66	71
Largo total	pulg	78	78	87	94	97
Altura total	pulg	22	24	24	27	28
Peso con buje maestro	lbs	8572	9920	11023	13460	17534

#### Anexo 4-13: Especificaciones de Mesa Rotaria, Marca Mud King

Mesa Rotaria		Oilwell					
Tipo		LA171/2	SA171/2	A201/2	B271/2	B371/2	B491/2
Apertura máxima	pulg	17 1/2"	17 1/2"	20 1/2"	27 1/2"	37 1/2"	49 1/2"
Carga estática	tons	300	300	350	500	650	800
Relación de engranajes		3.28	3.28	3.82	3.84	3.79	4.05
Volumen de aceite	gls	6	6	6	8.5	12	15
Ancho total	pulg	50	50	53 1/4	61 3/4	72	85
Largo total	pulg	93	83 7/8	92 1/2	97 7/8	97 7/8	122
Altura total	pulg	10 1/2	10 1/2	10 1/2	11 7/8	13	15 1/2
Peso con buje maestro	lbs	6880	6,650	7,840	10,925	13,705	24,000

#### Anexo 4-14: Especificaciones de Mesa Rotaria, Marca Oilwell

Especificaciones de la tubería de Perforación (DRILL PIPE)						
Diametro exterior (DE)	pulg	5 7/8"	5 1/2"	5"	3 1/2"	
Diametro interior (DI)	pulg	5.045	4.778	4.276	2.602	
Grado del tubo		S-135	S-135	S-135	S-135	
Rango		R-2	R-2	R-2	R-2	
DE de la unión	pulg	7"	7"	6 5/8"	4 3/4"	
DI de la unión	pulg	4 1/4"	4"	2.75	2 1/2"	
Longitud del macho	pulg	12	10	9	10	
Longitud de caja	pulg	17	12	12	12.5	
Peso lineal	lb/ft	26.3	21.9	19.5	15.5	
Peso ajustado	lb/ft	29.55	24.85	22.56	17.07	
Conexión		XT57	TSDS-55	NC50	3 1/2" IF	
Banda duraa		TCS TI	Arnco 300XT	Arnco 300XT	Arnco 300XT	
Recubrimiento interior		TK34	TK34	TK34	TK34	
Capacidad	bb/ft	0.0239	0.02174	0.01776	0.00919	
Desplazamiento	bb/ft	0.01076	0.00904	0.00781	0.0058	
Torque máximo de ajuste en TJ	lb-ft	56,600	43,990	31796		
Torque mínimo de ajuste en TJ	lb-ft	33,800	34,200	28381	14419	
Resistencia a la tension (Premium)	lb	757,100	620,604	560,754	451,115	

#### Anexo 4-15: Especificaciones de Tubería de Perforación

Nota: Más característica de tubería de perforación, ver API 7 ó TH Hill DS1

Diámetro Exterior	9 1/2"	8"	6 3/4"	4 3/4"
Diámetro Interior	3"	2 13/16"	2 13/16"	2 1/4"
Conexión	7 5/8 reg	6 5/8 reg	4 1/2IF=NC50	3 1/2 IF=NC38

Anexo 4-16: Tipos de Conexiones de las Botellas de Perforación

Diámetro interno (pulg)										
DE (pulg)	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 13/16	3	3 1/4	3 1/2	ID (pulg)
4 1/2	48	46	43	41						
4 3/4	54	52	50	47	44					
5 3/4	82	80	78	75	72	67	64	60		
6	90	88	85	83	79	75	72	68		
6 1/4	98	96	94	91	88	83	80	76		
6 1/2	107	105	102	99	96	91	89	85	72	
6 3/4	116	114	111	108	106	100	98	93	89	
7	125	123	120	117	114	110	107	100	98	
7 3/4	154	152	150	147	244	139	136	132	128	
8	165	163	160	157	154	150	147	143	138	
8 1/2	187	185	182	179	176	172	169	165	160	
9	210	208	206	203	200	195	192	188	184	

Anexo 4-17: Peso Lineal de las Botellas de Perforación

Tubería extra pesada convencional (HWDP)											
Tubo						Uniones			Peso		
Tamaño nominal	Dimensiones del tubo			Propiedades del tubo		Tipo de conexión	DE	DI	Peso aprox con uniones		Torque de ajuste
	DE	Espesor de pared	Area	Resistencia a la tensión	Resistencia al torque				x pies	por tubo	
pulg	pulg	puñg	pulg <sup>2</sup>	lb	ft-lb		pulg	pulg	lb	lb	ft-lb
3 1/2	2 1/4	0.625	5.645	310,500	18,500	NC38	4 3/4	2 1/4	<b>23.48</b>	<b>728</b>	11,500
5	3	1	12.566	691,200	56,500	NC50	6 5/8	3	<b>50.38</b>	<b>1,582</b>	30,000
5 1/2	3 1/4	1.125	15.463	850,400	75,900	5 1/2FH	7 1/4	3 1/4	<b>61.63</b>	<b>1,911</b>	41,200
5 7/8	4	0.938	14.542	799,800	82,700	XT57	7	4	<b>57.42</b>	<b>1,780</b>	63,700
6 5/8	4 1/2	1.063	18.574	1,021,600	118,900	6 5/8FH	8	4 1/2	<b>71.43</b>	<b>2,214</b>	50,500

Tubería extra pesada con tres espirales (HWDP)											
Tubo						Uniones			Peso		
Tamaño nominal	Dimensiones del tubo			Propiedades del tubo		Tipo de conexión	DE	DI	Peso aprox con uniones		Torque de ajuste
	DE	Espesor de pared	Area	Resistencia a la tensión	Resistencia al torque				x pies	por tubo	
pulg	pulg	puñg	pulg <sup>2</sup>	lb	ft-lb		pulg	pulg	lb	lb	ft-lb
3 1/2	2 1/4	0.625	5.645	310,500	18,500	NC38	4 3/4	2 1/4	<b>24.88</b>	<b>771</b>	11,500
5	3	1	12.566	691,200	56,500	NC50	6 5/8	3	<b>52.34</b>	<b>1,623</b>	30,000
5 1/2	3 1/4	1.125	15.463	850,400	75,900	5 1/2FH	7 1/4	3 1/4	<b>63.78</b>	<b>1,977</b>	41,200
5 7/8	4	0.938	14.542	799,800	82,700	XT57	7	4	<b>57.42</b>	<b>1,780</b>	63,700
6 5/8	4 1/2	1.063	18.574	1,021,600	118,900	6 5/8FH	8	4 1/2	<b>74.67</b>	<b>2,315</b>	50,500

Anexo 4-18: Especificaciones de Tubería Extra Pesada

250 Cobra					
Comple pumps part numbers					
Peso aprox	Tamaño	Part #	Material	Rotación	Max Impeler
430	2x3x13	CP25233DRXXX	Ductil iron	RH	13
440	3x4x13	CP25343DRXXX	Ductil iron	RH	13
490	4x5x14	CP25454DRXXX	Ductil iron	RH	14
520	5x6x11	CP25561DRXXX	Ductil iron	RH	11
550	5x6x14	CP25564DRXXX	Ductil iron	RH	14
610	6x8x11	CP25681DRXXX	Ductil iron	RH	11
630	6x8x14	CP25684DRXXX	Ductil iron	RH	14

#### Anexo 4-19: Especificaciones de Bombas Centrifugas

Modelo	Capacidad total	Máxima presión de trabajo	Altura total	Diámetro exterior	Flujo máximo para la apertura	Peso aproximado
	gal	psi	in	in	in	lbs
K-5-1000	5	1000	20 3/4	16	2	160
K-5-3000	5	3000	21 1/2	16 7/8	2	230
K-10-1500	10	1500	26	20 1/8	2	440
K-10-3000	10	3000	28 3/16	21 3/16	2	630
K-10-5000	10	5000	29 3/16	22 7/8	2	960
K-20-1500	20	1500	31 3/8	25 1/8	2	825
K-20-3000	20	3000	33 1/8	26 7/8	2	1,520
K-20-5000	20	5000	35 1/8	28 1/4	2	2,145
K-40-500	40	500	34 7/8	31 1/2	3 1/2	975
K-40-1500	40	1500	35 1/8	31 7/8	3 1/2	1,420
K-40-3000	40	3000	35 1/2	33 1/2	2	2,100
K-80-275	80	275	37 1/8	37 1/8	3 1/2	1,200
K-80-500	80	500	40 7/8	37 1/8	3 1/2	1,200
K-80-720	80	720	41 1/4	39 1/8	3 1/2	2,575
K-80-1500	80	1500	41 3/8	39 1/8	3 1/2	2,590
K-80-2000	80	2000	42	39 1/8	2	2,950
K-80-3000	80	3000	42 3/8	41	2	4,060

#### Anexo 4-20: Especificaciones de Amortiguador de Pulsaciones, Marca

OTECO				
Válvula manual de alivio tipo Regiuste (RR)				
Diámetro	Rango de presión	Area de flujo (pulg <sup>2</sup> )	Oteco # parte	Peso lbs
2"	400-1500	1.8	130215	53
2"	750-2500	1.8	130225	53
2"	1500-5000	1.8	130250	53
3"	400-1500	4.2	130315	99
3"	750-2500	4.2	130325	99
3"	1500-5000	4.2	130350	99

CAMERON				
Válvula de alivio tipo Regiuste B				
Diámetro	Rango de presión	Area de flujo (pulg <sup>2</sup> )	Ccameron # parte	Peso lbs
2"	400-1500	1.8	30400-03	53
2"	750-2500	1.8	30400-01	53
2"	1500-5000	1.8	30400-02	53
2"	1500-2500 gas	1.8	30400-02	53
3"	400-1500	4.2	30825-03	99
3"	750-2500	4.2	30825-01	99
3"	1500-5000	4.2	30825-02	99
3"	1500-2500 gas	1.8	30825-02	99

#### Anexo 4-21: Especificaciones de Válvula de Alivio

Descripción	BOMBAS DE LODOS							
	National	National	Continental Emisco	Ideco	Oilwell	Oilwell	Lewco LTI	Lewco LTI
Marca	9P100	10P130	FB1300	T1600	A1100PT	A1400PT	WH1312	WH1612
Modelo	Triplex	Triplex	Triplex	Triplex	Triplex	Triplex	Triplex	Triplex
Potencia Hidráulica (HHP)	1000	1300	1300	1600	1100	1400	1300	1600
Máximo número de emboladas	150	140	130	130	150	150	130	120
Mínimo número de emboladas	70	60	60	60	50	60	60	60
Dámetro de camisas disponible	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"	5 1/2" to 6 1/2"
Longitud del vástago	9 1/4"	10"	10"	12"	10"	10"	12"	12"
Impulsado por								
Número de motorea	1	2	2	2	1	2	2	2
Marca	CAT	DC GE	DC GE	DC GE	DC GE	DC GE	DC GE	DC GE
Modelo	389D	752 R	752 R	752 R3A	752 R	752 R3A	752 R3A	752 R3A
Tipo	Mechanical	Series	Series	Series	Series	Series	Series	Series
Potencia Máxima	1100	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Amortiguado de pulsaciones								
Marca	Hydral	Hydral	Hydral	Hydral	Hydral	Hydral	LTI	LTI
Tipo	K-10	K-20	K-20	K-20	K-10	K-20	L20-5000	L20-5000
Presión de trabajo	5000 psi	5000 psi	5000 psi	5000 psi	5000 psi	5000 psi	5000 psi	5000 psi
Válvula de descarga								
Marca	OTECO	OTECO	OTECO	OTECO	OTECO	OTECO	OTECO	OTECO
Tipo	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
Diametro exterior	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"

### Anexo 4-22: Especificaciones de Bombas Para Lodos

Numero de parte	Diam. Interior	Diam. Exterior	Presión Trabajo	Presión de Prueba	Radio de Curvatura	Peso por pies		Longitud Disponible
	pulg	pulg	psi	psi	pies	Manguera lbs	Cupla lbs	
TRH-40D	2 1/2	4.4	5,000	10,000	2.3	10	29	Hasta 110
TRH-48D	3	4.9	5,000	10,000	2.6	12.1	38	
TRH-56D	3 1/2	5.5	5,000	10,000	2.9	13.4	44	
TRH-64D	4	6.5	5,000	10,000	2.9	22	68	

Numero de parte	Diam. Interior	Diam. Exterior	Presión Trabajo	Presión de Prueba	Radio de Curvatura	Peso por pies		Longitud Disponible
	pulg	pulg	psi	psi	pies	Manguera lbs	Cupla lbs	
TRH-40E	2 1/2	4.4	7,500	15,000	2.3	17.5	58	Hasta 110
TRH-48E	3	4.9	7,500	15,000	3.6	23.5	70	
TRH-56E	3 1/2	5.5	7,500	15,000	4.3	26.2	75	
TRH-64E	4	6.5	7,500	15,000	4.6	28.9	90	

### Anexo 4-23: Especificaciones de Manguerote, Tipo D y E

Válvula de Compuerta Cameron Tipo F				
Diametro	Grado de Acero			
	SCH 40	SCH 80	SCH 160	XXH
2"	1210	2220	4300	5970
3"	1460	2370	3930	5880
4"	1300	2130	3830	5150
5"	****	1970	3700	4650
6"	1110	1970	3650	****

### Anexo 4-24: Especificaciones de Válvulas de Compuerta, Marca Cameron, Tipo F

Serie	Rango de presión				Diámetro Nominal (pulgadas)
	Servicio estándar		Servicio para gas apto		
	Trabajo	Prueba	Trabajo	Prueba	
100	1,000	1,500	NA	NA	2,2 1/2,3,4,6,8
200	2,000	3,000	NA	NA	1,1 1/4,1 1/2, 2,2 1/2,3,4
206	2,000	3,000	NA	NA	1,1 1/4,1 1/2,2,2 1/2,3,4,6,8,10
207	2,000	3,000	NA	NA	3,4 6,8,10
211	2,000	3,000	NA	NA	1,1 1/4,1 1/2,2,2 1/2,3,4
400	2,500	3,750	2,500	3,750	5,6,8,10,12
400	4,000	6,000	4,500	6,000	2,2 1/2,3,4
600	6,000	9,000	NA	NA	1,1 1/2,2,2 1/2,3,4
602	6,000	9,000	6,000	9,000	1, 1 1/4,1 1/2,2,2 1/2,3,4
1002	10,000	15,000	7,500	12,000	1,1 1/4,1 1/2,2,2 1/2,3,4,5,6
1003	10,000	15,000	7,500	12,000	2,3,4,5
1502	15,000	22,500	10,000	15,000	1,1 1/2,2,2 1/2,3,4
2002	20,000	30,000	NA	NA	2,3
2202	NA	NA	15,000	22,500	2,2 1/2,3

#### Anexo 4-25: Especificaciones de Unión de Golpe, Marca Weco

Manómetro de Presión, Tipo "D"			
Rango de presión	Servicio estándar	Servicio para agua salada	Servicio para fluido corrosivo
1,000 psi	771111	771121	771131
3,000 psi	771211	771221	771231
5,000 psi	771311	771321	771331
6,000 psi	771411	771411	771431
7,000 Kpa	772111	772121	772131
21,000 Kpa	772211	772221	772231
35,000 Kpa	772311	772321	772331
42,000 Kpa	772411	772421	772431
70 Bar	773111	773121	773131
210 Bar	773211	773221	773231
350 Bar	773311	773321	773331
420 Bar	773411	773421	773431

#### Anexo 4-26: Manómetro de Presión Tipo "D"

Manómetro de Presión, Tipo "F"		
Rango de presión	Servicio estándar	Servicio para fluido
10,000 psi	661541	661561
15,000 psi	661641	661661
20,000 psi	661741	661761
70,000 Kpa	662541	662561
104,000 Kpa	662641	662661
140,000 Kpa	662741	662761
700 Bar	663541	663561
1,040 Bar	663641	663661
1,400 Bar	663741	663761

#### Anexo 4-27: Manómetros de Presión Tipo "F"

DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR		PESO		DIÁMETRO INTERIOR		T P A	C O U B O	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80	
API		in		Lb/ft		Kcal/m														
ASTM	in	mm	mm	mm	mm	mm	mm													
2	2 3/8	60.33	0.154	3.91	3.66	3.45	2.02	33.23	40	2.310	2.500	3.000	3.100	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
			0.172	4.37	4.09	3.83	2.01	31.98		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
			0.153	3.93	3.66	3.45	1.99	30.77		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
			0.211	5.34	5.01	4.73	1.97	42.23	40	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
			0.270	6.85	6.50	6.22	1.95	47.63		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
			0.281	7.14	6.79	6.51	1.93	48.65		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
0.344	8.74	8.35	8.07	1.91	54.05	160	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			
2 1/2	2 7/8	73.03	0.154	3.91	3.66	3.45	2.02	33.23	40	1.970	2.220	2.710	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
			0.172	4.37	4.09	3.83	2.01	31.98		2.150	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
			0.153	3.93	3.66	3.45	1.99	30.77	30	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
			0.207	5.16	4.80	4.54	1.97	42.21	40	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
			0.216	5.49	5.14	4.88	1.95	45.52		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			
			0.250	6.35	6.00	5.74	1.93	50.33		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			
0.270	7.01	6.67	6.41	1.91	53.00	80	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000						
0.375	9.53	9.17	8.91	1.89	63.85	160	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000						
3	3 1/2	88.90	0.154	3.91	3.66	3.45	2.02	33.23	30	1.970	2.220	2.710	2.970	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
			0.172	4.37	4.09	3.83	2.01	31.98	40	2.220	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			
			0.207	5.16	4.80	4.54	1.97	42.21		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000			
			0.216	5.49	5.14	4.88	1.95	45.52		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.250	6.35	6.00	5.74	1.93	50.33		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.270	7.01	6.67	6.41	1.91	53.00	80	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
0.375	9.53	9.17	8.91	1.89	63.85	160	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000							
3 1/2	4	101.60	0.226	5.74	5.42	5.10	2.02	33.23	40	2.020	2.270	2.650	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
			0.270	6.85	6.50	6.22	2.01	31.98		2.220	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.251	6.34	6.00	5.74	1.99	30.77		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.314	7.93	7.57	7.31	1.97	42.23	40	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.375	9.53	9.17	8.91	1.95	47.63		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.437	11.12	10.75	10.38	1.93	50.33	80	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
4	4 1/2	114.30	0.219	5.55	5.20	4.92	2.02	33.23	40	1.750	2.040	2.450	2.870	3.000	3.000	3.000	3.000			
			0.270	6.85	6.50	6.22	2.01	31.98	40	1.970	2.220	2.650	2.970	3.000	3.000	3.000				
			0.250	6.35	6.00	5.74	1.99	30.77		2.000	2.250	2.650	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.291	7.34	7.00	6.74	1.97	42.23		2.250	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000				
			0.312	7.92	7.57	7.31	1.95	45.52		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000					
			0.317	8.00	7.65	7.39	1.93	48.65	80	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000					
0.412	10.41	10.05	9.70	1.91	53.00	120	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000								
0.511	13.00	12.63	12.27	1.89	63.85	160	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000								
0.564	14.32	13.94	13.57	1.87	68.02		2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000								
5	5 9/16	141.29	0.219	5.55	5.20	4.92	2.02	33.23	40	1.400	1.620	1.970	2.310	2.650	2.970	3.000	3.000			
			0.270	6.85	6.50	6.22	2.01	31.98	40	1.620	1.870	2.220	2.560	2.900	3.000	3.000				
			0.251	6.34	6.00	5.74	1.99	30.77		1.870	2.120	2.500	2.840	3.000	3.000	3.000				
			0.312	7.92	7.57	7.31	1.97	42.23		2.000	2.250	2.650	3.000	3.000	3.000					
			0.344	8.74	8.35	8.07	1.95	45.52		2.250	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000					
			0.375	9.53	9.17	8.91	1.93	48.65	80	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000					
0.469	12.72	12.34	11.97	1.91	53.00	120	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000								
0.625	15.88	15.49	15.11	1.89	63.85	160	2.500	2.500	3.000	3.000	3.000	3.000								

Anexo 4-28: Especificaciones de Tubería de Alta Presión

Caída de Presión en Líneas de Superficie								
Ítems	Caudal		Tipos de Líneas				Diámetro interno (pulg)	
	Q (gpm)	gpm	1	2	3	4	3.438"	4.313"
			psi	psi	psi	psi	psi	psi
1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50	2.8	1.0	0.6	0.4	0.6	0.2	
4	100	10.0	3.6	2.2	1.5	2.1	0.7	
5	150	21.3	7.7	4.7	3.2	4.4	1.5	
6	200	36.3	13.1	8.0	5.4	7.5	2.5	
7	250	55.0	19.8	12.1	8.2	11.3	3.8	
8	300	77.2	27.8	17.0	11.6	15.9	5.3	
9	350	102.8	37.0	22.6	15.4	21.2	7.0	
10	400	131.8	47.4	29.0	19.8	27.1	9.0	
11	450	164.0	59.1	36.1	24.6	33.8	11.2	
12	500	199.6	71.8	43.9	29.9	41.1	13.7	
13	550	238.3	85.8	52.4	35.7	49.1	16.3	
14	600	280.1	100.8	61.6	42.0	57.7	19.2	
15	650	325.1	117.0	71.5	48.8	67.0	22.2	
16	700	373.1	134.3	82.1	56.0	76.9	25.5	
17	750	424.2	152.7	93.3	63.6	87.4	29.0	
18	800	478.4	172.2	105.2	71.8	98.5	32.7	
19	850	535.5	192.8	117.8	80.3	110.3	36.6	
20	900	595.5	214.4	131.0	89.3	122.7	40.8	
21	950	658.5	237.1	144.9	98.8	135.7	45.1	
22	1000	724.4	260.8	159.4	108.7	149.2	49.6	
23	1050		285.6	174.5	119.0	163.4	54.3	
24	1100		311.4	190.3	129.7	178.2	59.2	
25	1150		338.2	206.7	140.9	193.5	64.3	
26	1200		366.1	223.7	152.5	209.5	69.6	

Valores extraídos del IADC

Valores Calculados

Anexo 4-29: Cálculo de Caída de Presión en Líneas de Superficie

DESVIADORES DE FLUJO							
Marca		Cameron	T3 Energy			Shaffer	Hydril
Modelo		DL & D	7012 Screwed	7012 latched	7082 Spherical	Bolted	MSP
Diámetro	pulg	21 1/4	21 1/4	21 1/4	21 1/4	21 1/4	21 1/4
Presión de trabajo	psi	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Presión de cierre	psi	3,000	3,000	3,000	1,500	1,500	1,500-3,000
Volumen de cierre	gal	39.7	31.1	31.1	32.6	32.59	31.05
Volumen de apertura	gal	24.1	18.9	18.9	16.9	16.92	18.93
Peso	lbs	19,800	15,100	15,100	10,850	10,850	16,320
Conexión superior		Enpernado	Enpernado	Enpernado	Enpernado	Enpernado	Enpernado
Conexión inferior		Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada
Altura	pulg	53 5/16	52.75	53.12	46.6	46 1/8	52.5

### Anexo 4-30: Especificaciones de Desviadores de Flujo

#### Tubería, 6" DI

Volumen de Gas MMSCFD	C	Caudal de la bomba de todo, GPM				
		100	200	300	500	1000
0	0	0.135	0.412	0.83	2.16	7.28
10	4.1	27	38.5	49	65.1	107
50	43	118	139	165	210	302
100	175	370	401	540	410	585

#### Tubería, 8" DI

Volumen de Gas MMSCFD	C	Caudal de la bomba de todo, GPM				
		100	200	300	500	1000
0	0	0.028	0.09	0.15	0.362	1.16
10	1.51	7.28	11.5	15.4	21.3	32.6
50	20	40.1	48	54.6	66.4	91.3
100	44.2	82.6	90.2	98.5	114	148

#### Tubería, 10" DI

Volumen de Gas MMSCFD	C	Caudal de la bomba de todo, GPM				
		100	200	300	500	1000
0	0	0.0076	0.025	0.059	0.138	0.49
10	0.5	3.19	4.8	6.3	9.56	15.7
50	9	20.1	23.9	28	32.9	49.9
100	22	45.1	49	54.1	62.1	79

#### Tubería, 12" DI

Volumen de Gas MMSCFD	C	Caudal de la bomba de todo, GPM				
		100	200	300	500	1000
0	0	0.0039	0.017	0.02	0.062	0.21
10	0.25	1.14	1.95	2.45	4.25	6.19
50	3.02	9.7	13.1	14.1	19.1	24.8
100	11.1	22.8	26.1	26.7	32.3	47.5

### Anexo 4-31: Caída de Presión de tubería de baja presión

Nota: Valores tomados del API RP64

Marca		Cameron		Hydril				Shaffer			T3 Energy				
		DL & D		GK Roscado	GK Seguros	GK Empernado	Empernado	Wedge	7082	7072	7022 Roscado	7022 Seguros	7022 Roscado	7022 Seguros	
Diámetro	pulg	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	13 5/8	
Presión de trabajo	psi	5,000	10,000	5,000	5,000	10,000	5,000	10,000	5,000	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	
Presión de cierre	psi			1,500	1,500	1,500			1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	
Volumen de cierre	gal	22.12	18.1	17.98	17.98	37.18	23.58	40.16	23.5	40.2	17.98	17.98	37.18	37.18	
Volumen de apertura	gal	10.34	16.15	14.16	14.16	25.5	17.41	32.64	17.4	32.6	14.16	14.16	26.5	26.5	
Conexión superior		Esparraigadas													
Conexión inferior		Brida													
Altura Brida 5M	pulg	40 3/16		54 1/8	54 1/2		44 15/16		45.38		54.13	54.5			
Altura Brida 10M	pulg		49 3/32	56 13/16	59 9/16	71 3/8		58 3/8	48.13	60 3/10			71.38	71.31	
Peso Brida 5M	lbs	16,215		13,800	13,250		13,650		13,900		13,800	13,250			
Peso Brida 10M	lbs		27,262	14,500	13,900	33,525		32,475	14,150	33,275			33,520	33,520	

### Anexo 4-32: Especificaciones de BOPs Anulares

Marca	T3 Energy				Shaffer				Cameron			
Modelo	6012				SL	SL	SL	SL	U	U	U	U
Tipo de Esclusas	Simple	Doble	Simple	Doble	Simple	Doble	Simple	Doble	Simple	Doble	Simple	Doble
Diámetro	pulg 13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8	13 3/8
Presión de trabajo	psi 5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000
Presión de cierre	psi 1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Volumen de cierre	gal 5.8	11.6	5.8	11.6	5.44	10.88	10.58	21.16	5.8	11.6	5.8	11.6
Volumen de apertura	gal 5.5	11	5.5	11	4.46	8.92	10.52	21.04	5.4	10.8	5.4	10.8
Conexión superior	Esparragadas	Esparragadas	Esparragadas	Esparragadas	Bridada							
Conexión inferior	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada	Bridada
Altura Brida & brida	pulg 33.71	55.88	41.69	66.62	33 3/8	50 1/8	48 1/8	66 1/8	33.81	55.875	41.688	66.625
Altura Studded & Brida	pulg 26.03	48.2	31.31	56.25								
Peso	lbs 10,000	17,900	10,300	18,400	8,985	16,900	15,550	25,500	7,700	14,800	10,300	18,400

### Anexo 4-33: Especificaciones de BOP Esclusas

diámetro nominal brida	diámetro interno paleta	presión de trabajo (psi)
2" 1/16	2" 1/16	5000 15000
3" 1/16	3" 1/16	10000 15000
4" 1/16	4" 1/16	10000 15000
4" 1/16	4" 1/8	5000

### Anexo 4-34: Especificaciones de Válvula de Compuerta, Tipo "F", Manual

Datos Dimensionales Válvulas Camero "F" operado Hidráulicamente

Diametro de válvula	1 13/16"	2 1/16"	2 1/16"	2 9/16"	2 9/16"	2 9/16"	3 1/8"	3 1/16"	3 1/16"	4 1/8"	4 1/16"	6 1/8"
Presion de Trabajo	3,000 psi	5,000 psi	3,000 psi	5,000 psi	3,000 psi	5,000 psi	3,000 psi	5,000 psi	10,000 psi	3,000 psi	10,000 psi	3,000 psi
	10,000 psi	10,000 psi		10,000 psi		5,000 psi	10,000 psi		5,000 psi	10,000 psi	5,000 psi	
	15,000 psi	15,000 psi				15,000 psi			15,000 psi			
C1	30 1/2"	38 3/8"	30 1/2"	31 1/4"	33"	37 1/8"	35 1/2"	36 7/8"	45 1/4"	40"	44"	53 5/16"
C2	20 7/8"	18 1/2"	20 7/8"	20 1/4"	22 1/4"	26 1/2"	23 5/8"	25"	32"	25 3/4"	30 1/4"	35 1/16"
D	14 1/4"	14 1/4"	14 1/2"	15 15/16"	15 15/16"	16 3/8"	17 1/4"	17 1/4"	20 5/8"	19 3/4"	19 3/4"	25 7/8"
H	8"	6 5/8"	8"	6 5/8"	8"	10 3/4"	8"	8 3/8"	10 3/4"	8"	10 3/4"	10 3/4"

### Anexo 4-35: Especificaciones Válvula tipo "F" Hidráulica

Estrangulador Ajustable Operado Hidráulicamente					
Número de parte	Tamaño de la brida de entrada & Presión de trabajo	Tamaño de la brida de salida & Presión de trabajo	Dimensiones		Longitud total
			X	Y	
626209-01	3 1/8" API 5000 psi	3 1/8" API 5000 psi	10.34"	11.625"	38"
626211-01	3 1/16" API 10,000 psi	3 1/16" API 10,000 psi	10.34"	11.625"	38"
626330-01	3 1/16" API 15,000 psi	3 1/16" API 15,000 psi	10.34"	11.625"	39.50"

### Anexo 4-36: Especificaciones de Estrangulador Ajustable Hidráulico

Estrangulador Ajustable Operado Manualmente					
Número de parte	Tamaño de la brida de entrada & Presión de trabajo	Tamaño de la brida de salida & Presión de trabajo	Dimensiones		Longitud total
			X	Y	
626208-01	3 1/8" API 5000 psi	3 1/8" API 5000 psi	10.34"	11.625"	29.57"
626210-01	3 1/16" API 10,000 psi	3 1/16" API 10,000 psi	10.34"	11.625"	29.57"
626457-01	3 1/16" API 15,000 psi	3 1/16" API 15,000 psi	10.34"	11.625"	34.70"
626214-01	4 1/16" API 5,000 psi	4 1/16" API 5,000 psi	10.34"	11.625"	29.57"
626218-01	4 1/16" API 10,000 psi	4 1/16" API 10,000 psi	10.34"	11.625"	29.57"
626210-02	3 1/16" API 10,000 psi SST lined	3 1/16" API 10,000 psi SST lined	10.34"	11.625"	29.57"
626457-02	3 1/16" API 15,000 psi SST lined	3 1/16" API 15,000 psi SST lined	10.34"	11.625"	34.70"

#### Anexo 4-37: Especificaciones de Estrangulador Ajustable Manual

Número de Modelo	Potencia	Tamaño del vastago	Flujo aproximado @ 3000 psi		Peso aproximado	
			GPM	LPM	lbs	Kgs
UED03HT460	3	5/8	1.14	4.31	610	277
UED05HT460	4	3/4	2.19	8.29	610	277
UED07HT460	7 1/2	3/4	2.5	9.46	660	300
UET10HT460	10	3/4	4.55	17.22	880	400
UET15HT460	15	3/4	6.4	24.22	950	431
UET20HT460	20	7/8	8.7	32.93	1000	454
UET25HT460	25	1	11.4	43.15	1130	513
UET30HT460	30	1 1/4	14.2	53.75	1400	636

#### Anexo 4-38: Especificaciones de Bomba Triplex para Acumulador

Número de Modelo		Número de Bombas	Flujo aproximado @ 125 psi						Peso aproximado	
			1200 psi	1200 psi	2000 psi	2000 psi	3000 psi	3000 psi		
Con By pass	Sin By pass		GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	lbs	Kgs
UA8516-TB	UA8516-TO	1	6	22.7	5	18.9	3.9	14.7	146	66
UA8526-TB	UA8526-TO	2	12	45.4	10	37.8	7.8	29.5	226	103
UA8536-TB	UA8536-TO	3	18	68.1	15	56.7	11.7	44.2	308	139

#### Anexo 4-39: Especificaciones de Bomba Neumática para Acumulador

Grupo Electrónico				
Marca	Modelo	HP	Kw	RPM
CAT	3412D	750	560	1800
	399D	1100	814	1200
	3512B	1476	1101	1200
	3512C	1476	1101	1200
	C32	1125	839	1800
EMD	645-12E8	1650	1230	900

#### Anexo 4-40: Especificaciones de Grupos Electrónicos

	MISCELANEOS	Total	Potencia		
			Instalada		
1	Bbas precarga	3	75	225	HP
2	Bbas lubricadoras Vastago	3	3	9	HP
3	Bbas lubricadoras cadenas	3	3	9	HP
4	Blowers bombas	6	5	30	HP
5	Blower malacate	2	10	20	HP
6	Sistema de enfriamiento DW	2	40	80	HP
7	Freno auxiliar	1	50	50	HP
8	Motor Desander	1	100	100	HP
9	Motor Desilter	1	100	100	HP
10	Motor D gasser	1	100	100	HP
11	Mud cleaner	3	3	9	HP
12	Desgasificador	1	30	30	HP
13	Zarandas	9	6	54	HP
14	Embudo	2	100	200	HP
15	Agitadores	14	10	80	HP
16	Bombas de agua Tanques	2	30	60	HP
17	Bomba de Rio	2	75	150	HP
18	Hidrolavadora	1	10	10	HP
19	Compresores	2	40	80	HP
20	Ventiladores Rig	3	10	30	HP
21	Acumulador	1	30	30	HP
22	Trip Tank	1	20	20	HP
23	Unidad hidraulica (Hawk Jaw)	1	40	40	HP
24	Sistema TV	1	1	1	HP
25	Planta de agua potable (total motore	1	10	10	HP
26	Planta de tratamiento Agua	1	10	10	HP
27	Motobomba de Alimentación Diesel	2	1	2	HP
Potencia Total Instalada				1539	HP

#### Anexo 4-41: Motores AC en un Equipo de Perforación

Tipo de suelo	lb/pie2	kg/cm2
Roca dura de borde sólido, tal como el granito	50,000	24.4
Rocas cristalinas como la pizarra y otras similares	20,000	9.765
Arena y grava cementada	16,000	7.812
Roca blanda	10,000	4.882
Arena y grava compactada	8,000	3.906
Arcilla dura	8,000	3.906
Arena gruesa y grava	8,000	3.906
Arena suelta media gruesa, arena fina compacta	3,000	1.465
Arcilla media dura	4,000	1.953
Arena fina suelta	2,000	0.976
Arcilla blanda	<2,000	<0.976

Anexo 4-42: Factor de seguridad en la capacidad de carga del suelo, según API RP 4G

**ANEXO TECNICO EQUIPO PTX-12 (Componentes Principales)**

<b>1</b>	<b>SISTEMA DE IZAJE</b>	
<b>1.1</b>	<b>Mástil</b>	Disponible
	Marca	Drillmec
	Modelo	Cantilever
	Altura libre	147 ft
	Capacidad Estática al Gancho con 12 líneas	1,000,000 lbs
	Base (L x 1)	30ft
	<b>Fuerza del viento sobre el Mástil</b>	
	Con tubería en setback lleno	80 MPH
	Sin tubería en setback	105 MPH
<b>1.2</b>	<b>Subestructura</b>	
	Marca	Drillmec
	Tipo	Autopropulsado
	Modelo	Slingshot
	Altura Nominal	30 ft
	Altura libre debajo de las vigas de la mesa	24 ft
	Capacidad del Set back	600,000 lbs
	Capacidad estática rotaria	1,000,000 lbs
	Capacidad en simultaneo (setback y estática rotaria)	1,600,000 lbs
<b>1.3</b>	<b>Bloque Corona</b>	
	Marca	Drillmec
	Números de poleas y diámetros	6x60"+1x60"
	Capacidad (tons)	500 Ton
	Amortiguador de impacto	Sí
<b>1.4</b>	<b>Moton Viajero</b>	
	Marca	EMSCO
	Modelo	RA-60
	Números de poleas y diámetros	6
	Capacidad (tons)	500 Ton
<b>1.5</b>	<b>Cable de Perforación</b>	
	Marca	MACWHYTE
	Diámetro	1 3/8"
	Arreglo	6 x 19S RHOL BRT
	Tipo de acero	EPS Extralubricado
	Tipo de alma	IMRC
	Resistencia a la Rotura	192,000 lbs
<b>1.6</b>	<b>Ancla de Perforación</b>	
	Marca	Wagner
	Modelo	HA120T SG
	Máxima tensión	100,000 lbs
	Sensor de carga	E551 Compresión
<b>1.7</b>	<b>Malacate</b>	
	Marca	National
	Modelo	1320 UE
	Potencia de entrada	2000 Hp
	Profundidad Nominal con tubería 5 1/2" (ft)	20000'
	Diámetro del cable de perforación (pulg)	1 3/8"
	Tamaño del tambor	30" x 56 1/2"
	Tipo de tambor	Acanalados
	Tipo de freno	Enfriamiento por agua

	<b>Motores de imulsion</b> Marca Tipo Modelo Número de motores Potencia de cada motores (HP) cada uno	GE Electrico 752AR serie 2 1,000 HP
<b>1.8</b>	<b>Freno Auxiliar</b> Marca Modelo Potencia continua HP Número de discos Máximo torque operativo Máxima revolución	NOV V336 2,250 3 120,000 lbs pies 640 rpm
<b>1.9</b>	<b>Repisa</b> Capacidad máxima acumulada de stands - Stands of 5 1/2" DP - Stands of 9 1/2" DC - Stands of 8" DC - Stands of 6 3/4" DC	300 4  10
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE CIRCULACION</b>	
<b>2.1</b>	<b>Bombas de Lodo</b>	
	<b>Cantidad</b> Marca & Tipo Potencia hidráulica continua Impulsado por Velocidad mínima (SPM) Diámetro de camisa disponible Longitud de Carrera <b>Amortiguador de Pulsaciones</b> Marca & Tipo Presión de Trabajo Manómetro <b>Línea de descarga</b> Conexión Diámetro Nominal Presión de Trabajo <b>Válvula de alivio</b> Marca & Tipo	3 Lew co WH 1612 1600 hp 2 ea DC Motor, General Electric 752 R 50 spm 4 1/2" to 7" 12" LTI, L20-5,000 5000 psi w p 6000 psi Recta Soldable en tubería 3" 5000 psi w p Oteco RR (Reset Relief), 3"
<b>2.2</b>	<b>Bombas de Precarga</b>	
	<b>Cantida</b> Marca Potencia RPM Impeller para lodo ligero Impeller para lodo pesado	3 MCM, 6 x 8 R, 250 serie AC, 100 hp electric motor 1200 8 x 6 x 11" 8 x 6 x 13"
<b>2.3</b>	<b>Líneas de alta presión</b>	
	Presión de Trabajo Diámetro Interno	5000 psi w p 4"
<b>2.4</b>	<b>Manifold del Stand pipe</b>	
	Diámetro Interno Presión de Trabajo Línea de desfogue Válvula y manómetros Entrada para el sensor de presion MWD Intrada para sensor de la unidad de registros	4" 5000 psi w p yes 05, 4" x 5000 psi, manual de compuerta yes yes

<b>2.5</b>	<b>Stand pipe</b>	
	Cantidad	2
	Diámetro Interno	4"
	Presión de Trabajo	5000 psi w p
	Espacio para el sensor de flujo	yes
<b>2.6</b>	<b>Manguerote Vibratorio</b>	
	Cantidad	1 + 1 de repuesto
	Marca & Tipo	Midw est, "D"
	Diámetro interno	3 1/2"
	Presión de Trabajo	5000 psi
<b>2.7</b>	<b>Bombas centrifugas para la mezcla</b>	
	<b>Numero</b>	2
	Marca & Tipo	MISSION, 6 x 8 R
	Potencia	AC, 100 hp electric motor
	RPM	1800
	Embudos para lodo	yes
	Impeller para lodo ligero	8 x 6 x 11"
	Impeller para lodo pesado	8 x 6 x 13"
<b>2.8</b>	<b>Tanques de Lodo</b>	
	Total de volumen bombeable	1200 bbls
	Protección contra la lluvia	yes
	Piso anti-deslizante (tanquesm, escaleras, etc)	yes
	Peso máximo de lodo	16.0 ppg
	<b>Trampa de arena</b>	
	Capacidad	67 bbls
	<b>Tanque # 01</b>	
	Tipo	Rectangulares
	Capacidad	212
	Volumen muerto	6
	<b>Agitador</b>	
	Cantidad	2
	Marca & Tipo	MCM, MA 20
	Potencia	AC electric motor, 20 hp
	RPM	1800
	<b>Pistolas removedoras</b>	
	Marca & Tipo	Demco, 3"
	Cantidad	3
	<b>Tanques # 02, 03, 04, 05, 06, 07</b>	
	Tipo	Rectangulares
	Capacidad	1500 bbls (total), 250 bbl/cu
	Dead volume	120
	<b>Agitador</b>	
	Cantidad	12
	Marca & Tipo	MCM, MA 20
	Potencia	AC electric motor, 20 hp
	RPM	1800
	<b>Pistolas removedoras</b>	
	Marca & Tipo	Demco, 3"
	Cantidad	3
<b>2.9</b>	<b>BELL NIPPLE</b>	
	Tipo	Standard
	Diámetro	15"
	Altura disponible	To suit BOP stack

<b>2.1</b>	<b>Zaranda</b>	
	Cantidad Marca Modelo Capacidad Motion	3 MI Swaco Mongoose PT 600 + GPM de fluido procesado Movimiento dual (lineal 5.2 G y eleptico 6.3 G)
<b>2.11</b>	<b>Acondicionador de lodo</b>	
	Cantidad Marca Tipo Modelo Capacidad del desarenador Capacidad del desarcillador Capacidad Zaranda Motion	1 MI Swaco 3x1 Mongoose PT/212/10T4 1000 gpm, 2x12" 1500 gpm, 20x4" 600 + GPM de fluido procesado Movimiento dual (lineal 5.2 G y eleptico 6.3 G)
<b>2.12</b>	<b>Desgacificador</b>	
	Cantidad Marca Modelo Capacidad Potencia	1 MI Swaco CD-1400, vertical 1300 gpm 30 HP
<b>2.13</b>	<b>Tanque de viaje</b>	
	Capacidad Volume per inch Electronic volume sensor Mechanical level sensor <b>Bomba de transferencia</b> Marca & Tipo	90 bbls +/- 0,8 bbl yes Yes, with ruler visible by driller MISSION, 2 x 3, 20 HP
<b>2.14</b>	<b>Bombas de transferencia de agua</b>	
	Cantidad Marca & Tipo Potencia Uso	2 MISSION, 2 x 3 x 9" AC 15 hp electric motor Solo para la transferencia de agua al sistema
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE ROTACIÓN</b>	
<b>3.1</b>	<b>TOP DRIVE</b>	
	Marca & Modelo Capacidad Potencia Torque continuo Máximo torque Máximo RPM Minimum ID (" Manual IBOP Remote control IBOP Wire line access on goose neck	VARCO, TDS 11 SA 500 ton 800 hp total, con 02 AC motores eléctricos 37,500 lb.ft 75,000 lb.ft intermittent 228 rpm 3" yes yes yes, 3"
<b>3.2</b>	<b>Mesa Rotaria</b>	
	Marca & Modelo Apertura Impulsado por Capacidad de carga estática Velocida de rotación max (RPM) Fiso anti-deslizante	Mud kind 37 1/2" Malacate 600 Ton 300 yes
<b>3.3</b>	<b>Master Bushing</b>	
	Marca Modelo Apertura	Mud kind MPCH 37 1/2"

<b>3.4 Insert Bowls &amp; Casing Bushing</b>	
De acuerdo a lo requerido	13 3/8"-11 3/4", tipo B, 8 5/8" & MPCH
<b>3.5 Kelly Bushing</b>	
Marca	National
Modelo	27HDP
Tipo	Hexagonal
Tamaño	5 1/4
<b>Sarta de Peforación</b>	
<b>3.6 Kelly</b>	
Marca	Drilco
Tipo	Hexagonal
Tamaño Nominal (in.)	5 1/4"
Longitud Nominal (ft.)	40 ft
Conexión superior	6 5/8" Reg LH
Conexión inferior	4 1/2" IF
<b>3.7 Drill Collars</b>	
Cantidad	6
Diámetro exterior	9 1/2"
Diámetro interior	3"
Conexión	7 5/8 reg
Longitud	API Range 2
Tipo	Espiral
Espacio para	Cuña
Aliviadores de tensión	Sí
Cantidad	12
Diámetro exterior	8"
Diámetro interior	2" 13/16
Conexión	6" 5/8 REG
Longitud	API Range 2
Tipo	Espiral
Espacio para	Cuña
Aliviadores de tensión	Yes
Cantidad	24
Diámetro exterior	6" 3/4
Diámetro interior	2" 13/16
Conexión	4" 1/2 IF
Longitud	API Range 2
Tipo	Espiral
Espacio para	Cuña
Aliviadores de tensión	Yes
Cantidad	24
Diámetro exterior	4" 3/4
Diámetro interior	2" 1/4
Conexión	3" 1/2 IF
Longitud	API Range 2
Tipo	Espiral
Espacio para	Dos (Cuña & elevadora)
Aliviadores de tensión	Yes
<b>3.8 Heavy Weight Drill Pipe</b>	
Cantidad	25
Diámetro exterior	5 1/2"
Diámetro interior	3 1/2"
Conexión	4" 1/2 IF
Longitud	API Range 2, Espiral
Peso lineal	55.6 #
Banda dura	Arnco 300 XT

	Cantidad	25
	Diámetro exterior	3 1/2"
	Diámetro interior	2 3/8"
	Conexión	3 1/2" IF
	Longitud	API Range 2, Espiral
	Peso lineal	26 #
	Banda dura	Arnco M
<b>3.9</b>	<b>Drill pipe</b>	
	Longitud total (m)	5200 m
	Tamaño	5 1/2"
	Peso lineal	21.9 #
	Rango	II, API
	Grado	S135
	Conexión	TSDS-55
	Categoría	Nuevo
	Banda dura	Arnco 300 XT
	Tubería de maniobra (Pup joint)	Si, 5 ft, 10 ft, 15 ft and 20 ft
	Longitud total (m)	2000
	Tamaño	3" 1/2
	Peso lineal	15.5#
	Rango	II, API
	Grado	S 135
	Conexión	3" 1/2 IF
	Categoría	Nuevo
	Banda dura	Arnco 300 XT
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE CONTROL DE POZOS</b>	
<b>4.1</b>	<b>Diverter</b>	
	Marca & tipo	T3 Energy, 7082 Spherical
	Diámetro & Presión de trabajo	21 1/4" x 2000 Psi
	Lineas y válvulas hacia los tanques de lodos	Si, 8"
<b>4.2</b>	<b>Conjunto de Control de Surgencia</b>	
	<b>BOP anular</b>	
	Marca & tipo	T3 Energy, 7082 Spherical
	Diámetro & Presión de trabajo	13 5/8" x 5000 psi
	<b>BOP Esclusas</b>	
	<b>Doble</b>	
	Marca & tipo	T3 Energy, 6012
	Diámetro & Presión de trabajo	13 5/8" x 10000 psi
	Conexión Superior	Esparragada
	Conexión Inferior	Brida
	Salida lateral	3 1/8" x 10.000 psi
	<b>Simple</b>	
	Marca & tipo	T3 Energy, 6012
	Diámetro & Presión de trabajo	13 5/8" x 10000 psi
	Conexión Superior	Esparragada
	Conexión Inferior	Brida
	Salida lateral	3 1/8" x 10.000 psi
<b>4.3</b>	<b>Conjunto de esclusas</b>	
	Esclusas para tubería	3 1/2", 5 1/2"
	Esclusas para revestimiento	5", 7", 9 5/8", 10 3/4"
	Esclusas variable	5 1/2" a 3 1/2"
	Esclusas ciega	Si
<b>4.4</b>	<b>Línea de Matar (kill line)</b>	
	Diámetro & Presión de trabajo	2" 1/16 - 10000 psi
	Conexiones al BOP y válvulas	Bridada
	Válvula interior	2, FC manual
	Válvula exterior	1, check, R
	Tipo de línea	Sin codos, líneas de acero flexibles de alta presión, resistentes al fuego
	Anillo	BX152 y BX 155

<b>4.5</b>	<b>Línea de Estrangulación (Choke line)</b>	
	Diámetro & Presión de trabajo Conexiones al BOP y válvulas Válvula interior Válvula exterior Tipo de línea Anillo	4 1/16", 10000 psi Bridada 01, FC, Manual 01, FC, Hidráulica, controlado remotamente Sin codos, líneas de acero flexibles de alta presión, resistentes al fuego BX 155
<b>4.6</b>	<b>Acumulador</b>	
	Marca & tipo Ubicación Presión de Trabajo Capacidad del tanque de reserva	CPC 30 m de al boca de pozo 3000 psi 330 gln
	<b>Botellas</b> La cantidad de botellas debe cumplir el API RP16 Cantidad Marca & tipo Nominal capacity (gal. each)	Sí 24 CPC, bladder 11 gln
	<b>Bombas del acumulador</b> Según API RP 53, las bombas hidráulica o neumática debe cerrar el anular y abrir el HCR en 02 min	Sí
	<b>Bomba eléctrica</b> Cantidad Marca & tipo Presión máxima de trabajo Flujo Potencia del motor	1 CPC, BP 4032, triplex 3000 psi 11 gln @ 3000 psi 25 HP
	<b>Bomba neumática</b> Cantidad Marca & tipo Flujo	3 CPC, 40:1 15 gln @ 2000 psi
	<b>Manifold</b> Marca & tipo Cantidad de válvula de 04-vías Válvula de bypass	CPC, Serie G, UP2RB5HB 6 + 1 regulated Sí
	<b>Panel remoto en mesa de trabajo</b> Marca & tipo Modelo Cantidad Numero de unidades operables Indicadores de presión hidráulica y neumática Indicador de nivel del fluido hidráulico Posición de las válvulas Alarmas	CPC, 7 estaciones 16"x14"x6", HMI, pantalla táctil 2 7 regulated Sí Sí Sí Sí
	<b>Líneas de control</b> Tipo de línea Diámetro nominal Presión de trabajo	Líneas infugas, resistente al fugo, con uniones de golpe 1" 1500 - 3000 psi
<b>4.7</b>	<b>Choke Manifold</b>	
	Configuración Diámetro Presión de Trabajo Choke aguas arriba Choke aguas abajo Línea de panico Tanque amortiguador de impactos	Estándar, horizontal, 3 1/16" 10,000 psi 3"x 10M psi, CIW válvula manual, FC 4"x 5M psi, CIW válvula manual, FC 4"x 10M psi & 4"x 5M psi 6 5/8"x5M psi

	<b>Choke # 1</b>	
	Cantidad	1
	Marca	Swaco
	Tipo	Drilling choke, operado con control remoto hidráulico
	Tamaño	3 1/16"
	Presión de Trabajo	10.000 psi
	<b>Choke # 2</b>	
	Cantidad	2
	Marca	CW
	Tipo	Adjustable - operado manualmente H2
	Tamaño	3 1/16"
	Presión de Trabajo	10.000 psi
<b>4.8</b>	<b>Panel automatico del choke</b>	
	Marca	SWACO
	Tipo	Drilling Choke panel
	Instrumentación	DP press, annulus press, choke pos, MAASP, air press
<b>4.9</b>	<b>Separador de gas Separador de gas</b>	
	Marca	MI Swaco
	Tipo	Off shore
	Modelo	Válvula flotadora de control de nivel
	Línea de entrada	8"
	Presión máximo de Trabajo	125 psi
	Diámetro del separador	4 ft
	Volumen de tratamiento de gas	17.5 MMpcsd
	Volumen de tratamiento de liquido	1500 gpm
	Sello hidráulico	14 ft
<b>5</b>	<b>SISTEMA DE POTENCIA</b>	
<b>5.1</b>	<b>Grupo Electrógeno</b>	
	Número de motores	5
	<b>Potencia total (prime)</b>	7380 HP
	Marca	CAT
	Modelo	3512B
	Tipo de combustión	Diesel
	Máxima potencia (Potencia Prime)	1476 HP (1101 BKW)
	Máximo RPM	1200
	Número de Generadores	5
	Marca	CAT
	Modelo	SR4B
	Potencia total (prime)	1750 KVA
	Frecuencia	60 Hz
	Voltaje	600 v
<b>5.2</b>	<b>Sistema SCR</b>	
	Marca	IEC systems
	Tipo	2000 HP SCR Helitransportable
	Modelo	5x4
	Unidad Generadora (Módulos)	5, (I-drive AC)
	Unidad Continua (Módulos SCR)	4, (I-drive Dc, 2000 amp)
	Centro de Control de Motores (MCC)	600 VAC, 60 Hz, 3 Faces
<b>5.3</b>	<b>Compresores Principal</b>	
	Número	2
	Marca	Atlas Copco
	Modelo	GA30 AFF 125APC
	Tipo	Tipo tornillo
	Potencia	30 Kw (40 HP)
	Presión y caudal	125 psi / 364 cfm.
	Tanques verticales	2, 1400 lts total

<b>5.4</b>	<b>Compresor de Emergencia</b>	
	Motor	
	Marca	Deutz
	Tipo	Motor diesel
	Compresor	
	Marca	Atlas Copco
	Modelo	XAHS 37 KD
<b>5.5</b>	<b>Grupo Electrónico de Emergencia</b>	
	Marca	CAT
	Tipo	SR 4
	Potencia	135 KVA
	<b>Alimentación de corriente para:</b>	
	Bomba centrífuga de alimentación de combustible # 1	Sí
	Bomba centrífuga # 1	Sí
	Compresor de aire # 1	Sí
	Acumulador del sistema BOP	Sí
	Retroalimentar a la barra de potencia principal	Sí
<b>5.6</b>	<b>Capacidad de combustible</b>	
	Capacidad total de combustible ( bbls)	600
<b>6</b>	<b>SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	
	<b>EQUIPOS DE EMERGENCIAS</b>	
<b>6.1</b>	<b>Estaciones portátiles de lava ojos</b>	
	Cantidad	2
	Marca	MSA
	Modelo	LP075
	Volumen	15 c/u
	Cantidad	10
	Marca	MSA
	Modelo	Salina/Estación/unidad simple
	Volumen	16 onzas c/u
<b>6.2</b>	<b>Duchas de Emergencias</b>	
	Cantidad	1
	Marca	Speakman
	Modelo	SE-697 HFO
	Tipo	Lavadero y pedal
<b>6.3</b>	<b>Equipo de Oxígeno Auto contenido (SCBA)</b>	
	Equipo de Respiración	02 uni, MSA FIREHAWK 4500, 60 min
	Cilindros de aire respirable	06 uni, MSA 10033356, 60 min
	Compresor de aire grado D	01uni, BAUER CII-DV-D (DIESEL)
	Estación de recarga	01 uni, BAUER, CFSII-1S
<b>6.4</b>	<b>Respirador con canister para H2S</b>	
	Mascara	03 uni, MSA / 493028
	Cartucho	09 uni, MSA / 10067470
	Caja para mascara	03 uni, MSA / 10075206
	<b>Equipos de Lucha Contra Incendios</b>	
<b>6.5</b>	<b>Extintores</b>	
	<b>Equipo de Perforación</b>	
	Extintores Rodantes	03 uni, 150 lbs, PQS
	Extintores Portátiles	10 uni, 30 lb, PQS
	Extintores Portátiles	07 uni, 20 lb, CO2
	<b>Campamento</b>	
	Extintores Portátiles	08 uni, 30 lbs, PQS
	Extintores Portátiles	05 uni, 30 lb, CO2
	Extintores Portátiles	02 uni, 30 lb, Acetato de Potasio

<b>6.6</b>	<b>Sistema contra incendio</b>	
	Motobomba	1
	Marca	Cet
	Modelo	FF-34 hp- DSL
	Capacidad	275 gpm
	Presión de trabajo	100 psi
	Tanque generador de espuma	1
	Marca	Magnum
	Capacidad	100 gls
	Concentración	AFFF 3% (UL)
	Mangueras Contra incendio	Angusfire
	Largo	100 pies c/u
	Diámetro	2 1/2" y 1 1/2"
	Líneas Contra incendio	C40, ASTMA53
	Largo	700 pies
	Diámetro	6"
	Traje de Bomberos completo	3 uni
	Tallas	01 M; 02 L
	Manta para quemados	5 unidades
<b>6.7</b>	<b>Equipos de Detección de Gases</b>	
	Cantidad	1
	Marca	MSA
	Modelo	Multigas (Altair 5 MSA)
	Tipo	Portátil
	Tipo de gases	H2S, CO, LD, O2
<b>6.8</b>	<b>Alarmas de Emergencias</b>	
	Cantidad	3
	Marca	Bosch
	Modelo	Corneta doble
	Tipo	Neumática
	Ubicación	Equipo y Campamento
<b>6.9</b>	<b>Detector de humo</b>	
	Detectores de humo a batería.	80 uni, 85 db/m, Opalux, LX98
	Baterías de 12 v	100 uni.
	<b>EQUIPOS DE SEGURIDAD</b>	
<b>6.10</b>	<b>Equipos para Trabajos en Altura</b>	
	Arnés	10 uni, 04 anillos, tipo D
	Líneas de vida	10 uni, absorbedor de impacto, 02 ganchos
	Arnés resistente a altas temperaturas	01 uni, 04 anillos, tipo D
	Línea de vida resistente a altas temperaturas	01 uni, 6 ff, con absorbedor de impacto
	Correas conectores	05 uni, 3 ft y 05 uni, 6ft; doble argolla
	Línea de vida dual	05 uni, 06 ft con absorbedor de impacto
	Sistema de ascenso vertical del Mástil	01 Lad saf, 160 ft, 7x19 incluye accesorios
	Canastilla de izaje	01 uni, para 02 personas
	Arnés para Engrampador	02 uni, 04 anillos tipo D
	Cinturón para Engrampador	02 uni
	Línea de vida regulable	04 uni, 16 ft, 01 anillo tipo D
	Silla de izaje o suspensión	02 uni
	<b>Sistema de Descenso Manual Inclinado</b>	
	Cantidad	1
	Marca	Rollgliss
	<b>Bloque Retráctil</b>	
	Cantidad	4 uni de 50 ft y 03 uni de 10 ft
<b>6.11</b>	<b>Manga de Viento</b>	
	Cantidad	03 uni, vinílico
	Tipo	Giratorio
	Color	Naranja

<b>6.12</b>	<b>Luz de Balizaje para Corona</b>	
	Marca	02 uni, NRL, BXM2R
	Color	Rojo
<b>6.13</b>	<b>Circulina para Grúa y Cargador Frontal</b>	
	Cantidad	02 uni
	Voltaje	12-24 volt
<b>6.14</b>	<b>Pararrayos</b>	
	Cantidad	01 uni
	Modelo	Soporte metálico
<b>6.15</b>	<b>Luces de Emergencia</b>	
	Cantidad	15 und.
	Marca	Legranad
	Tipo	2 faros
	Voltaje	220 vac, 60 Hz
<b>6.16</b>	<b>Bloqueo y Etiquetado</b>	
	Parte Eléctrica	01 Kit, Master Lock (MSA), S1850E410
	Parte Mecánica	01 Kit, Master Lock (MSA), S1850V1106
<b>6.17</b>	<b>Equipo de Protección Personal</b>	
	<b>Para todo el personal contratado</b>	
	Ropa de trabajo retardantes de fuego	Sí
	Casco de seguridad	Sí
	Zapatos de seguridad o botas resistentes al crudo	Sí
	Guantes de seguridad	Sí
	Lentes de seguridad	Sí
	Traje de lluvia	Sí
	<b>Para las personas que los requieran</b>	
	Protectores auditivos	Sí
	Máscara para polvo	Sí
	Lentes de seguridad	Sí
	Equipo de seguridad para Soldadores	Sí
	Equipo de seguridad para Electricistas	Sí
	Cinturón de seguridad	Sí
	Ropa de protección para lodo base aceite (OBM)	Sí
	<b>MEDIO AMBIENTE</b>	
<b>6.18</b>	<b>Planta de Tratamiento de Agua Residuales</b>	
	Cantidad	1
	Marca	Aguas Latinas
	Capacidad	130
	Capacidad de tratamiento	19.5 m3/día
	Trampa de grasa	1.10 m3
	Homogenizador	2.5 m3
	Sistema de bombeo	02 bombas sumergibles, 0.5HP, ABS, E
	Reactor biológico	20.5 hrs de retención, flujo 19.5 m3/d
	Sistema de introducción de aire	01 uni, 60 cfm, 3 hp, Roots
<b>6.19</b>	<b>Planta de Tratamiento de Agua Potable</b>	
	Cantidad	1
	Marca	EMOV
	Modelo	GSF-M1 m3/d
	Sistema de alimentación	02 bombas hidrostral, 0.5 l/s, 2 hp, 25-45 psi
	Sistema de floculación	01 uni, horizontal, GSF-M, 30 psi
	Filtro de arena	02 uni, lavado vertical, FV-350, 30 psi
	Micro filtrado	01 uni, fibra de polipropileno, 125 psi
	Sistema de dosificación de sulfato de aluminio, bicarbonato y HTH	03 tanques de separación
	Tanques de almacenamiento	08 tanques, 2.5 m3 c/u
	Hidroneumático	01 hidrostral, 20 gal con blader, 30 psi, 0.6 hp

<b>6.20 Incinerador</b>	
Cantidad	1
Marca	National Incinerator
Modelo	DV100TX98315
1ra cámara	1200° F, temperatura de trabajo
2da cámara	2109° F, temperatura de trabajo
Tipos de desechos	1,2,3,4 definido por la EPA

#### Anexo 4-43: Anexo Técnico Equipo PTX-12

Resumen de Costo del Sistema de Izaje			
1	Malacate y freno auxiliar	1	\$1,213,825.00
2	Sistema de Enfriamiento de Malacate	1	\$58,684.00
3	Mástil y subestructura	1	\$2,432,133.00
4	Motón viajero	1	\$125,000.00
5	Gancho	1	\$105,000.00
6	Cabeza de circulación	1	\$55,250.00
7	Cable de perforación	2	\$56,700.00
8	Ancla	1	\$29,700.00
9	Indicador de peso	1	\$6,415.00
10	Winches neumáticos 2.5 y 5 ton	2	\$18,005.00
11	Winches repisa y personas	2	\$14,808.00
12	Circuito cerrado de TV	1	\$15,480.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$4,131,000.00</b>

#### Anexo 5-01: Costo del Sistema de Izaje

Resumen de Costo del Sistema de Rotación			
1	Mesa rotaria y accesorios	1	\$147,000.00
2	Top drive 11SA y Accesorios	1	\$1,800,812.00
3	Kelly y accesorios	1	\$240,000.00
4	Tenaza hidráulica y unidad	1	\$221,825.00
5	Herramientas para tubulares		\$98,340.00
6	Herramientas para revestimiento (casing)		\$450,000.00
7	Instrumentación rpm & spm		\$23,345.00
	<b>Tubulares</b>		
8	Tubería de perforación 5 1/2"	17,000'	\$1,653,080.00
9	Tubería de perforación 3 1/2"	8,000'	\$469,200.00
10	Tubería Extra pesada 5 1/2"	25	\$135,000.00
11	Tubería Extra pesada 3 1/2"	25	\$60,250.00
12	Botellas de Perforación 9 1/2"	6	\$61,530.00
13	Botellas de Perforación 8"	12	\$88,020.00
14	Botellas de Perforación 6 3/4"	24	\$130,320.00
15	Botellas de Perforación 4 3/4"	24	\$73,080.00
16	Sustitutos, cabeza de circulación, etc.		\$109,680.50
	<b>Subtotal</b>		<b>\$5,761,482.50</b>

#### Anexo 5-02: Costo del Sistema de Rotación

<b>Resumen de Costo del Sistema de Circulación</b>			
<b>Sistema de Alta Presión</b>			
1	Patín de Bombas Precargas	1	\$10,500.00
2	Bombas de lodos	3	\$2,097,867.00
3	Mangueras de alta 10'	10	\$26,510.00
4	Mangueras de alta 15'	4	\$12,488.00
5	Tubería de alta		
6	Manifold del stand pipe	1	
7	Manifold de bombas	1	
8	Válvulas y materiales	10	
9	Stand pipe	2	
10	Manguerotes 75'	2	\$18,000.00
11	Línea chicksan	6	\$21,800.00
<b>Sistema de Baja Presión</b>			
12	Zarandas	3	\$105,000.00
13	Patín para zarandas	1	
14	Tanque de agua	3	\$1,205,000.00
15	Tanques de lodo	7	
16	Agitadores	14	\$84,000.00
17	Embudos	2	\$2,310.00
18	Bombas centrifugas 6x8	8	\$48,384.00
19	Bombas centrifugas 3x4	4	\$13,888.00
20	Material adicional líneas		\$19,980.00
21	Material para mixer y patín		\$22,500.00
22	Material válvulas + pintura		\$86,500.00
23	Acondicionador de Lodo 3x1	1	\$61,500.00
24	Desgasificador	1	\$34,200.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$3,985,409.00</b>

#### Anexo 5-03: Costo del Sistema de Circulación

<b>Resumen Costo del Sistema de Potencia</b>			
1	Grupo electrógeno	5	\$1,789,630.00
2	Sistema SCR	1	\$867,683.00
3	Compresores	2	\$37,847.70
4	Compresor auxiliar + motor Deuz	1	\$9,775.00
5	Tanque aire, 500lt+900 lt	2	\$2,528.00
6	Grupo electrógeno auxiliar	1	\$52,900.00
7	Aceite para motor		\$30,208.00
8	Filtro + batería + solenoide		\$6,200.00
9	Material para techo y varios		\$78,000.00
10	Tanque de diesel	3	\$77,000.00
11	Transformador	3	\$21,650.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$2,973,421.70</b>

#### Anexo 5-04: Costo del Sistema de Potencia

<b>Resumen de costo del Sistema de Control de Pozos</b>			
1	Desviador de flujo	1	\$182,620.00
2	Válvula para desviador y varios		\$91,685.00
3	Anular	1	\$193,953.00
4	Esclusas Doble	1	\$306,445.00
5	Esclusa Simple	1	\$165,310.00
6	Carrete con salidas laterales	1	\$37,205.00
7	Carrete espaciador	1	\$2,843.00
8	Esclusas, VR, BR		\$94,936.00
9	Pernos y bridas		\$23,306.00
10	Múltiple de estrangulación + panel	1	\$171,323.50
11	Línea de matar	1	\$14,488.20
12	Línea de estrangulación	1	\$20,541.20
13	Coflexy	2	\$29,350.00
14	Acumulador	1	\$172,000.00
15	Accesorios del acumulador		\$19,747.00
16	BOP testing	1	\$12,997.60
17	Separador de gas	1	\$50,000.00
18	Tanque de viaje	1	\$28,472.00
19	Llave Enerpac	1	\$18,628.00
20	Chicksan	6	\$21,756.00
21	Pistones para levantar BOP	1	\$200,000.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$1,857,606.60</b>

#### Anexo 5-05: Costo del Sistema de Control de Pozos

<b>Resumen de Costo del Campamento</b>			
1	Generador de campamento	1	\$57,400.00
2	Planta de agua potable	1	\$24,700.00
3	Planta de agua residual	1	\$34,300.00
4	Incinerador	1	\$18,200.00
5	Casetas (dormitorios y oficinas)	31	\$395,675.00
6	Transporte de casetas		\$136,600.00
7	Armado de campamento		\$40,000.00
8	Facilidades de campamento		\$32,275.70
9	Materiales eléctricos y otros		\$16,227.00
10	Aire acondicionados	42	\$38,850.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$794,227.70</b>

#### Anexo 5-06: Costo del Campamento

<b>Resumen de Costo de Unidades Móviles</b>			
1	Grúa 30 ton	1	\$300,000.00
2	Cargador frontal	1	\$130,000.00
3	Unidad autopropulsada telescópica	1	\$36,000.00
	<b>Subtotal</b>		<b>\$466,000.00</b>

#### Anexo 5-07: Costo del Unidades Móviles

<b>Resumen de Costo QHSE</b>			
1	Equipos de Emergencia		\$69,744.60
2	Equipos de Lucha Contra Incendios		\$51,671.90
3	Trajes de Bomberos		\$4,310.70
4	Sistema contra incendios		\$20,086.10
5	Equipos de Seguridad		\$95,479.30
6	Parte Medica		\$19,285.80
	<b>Subtotal</b>		<b>\$260,578.40</b>

#### Anexo 5-08: Costo de QHSE

<b>Resumen de Costo Miscelaneos</b>			
1	Pintura epóxica varios		\$4,985.00
2	Moto soldadora, marca Lincol Electric, Ventage 500	1	\$14,700.00
3	Electrosoldadura, marca Lincoln Electric, RX-520	1	\$2,450.00
4	Central de comunicación y varios		\$12,433.60
5	Bomba neumática, wilden modelo T15	1	\$1,427.00
6	Bomba neumática, wilden modelo T10	1	\$426.10
7	Ventilador con motor eléctrico para equipo	3	\$11,592.00
8	Unidad de registro (wire line)	1	\$15,780.00
9	Lavador de alta presión Sioux	1	\$15,199.50
10	Construcción de almacenes	5	\$64,210.00
11	Canasta para herramientas	3	\$196,050.00
12	Construcción a todo costo del Dog House	1	\$43,800.00
13	Caballote para tubería de 8.5 m. de largo	12	\$53,040.00
14	Válvula mariposa y unión dresser		\$26,952.00
15	Poleas de 12 ton para cable 5/8" de 14" diámetro	4	\$10,444.00
16	Botellas de oxígeno y recarga		\$60,680.80
17	Aceites para motor varios y hidráulico		\$30,208.80
18	Sistema de bloqueo para grúa		\$14,985.00
19	Grasa para tubería, cable, multipropósito		\$12,123.10
20	Motor eléctrico, 100 HP, 1775 RPM,	1	\$5,460.00
21	Manguera de alta, cable de acero, destorcedores		\$9,002.10
22	Material varios; planchas, tubos, vigas, ángulos, etc.		\$50,508.60
	<b>Subtotal</b>		<b>\$656,457.70</b>

#### Anexo 5-09: Costo de Misceláneos

<b>Resumen de Costo Parte Eléctrica</b>			
1	Cables eléctricos varios		\$24,694.40
2	Cables eléctricos Unipolar 535 MCM	1400 ft	\$54,647.30
3	Cajas de mando a distancia Bradley	16	\$4,032.00
4	Conectores+ enchufes toma corrientes		\$20,458.20
5	Caja a prueba de explosión + tubería flexible	7	\$14,469.00
6	Fluorescente a prueba de explosión	46	\$33,298.00
7	Reflectores y lámparas		\$8,125.30
8	Cable eléctrico para campamento	300ft	\$9,597.00
9	Conectores+ cable flexible+ conectores EP		\$37,764.20
10	Tomacorrientes y enchufes a PE		\$9,733.20
11	Equipo fluorescente zona 2, 220V	21	\$9,922.50
12	Misceláneo parte eléctrica		\$14,414.70
	<b>Subtotal</b>		<b>\$241,155.80</b>

Anexo 5-10: Costo de Parte Eléctrica