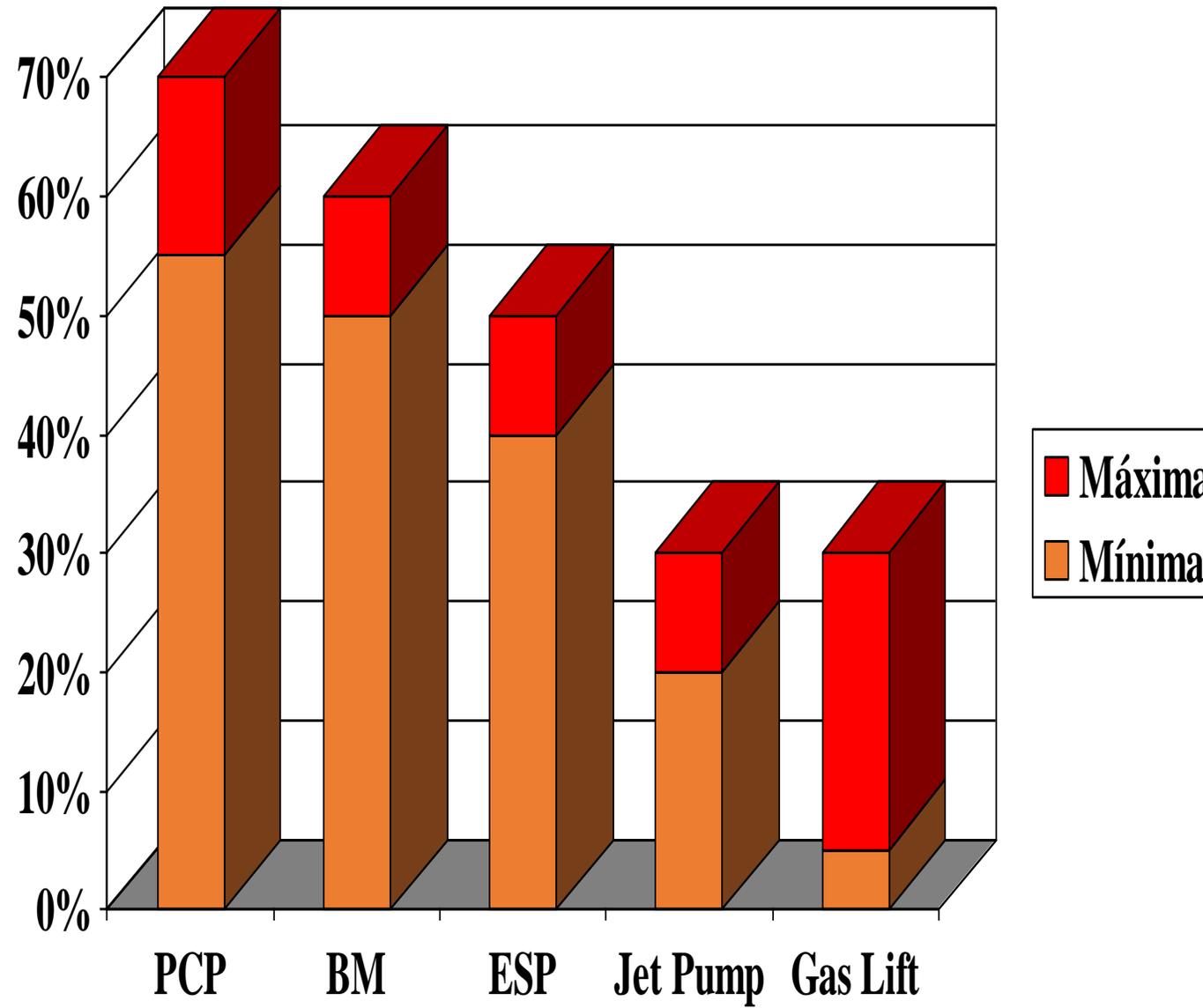
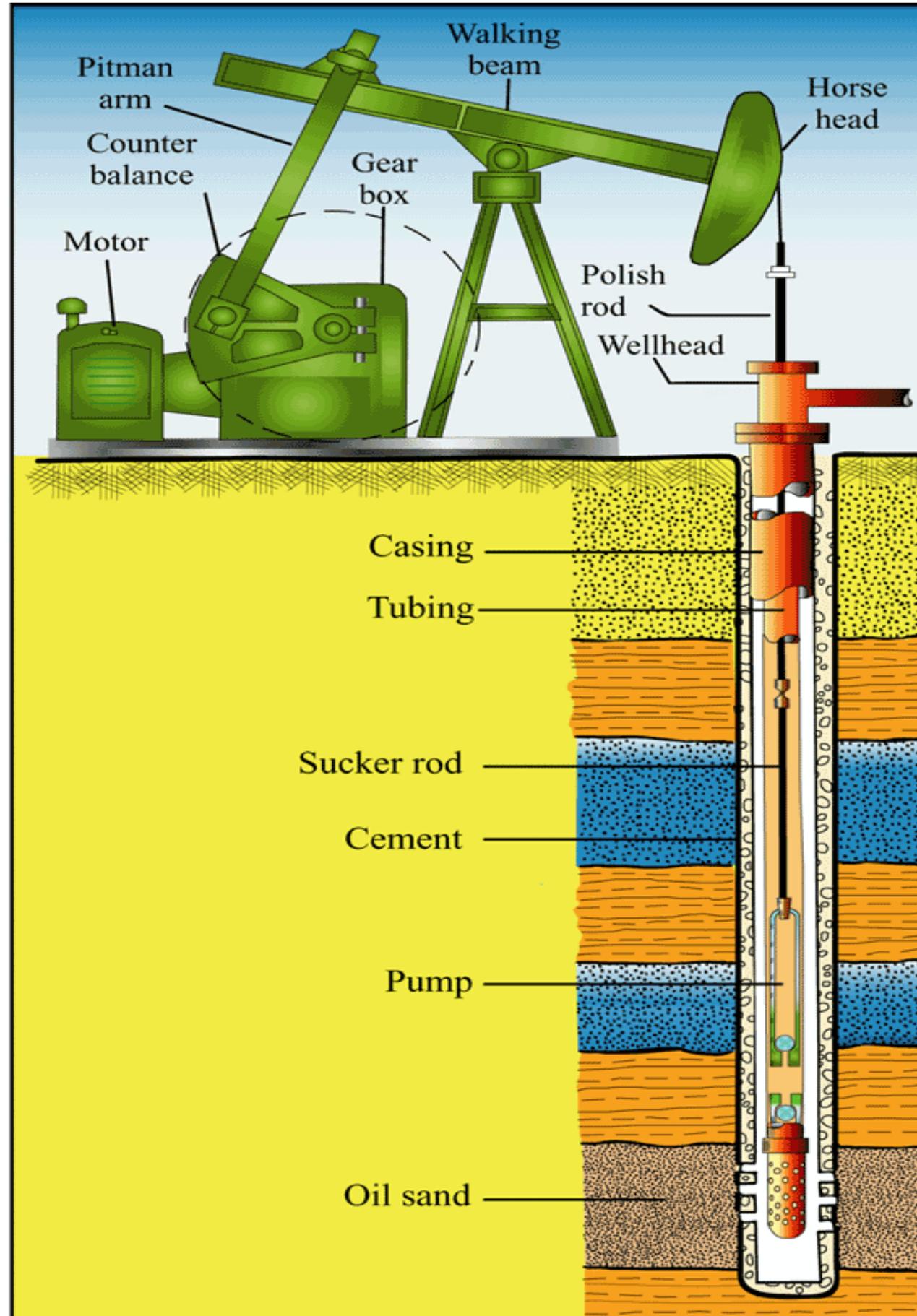


Eficiencia de sistemas artificiales de extracción



BOMBEO MECANICO



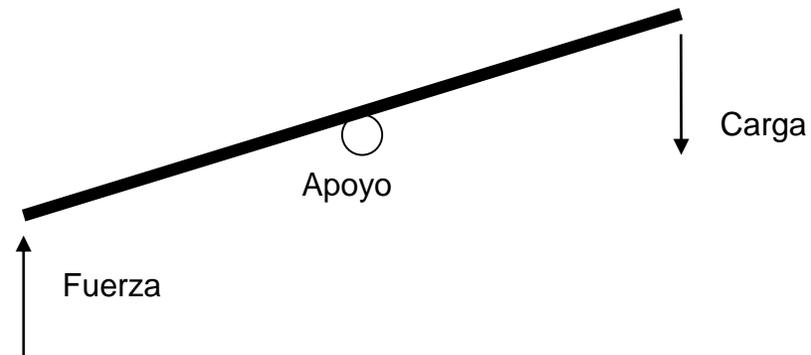
GEOMETRIAS

EQUIPOS DE BOMBEO

La función del aparato de bombeo es la de recibir el movimiento de rotación del motor de accionamiento y transformarlo en rectilíneo alternativo, necesario para accionar el pistón de la bomba de profundidad. Esto lo logra a través de un sistema biela-manivela.

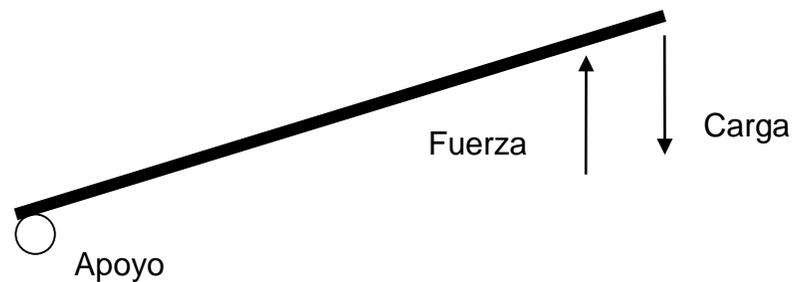
Hay dos tipos de equipos de bombeo básicos, diferenciados por el género de la palanca que utilizan para elevar el peso de las varillas de bombeo y el del fluido: El convencional o clase I, cuyo diseño responde a una palanca de primer género, es decir que la carga a elevar está en un extremo de la viga balancín, la fuerza necesaria para elevar la carga está en el otro extremo, y el apoyo de la viga se encuentra entre ambas.

Palanca de primer género

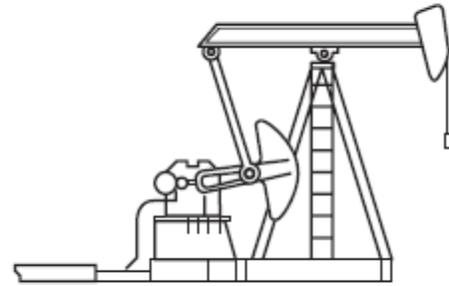


El otro tipo de aparato es el clase III, que responde a una palanca de tercer género, es decir que la carga a elevar está en un extremo de la viga balancín, el apoyo en el otro extremo y la fuerza se aplica entre ambos.

Palanca de tercer género

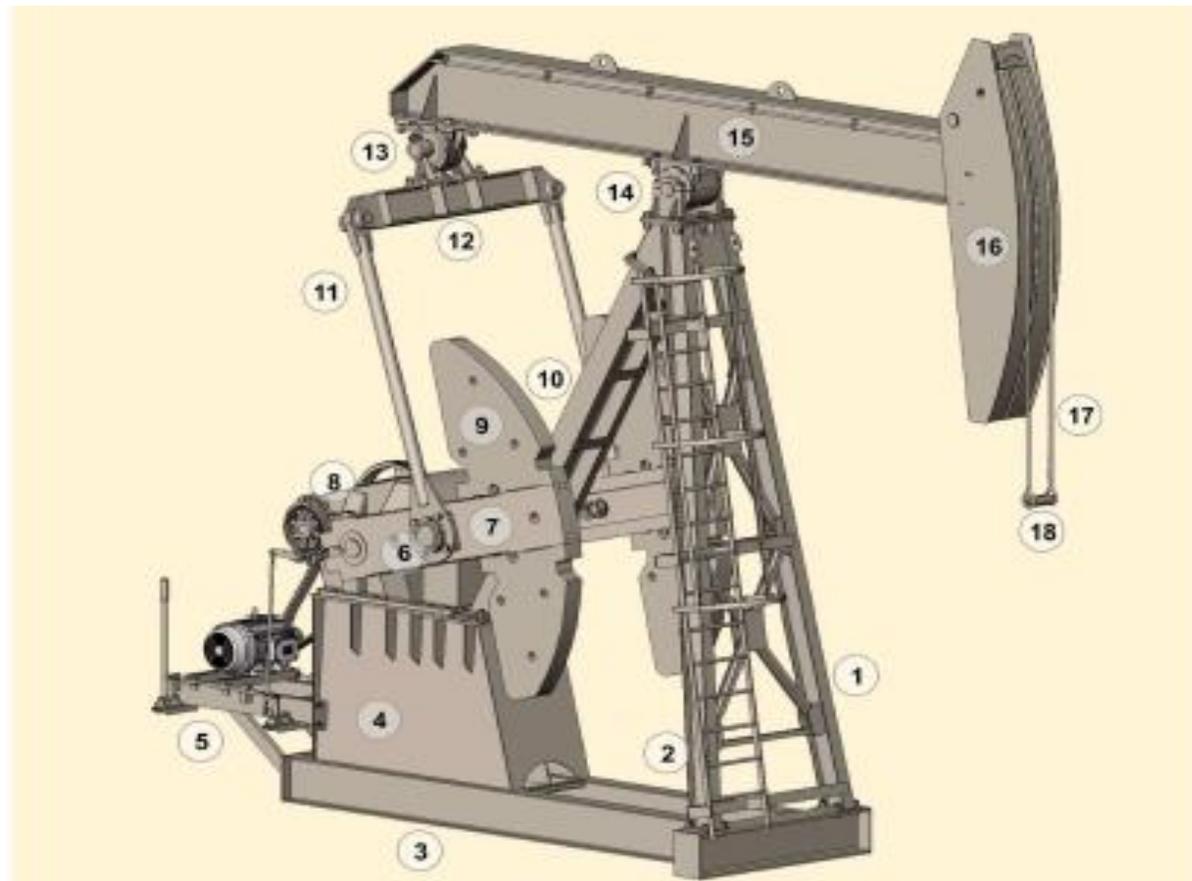
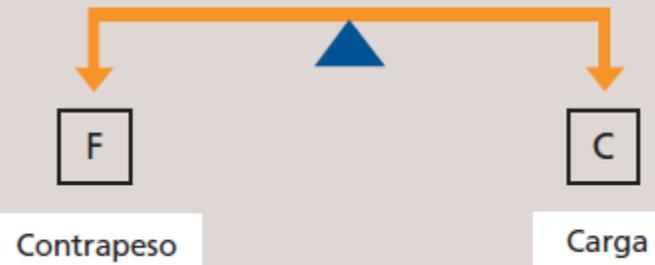


EQUIPO CONVENCIONAL



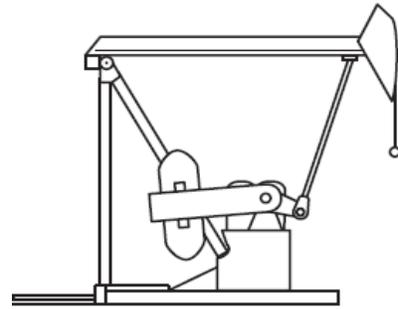
UNIDAD DE BOMBEO CONVENCIONAL
(Clase I, simétrico)

Clase 1: Geometría convencional
Palanca de primer género



1	Poste Delantero	7	Manivela	13	Articulación de Cola (Cojinete de cola)
2	Escalera	8	Caja Reductora	14	Articulación Central (Cojinete central)
3	Patin (Base)	9	Contrapeso	15	Viga Balancin
4	Cajón	10	Poste Trasero	16	Cabeza de Mula
5	Soporte Motor	11	Biela	17	Estrobo
6	Conjunto perno de manivela (Cojinete inferior de biela)	12	Viga Igualadora (Viga equalzadora)	18	Cruceta

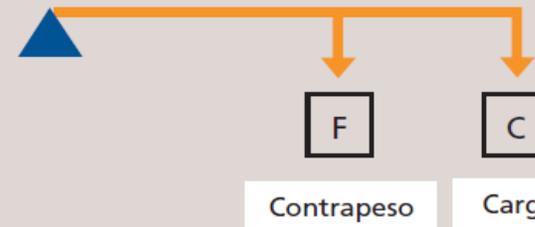
EQUIPO CLASE III MARK II MANIVELA DESFASADA



UNIDAD DE BOMBEO MARK II
(Clase III, no simétrico)

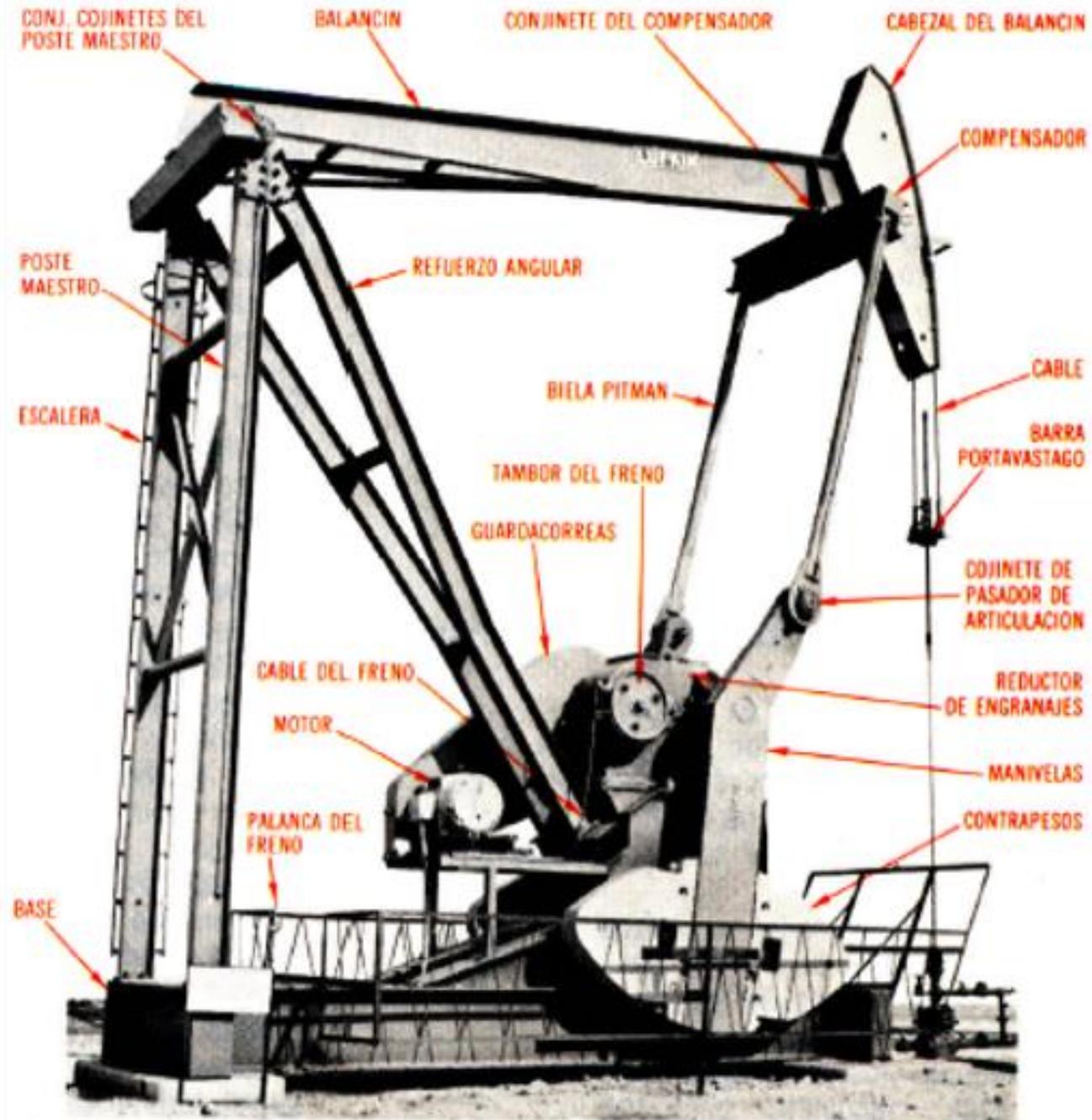
Clase 3: Palanca de tercer género

Tipo M (Mark II)



Contrapeso

Carga

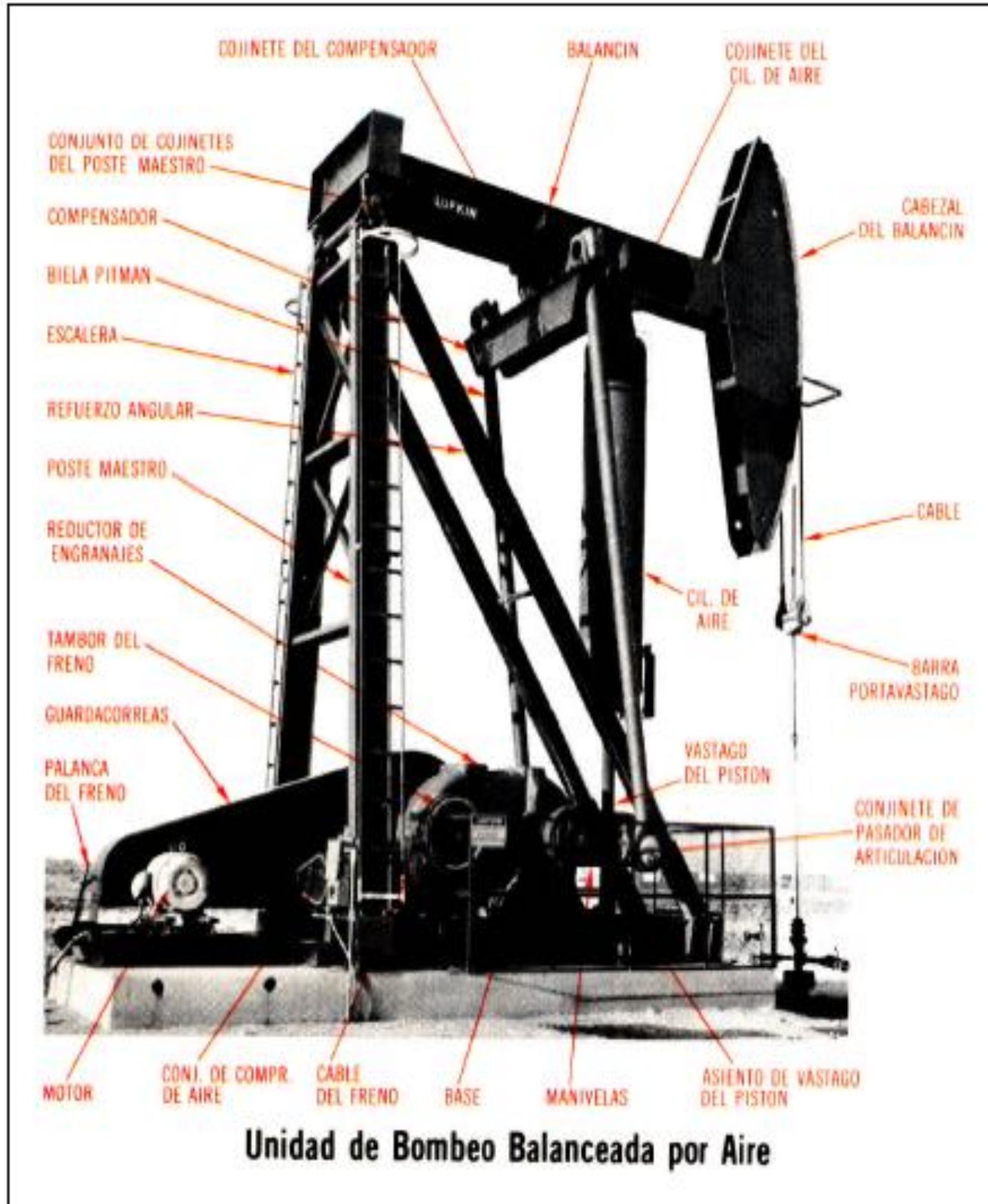


Unidad de Bombeo Mark II

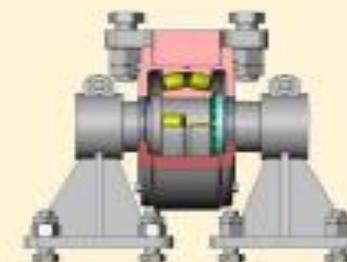
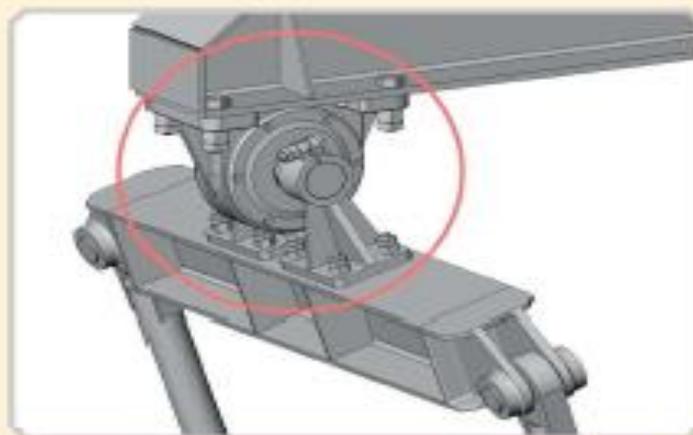
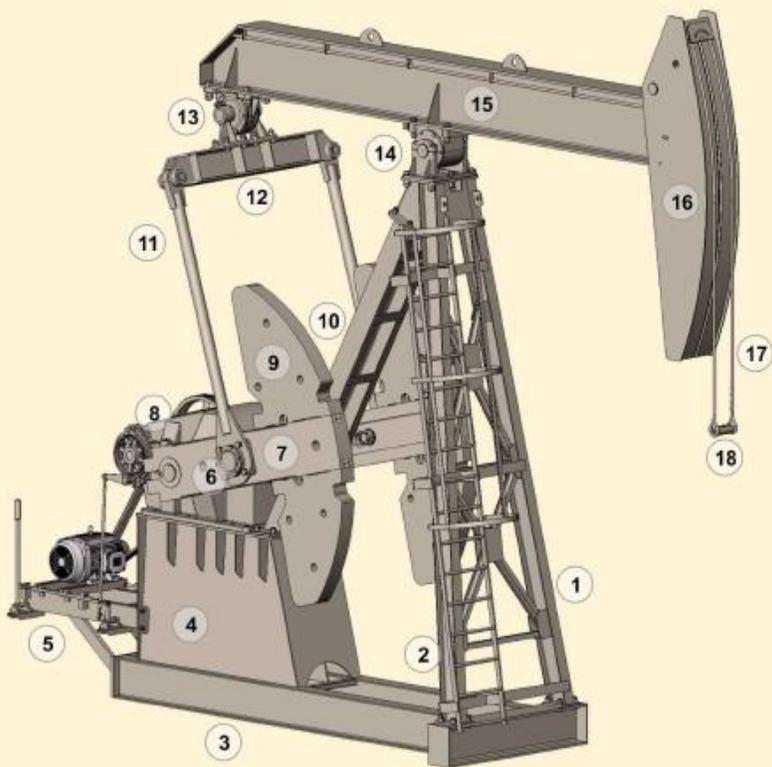
EQUIPO CLASE III MARK II MANIVELA DESFASADA



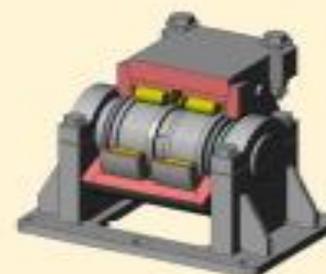
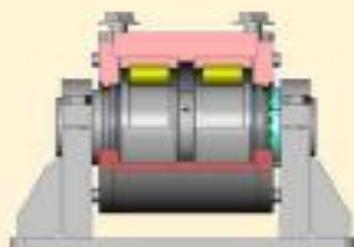
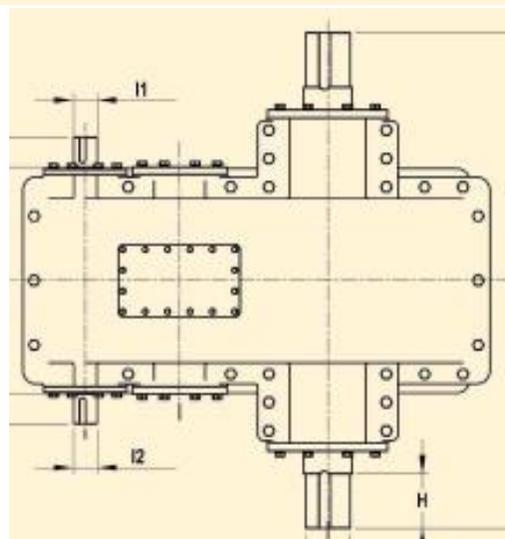
EQUIPO BALANCEADO POR AIRE



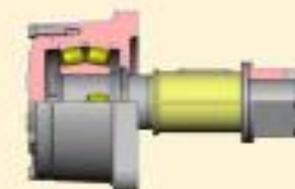
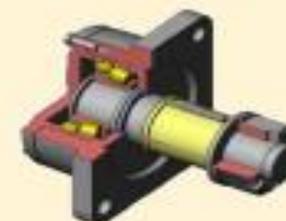
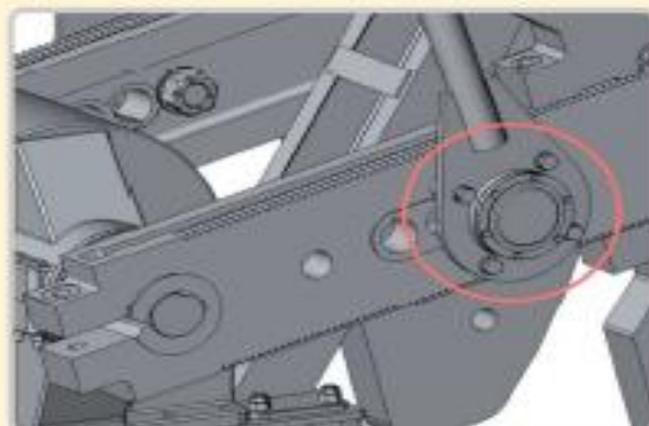
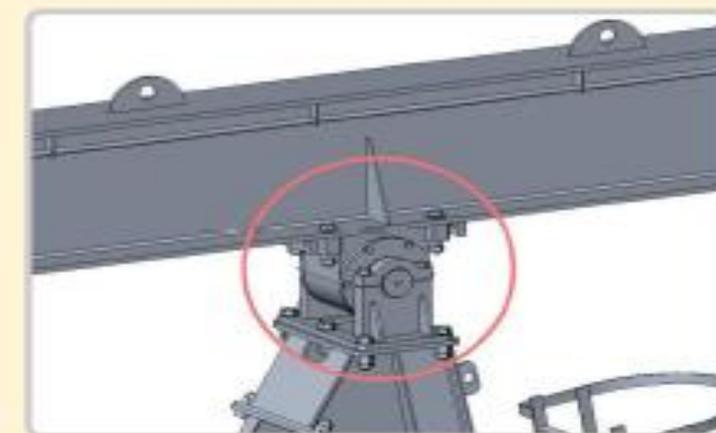
PARTES CONSTITUTIVAS



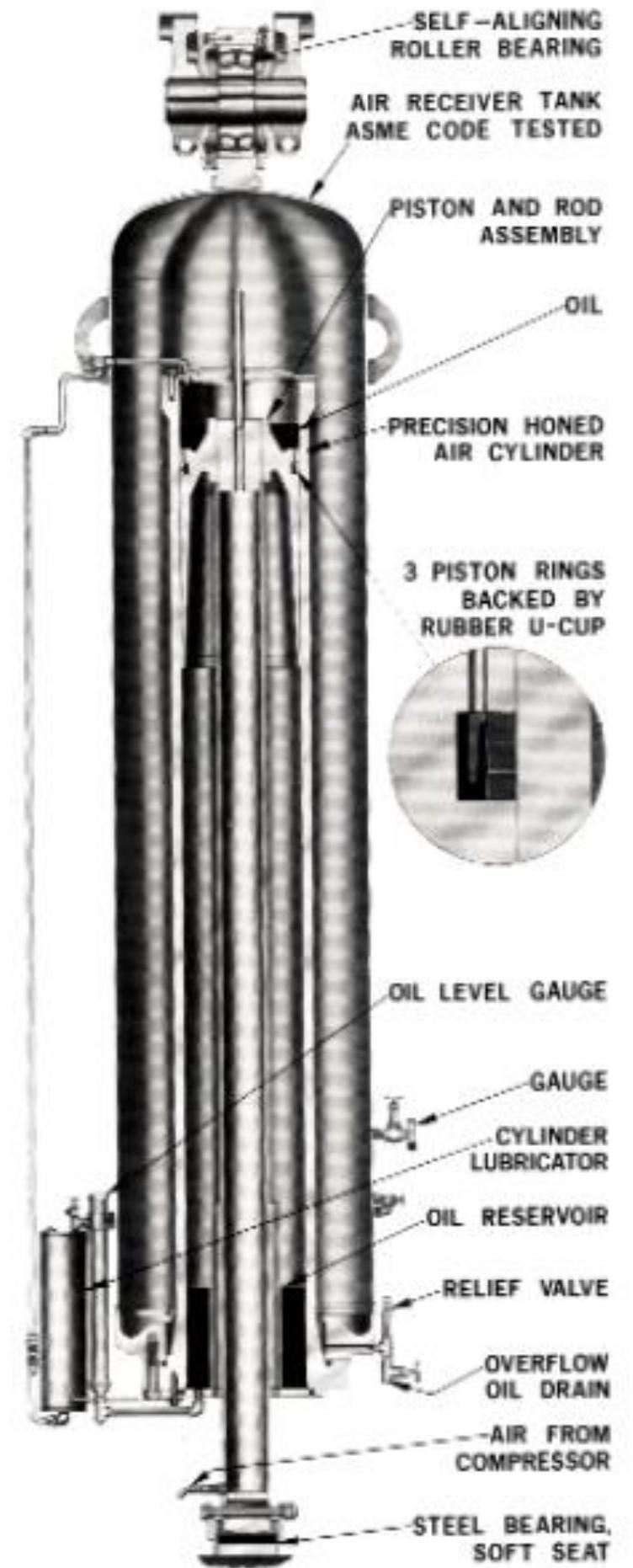
Articulación de Cola
Caja porta rodamiento fundida en acero.
Rodamiento de rodillos oscilantes serie 22000.



Articulación de Centro
Caja porta rodamientos fundida en acero.
Rodamientos de rodillos cilindricos tipo NJ de alta capacidad de carga.



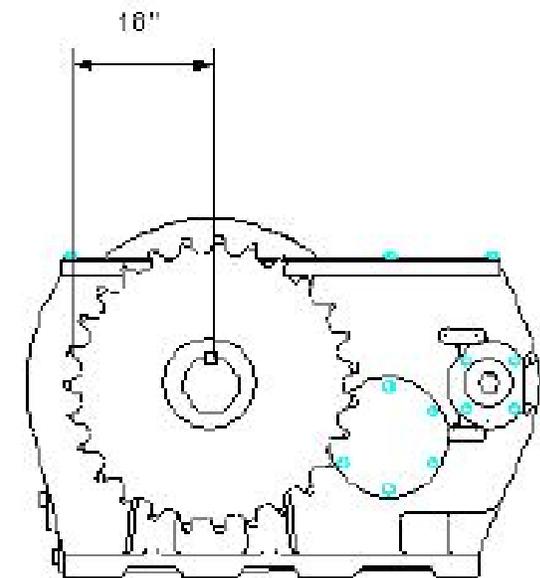
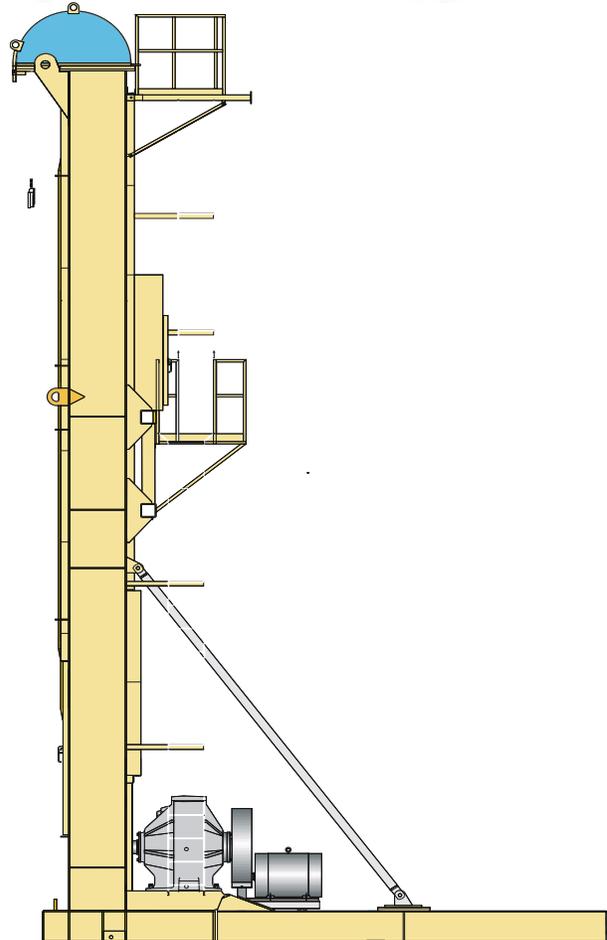
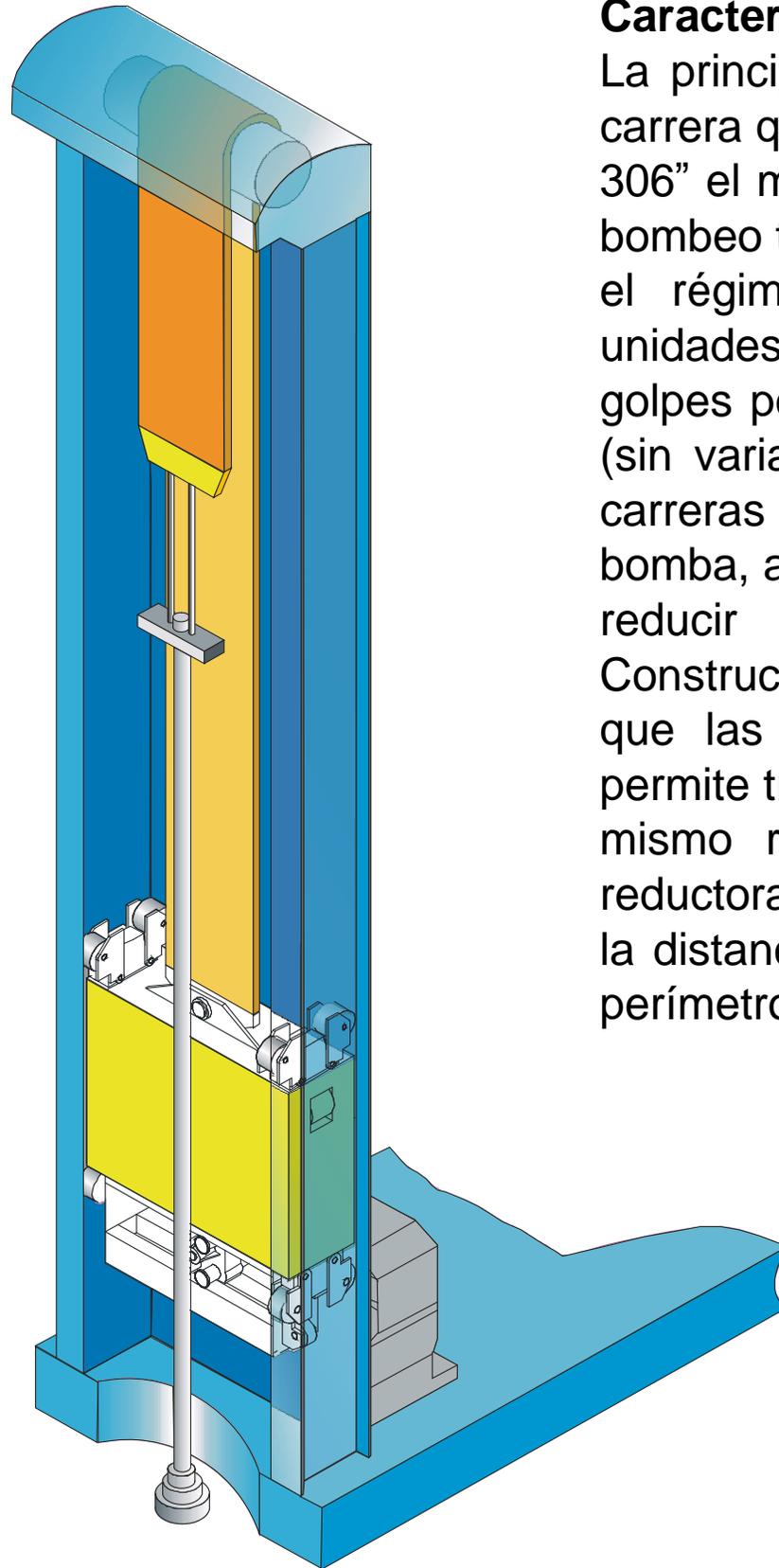
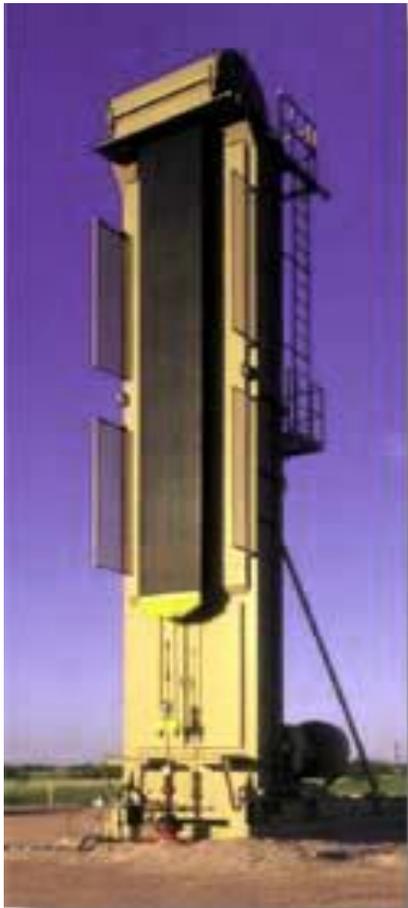
Conjunto perno de manivela
Cuerpo fundido o con chapa cortada.
Rodamiento de rodillos oscilantes serie 22000.
Perno de acero de alta resistencia.



EQUIPO ROTAFLEX

Características de la unidad de bombeo Rotaflex

La principal característica de estas unidades es la larga carrera que poseen (288" el modelo 900 y 306" el modelo 1100) en comparación con los equipos de bombeo tradicionales. En contrapartida, el régimen de bombeo al que pueden trabajar las unidades Rotaflex es menor, no pudiendo superar los 4.5 golpes por minuto según recomendaciones del fabricante (sin variador de velocidad). Las bajas velocidades y las carreras largas resultan en un llenado mas completo de la bomba, además de reducir el ciclo de esfuerzo de las varillas. Constructivamente poseen un brazo de palanca más corto que las unidades de bombeo convencionales, lo que permite trabajar con cargas estructurales del mismo rango exigiendo con menor torque a la caja reductora (el brazo de palanca es de 18", que es la distancia entre el eje de la rueda dentada motora y el perímetro de la misma)



EQUIPO ROTAFLEX

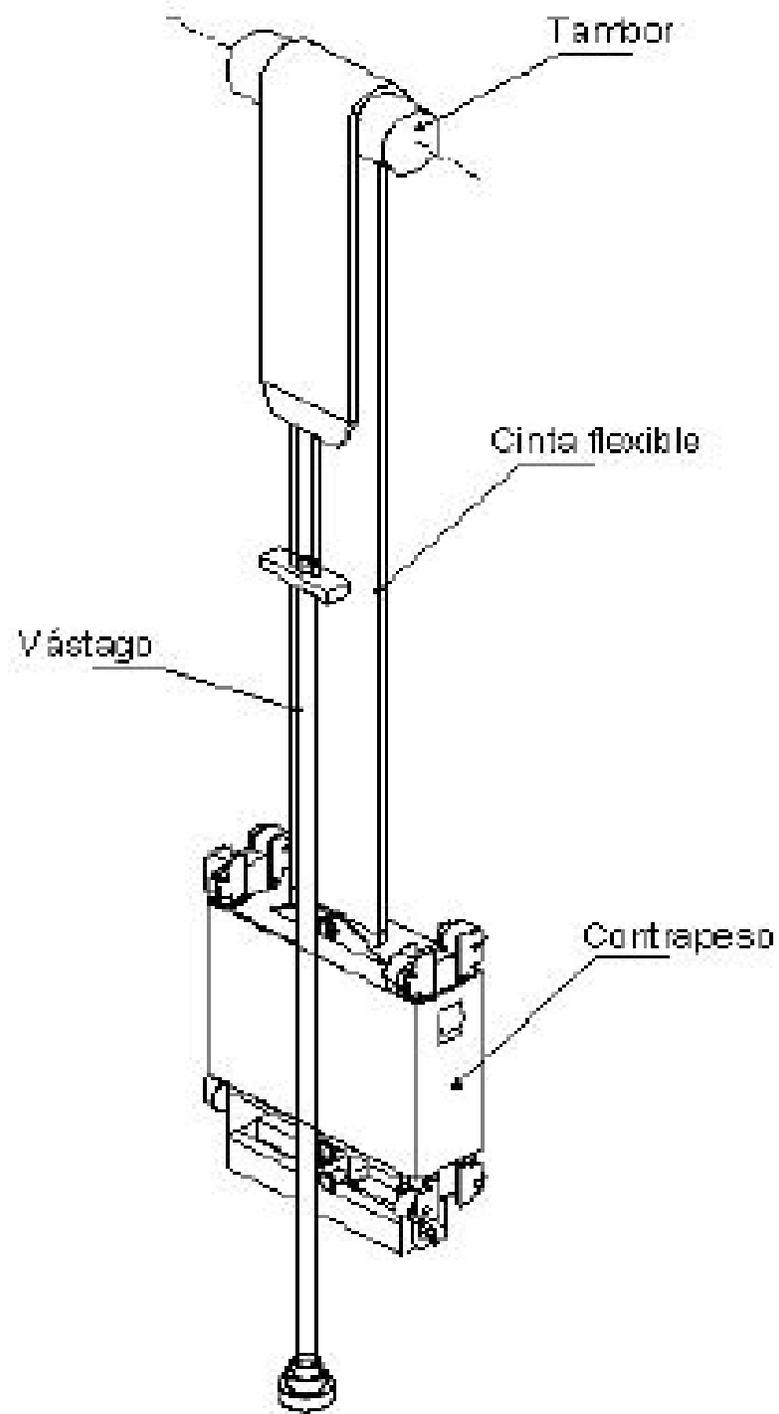


Fig. 3: Conexión entre contrapeso y vástago

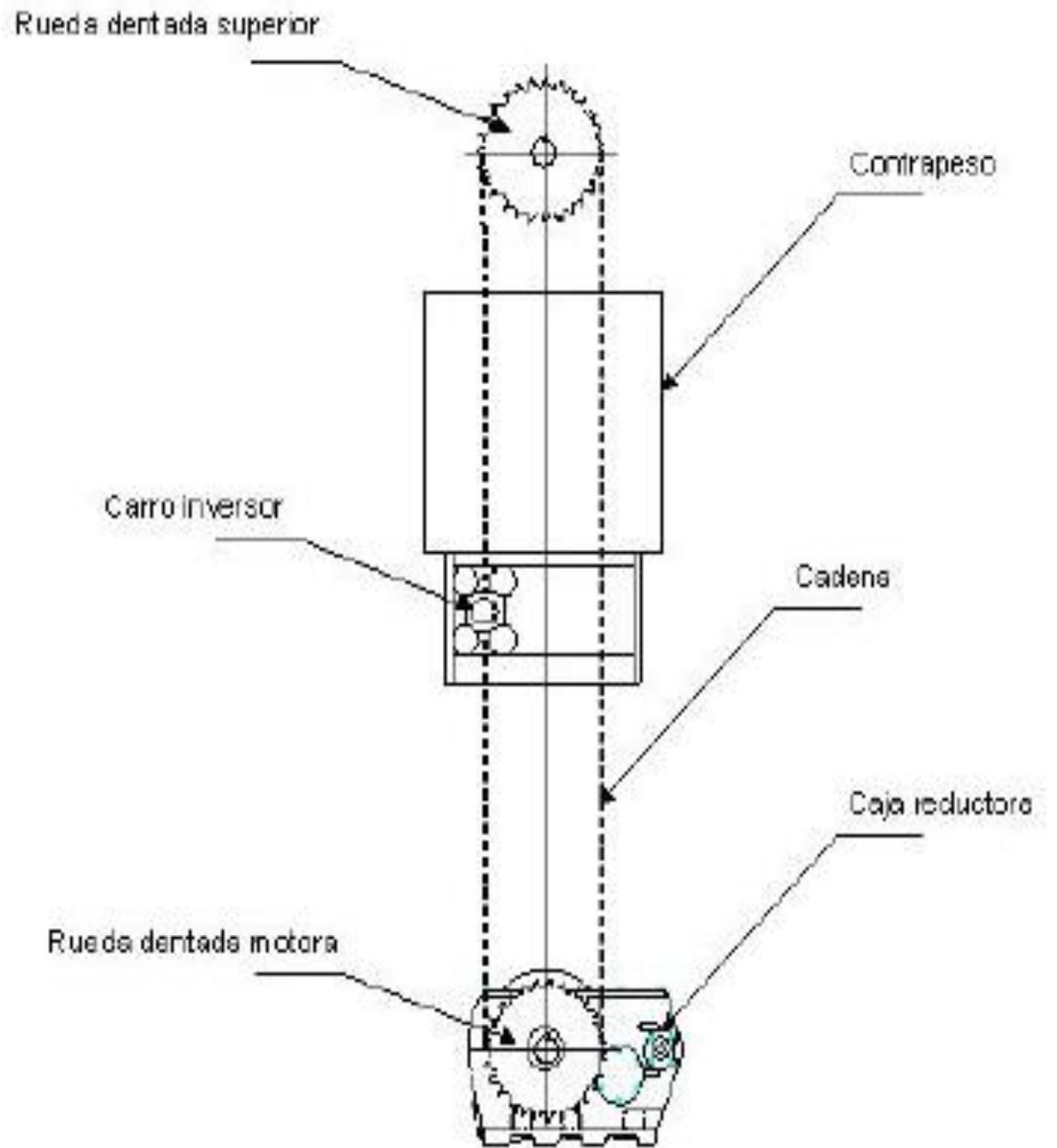


Fig. 1: Sistema de cadena y contrapeso

EQUIPO ROTAFLEX

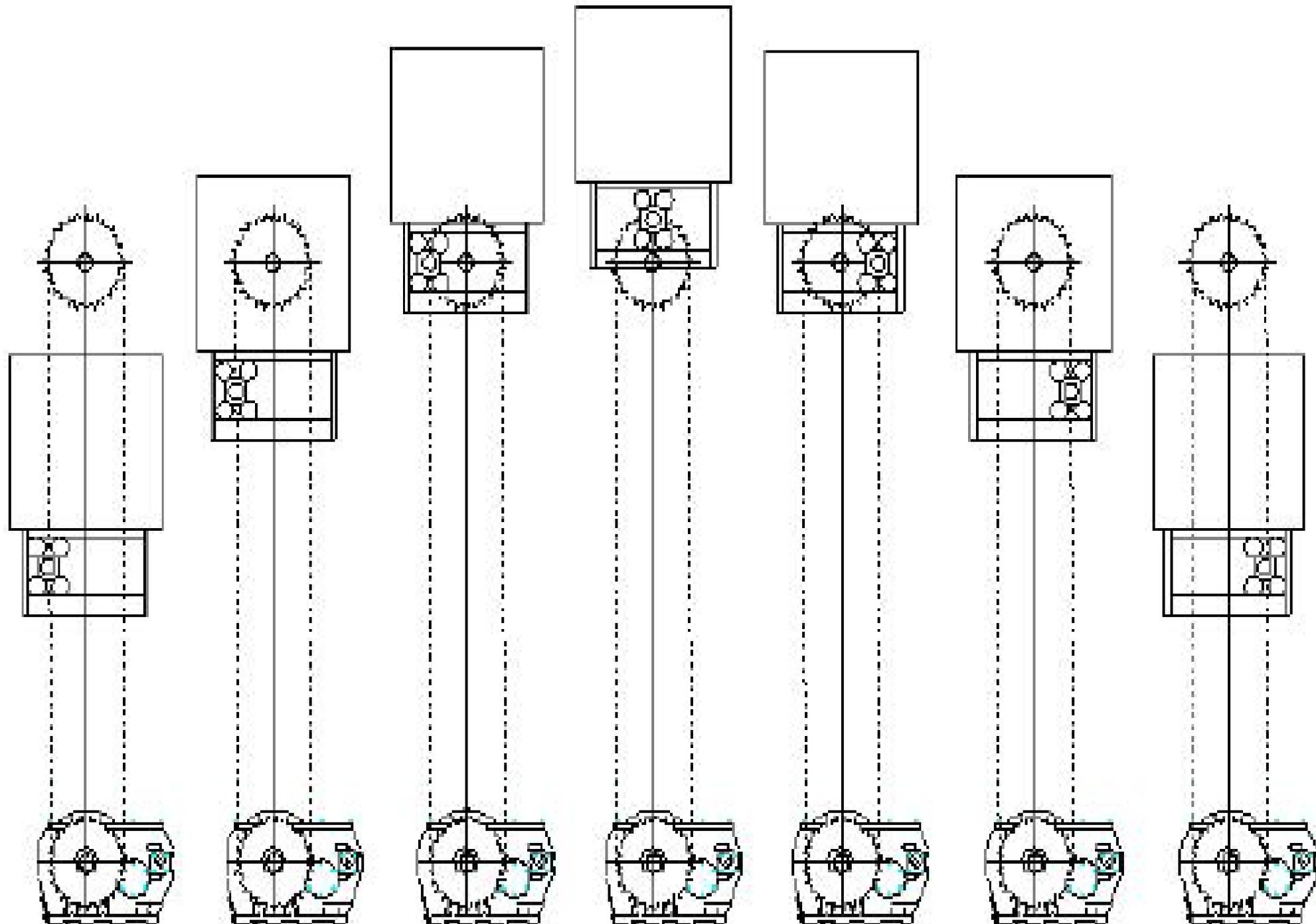


Fig. 2: Movimiento del contrapeso. Ejemplo de un cambio de sentido de carrera.



	800	900	1100
Capacidad de la Estructura (lbs)	25.600	36.000	50.000
Longitud de Carrera (pulg.)	288	288	306
Caja Reductora (pulg.*lbs)	228.000	320.000	320.000
Peso de la Unidad (lbs)	46.000	46.000	56.000
Peso de la Base (lbs)	29.000	29.000	29.000
Contrapeso Mínimo (lbs)	9.200	9.200	14.000
Máxima Carga Libre (lbs)	9.800	17.800	16.000
Máximo Contrapeso (lbs)	19.000	27.000	30.000

MONTAJE Y DESMONTAJE DEL EQUIPO ROTAFLEX

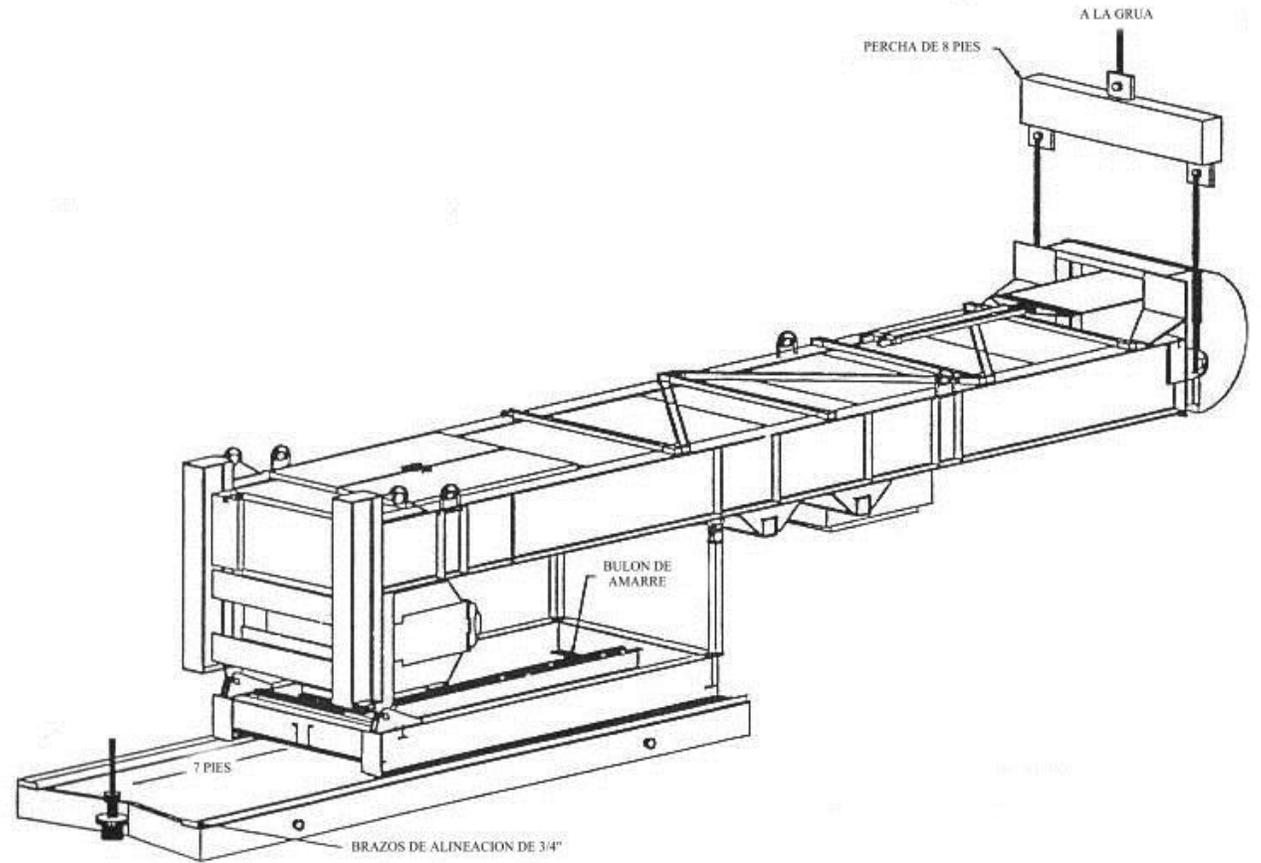
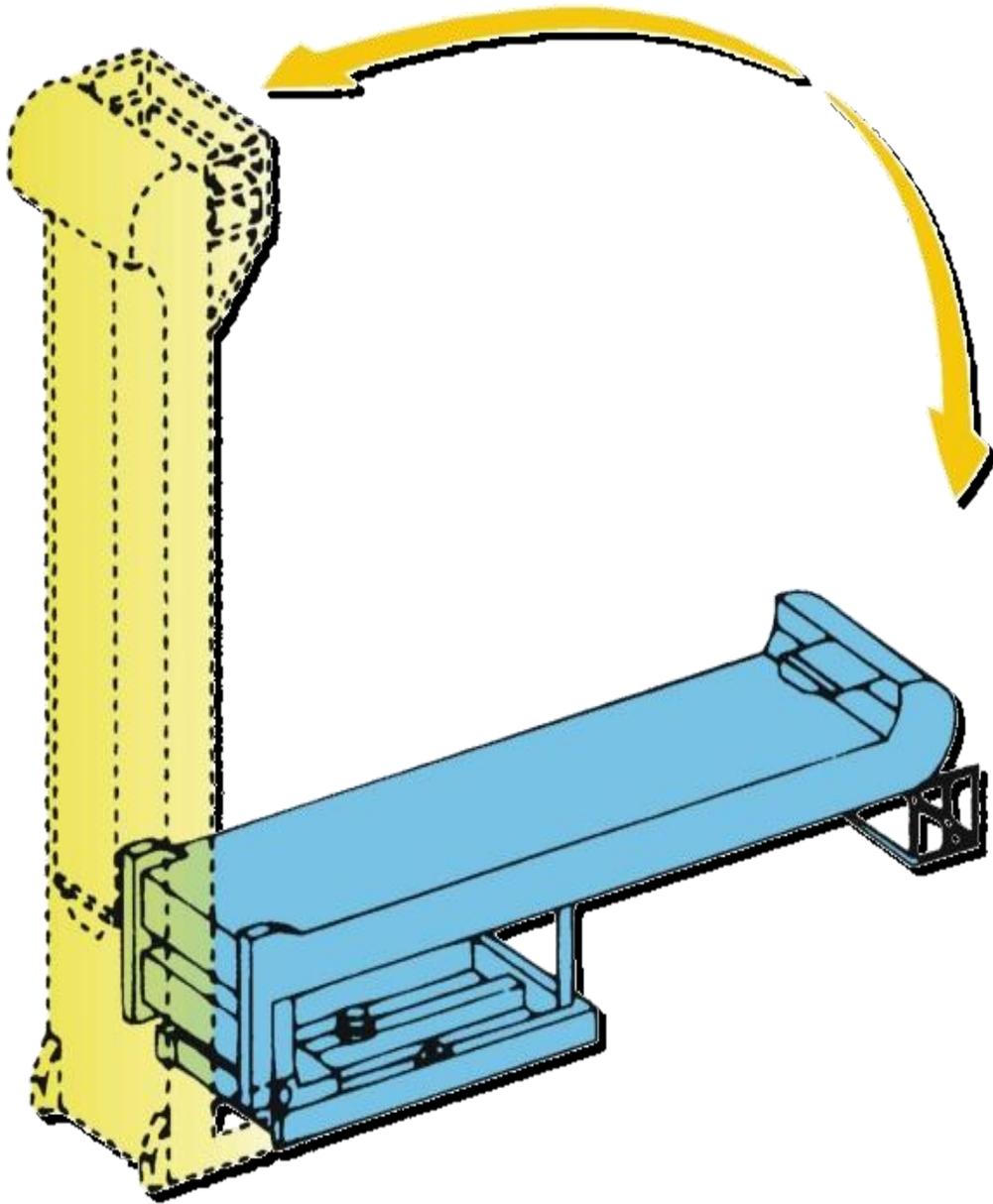


FIG. 8



FIG. 9

DESPLAZAMIENTO DEL EQUIPO ROTAFLEX PARA INTERVENCION CON PULLING

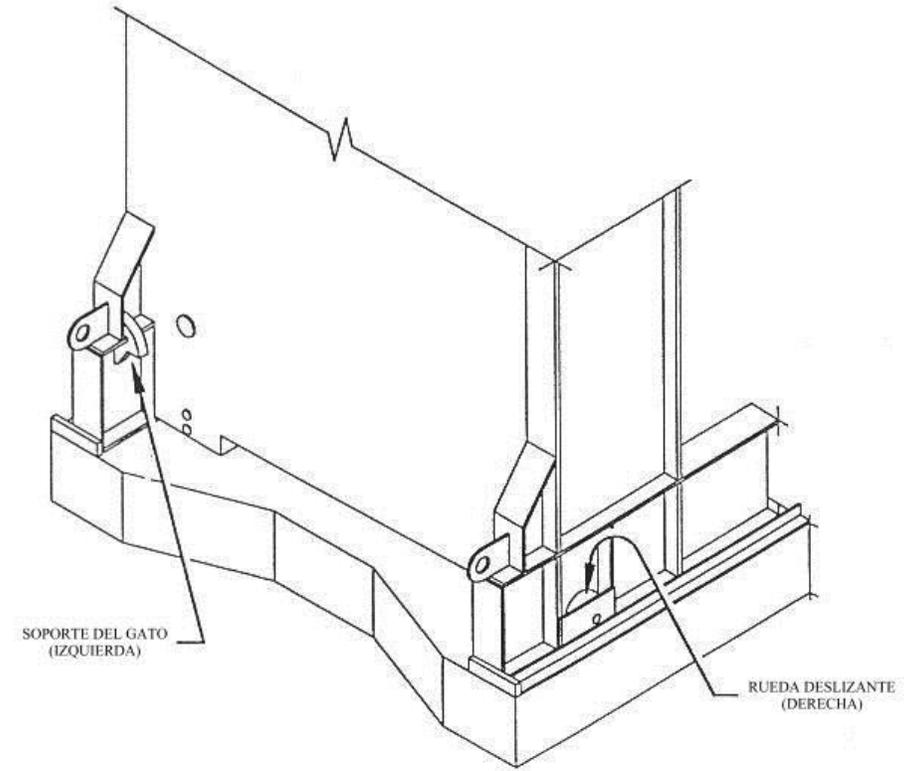
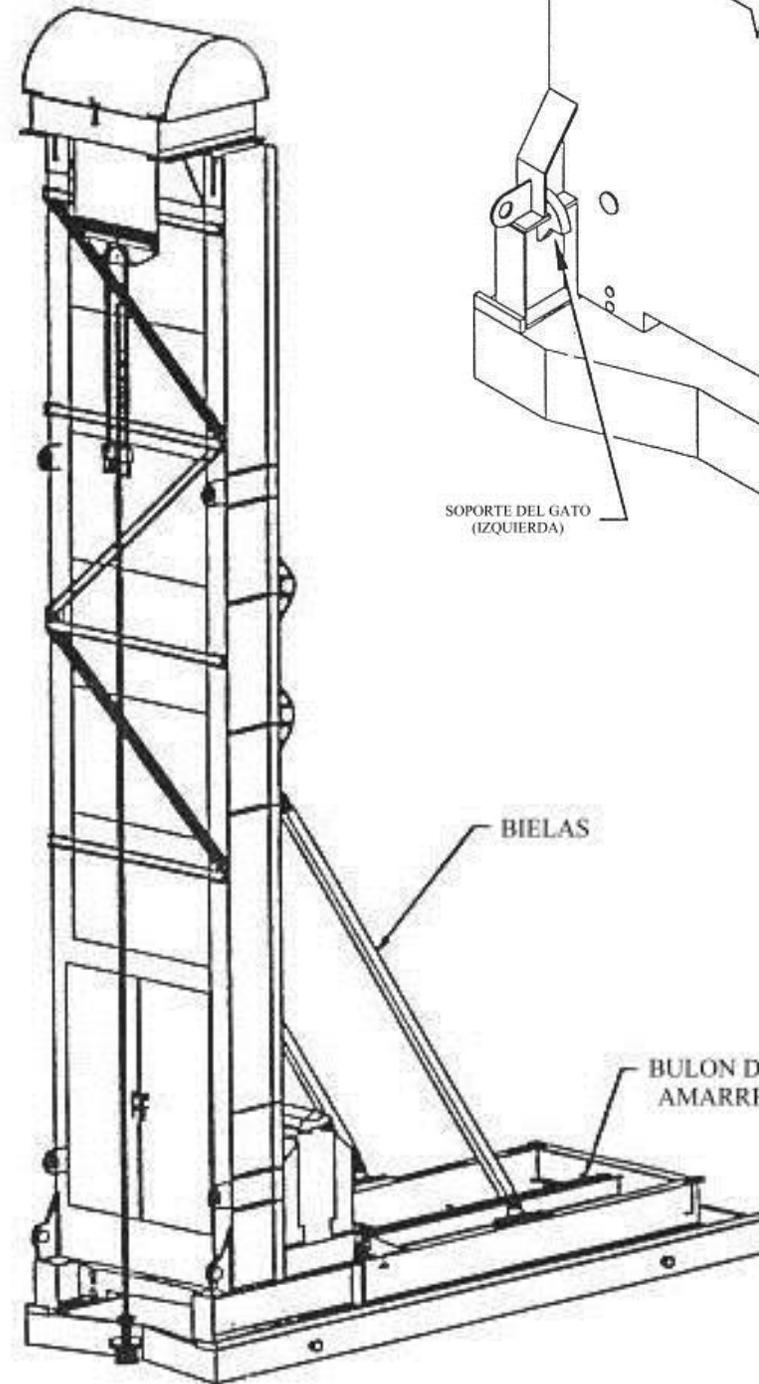
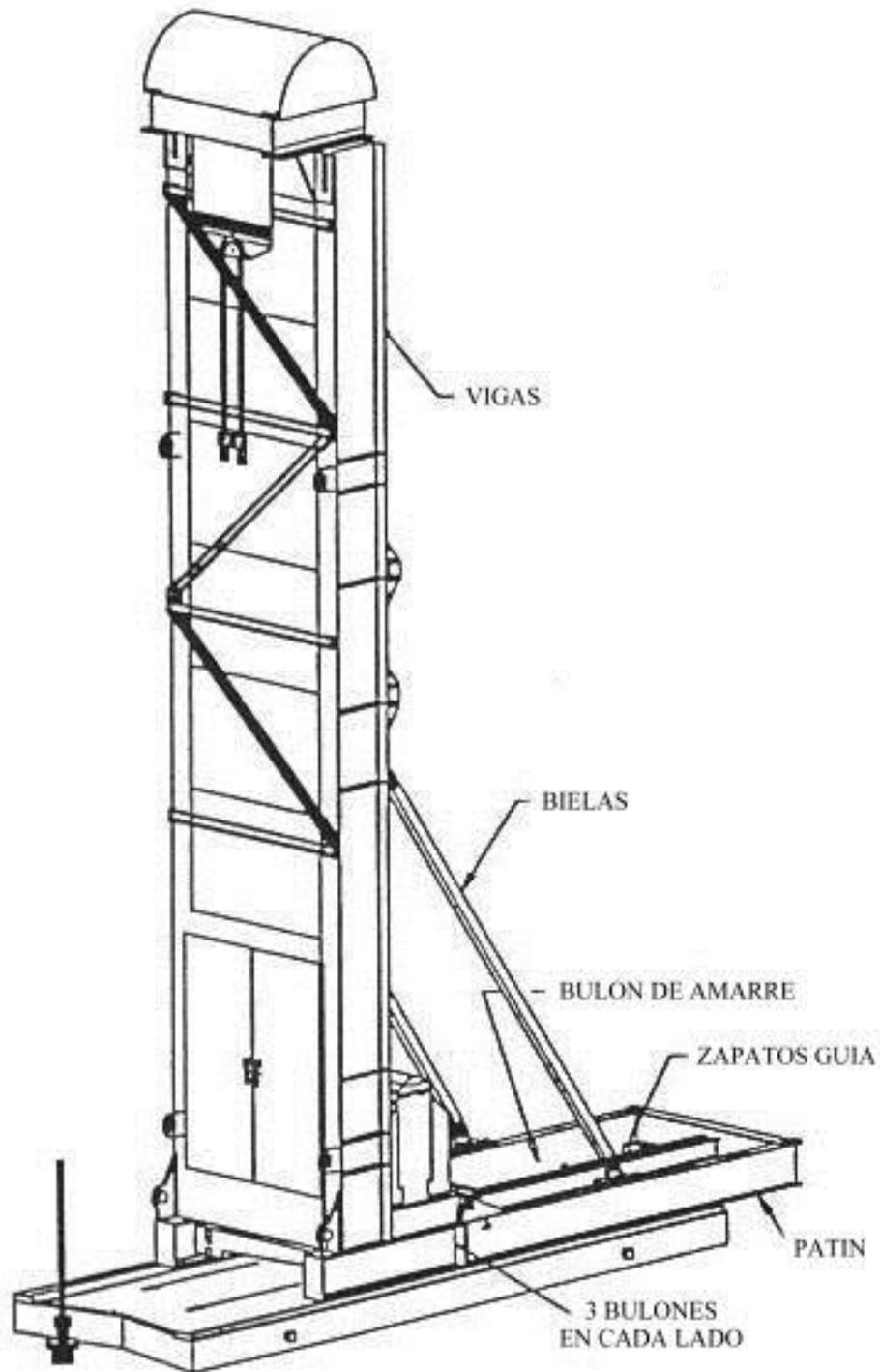


FIG. 16

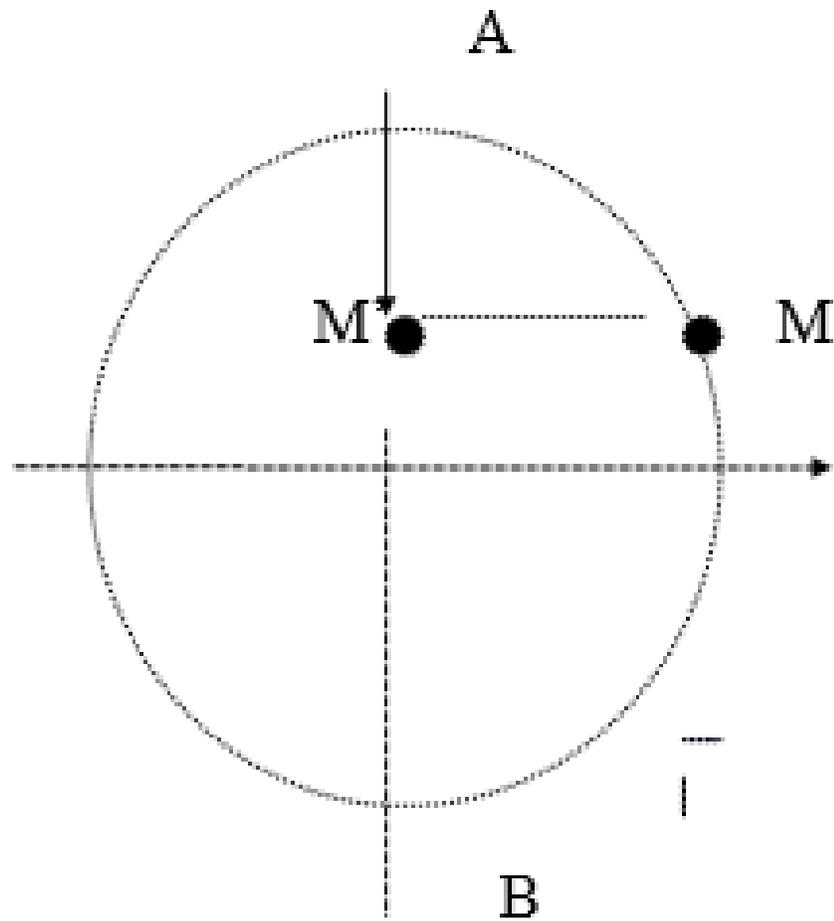


Fig. 1.: Desplazamiento de M' debido a movimiento armónico simple. M está rotando con velocidad angular constante.

La Fig. 1 muestra un movimiento armónico simple verdadero. Si un punto “M” está rotando con una velocidad angular constante a lo largo de una circunferencia de \varnothing A-B, el movimiento de la proyección M' del punto M sobre A-B describe un **movimiento armónico simple**. Este es un movimiento oscilatorio rectilíneo con aceleración proporcional al desplazamiento. En un conjunto de unidad convencional, el movimiento de rotación del cigüeñal imparte al vástago un movimiento vibratorio, el cual no es en realidad un movimiento armónico simple, por un a serie de razones:

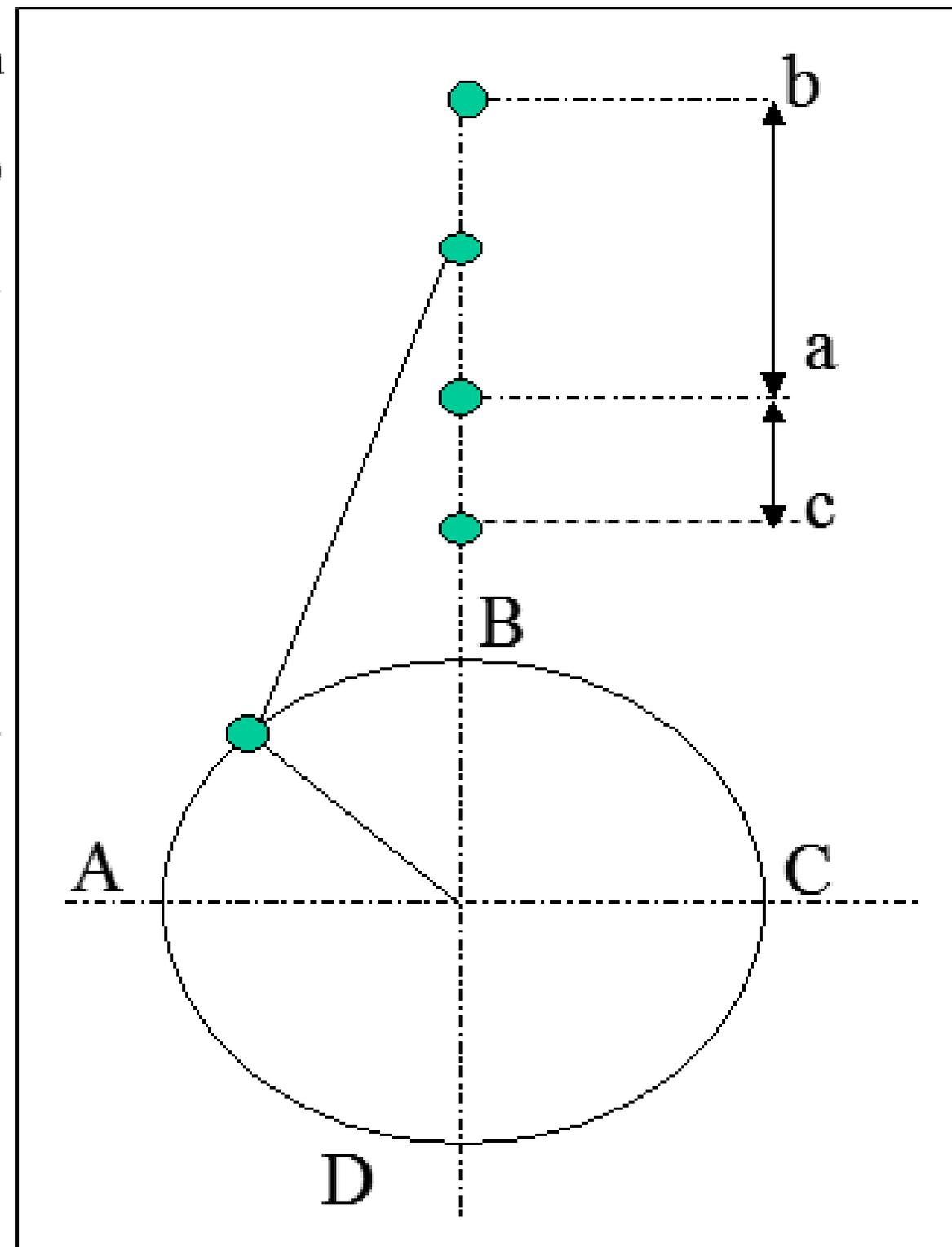
- .La velocidad angular es raramente o bien nunca constante.
- .La angularidad de la biela afecta el carácter del movimiento.
- .La geometría de la unidad tiene algún efecto en la velocidad involucrada.

DIFERENCIA ENTRE UN AIB DE GEOMETRÍA CONVENCIONAL VS. MARK II

EL MOVIMIENTO DEL VÁSTAGO

- El efecto de la angularidad de la biela ha sido ilustrado comparando el movimiento de la biela y del conjunto de cojinete de biela al de la barra de conexión y la cruceta de una máquina de movimiento alternativo:
- Cdo. el cigüeñal describe el arco **ABC** la cruceta se mueve sobre la distancia desde **a** a **b** y vuelve a **a**
- El recorrido de la cruceta correspondiente al arco **CDA** (**a-c-a**) es menor. La razón es que, en cto. al recorrido de la cruceta, las componentes hor. y vert. del recorrido del cigüeñal están agrupadas en la parte superior del recorrido y sustraídas en la parte inferior.

Puesto que la velocidad angular se supone constante y la distancia recorrida por la cruceta desde **a-b-a** es más larga que **a-c-a**; la velocidad y **“la aceleración de la cruceta son mayores en la parte superior que en la inferior del recorrido**



AIB CONVENCIONAL

Para aplicar estas consideraciones al movimiento de bombeo, puesto que el cojinete de biela trabaja en la dirección opuesta al vástago, “la veloc. y aceleración de este son mayores desde la mitad de la carrera hasta abajo y vuelta, que desde la mitad de la carrera hacia arriba y vuelta” Estas diferencias de velocidad y aceleración decrecen con el aumento de la longitud de la biela a la longitud del cigüeñal.

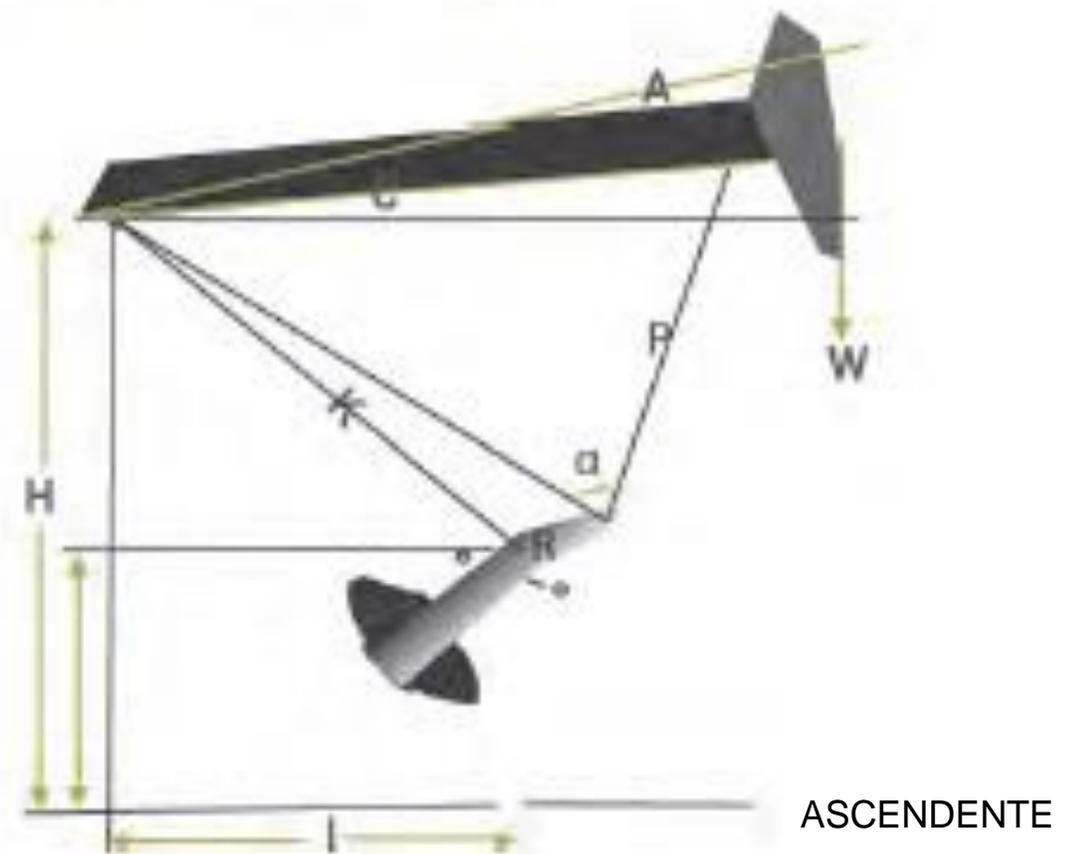
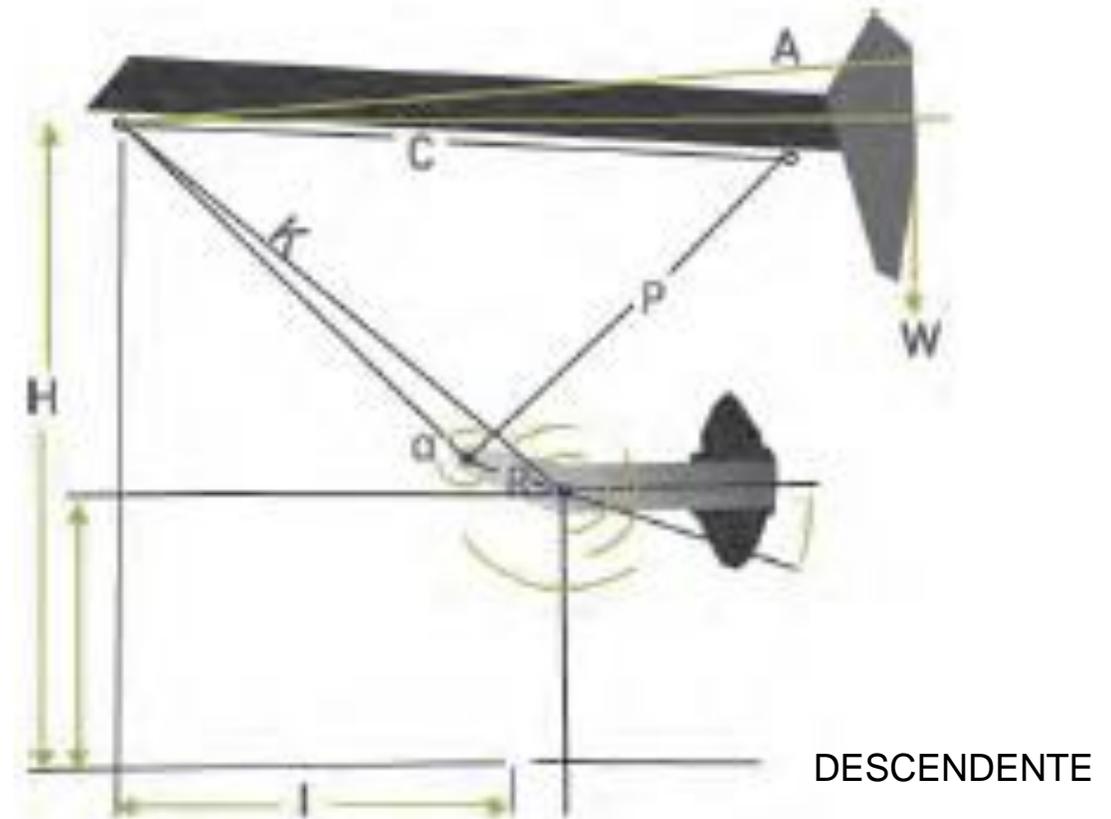
El hecho de que el vástago trabaja más rápido durante la parte inferior que en la parte superior de la carrera es real en el caso de las unidades convencionales en las cuales el cigüeñal y la biela están en el lado del soporte de balancín opuesto al lado del pozo. “En los AIB’s Conv. Las bielas al girar con veloc. ang. cte. producen la inversión de la carrera del vástago en el PMI con aceleración relativamente alta y la inversión en el PMS, con aceleración relativamente baja”.



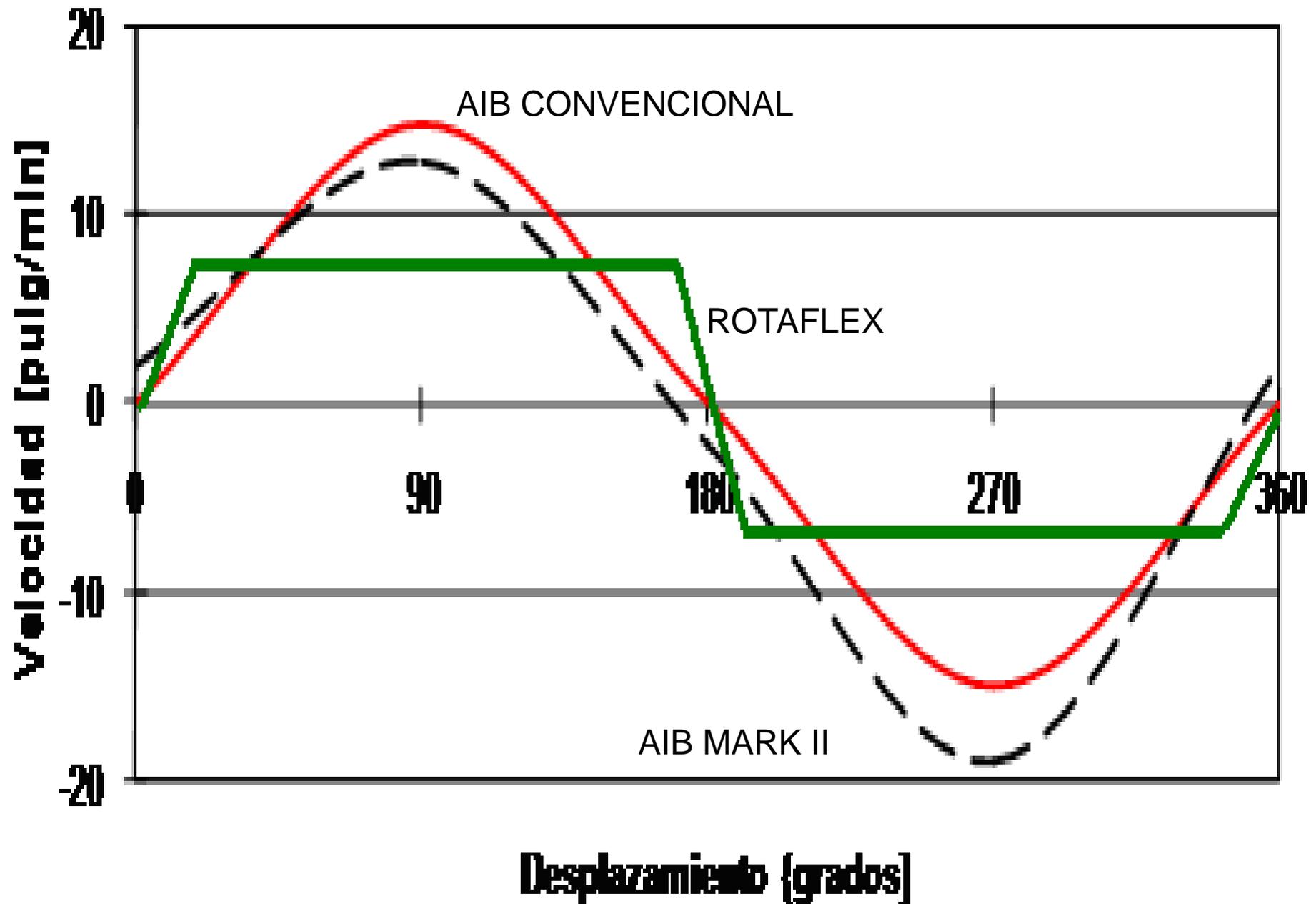
En el caso de las unidades equilibradas neumáticamente o de unidades equilibradas con contrapeso con disposición geométrica similar (Mark II), el cigüeñal y la biela están en el lado del pozo del soporte de balancín, por lo tanto: “la veloc. y acelerac. son más altas en la parte superior que en la parte inferior del recorrido del vástago”

La velocidad y aceleración del vástago están afectadas por la posición relativa de:

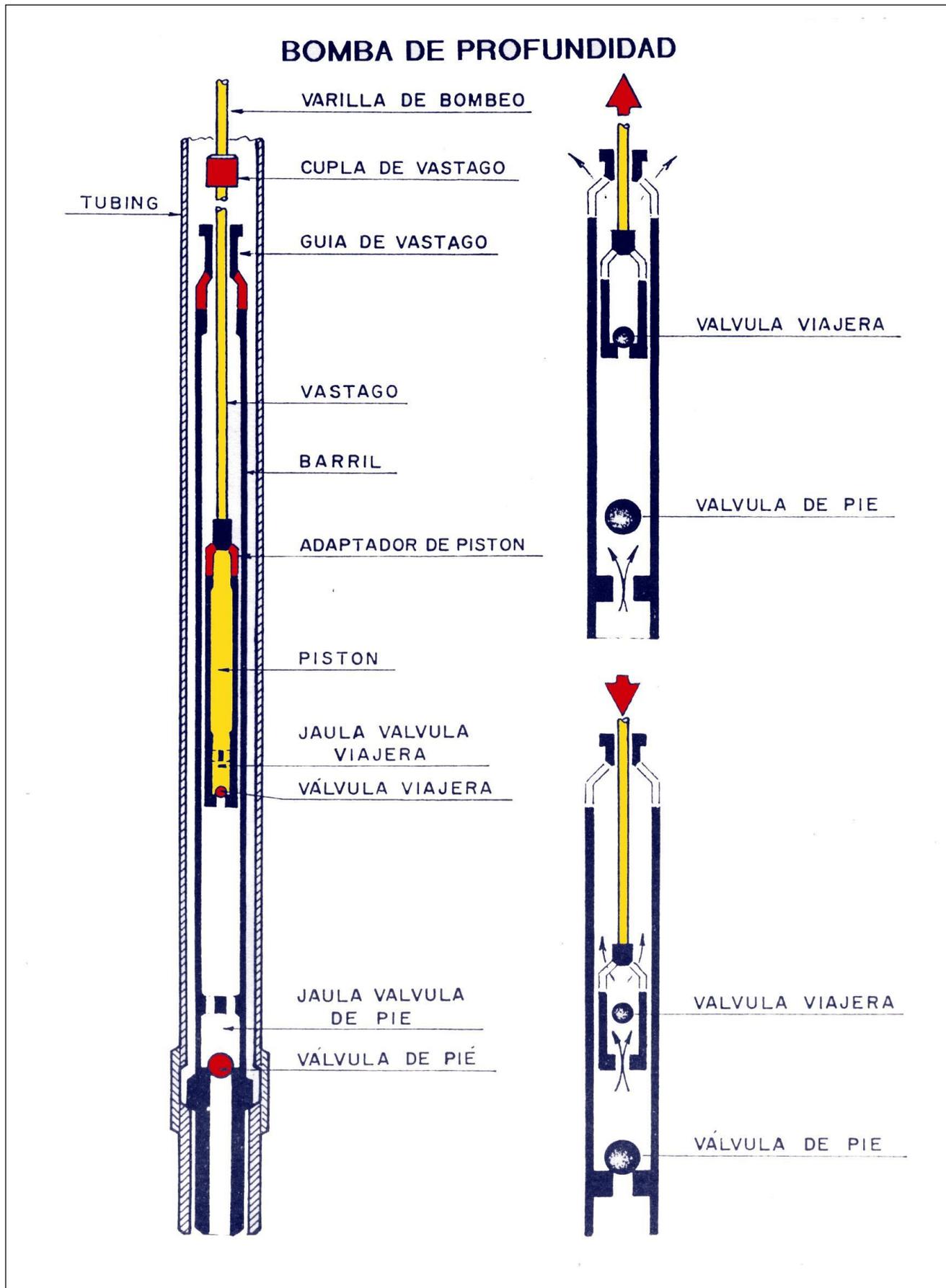
- El asiento y cojinete de biela
- El centro de rotación del cigüeñal y el cojinete de biela con el trazo horizontal
- Las longitudes relativas de componentes diferentes de la unidad



Velocidad de los Equipos de Bombeo



TRANSFERENCIA DE CARGAS DURANTE EL TRABAJO DE BOMBEO

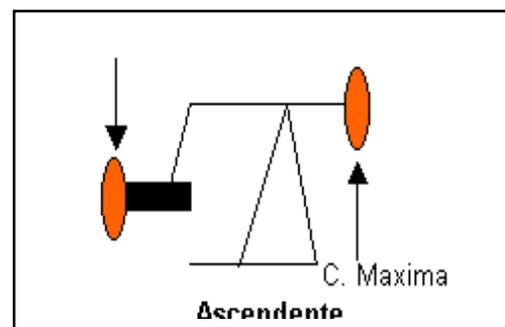


ANALISIS DE CARGAS

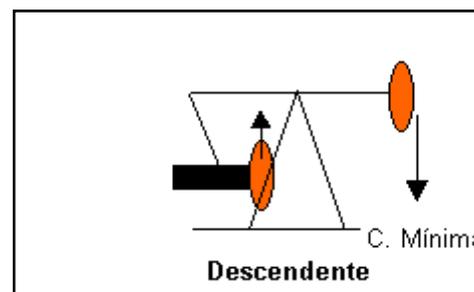
Las condiciones de carga en un pozo son:

$$\text{Carga Max} = (P_{bb} + P_f) * (1 + a)$$

$$a = [S * (\text{gpm})^2] / 70500$$



$$\text{Carga Mín} = (P_{bbs}) * (1 - a)$$



$$\text{Rango de Carga: } RC = C_{max.} - C_{mín.}$$

$$\text{Torque Teórico} = RC * S / 4$$

$$\text{Torque Real} = (C. \text{Máx.} - CB) * S / 2 \quad \text{ó}$$

$$\text{Torque Real} = (CB - C. \text{Mín.}) * S / 2$$

P_{bb} = Peso de la sarta de varillas en el aire (Kgrs. ó Libras)

P_f = Peso de fluido a elevar entre tubing y sarta de varillas (Kgrs. ó Libras)

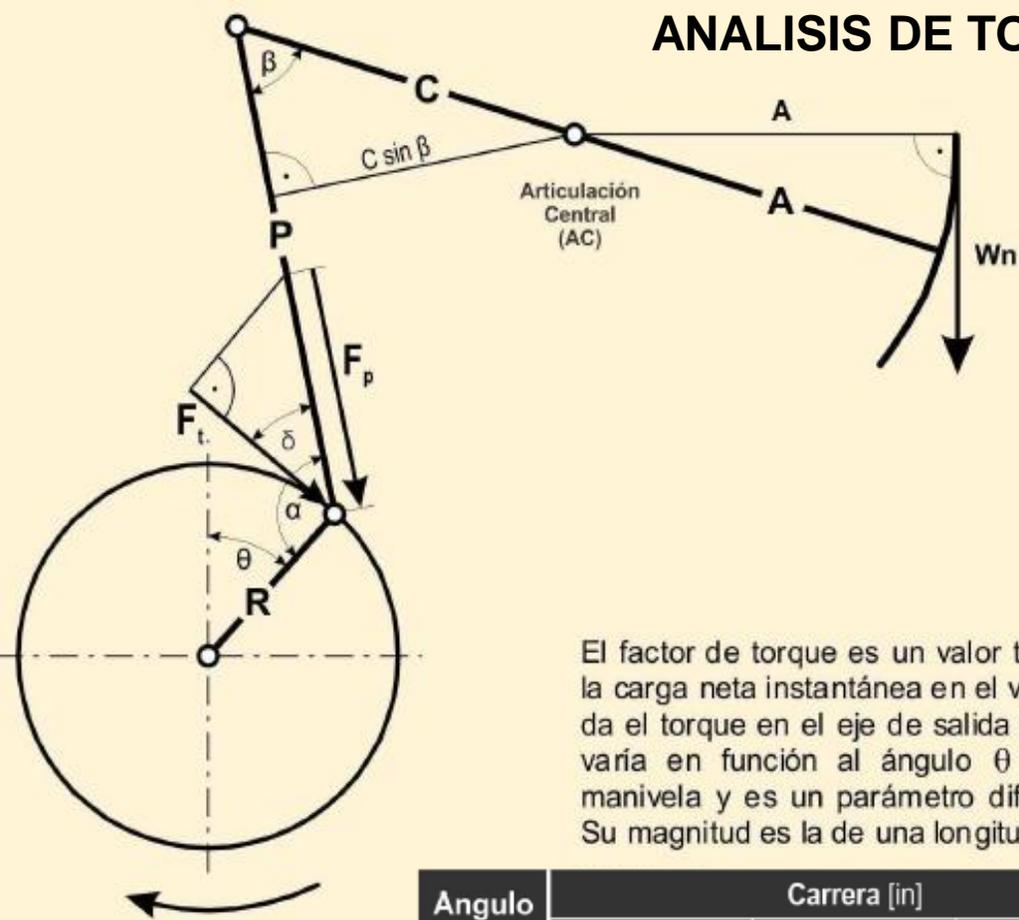
a = Factor de aceleración $a = f$ (Carrera, S, GPM al cuadrado)

CB = Efecto de contrapesado o Contrabalanceo (Kgrs. ó Libras)

% Uso = $T_{\text{máx Real}} / T_{\text{Max. Fabricante}}$ ó

% Uso = $C_{\text{Max. Real}} / \text{Capacidad Fabrican.}$

ANALISIS DE TORQUE



El factor de torque es un valor tal que multiplicado por la carga neta instantánea en el vástago de bombeo nos da el torque en el eje de salida del reductor. El mismo varía en función al ángulo θ de inclinación de la manivela y es un parámetro diferente para cada AIB. Su magnitud es la de una longitud.

Angulo Manivela θ [DEG]	Carrera [in]					
	120		100		80	
	TF [in]	TF [mm]	TF [in]	TF [mm]	TF [in]	TF [mm]
360	-3,66	-93	-2,17	-55	-1,16	-29
345	-27,01	-686	-21,56	-548	-16,73	-425
330	-45,99	-1168	-37,79	-960	-30,11	-765
315	-59,99	-1524	-50,04	-1271	-40,45	-1028
300	-69,04	-1754	-58,07	-1475	-47,37	-1203
285	-73,32	-1862	-61,87	-1571	-50,72	-1288
270	-72,79	-1849	-61,44	-1561	-50,51	-1283
255	-67,27	-1709	-56,81	-1443	-46,85	-1190
240	-56,77	-1442	-48,23	-1225	-40,08	-1018
225	-42,08	-1069	-36,49	-927	-30,84	-783
210	-25,21	-640	-22,94	-583	-20,08	-510
195	-8,60	-218	-9,16	-233	-8,82	-224
180	6,17	157	3,74	95	2,13	54
165	18,83	478	15,34	390	12,32	313
150	29,95	761	25,76	654	21,66	550
135	40,22	1022	35,32	897	30,16	766
120	50,14	1273	44,21	1123	37,80	960
105	59,69	1516	52,24	1327	44,27	1125
90	68,09	1730	58,66	1490	48,95	1243
75	73,49	1867	62,04	1576	50,81	1291
60	73,03	1855	60,48	1536	48,67	1236
45	64,04	1627	52,41	1331	41,71	1060
30	46,08	1171	37,80	960	30,10	764
15	21,99	559	18,57	472	15,13	384

El sistema se encuentra momentáneamente en equilibrio,

$$\sum M_{AC} = 0$$

$$Wn \times A = F_p \times C \times \text{sen} \beta$$

$$F_p = \frac{Wn \times A}{C \times \text{sen} \beta}$$

Por otro lado el torque en el reductor es,

$$T_{wn} = F_t \times R$$

$$F_t = F_p \times \text{cos} \delta$$

$$\text{cos} \delta = \text{cos} \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right) = \text{sen} \alpha$$

$$F_t = F_p \times \text{sen} \alpha$$

$$T_{wn} = F_p \times \text{sen} \alpha \times R$$

Reemplazando F_p ,

$$T_{wn} = \frac{Wn \times A}{C \times \text{sen} \beta} \times \text{sen} \alpha \times R$$

Entonces por definición el factor de torque es,

$$TF = \frac{A \times \text{sen} \alpha \times R}{C \times \text{sen} \beta}$$

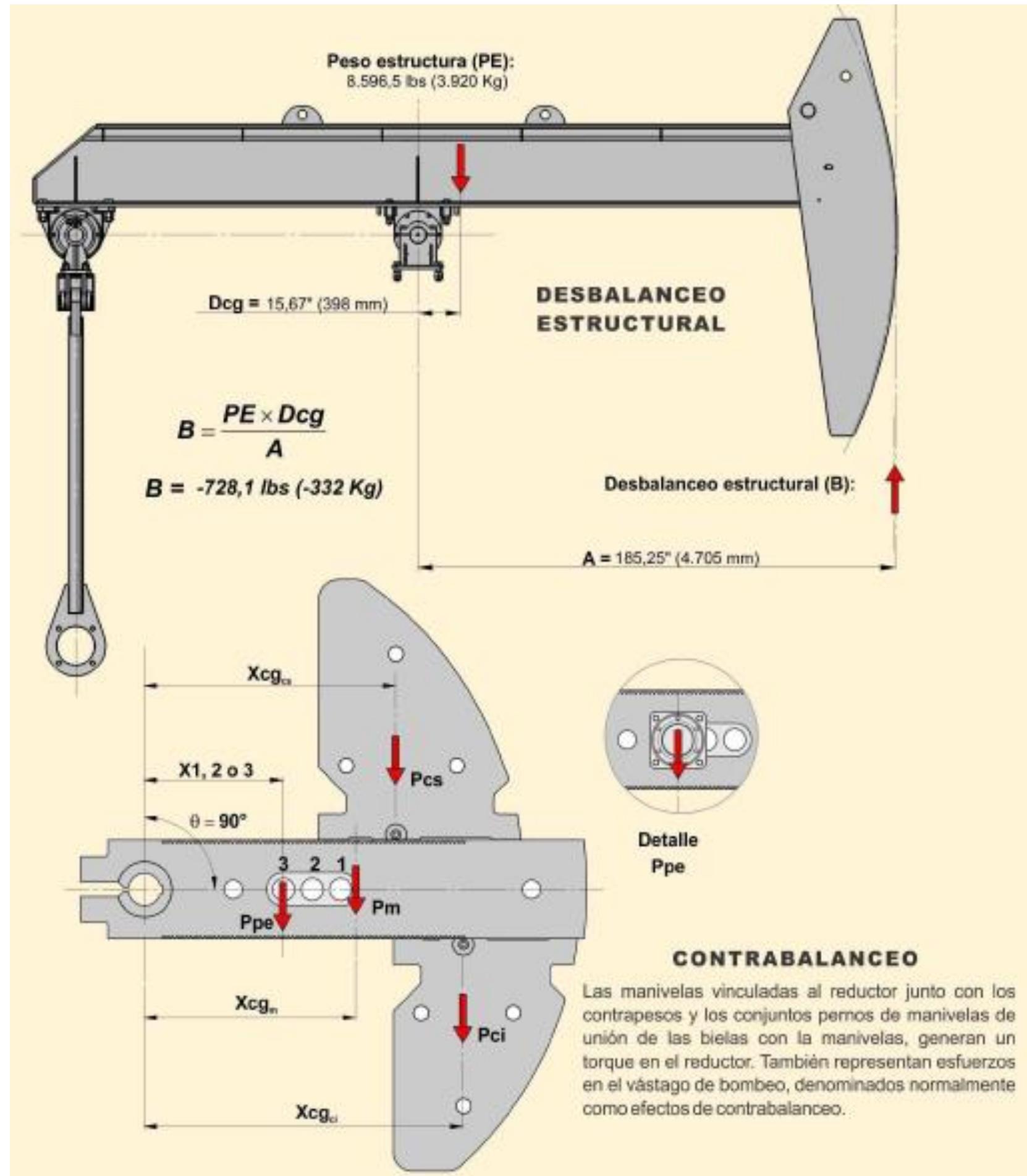
Resultando finalmente,

$$T_{wn} = Wn \times TF$$

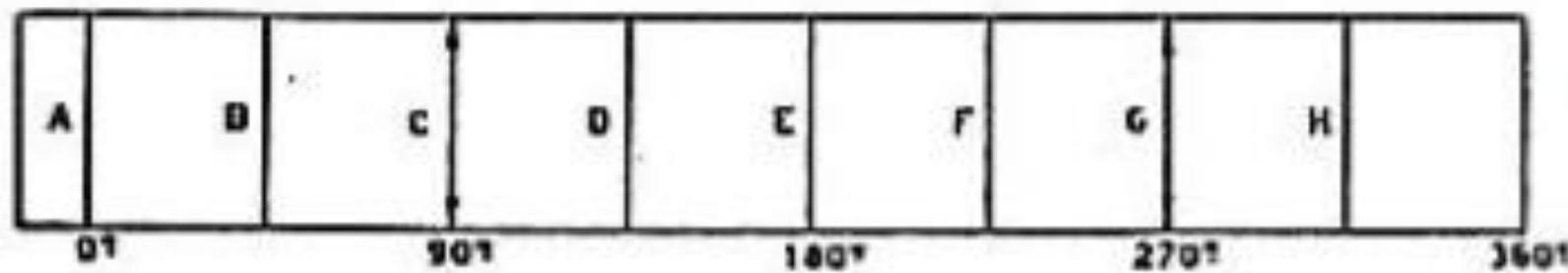
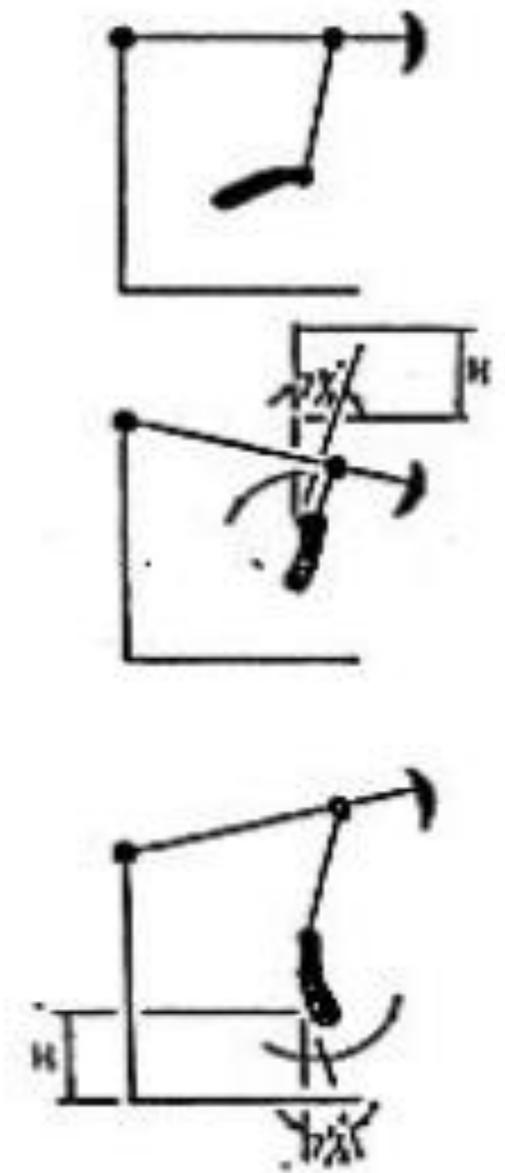
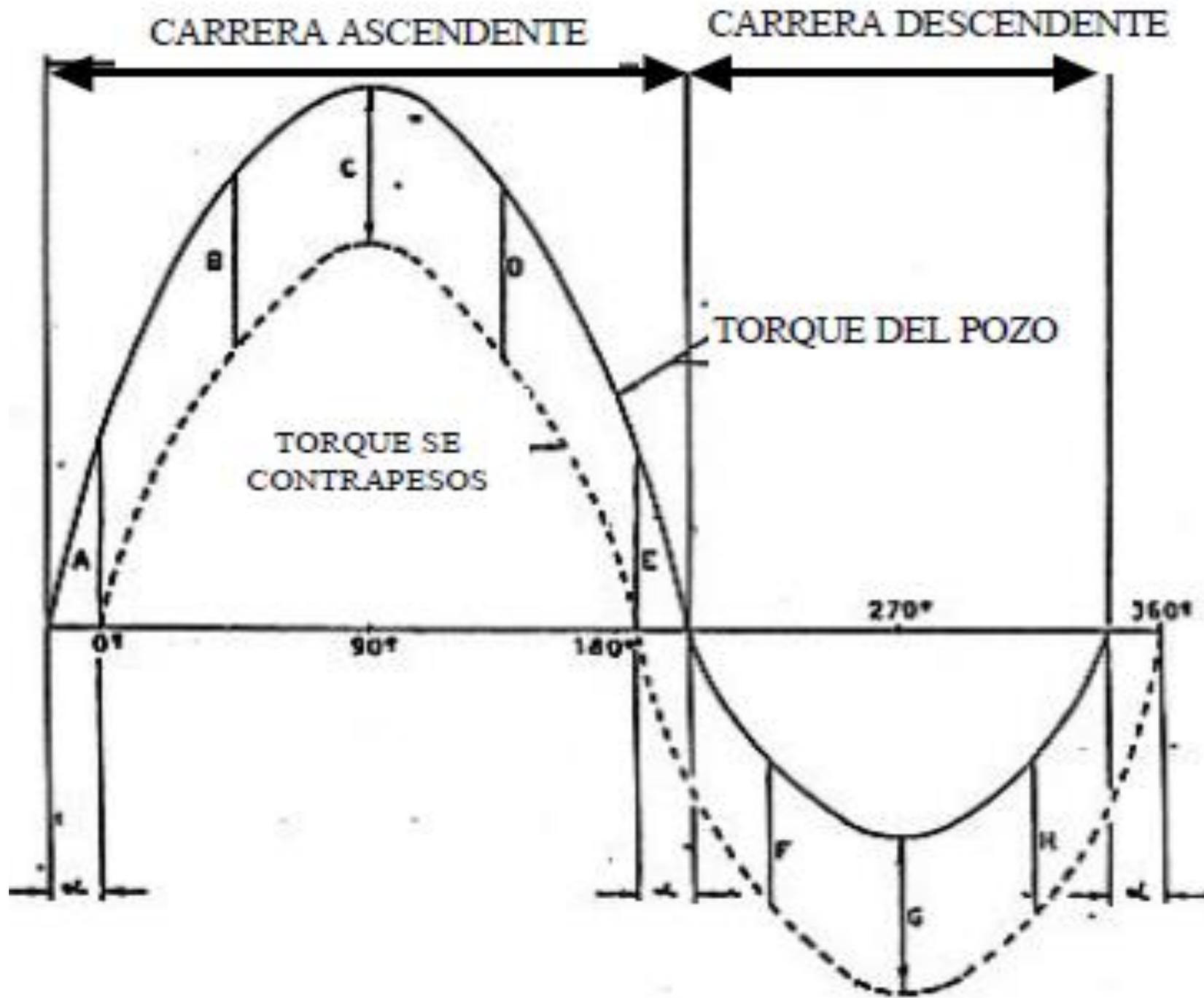
CONTRABALANCEO:

El conjunto: viga, cabeza de mula, articulaciones de centro y cola, viga ecualizadora y bielas, poseen en conjunto un peso determinado y un centro de gravedad que se ubica a una distancia "Dcg" del centro de pivoteo.

Este peso genera un momento de giro. Por tanto se define el desbalanceo estructural: como la fuerza necesaria para sostener la viga horizontal, es decir para contrarrestar el momento generado. Es positivo si la fuerza es ascendente y negativo si es descendente.

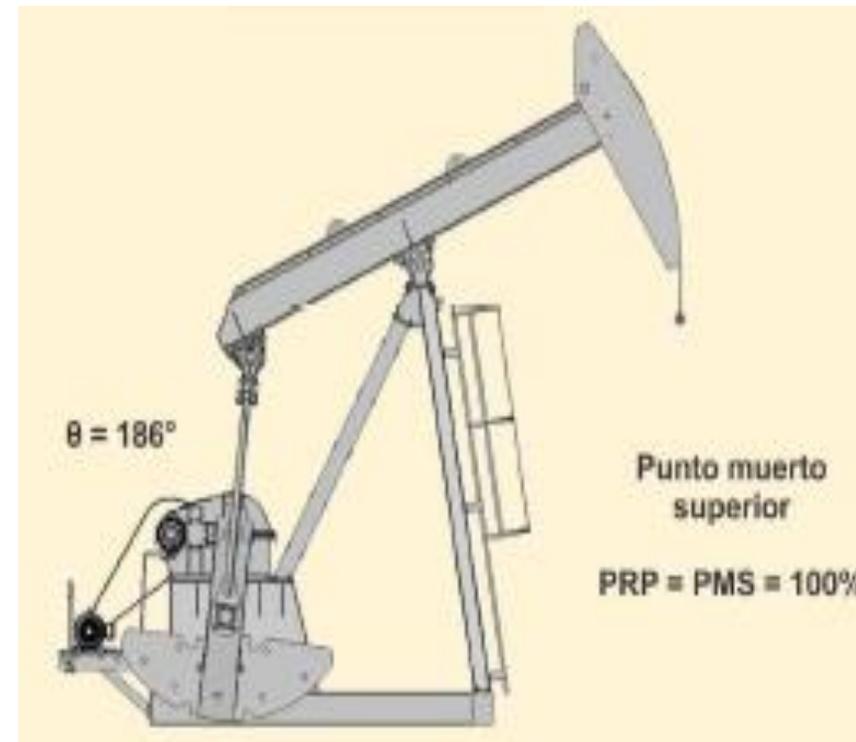
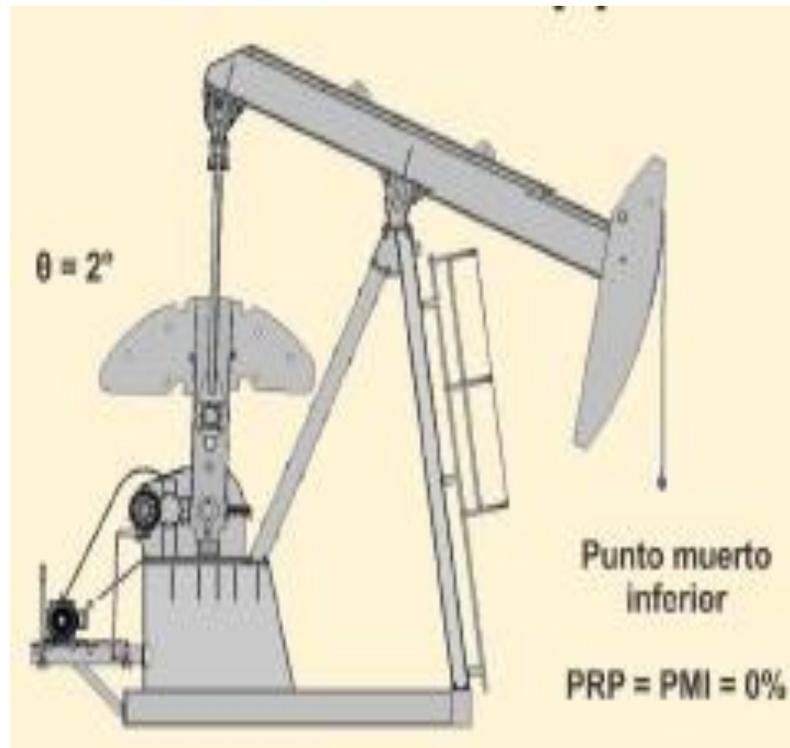


Unit Size	C-456D-256-100 C-320D-256-100 C-320D-305-100	C-228D-213-100 C-228D-173-100 C-160D-173-100	C-320D-246-86 C-228D-246-86	C-320D-213-86 C-228D-213-86	C-160D-173-86	C-114D-119-86	C-320D-246-74 C-228D-200-74 C-160D-200-74
Stroke	100"	100"	86"	86"	86"	86"	74"
Structural Unbalance	+ 550 lbs.	+ 0 lbs.	+ 800 lbs.	+ 450 lbs.	+ 450 lbs.	+ 115 lbs.	+ 800 lbs.
Cranks	8495CA	7478CA	8495CA	7478CA	7478CA	6468CA	7478CA
C'Bal., Cranks Only	7,330	3,910	8,720	4,910	4,910	3,395	5,960
4 No. OARO Counterweights	22,510	-	-	-	-	-	-
4 No. OAS Aux. Weights	27,210	-	-	-	-	-	-
8 No. OAS Aux. Weights	-	-	-	-	-	-	-
4 No. 1RO Counterweights	19,170	12,855	22,545	-	-	-	-
4 No. 1S Aux. Weights	22,810	15,605	-	-	-	-	-
8 No. 1S Aux. Weights	26,450	18,355	-	-	-	-	-
4 No. 2RO Counterweights	17,195	11,425	20,235	13,490	13,490	10,430	15,870
4 No. 2S Aux. Weights	20,725	14,120	-	16,560	16,560	-	19,425
8 No. 2S Aux. Weights	24,260	16,810	-	19,635	-	-	-
4 No. 3CRO Counterweights	15,330	10,090	18,065	11,965	11,965	9,255	14,110
4 No. 3BS Aux. Weights	18,780	12,755	22,090	15,005	15,005	11,780	17,625
8 No. 3BS Aux. Weights	*22,230	*15,420	-	*18,045	-	-	*21,140
4 No. 5ARO Counterweights	13,180	8,510	15,550	10,160	10,160	7,830	12,025
4 No. 5A Aux. Weights	15,525	10,355	18,290	12,265	12,265	9,605	14,460
8 No. 5A Aux. Weights	*17,870	*12,195	*21,030	14,370	*14,370	11,385	***16,890



TORQUE EN EL EJE

DESIGNACION API DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO



La carrera de bombeo es la distancia lineal desde el PMI al PMS

C 320 – 256 - 144

C: convencional

M: mark II

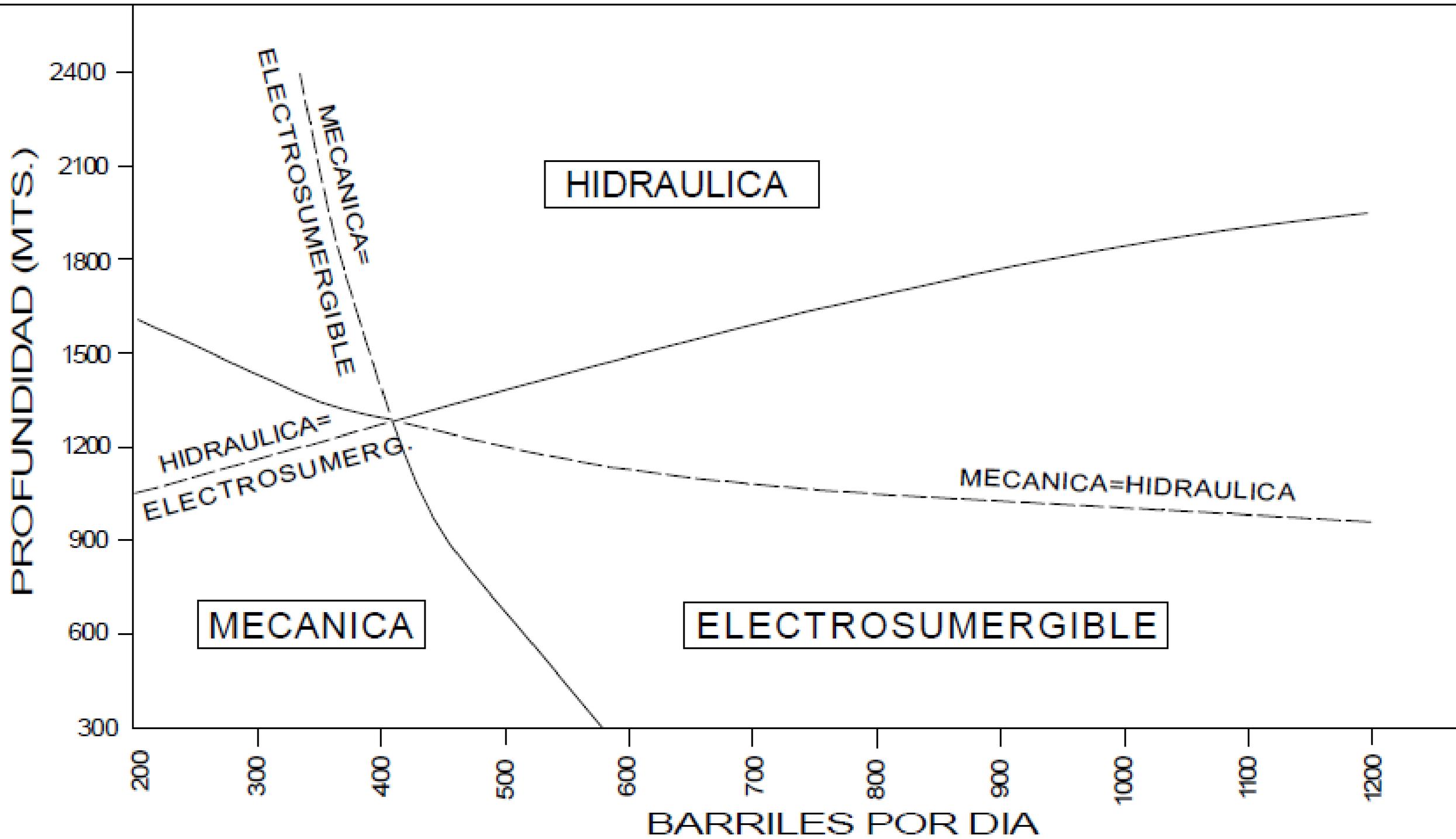
A: balanceado por aire

Capacidad de Torque del Reductor
[Lb-Pulg x 1000]

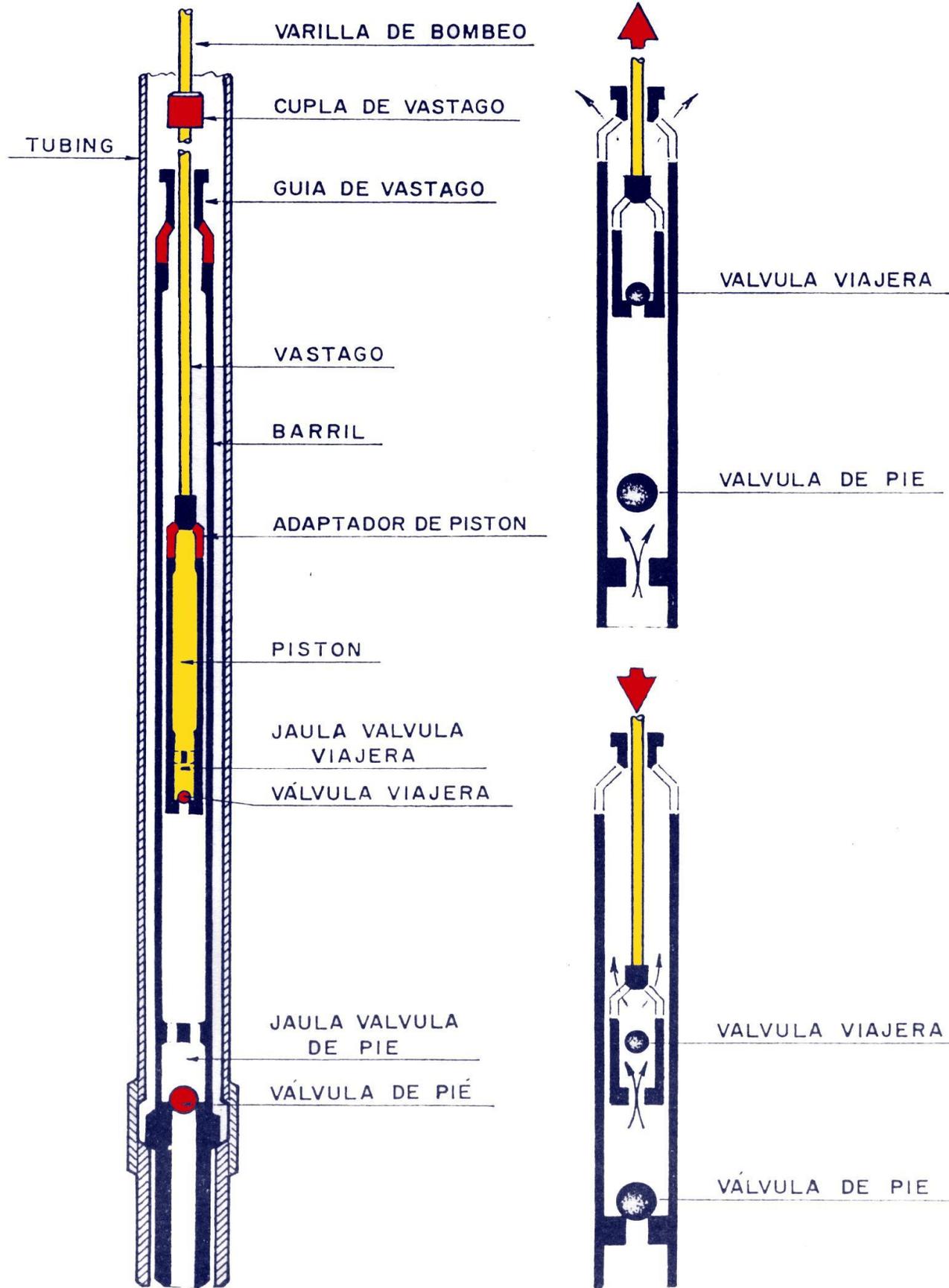
Capacidad Estructural de Carga
[Lb x 100]

Carrera Máxima
[pulgadas]

BOMBAS DE PROFUNDIDAD



BOMBA DE PROFUNDIDAD



DESPLAZAMIENTO DE LA BOMBA

$$PT = AP \times S \times G.P.M \times 0,0236$$

Donde:

- PT: Producción teórica en m³/d.
 AP: Area del pistón en pulgadas cuadradas. Tabla N ° 1
 S: Carrera. del vástago de superficie en pulgadas.
 G.P.M.: Velocidad de bombeo en golpes por minuto.
 0,0236: Constante.

Ejemplo: una bomba con pistón de 2", carrera 144" y a 12 G.P.M., tendrá la siguiente producción teórica:

$$PT = 3,142 \times 144 \times 12 \times 0,0236 = 128 \text{ m}^3/\text{d}$$

Otra forma de calcular la producción teórica es por medio del "factor de la bomba", (K), que se define como: la producción de la bomba en barriles por día, con una carrera igual a una pulgada y velocidad de bombeo de un golpe por minuto.

Para obtener la producción teórica en barriles/día o en m³/día, se multiplica el factor de la bomba correspondiente, por la carrera del vástago en pulgadas y por el número de golpes por minuto.

$$PT = K \times S \times G.P.M$$

Los valores del factor K se obtienen de la Tabla N o 1.

Diámetro pistón (pulgadas)	Area pistón (pulgadas) ²	Factor K (bbl/d x pulgada carrera x GPM)	Factor K (m ³ /d x pulgada carrera x GPM)
1 1/2"	1,767	0,262	0,042
1 3/4"	2,405	0,357	0,057
2"	3,142	0,466	0,074
2 1/4"	3,976	0,590	0,094
2 3/4"	5,940	0,881	0,140

La producción real de la bomba (PR), depende de la eficiencia volumétrica (EV). Esta varía de acuerdo a la luz entre pistón y barril (pérdida por escurrimiento), del régimen de bombeo, del nivel de fluido, que el tubing esté anclado o no, y de las propiedades del fluido, en especial el contenido de gas libre del fluido al ingresar a la bomba.

$$PR = PT \times EV \quad \text{o} \quad EV = PR / PT$$

Diámetro bomba pulgadas	Longitud Carrera pulgadas	Golpes por minuto											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1 - 1/2	34	7	8	10	11	13	14	16	17	18	20	21	
	44	9	11	13	15	16	18	20	22	24	25	27	
	54	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	
	64	13	16	19	21	24	27	29	32	35	37	40	
	74	15	19	21	24	27	30	33	37	40	43	46	
	85	18	21	25	28	32	35	39	42	46	50	53	
	100	21	25	29	33	37	42	46	50	54	58	62	
	120	24	30	35	40	44	49	54	60	65	70	74	
	144	29	36	42	48	53	59	65	72	78	84	89	
	168	34	42	49	55	62	69	76	84	91	97	104	
1 - 3/4	34	10	12	13	15	17	19	21	23	25	27	29	
	44	12	15	17	20	23	25	28	30	33	35	38	
	54	15	18	21	25	28	31	34	37	40	43	46	
	64	18	22	25	29	33	36	40	44	47	51	54	
	74	21	25	29	33	38	41	46	50	54	58	63	
	85	24	29	34	39	43	48	53	58	63	68	72	
	100	28	34	40	45	51	57	62	68	74	79	85	
	120	34	41	47	54	61	67	74	82	88	95	102	
	144	40	49	56	65	73	81	89	98	105	114	122	
	168	47	57	66	76	86	94	104	114	123	133	143	
2	34	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	
	44	16	20	23	26	29	33	36	39	42	46	49	
	54	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	
	64	24	28	33	38	43	47	52	57	62	66	71	
	74	27	33	38	44	49	55	60	65	71	76	82	
	85	31	38	44	50	57	63	69	76	82	88	94	
	100	37	44	51	59	67	74	81	89	96	104	111	
	120	44	53	61	71	79	89	97	106	115	124	133	
	144	53	63	73	85	95	107	117	128	138	148	160	
	168	62	74	86	99	111	124	136	148	161	173	186	
2 - 1/4	74	34	41	48	56	62	69	76	83	90	97	104	
	85	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	
	100	47	56	66	75	84	94	103	113	122	131	141	
	120	55	67	78	90	101	112	124	134	145	157	168	
	144	66	81	94	108	121	134	148	161	174	189	202	
	168	77	94	109	126	141	156	173	188	203	220	235	
	192	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	
	100	70	84	98	112	126	140	154	168	182	190	210	
	120	84	101	118	134	151	168	185	202	218	235	252	
	2 - 3/4	144	101	121	141	161	181	202	222	242	262	282	302
168		118	141	165	188	212	235	259	282	306	329	353	
192		135	162	189	216	243	270	297	324	351	378	405	

El peso de fluido sobre la bomba depende del diámetro del pistón, del nivel del fluido del pozo y de la gravedad específica del fluido.

Si no tenemos en cuenta la sección promedio de las varillas y consideramos que el fluido a extraer es agua, el peso de fluido sobre la bomba expresado en lbs/pie o en kg /m, es el que se indica en la Tabla N ° 3.

Tabla N ° 3

Factores para calcular el peso de fluido

Diámetro pistón	<u>lbs/pie</u>	kg /m
1 1/2"	0,76	1,13
1 3/4"	1,03	1,54
2"	1,36	2,03
2 1/4"	1,72	2,56
2 3/4"	2,56	3,82

Multiplicando estos valores por el nivel de fluido, se obtiene el peso de fluido en libras o en kilogramos.

La profundidad a la cual está asentada la bomba no interviene, ya que el trabajo que realiza la bomba, es elevar el fluido a partir del nivel de fluido dinámico del pozo.

Por ejemplo, en un pozo con nivel de fluido a 1830 m (6.000 pies), y la bomba con pistón de 2", la carga estática sobre la bomba será:

$$2,03 \times 1.830 = 3.715 \text{ kg. o bien}$$

$$1,36 \times 6.000 = 8.160 \text{ lbs.}$$

Si el diámetro del pistón fuera 1 3/4", tendríamos:

$$1,54 \times 1.830 = 2.818 \text{ kg. o bien}$$

$$1,03 \times 6.000 = 6.180 \text{ lbs.}$$

El criterio que siempre debe tenerse en cuenta es que con menores cargas se prolonga la vida útil de los materiales, en consecuencia, *"siempre que se pueda obtener la misma producción con una bomba de menor diámetro, deberá utilizarse esta última"*.

Cuando se estudia la posibilidad de cambiar una bomba por otra de menor diámetro, para disminuir las cargas, hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba suele estar por debajo del 100 %, especialmente en los pozos con mucho gas.

TIPOS DE BOMBAS

-BOMBA DE TUBING (TH)

- BOMBA INSERTABLE

BARRIL VIAJERO

PARED FINA (RWT)

PARED GRUESA (RHT)

ANCLAJE SUPERIOR

PARED FINA (RWA)

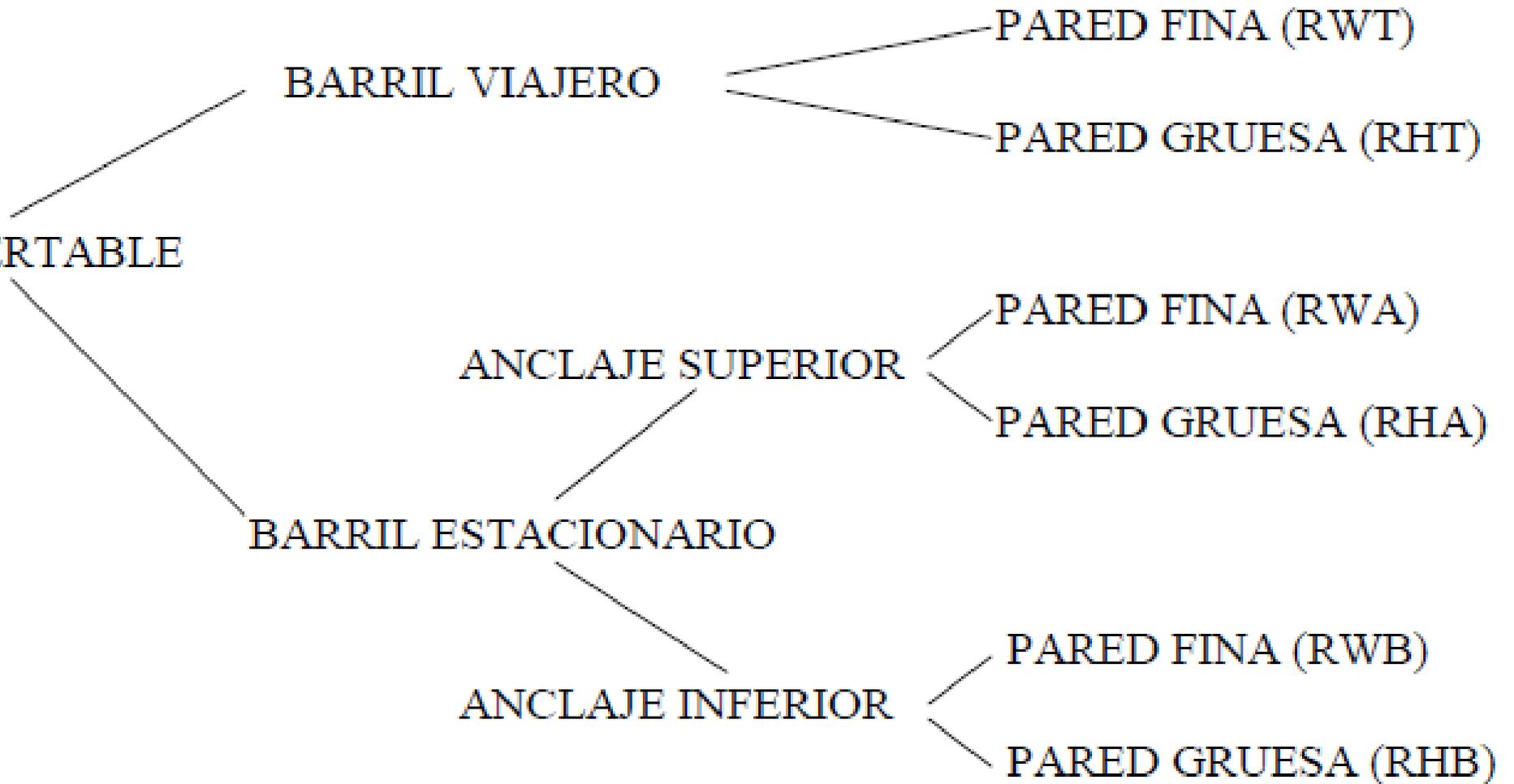
PARED GRUESA (RHA)

BARRIL ESTACIONARIO

ANCLAJE INFERIOR

PARED FINA (RWB)

PARED GRUESA (RHB)



TIPOS DE BOMBAS – Bomba TH

BOMBAS DE TUBING (TH) :

Son bombas resistentes en su construcción y simples en su diseño. El barril se conecta directamente al tubing y la sarta de varillas se conecta directamente al pistón. En la parte inferior del barril se ubica un niple de asiento, que alojará la válvula fija.

Una de las posibilidades es bajar la válvula fija con un pescador acoplado a la parte inferior del pistón, hasta fijarla al niple. Luego el pistón se libera de la válvula fija, rotándolo en sentido contrario a las agujas del reloj.

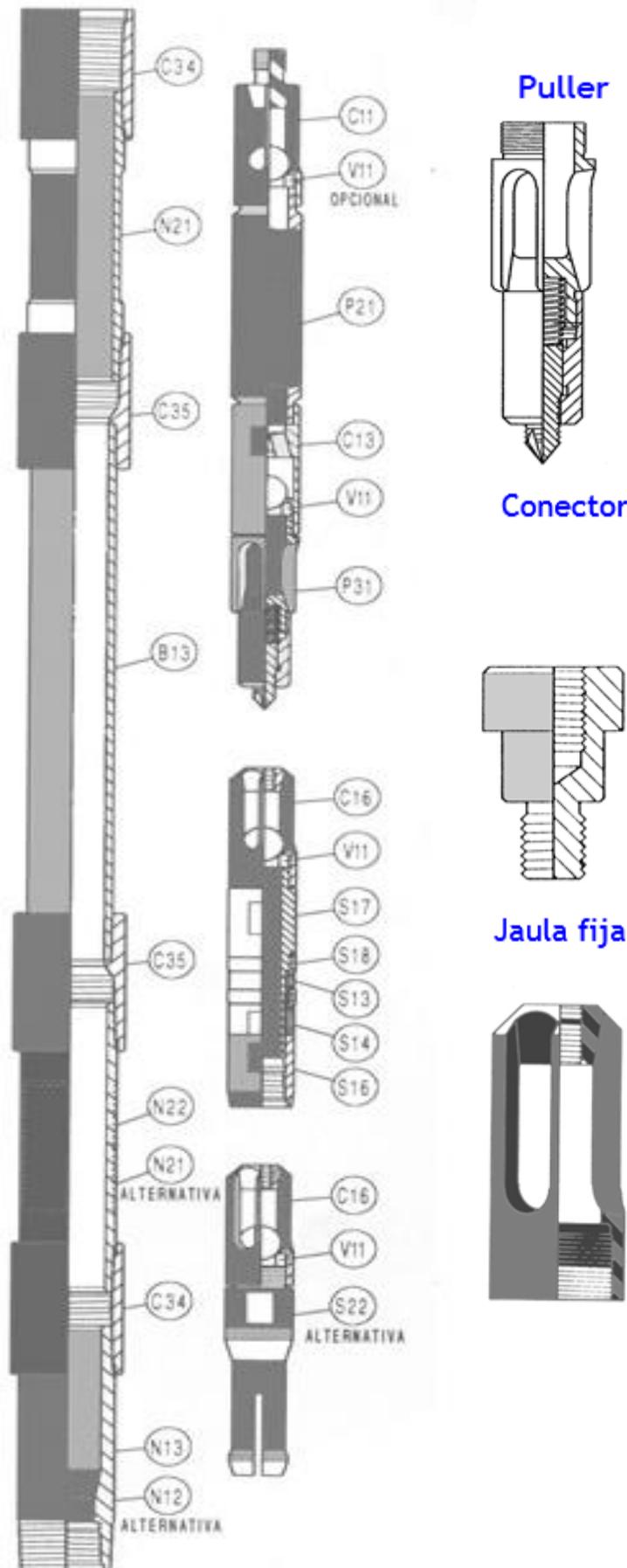
La bomba TH provee el máximo desplazamiento de fluido para una determinada cañería de producción; el diámetro del pistón es ligeramente menor que el diámetro interno del tubing.

De estructura robusta, el barril de pared gruesa está conectado directamente al tubing por un niple.

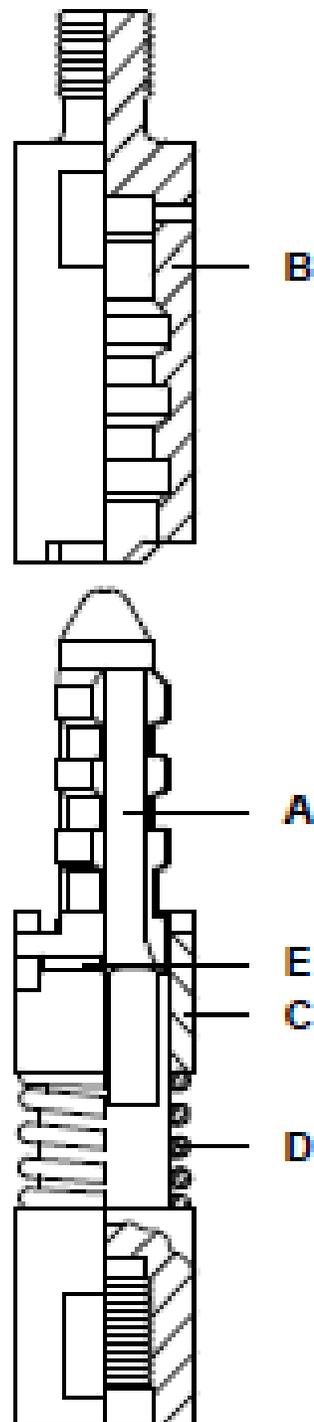
Las varillas se conectan directamente a la jaula superior del pistón, eliminando la necesidad de usar vástago.

Las ventajas de esta bomba la hacen una de las más utilizadas por los productores en pozos que no requieren frecuentes intervenciones.

- Como factores limitativos se puede señalar que:
 - Para cambiar el barril hay que sacar todo el tubing.
 - No es lo más aconsejable para pozos con gas, ya que tiene un gran espacio nocivo debido al pescador de la válvula fija, lo que en este caso reduce la eficiencia de la bomba.
 - Los grandes volúmenes desplazados hacen que las cargas en las varillas y el equipo de bombeo sean muy importantes.
 - Estas cargas también provocan grandes estiramientos de tubing y varillas con consecuencias en la carrera efectiva de la bomba.



CONECTOR ON AND OFF (ON AND OFF TOOL) COT



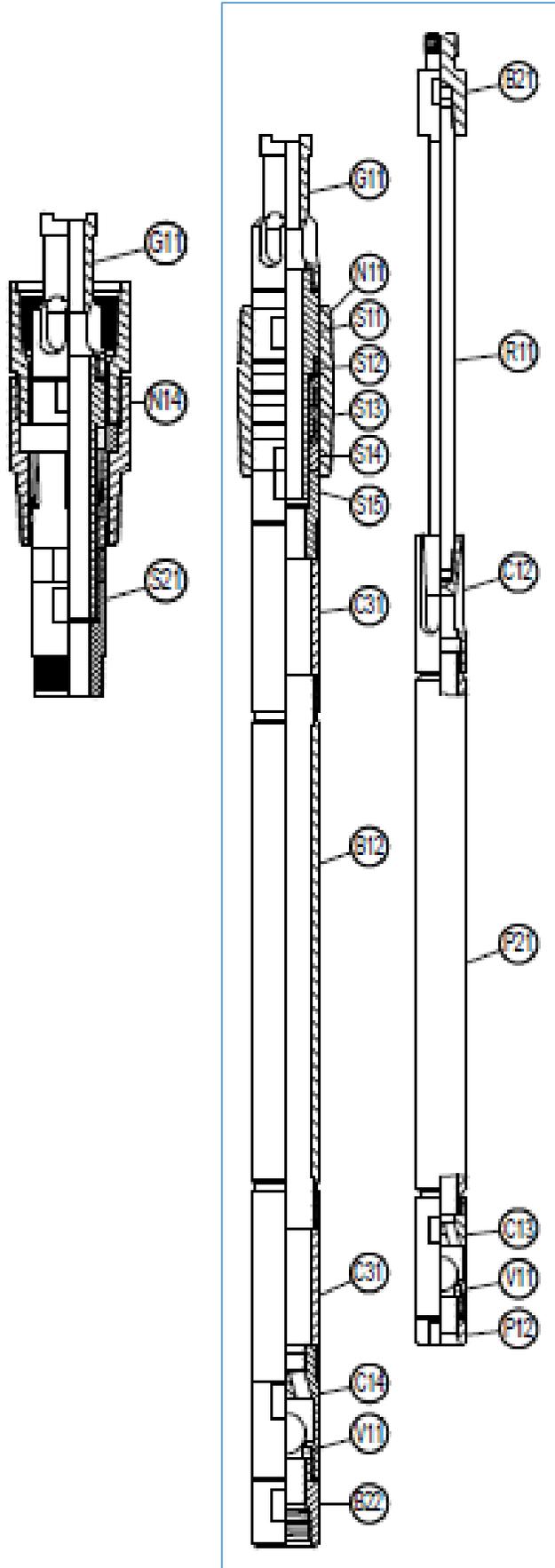
CONJUNTO		
DIÁM. EXT. (mm)		58,5
STANDARD		COT300-78
MONEL		COT300-78MO
ITEM		DESPIECE
A	STANDARD	COT300-78-1
	MONEL	COT300-78-1MO
B	STANDARD	COT300-78-2
	MONEL	COT300-78-2MO
C	STANDARD	COT300-78-3
	MONEL	COT300-78-3MO
D	STANDARD	COT300-78-4
E	STANDARD	COT300-78-5

PERMITE UTILIZAR UNA MEDIDA MAYOR DE BOMBA TIPO TH QUE LA ADMITIDA POR EL TUBING.

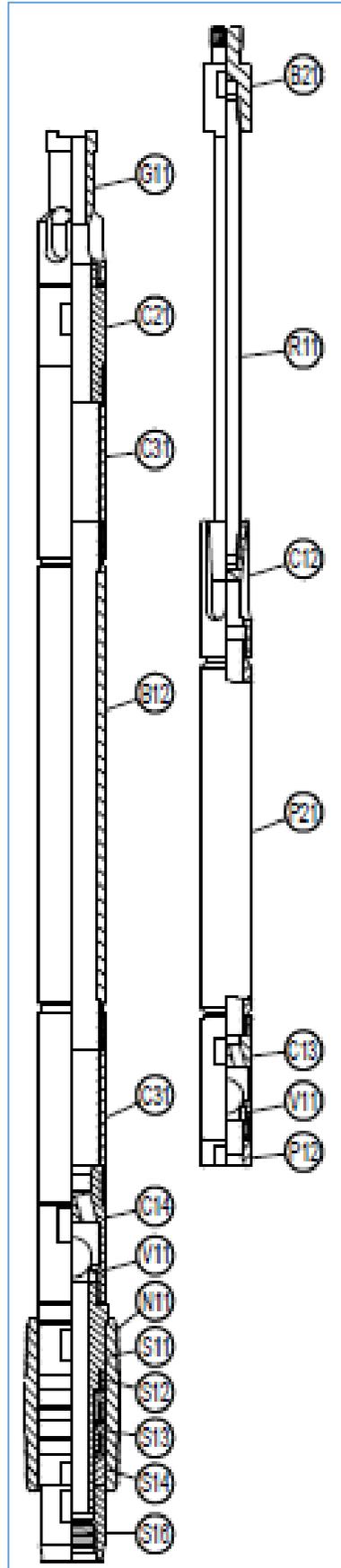
SE UTILIZA TAMBIÉN PARA BOMBAS TIPO TH CON PISTÓN DE ANILLOS BLANDOS. EN AMBOS CASOS, SE BAJA EL BARRIL CON EL PISTÓN EN SU INTERIOR Y LUEGO SE BAJAN LAS VARILLAS, LAS QUE SE ACOPLAN O DESACOPLAN DEL PISTÓN POR MEDIO DE ESTE CONECTOR.

TIPOS DE BOMBAS – Bomba Insertable

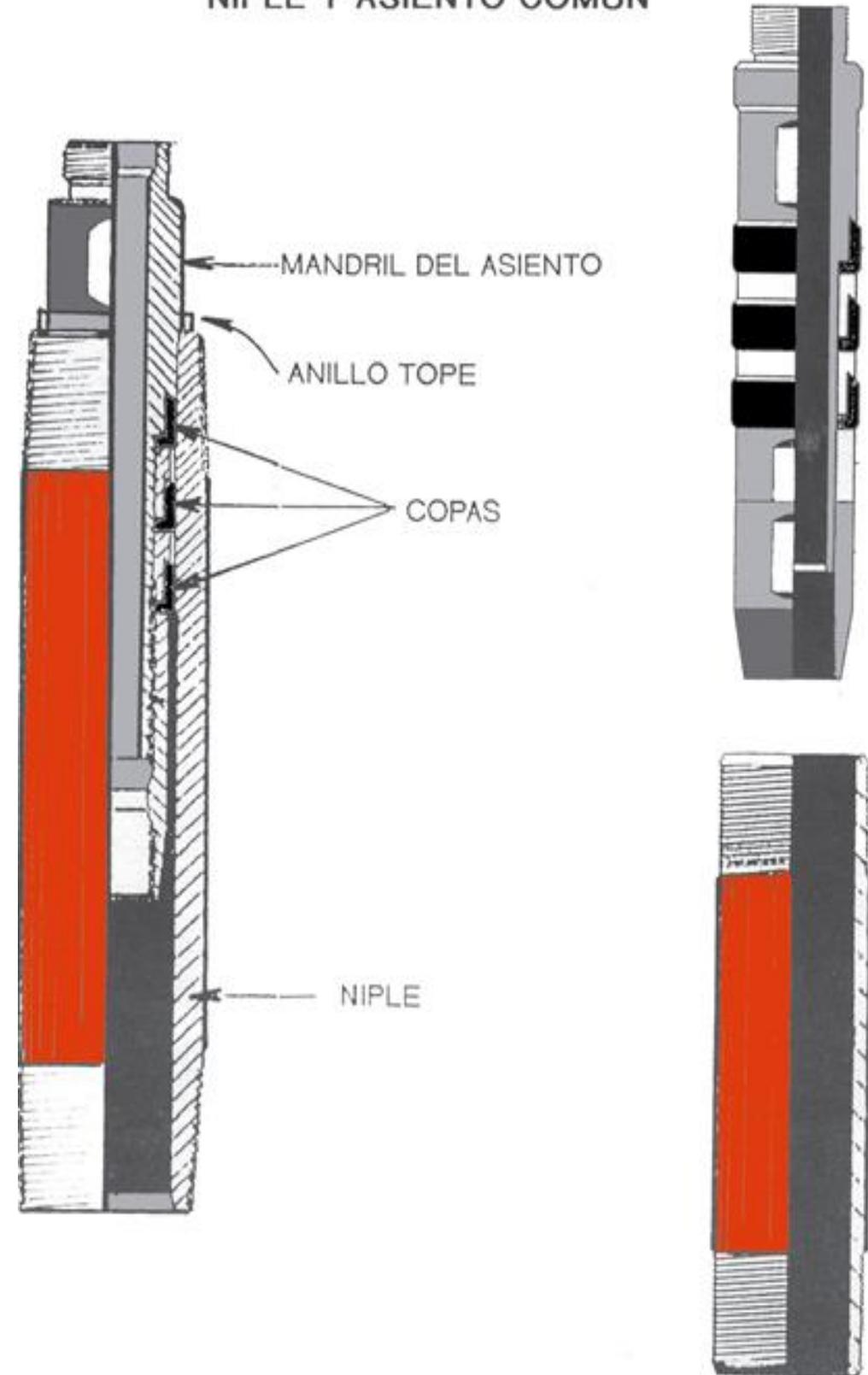
Anclaje Superior a Copas



Anclaje Inferior a Copas

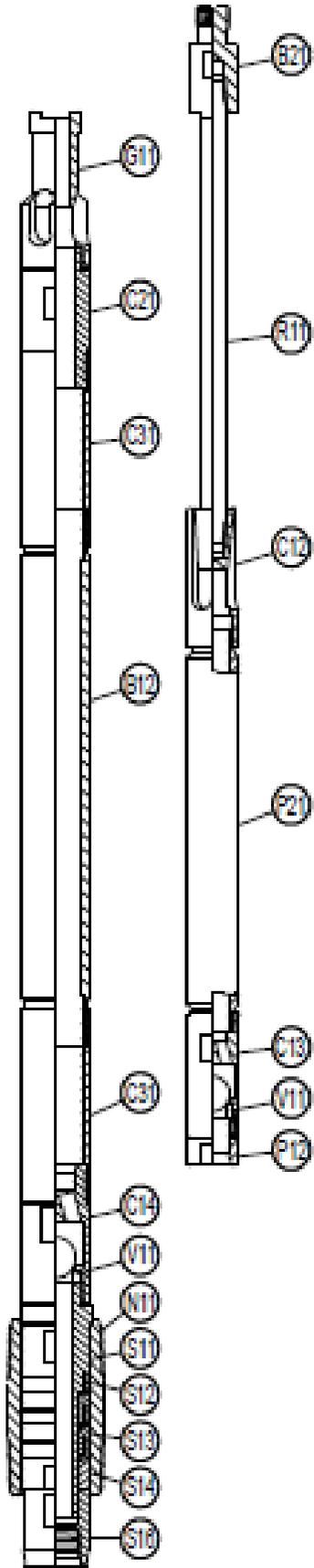
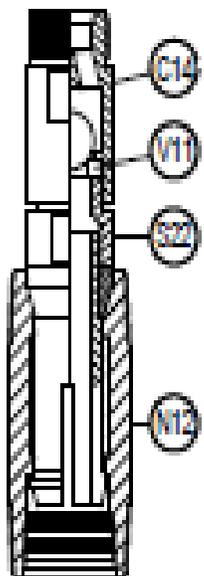


NIPLE Y ASIENTO COMUN

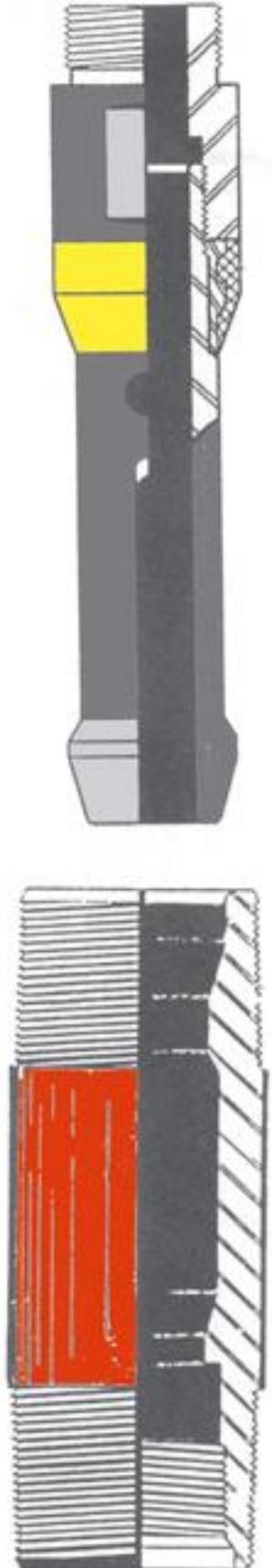
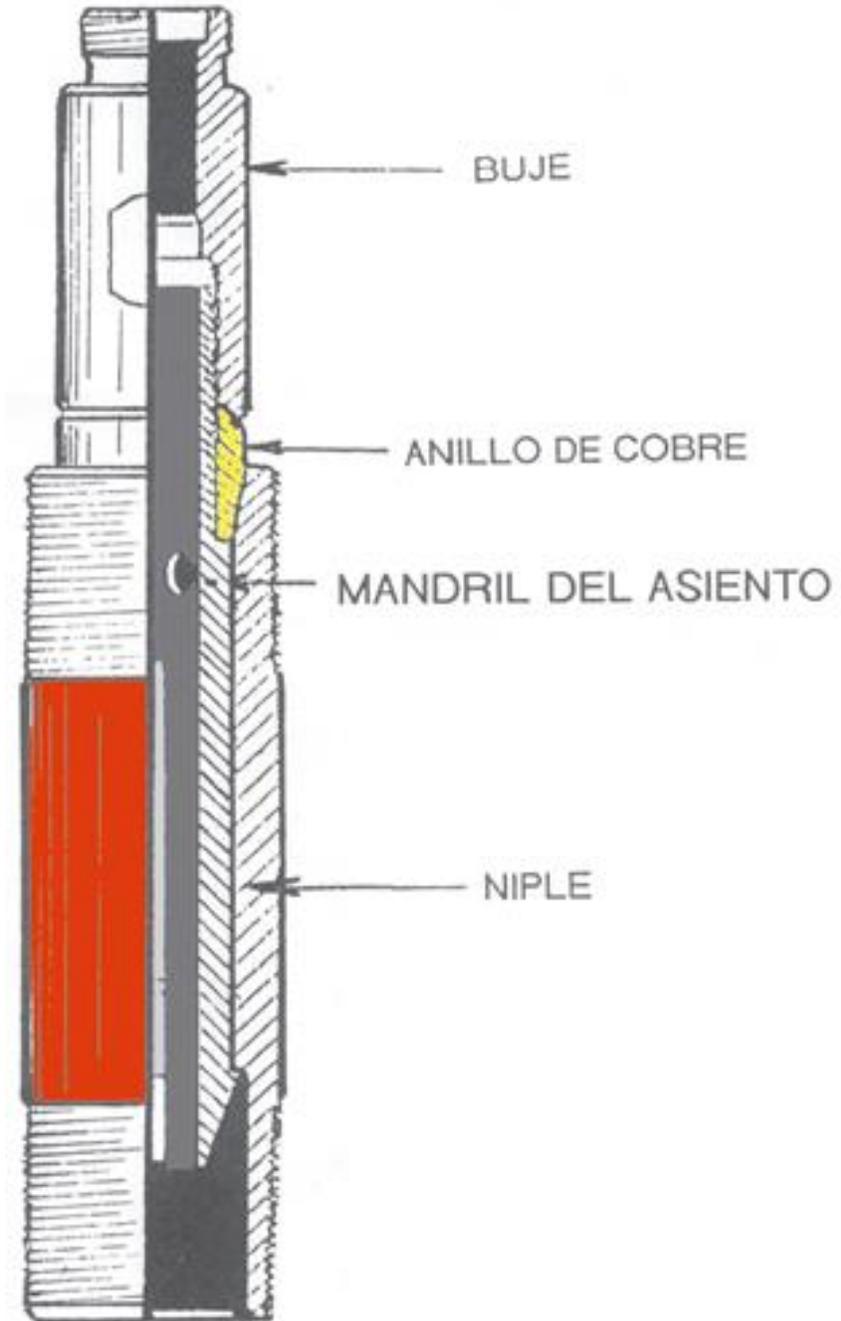


TIPOS DE BOMBAS – Bomba Insertable

Anclaje Mecánico

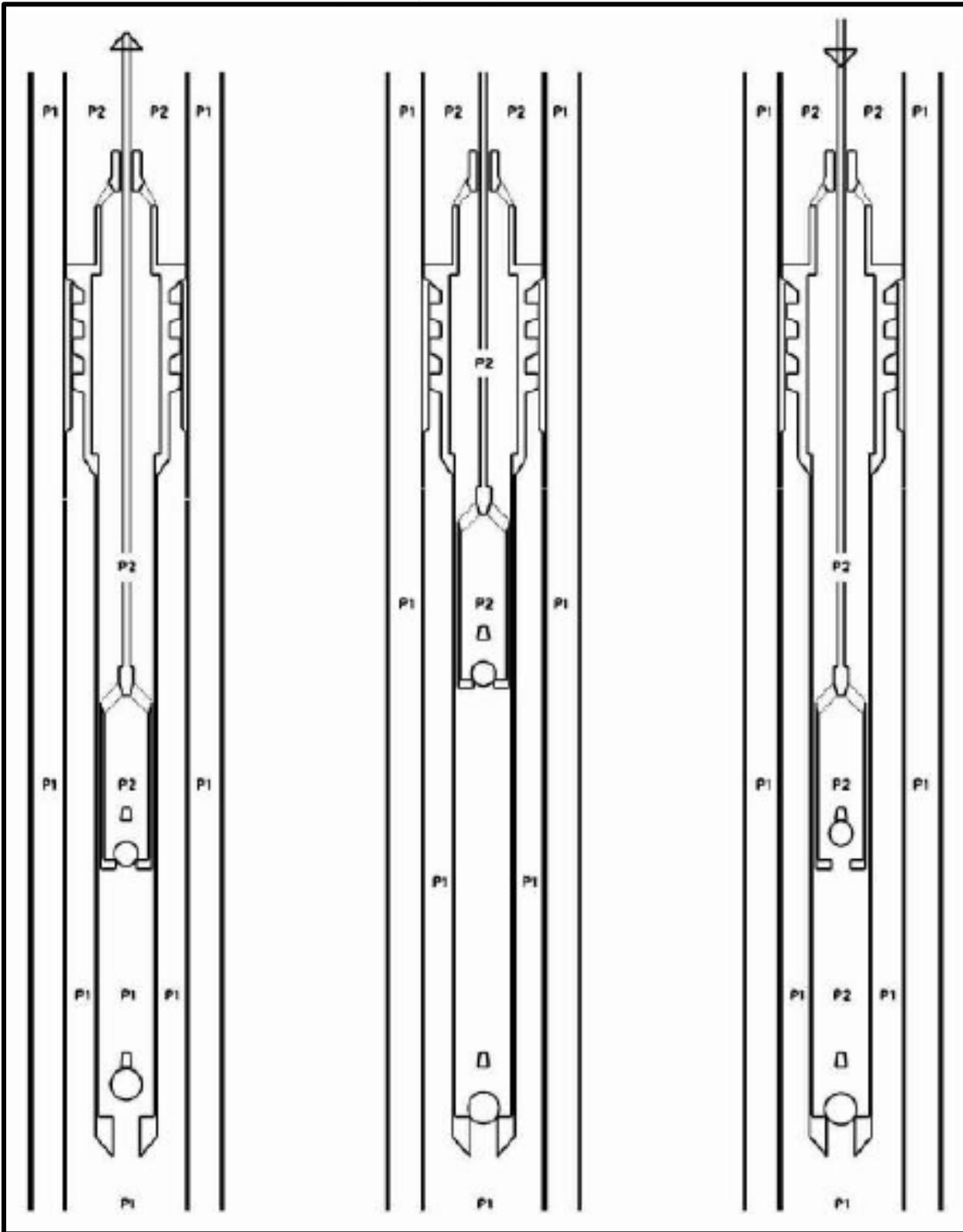


NIPLE Y ASIENTO MECANICO

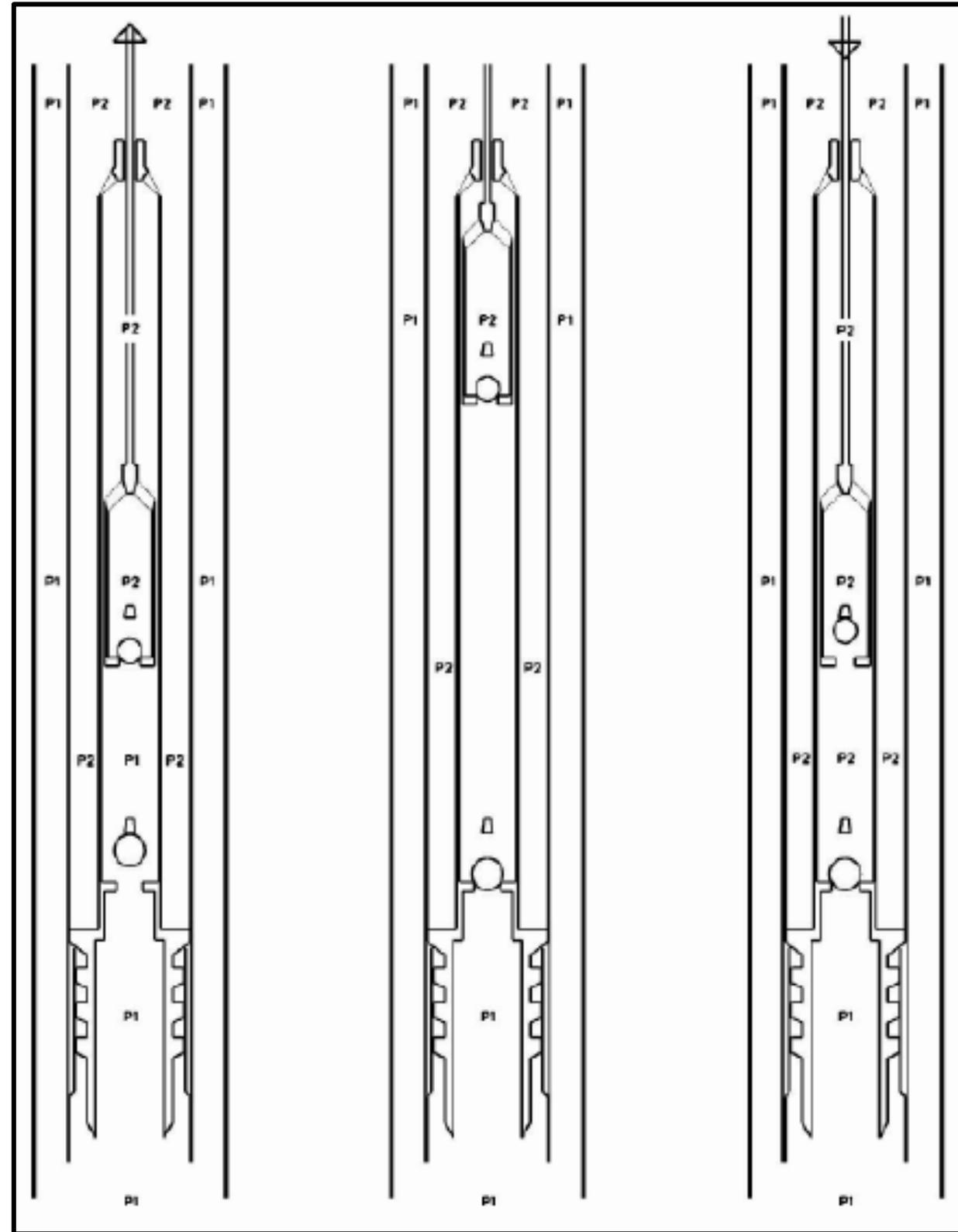


TIPOS DE BOMBAS – Bomba Insertable

Anclaje Superior

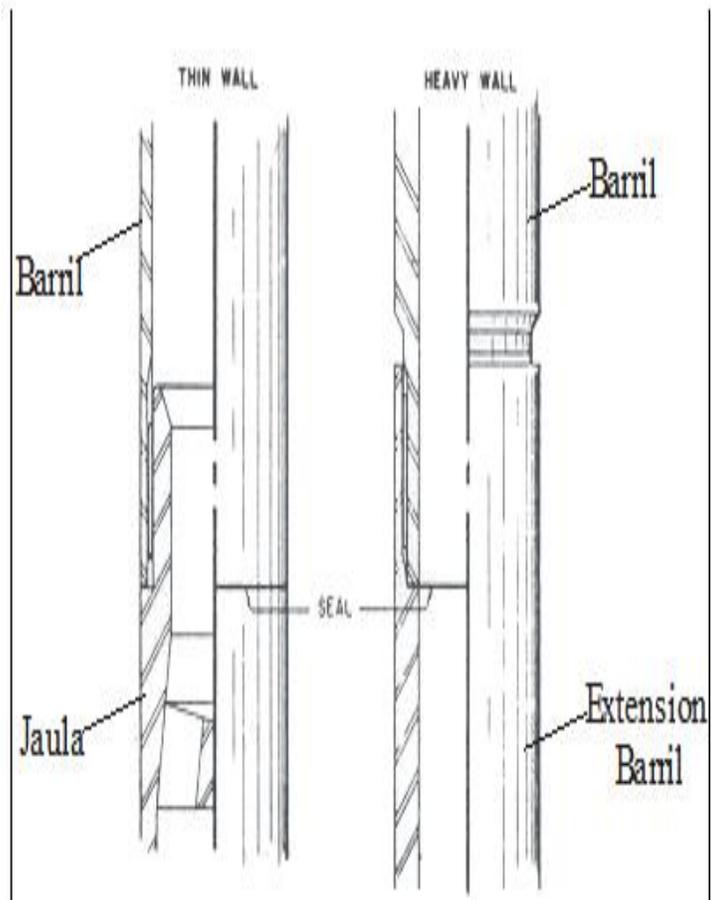


Anclaje Inferior



TIPOS DE BARRILES

Barriles con distintos espesores de pared



Regular : Tubo de acero al carbono con una dureza de 55 / 62 HRA y una tensión de fluencia mínima de 415 MPa (60 ksi). Para usar con BAJA abrasión y MODERADA corrosión.

ACI : Tubo de acero al carbono con el interior cromado con un espesor mínimo de 0,076 mm (0,003 pulg.) y una dureza de 67 / 71 HRC, sobre un material base de 415 MPa (60 ksi) de fluencia mín. Para usar con SEVERA abrasión y MODERADA corrosión.

LA : Tubo de latón con una dureza de 80 HRB mín. y una fluencia de 345 MPa (50 ksi) mín. Para usar con BAJA abrasión y SEVERA corrosión.

LAC : Tubo de latón con el interior cromado con un espesor mínimo de 0,076 mm (0,003 pulg.) y una dureza de 67 / 71 HRC, sobre el material base de 345 MPa (50 ksi) mín. de fluencia. Para usar con abrasión y corrosión SEVERAS.



Longitud del barril

Actualmente hay varias medidas, pero sería conveniente utilizar sólo 3 o 4 largos nada más, que abarquen las medidas cortas y largas. (Ej. 16, 20 y 24 pies). Considerando el largo total con las extensiones.

Espesor de pared del barril

En bombas insertables se usan barriles de pared gruesa para diámetros de pistón de 1 1/2" y 1 3/4". En pared fina casi todos son de 2", también con pared gruesa para pozos profundos (No API). Este tipo de bomba no pasa por el niple de copas.

En bombas de tubing, la mayoría son de pared gruesa.

TIPOS DE PISTONES

La regla básica es usar en la mayoría de los pozos pistones metálicos que tienen mayor duración, variando largos y luces de los mismos, para distintas condiciones de los pozos, como viscosidad, arena, profundidad, etc., hasta encontrar la combinación adecuada.

Recién después de haber comprobado que éstos no andan en determinados pozos o yacimientos, pasar a utilizar pistones de anillos o combinados y por último el pistón tipo lubriplunger, previa evaluación de su rendimiento, antes de hacer extensivo su uso.

Los pistones se deberán descartar si visualmente se observan muy rayados, con mucho desgaste exterior - aproximadamente 0,002" de su medida original -, corroídos, etc. También la parte más gastada debe ubicarse en la parte superior de la bomba. Si está muy rayado o gastado, por ejemplo 1 pie del largo total de su medida original se deberá descartar.

ML : Tubo de acero al carbono con recubrimiento exterior de metalizado en base a polvo de níquel, con una capa mínima de 0,25 mm (0,01 pulg.) de espesor, de una dureza de 55 / 64 HRC.

MP : Este pistón es de las mismas características que el ML con la diferencia que tiene los extremos postizos de Monel, lo cual otorga una excelente resistencia a la corrosión.

MA : Similar a un MP con los extremos postizos de SAE 4140 templado y revenido, para sollicitaciones mecánicas más exigentes.

CON ANILLOS BLANDOS : Este pistón lleva anillos flexibles que se ajustan al barril y tienen muy buena performance en fluidos con arena.

NIQUELADO : Este pistón es un ML con la rosca y el interior niquelados con proceso electroless, para protegerlo contra la corrosión.

Los sellos realizan dos funciones vitales. Mientras barren la superficie del barril, evitando que cualquier partícula abrasiva entre en el anular pistón-barril, el lubricante especial, contenido entre los sellos, lubrica al barril en cada carrera. Esto proporciona un menor desgaste de la bomba y evita el engranamiento por sólidos entre pistón y barril.



Como características más importantes podemos destacar que es especial para aplicaciones con arrastre de sólidos y que produce más fluido a velocidades más bajas, disminuyendo, por consiguiente, el desgaste en toda la instalación.

Diámetro del pistón

Los diámetros que se utilizan normalmente en bombas insertables son:

En tubing 2 7/8": pistones de 1 1/2", 1 3/4" y 2"

En tubing 3 1/2": pistones de 2 1/2"

Para bombas de tubing, los pistones más usados son:

En tubing 2 7/8": pistones de 2 1/4" (bombas sobre medida, 2 3/4" y 3 1/4")

En tubing 3 1/2": pistones de 2 3/4".

Longitud del pistón

Depende de la profundidad de la bomba, normalmente se aplica el criterio de adoptar la longitud del pistón de 1 pie de largo de pistón por cada 1.000 pies de profundidad. En la operación la longitud más utilizada es de 4 pies.

Longitud del barril

Actualmente hay varias medidas, pero sería conveniente utilizar sólo 3 o 4 largos nada más, que abarquen las medidas cortas y largas. (Ej. 16, 20 y 24 pies). Considerando el largo total con las extensiones.

Espesor de pared del barril

En bombas insertables se usan barriles de pared gruesa para diámetros de pistón de 1 1/2" y 1 3/4". En pared fina casi todos son de 2", también con pared gruesa para pozos profundos (No API). Este tipo de bomba no pasa por el niple de copas. En bombas de tubing, la mayoría son de pared gruesa.

Luz entre barril y pistón

El espacio que queda entre el diámetro interior del barril y el diámetro exterior del pistón es lo que se llama la luz o ajuste entre ambos.

Este espacio debe permitir un cierto escurrimiento para que la bomba funcione correctamente; sin mucha pérdida de producción y a su vez que no provoque el atascamiento del pistón.

El escurrimiento o paso de fluido entre ambos debe ser entre 2 a 3 % aproximadamente de la producción del pozo. Variando de acuerdo al tipo de fluido, viscosidad, arena, profundidad del pozo, etc. (Ver capítulo tablas de escurrimiento).

La luz se expresa en milésimas de pulgadas, por ejemplo una luz total de 0,007" puede indicar la siguiente combinación de luces:

Luz del barril: 0,001" (Barril nuevo).

Luz de pistón: 0,006" (Pistón nuevo).

Se suman las dos luces, dando la luz total. En este caso se consideró las luces de barriles y pistones nuevos.

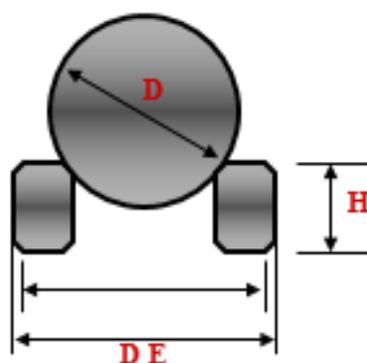
El barril tiene una tolerancia de fábrica de entre 0,000" a + 0,002" (máximo).

De igual modo se consideran las luces de los barriles y pistones usados. Las luces más utilizadas varían entre 0,004 a 0,006".

TIPOS DE VALVULAS

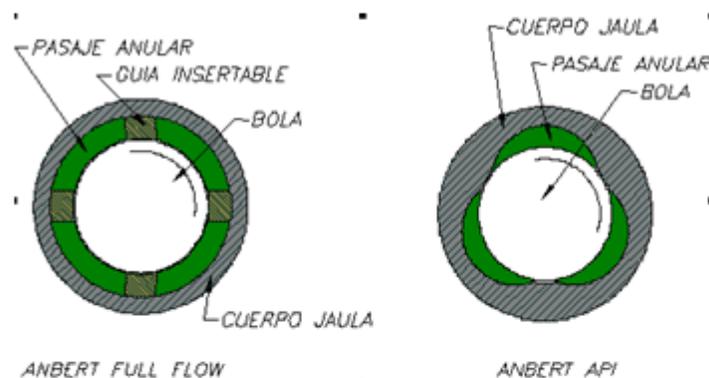
Medidas de los conjuntos de bolas y asientos según norma API - V11

Dimensión	Conjunto					
	V11-125	V11-150	V11-175	V11-200	V11-225	V11-250
D (mm)	19,05	23,83	28,58	31,75	34,93	42,88
H (mm)	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70
D E (mm)	23,32	29,67	35,26	37,54	43,69	51,05
FZ -máximo- (mm)	22,66	28,22	33,81	36,09	41,43	48,79



VALVULAS FULL FLOW

COMPARACIÓN DEL PASAJE MÍNIMO API vs. FULL FLOW



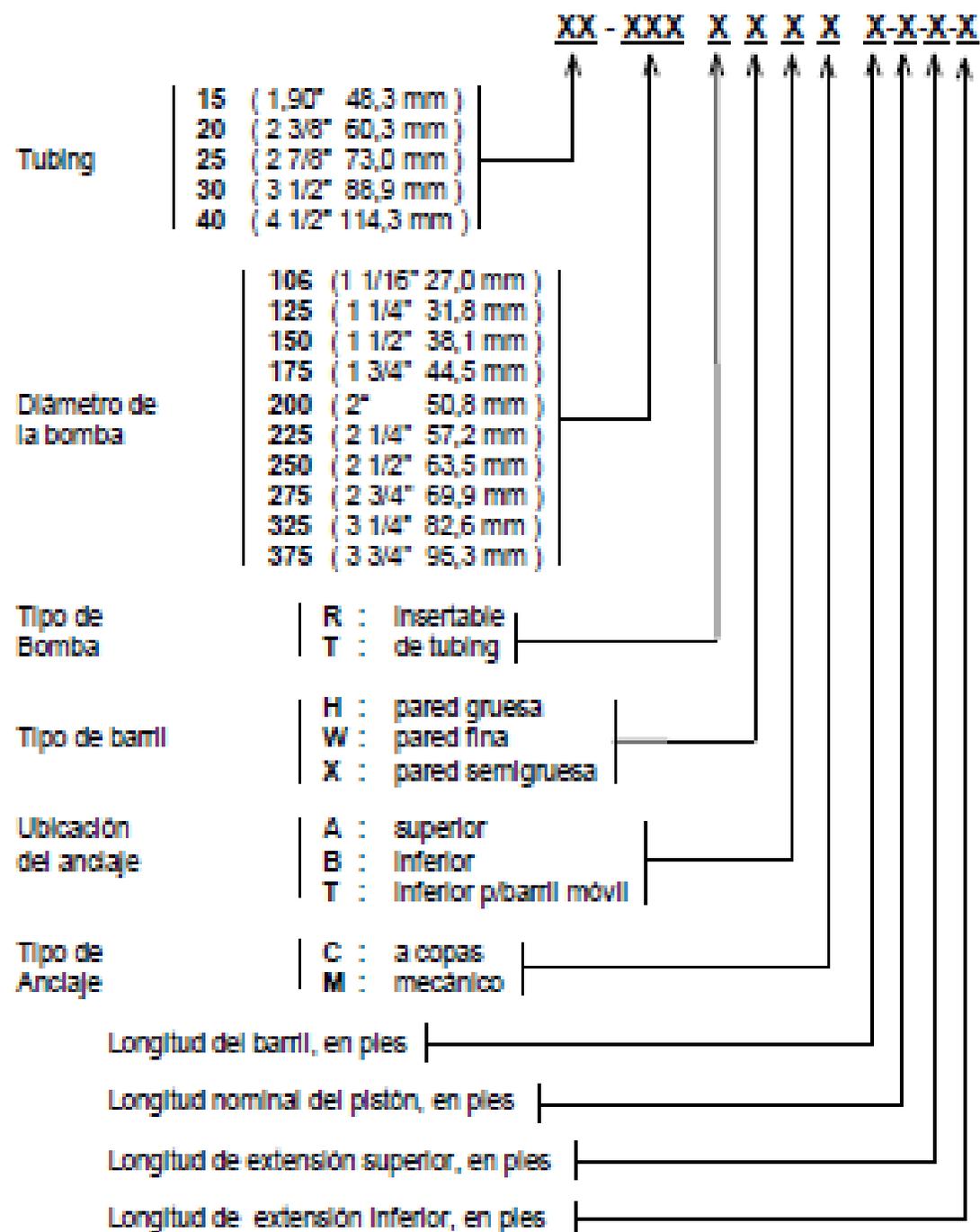
Tamaño de Válvula	Pasaje Mínimo API mm ² (pulg ²)	Pasaje Mínimo F.F. mm ² (pulg ²)	Incremento %
1 1/2"	87.2 (0.135)	227.5 (0.352)	161
1 3/4"	142.3 (0.220)	387.7 (0.601)	172
2"	246 (0.381)	572 (0.866)	133
2 1/4"	397.6 (0.616)	706.8 (1.095)	78
2 1/2"	524 (0.812)	957.7 (1.484)	83
2 3/4"	524 (0.812)	1092 (1.692)	108
3 1/4"	860.2 (1.333)	1388 (2.151)	61

Las válvulas de las bombas están compuestas por asientos y bolas, y son un componente crítico que trabaja a gran presión hidráulica debido a la profundidad. Solamente un perfecto diseño, y la elección correcta del material, pueden garantizar su duración.

Se encuentran disponibles en las siguientes calidades, para su utilización en conjuntos de iguales materiales o combinados:

TIPO	MATERIAL	DUREZA
ST - Acero Inoxidable Asiento y Bola	AISI 440 C Tratado Térmicamente	Asiento 77 a 79 HRA Bola 80 a 84 HRA
M - Maxalloy (Stellite) Asiento y Bola	Aleación de Co, Cr y W	Asiento 76 a 79 HRA Bola 79 a 83 HRA
C - Carburo de Tungsteno Asiento y Bola	Carburo de Tungsteno	Asiento 88 a 89 HRA Bola 88 a 89 HRA

TIPO	MATERIAL	DUREZA
CN - Carburo de Tungsteno con Nitruro de Silicio	Asiento - Carburo de Tungsteno Bola - Nitruro de Silicio	Asiento 88 a 89 HRA Bola 89 a 90 HRA
CT - Carburo de Tungsteno con Carburo de Titanio	Asiento - Carburo de Tungsteno Bola - Carburo de Titanio	Asiento 88 a 89 HRA Bola 89 a 90 HRA
CM - Carburo de Tungsteno con Maxalloy	Asiento - Carburo de Tungsteno Bola - Aleación Co, Cr y W	Asiento 88 a 89 HRA Bola 79 a 83 HRA
CI - Carburo de Tungsteno con Acero Inoxidable	Asiento - Carburo de Tungsteno Bola - AISI 440 C	Asiento 88 a 89 HRA Bola 80 a 84 HRA
CQ - Carburo de Tungsteno con Carburo de Níquel	Asiento - Carburo de Tungsteno Bola - Carburo de Níquel	Asiento 88 a 89 HRA Bola 89 a 90 HRA
Q - Carburo de Níquel Asiento y Bola	Carburo de Níquel	Asiento 88 a 89 HRA Bola 89 a 90 HRA



Tipo de bomba		Con pistón de metal liso		
		Barril pared gruesa	Barril pared fina	Barril pared semigruesa
Insertable	Barril estacionario, anclaje superior	RHA	RWA	--
	Barril estacionario, anclaje inferior	RHB	RWB	RXB
	Barril móvil, anclaje inferior	RHT	RWT	--
De tubing		TH	--	--

25-175 RHBC-16-4-2-2

Para completar la descripción de la bomba, se debe suministrar la siguiente información:

- a) Calidad del barril
- b) Calidad del pistón
- c) Luz entre barril y pistón
- d) Calidad de los asientos y bolas
- e) Calidad de los fittings

Ejemplo: Bomba Insertable de 1 3/4" de diámetro con barril de pared gruesa de 16 pies de acero cromado. Pistón de 4 pies metalizado liso. Extensión superior de 2 pies y extensión inferior de 2 pies. Anclaje inferior a copas para insertar en tubing 2 7/8".

Será identificada: 25-175 RHBC-16-4-2-2 Barril ACI - Pistón ML, luz 3 - Asientos de carburo de tungsteno y bolas de carburo de titanio - Fittings calidad regular.

	RHA	RHB	RWA	RWB	RWT	TH
PROFUNDIDAD	BUENO podría cortar la extensión	RECOMEND gran resistencia al reventón	NO RECOM gran posibilidad de reventón	BUENO Puede colapsar el barril	BUENO Puede reventar el pull tube	NO RECOM Grandes cargas AIB y estiram. en varillas
GRANDES VOLÚMENES	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	RECOMEND
GAS	RECOMEND Mejor ingresar arena en la bomba	BUENO	RECOMEND Mejor sumergencia limitada por profundid	BUENO	NO RECOM Pull tube largo válvula estacionaria pequeña	NO RECOM. Baja relación de comp. Debido al pescador
BOMBEO INTERMITENTE	BUENO Puede ingresar arena en la bomba	BUENO Puede ingresar arena en la bomba	BUENO Puede ingresar arena en la bomba	BUENO Puede ingresar arena en la bomba	RECOMEND No ingresa arena en la bomba	NO APLIC. Seleccionar una bomba más pequeña
BAJO NIVEL	RECOMEND Mejor sumergencia debajo de punzados	BUENO	RECOMEND Mejor sumergencia limitada por profundid	BUENO	NO RECOM Pull tube largo y valvu estacionaria muy alta	NO APLIC
ARENA	RECOMEND Sin espacio muerto en anular barril/tub	NO RECOM Espacio muerto en anular barril/tub	RECOMEND Sin espacio muerto en anular barril/tub	NO RECOM Espacio muerto en anular barril/tub	RECOMEND No acumula arena en la bomba	BUENO
CARBONATO	BUENO	BUENO	BUENO Puede engranarse c/cambio de carrera	BUENO Puede engranarse c/cambio de carrera	BUENO Puede engranarse c/cambio de carrera	BUENO
PARAFINA	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
CORROSIÓN	RECOMEND Puede inhibirse el OD efectivamente	NO RECOM Espacio muerto en anular barril/tub	RECOMEND Puede inhibirse el OD efectivamente	NO RECOM Espacio muerto en anular barril/tub	NO RECOM Difícil de inhibir sector inferior del pull tube	RECOMEND Puede inhibirse el OD efectivamente

DINAMOMETRIA

Los parámetros representativos del funcionamiento del sistema son:

- Cargas máximas y mínimas sobre el vástago y varillas.
- Estiramientos de las varillas y tubing y recorridos efectivos del pistón de la bomba.
- Nivel dinámico y presión de admisión a la bomba de profundidad.
- Existencias de perdidas a través de las válvulas fija y móvil.
- Caudal efectivamente desplazado por la bomba de profundidad.
- Esfuerzos en las varillas y en el vástago de bombeo.
- Valor del torque aplicado al reductor del AIB
- Potencia consumida para el trabajo.
- Rendimiento del sistema.

La información previa necesaria es:

- Caudales del pozo medidos en campo.
- Porcentaje de agua contenida.
- Características de los fluidos producidos, viscosidad, densidad.
- Relación gas-petróleo
- Nivel dinámico medido en campo.
- Especificaciones tamaño y tipo de equipamiento, motor, AIB, vástago y varillas, bomba de profundidad, tubing, ancla, entubación etc.
- Profundidad de la bomba, ubicación de los punzados, profundidad de tubing y de anclaje.
- Velocidad de bombeo y longitud de la carrera actual.

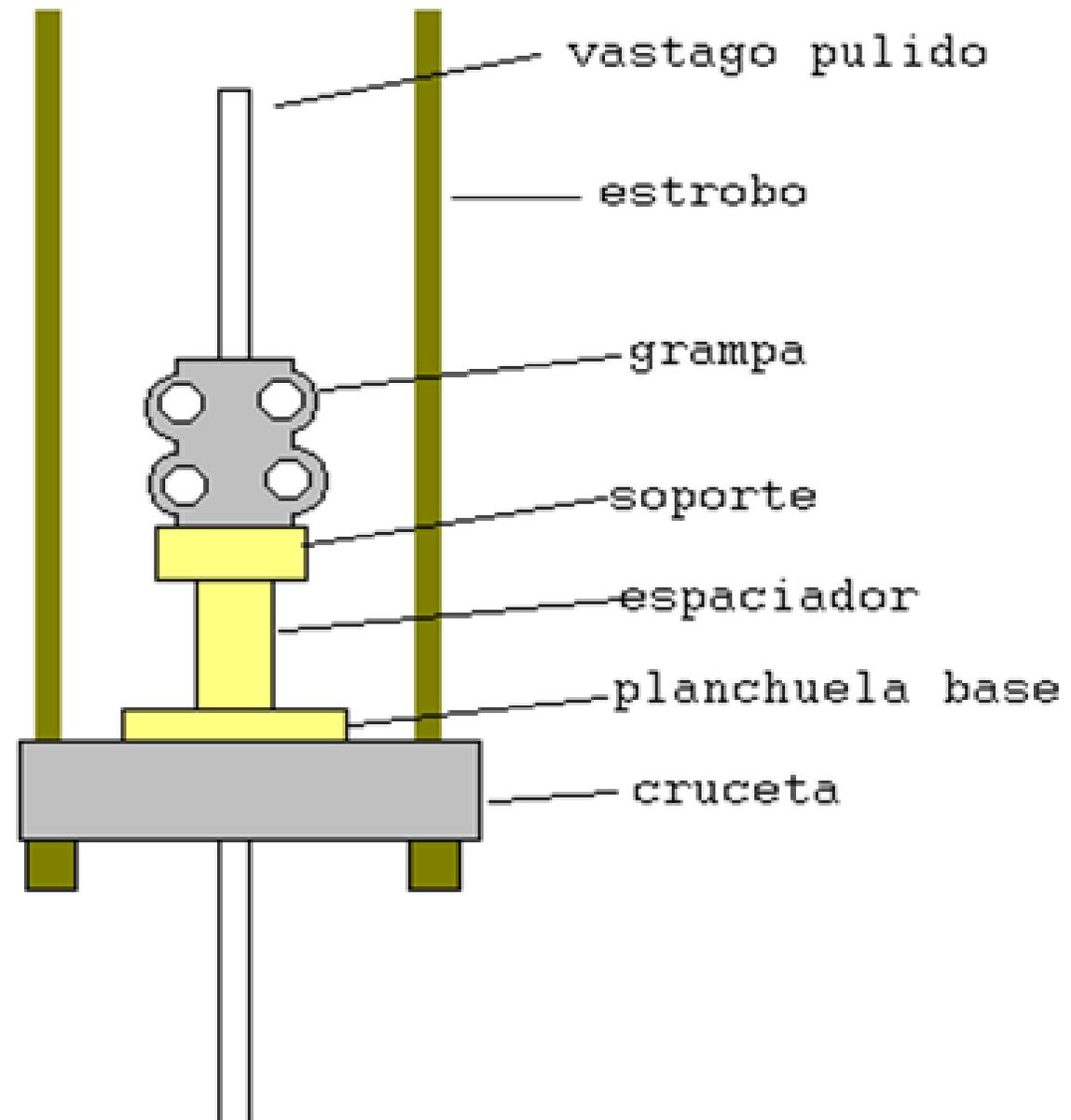
La base de estos estudios tendientes a realizar un diagnostico, es la obtención en campo de mediciones dinamométricas y registros de niveles.

DINAMOMETRIA

1. DINAMOMETRO

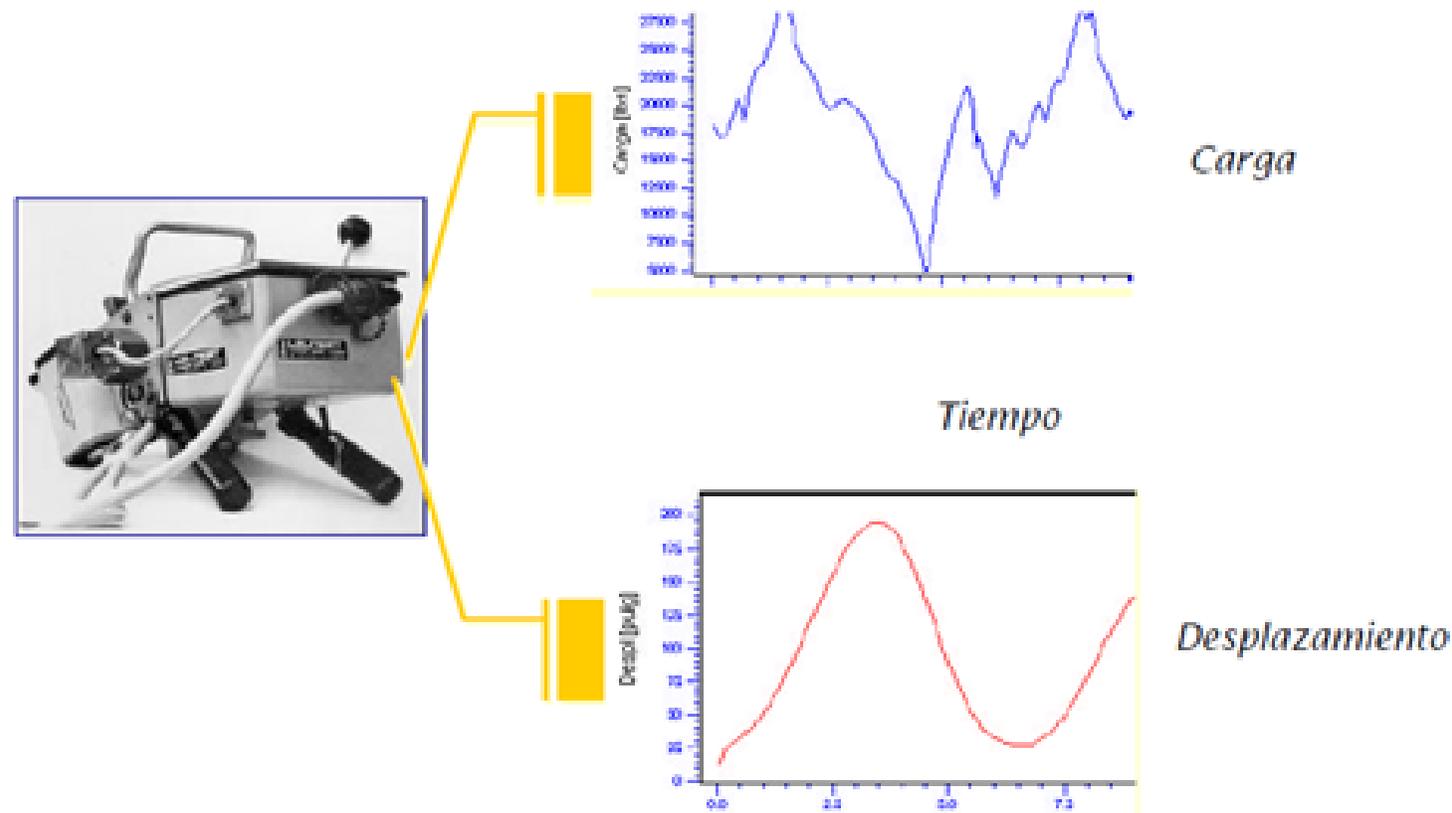
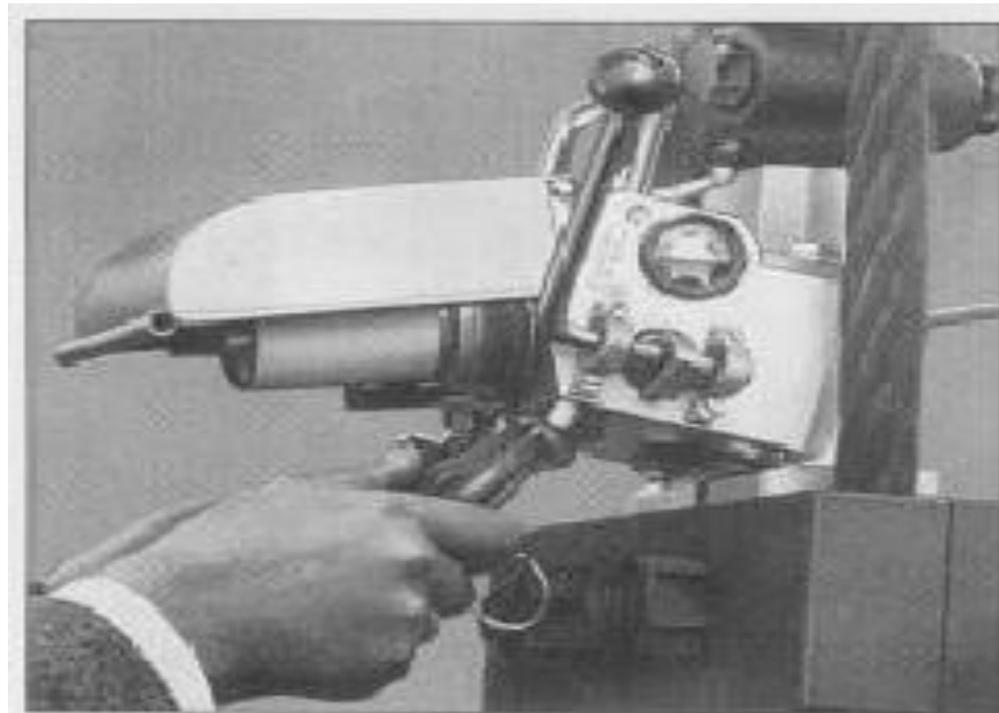
El dinamómetro tal como lo expresa su nombre, es un equipo medidor de fuerzas (o de peso de determinado elemento) y se lo utiliza en el sistema de bombeo mecánico para registrar la carga aplicada al vástago de bombeo y a la columna de barras de bombeo a lo largo del recorrido de la misma, y a partir de estos registros, valorizar los esfuerzos de tracción en la sarta de varillas, los esfuerzos de torque en la caja reductora de los equipos de bombeo, verificar los contrapesos, determinar las potencias, conocer los desplazamientos y rendimientos de la bomba de profundidad, es decir para analizar el rendimiento del sistema en general.

La carga instantánea aplicada al vástago será registrada en una carta o gráfico en forma continua en diferentes posiciones a lo largo de todo el desarrollo del ciclo de bombeo, dibujando una curva dinamométrica de la carga en función del recorrido. Las lecturas mencionadas, tomadas todas en superficie, permiten deducir que pueden ocurrir con el comportamiento físico de todos los restantes elementos que integran el sistema

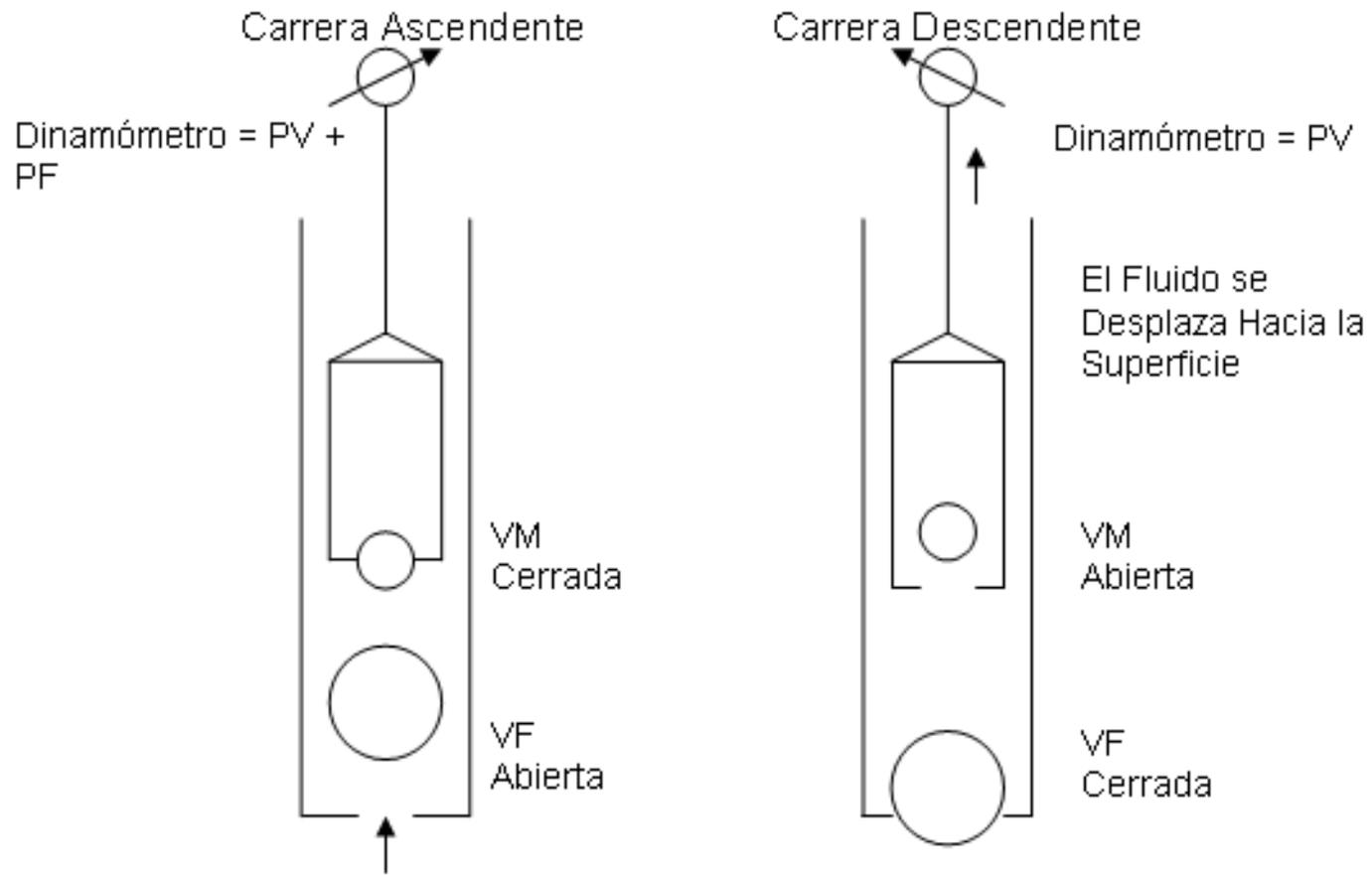


- **DINAMÓMETRO CONVENCIONAL DE SUPERFICIE**

Para comprender el origen del gráfico dinamométrico es conveniente analizarlo desde el punto de vista del registro convencional, tomando en superficie por un dinamómetro tipo Leuter, a fin de entender primero un gráfico básico para luego observar los de fondo y estudiar distintas interpretaciones de los mismos. Cualquiera sea el sensor, se debe colocar en superficie a fin de cargar sobre el todo el peso que actúa sobre el vástago. En las figuras siguientes se pueden observar donde van colocados dichos sensores.



SECUENCIA DE CARGAS



El Fluido Ingresa al Interior del

Diagrama Ideal

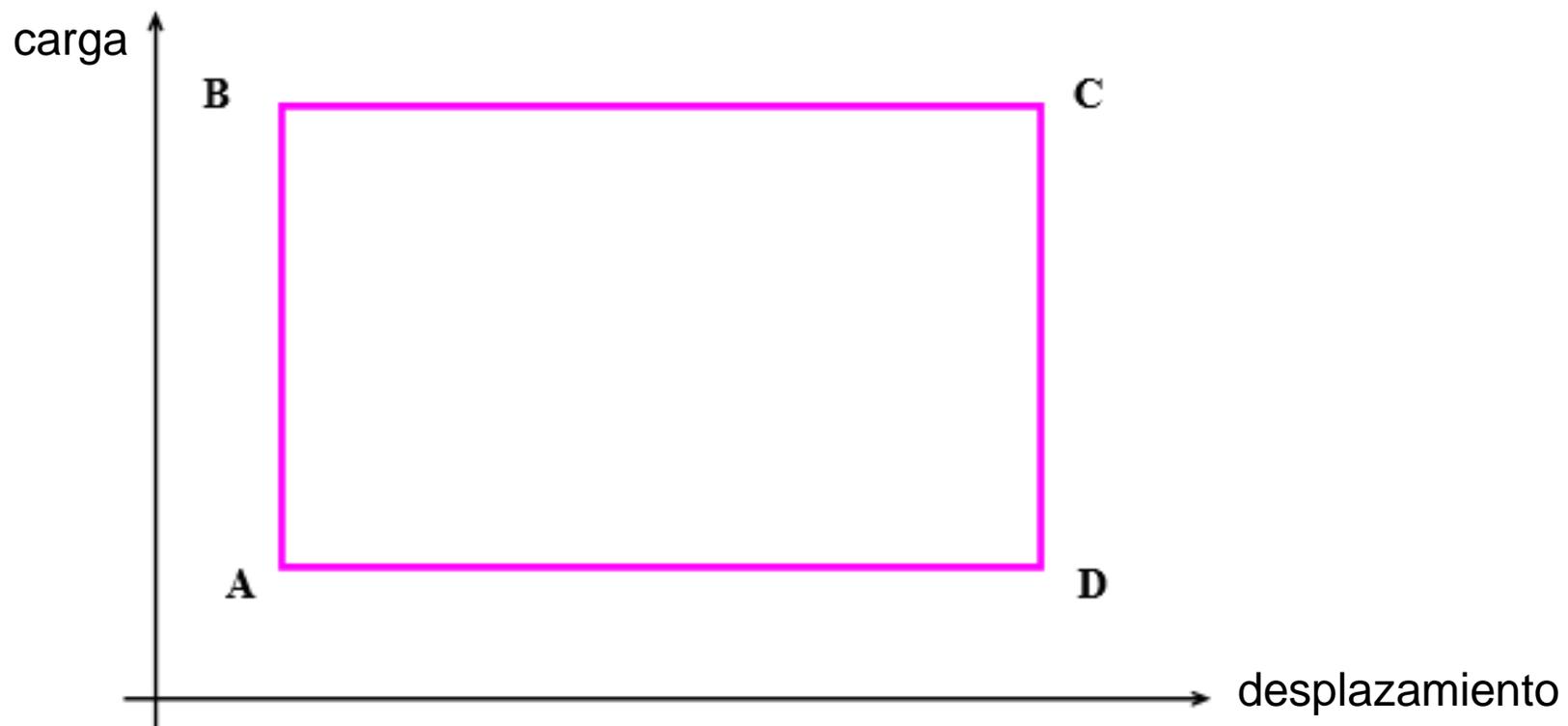


Diagrama Ideal con efecto de estiramiento de varillas

Desde que comienza la carrera ascendente en “A” hasta que se llega a la situación de carga máxima en “B” y por efecto del estiramiento de las varillas, el punto “B” no está sobre la vertical de “A” sino corrido hacia la derecha un cierto espacio, que es el recorrido representativo de la deformación de las varillas por el estiramiento y que se registra hasta que la carga llega al valor máximo. Recién cuando se alcanza este valor, comienza en realidad a moverse hacia arriba el pistón de la bomba de profundidad en el fondo del pozo. Un efecto similar, pero en sentido inverso, por acortamiento, se produce al comenzar la carrera descendente, dado que el efecto de transferencia de la carga a la válvula fija no es instantáneo, por lo que el punto “D” no está sobre la vertical de “C” sino corrido hacia la izquierda, representando el efecto de contracción de las varillas hasta su longitud original.

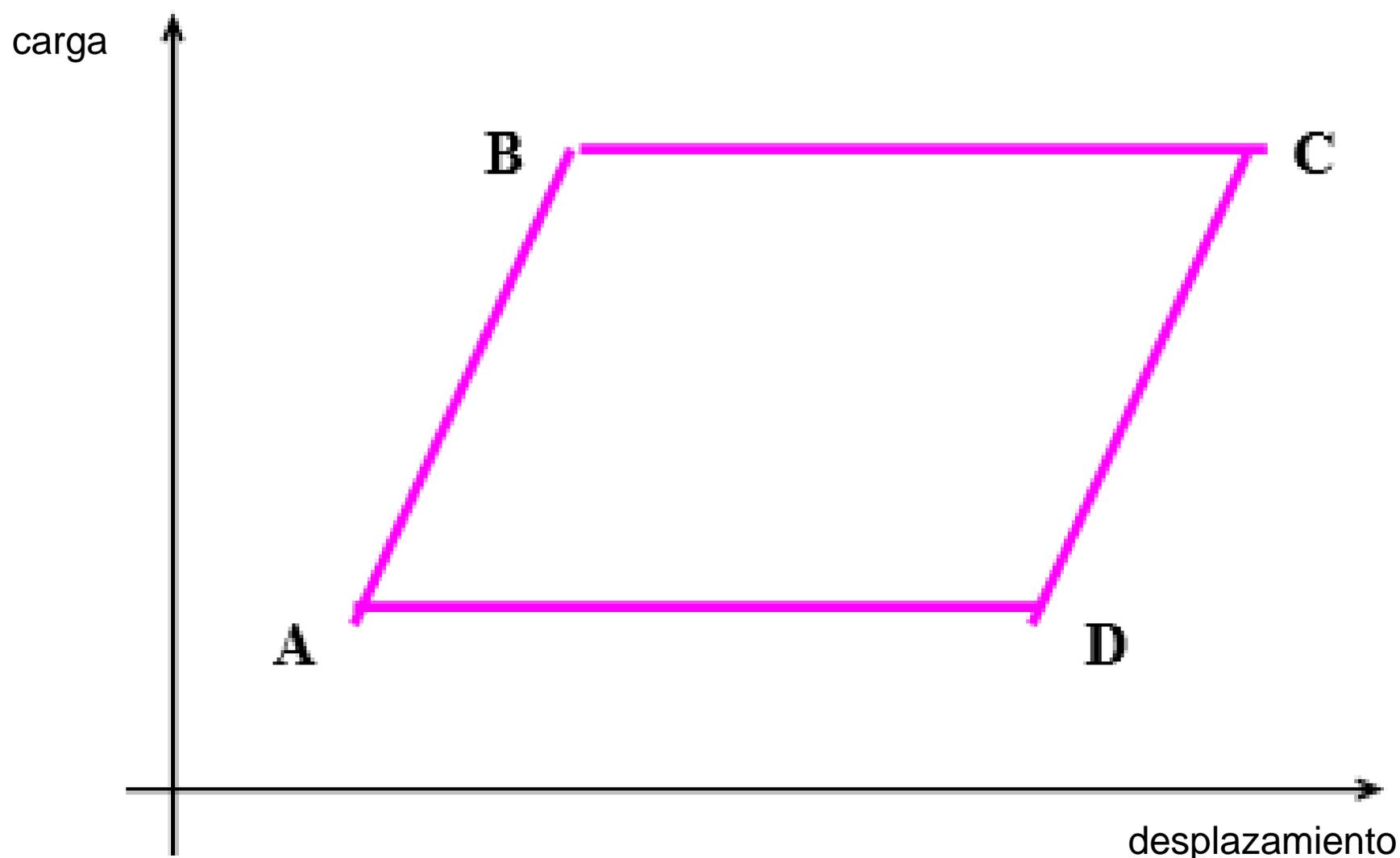


Diagrama Real

Para llegar a un gráfico menos ideal hay que considerar efectos de rendimientos volumétricos y llenado en la bomba, tiempos de demora para las transferencias de las cargas y la presencia de fuerzas dinámicas, es decir debidas a las aceleraciones de las masas consideradas, masas de las varillas y masa de los fluidos. En la siguiente figura se puede observar un gráfico típico de un registro dinamométrico.

Iniciando el análisis en el punto "A", se observa que comienza el incremento de cargas en coincidencia con el comienzo de la carrera ascendente (Punto "A"), pero casi inmediatamente se nota una disminución de la misma hasta el punto "B". Este efecto se produce porque las varillas, que traen una cierta velocidad en el final de la carrera descendente, al invertir el movimiento devuelven parte de la energía de deformación absorbida en la carrera anterior tendiendo a contraerse, (como un resorte) por lo que la carga sobre el vástago disminuye en cierta medida "B".

En el punto "B" se produce efectivamente el cierre de la válvula móvil del pistón de la bomba de profundidad, incrementando las cargas y produciendo una curva ascendente hasta el punto "C", punto de máxima. Durante el tramo "B"- "C" no es constante la carga porque la velocidad del vástago va aumentando y se produce una combinación de alta aceleración con máxima masa (masa de varillas + masa de fluido) lo que genera la posición de carga máxima en "C". A partir de este punto comienza a disminuir las cargas debido a la disminución de la velocidad del vástago hasta el punto donde se completa la carrera ascendente (punto "D").

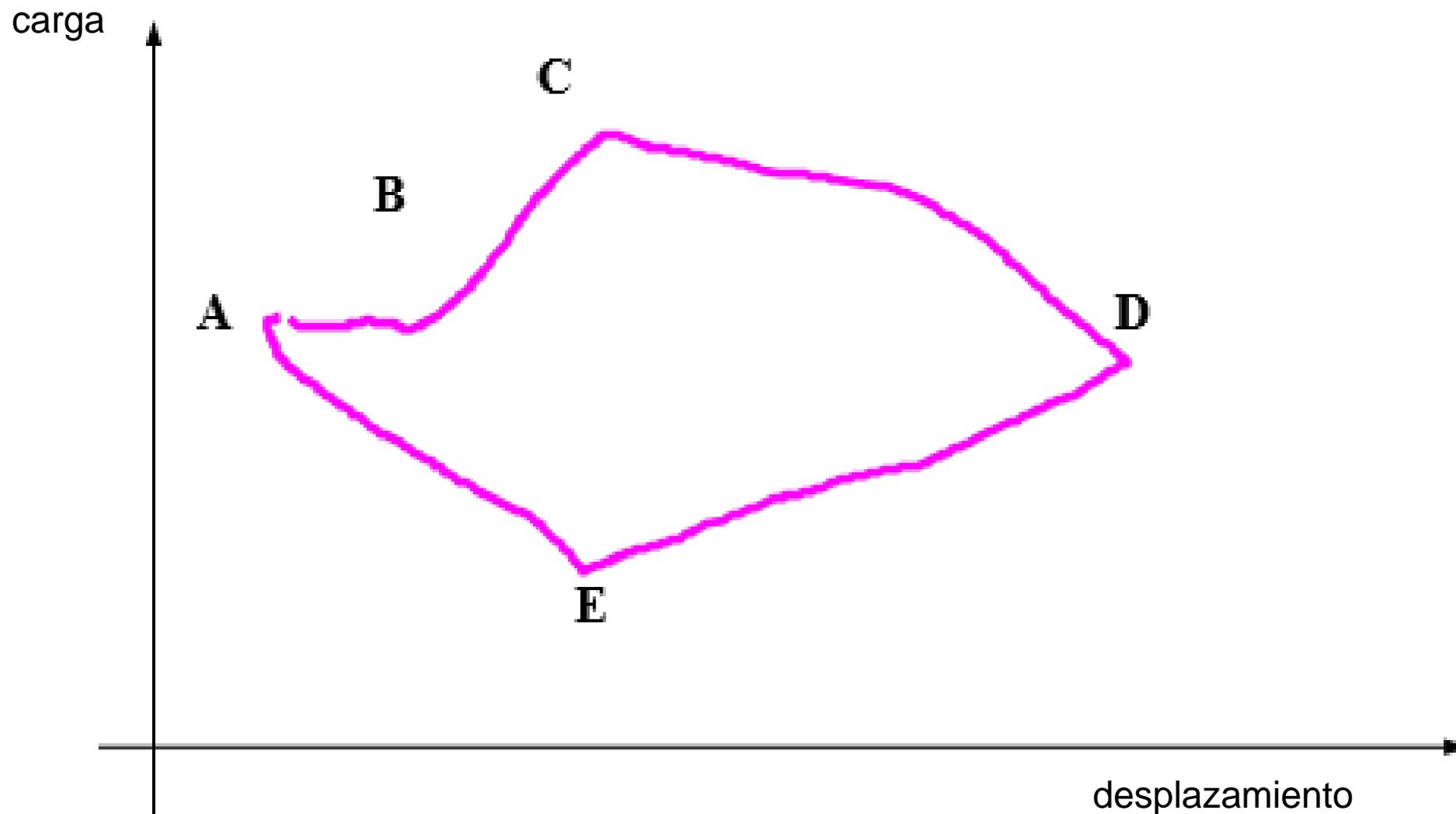
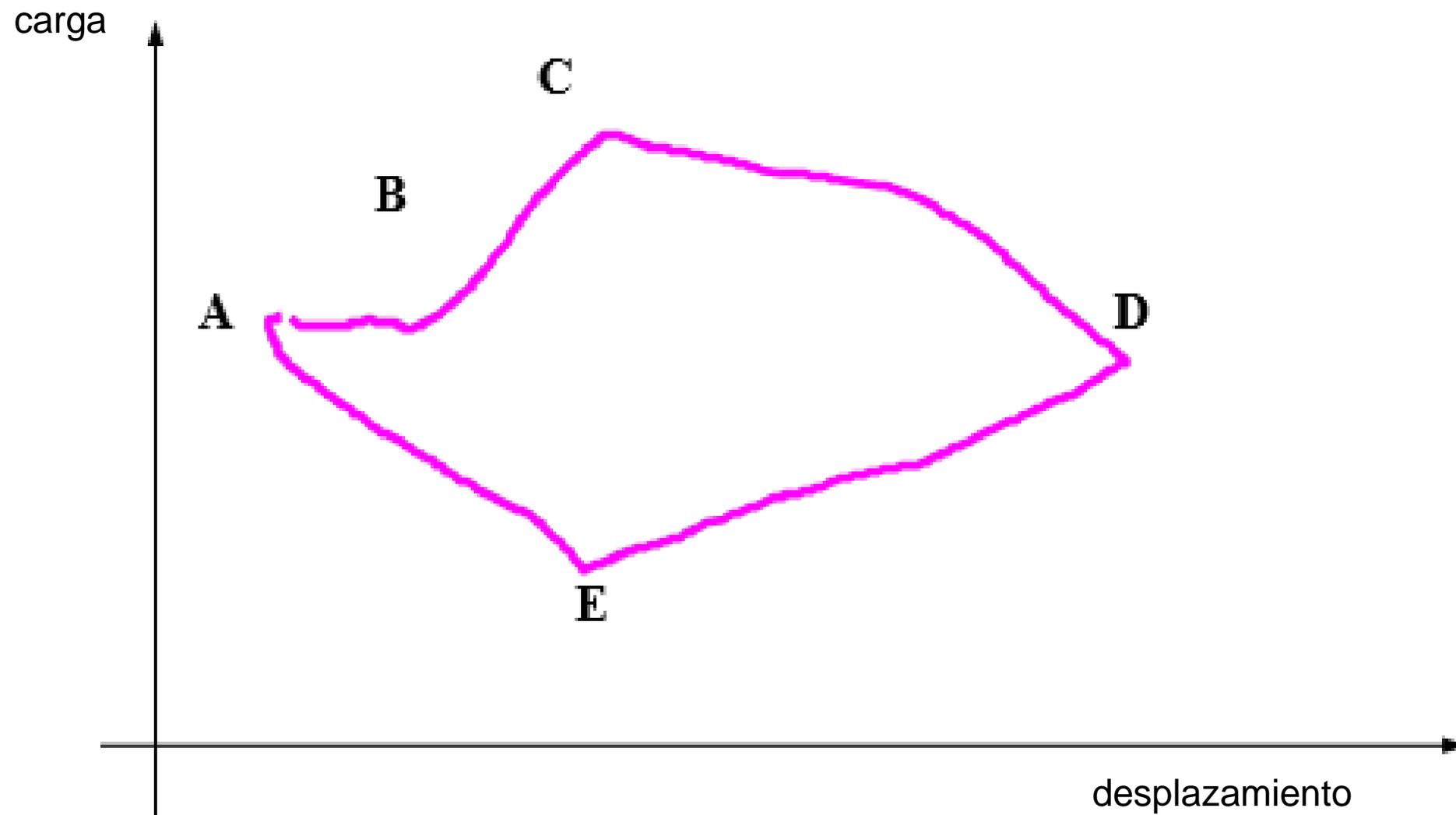


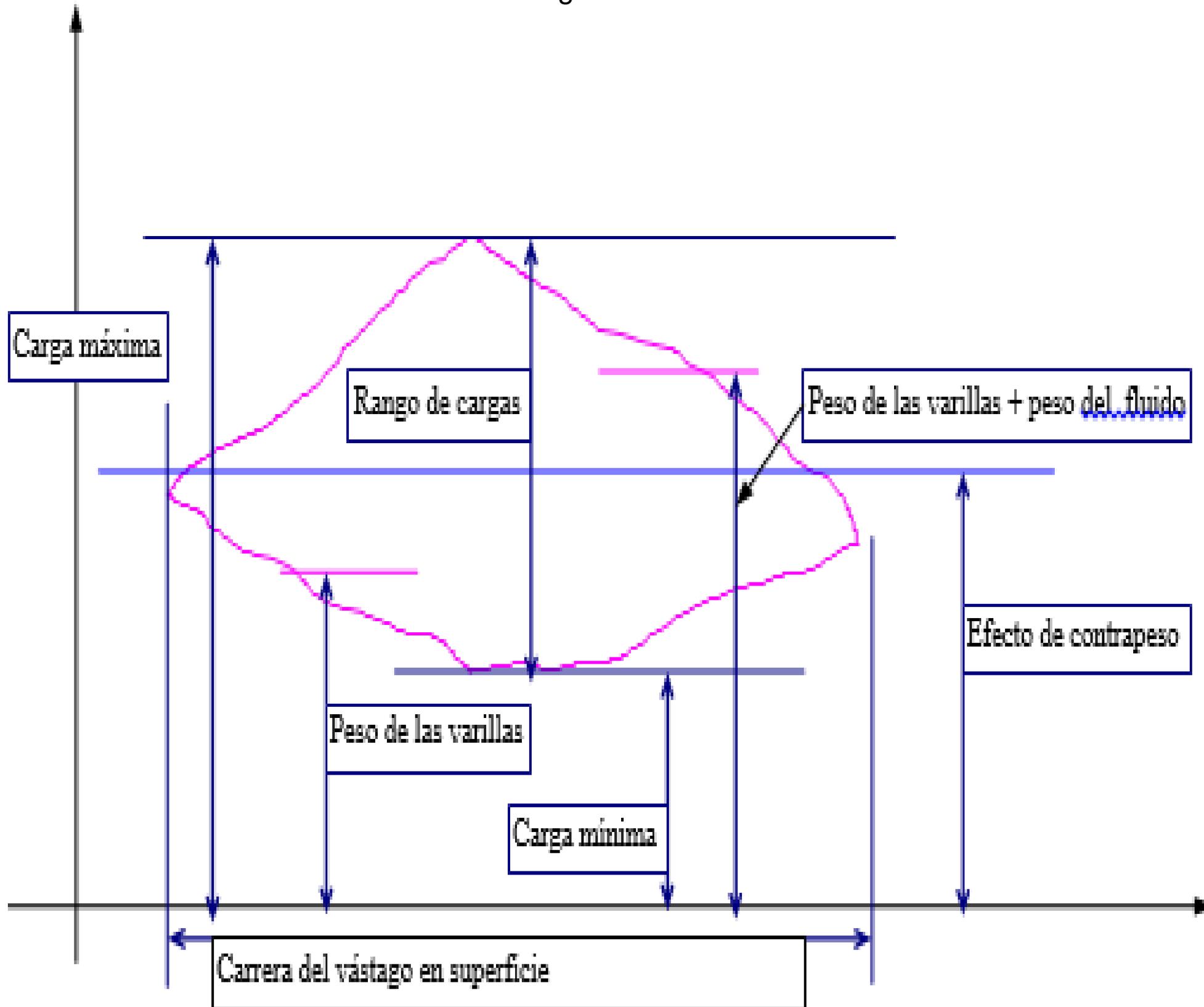
Diagrama Real



CARRERA DESCENDENTE: Al comenzar el descenso del vástago, la carga sobre éste disminuye pues al abrirse la válvula móvil se transfiere a la válvula fija y al tubing el peso del fluido. Así se llega al punto "E" donde el vástago lleva al máximo de velocidad descendiendo, iniciando a partir de ese punto una disminución de la misma. Por lo tanto, "E" representa el punto de esa carga mínima a partir del cual se incrementan nuevamente las cargas, las que van aumentando hasta llegar al extremo de la carrera descendente con un valor equivalente al punto "A", que representa el punto muerto inferior donde termina la carrera descendente y comienza la ascendente. Cuando se habla de bombeo mecánico, es frecuente hacer comentarios referidos a que tal o cual pozo es "pesado" o "liviano" en su funcionamiento, utilizando dichos términos en forma relativa, para hacer referencia a un rango de cargas originadas en la movilización del fluido hasta la superficie.

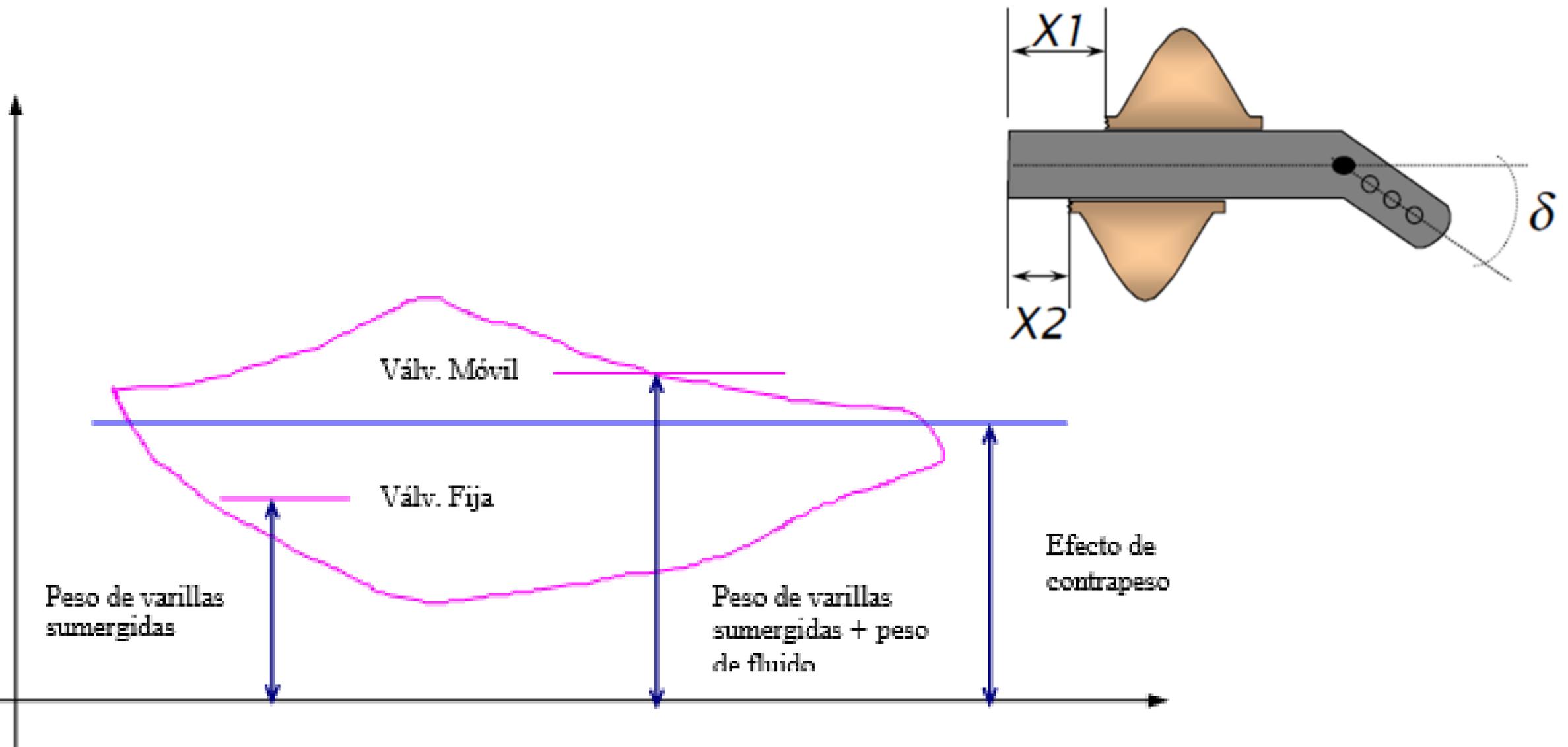
Son varios los factores que contribuyen a conformar la carga del pozo, la que en principio se puede dividir entre las de tipo estático (que actúan o inciden aún con el equipo detenido) y las dinámicas, que aparecen por efecto del movimiento, es decir actúan solamente cuando el equipo está en movimiento.

Cargas del sistema



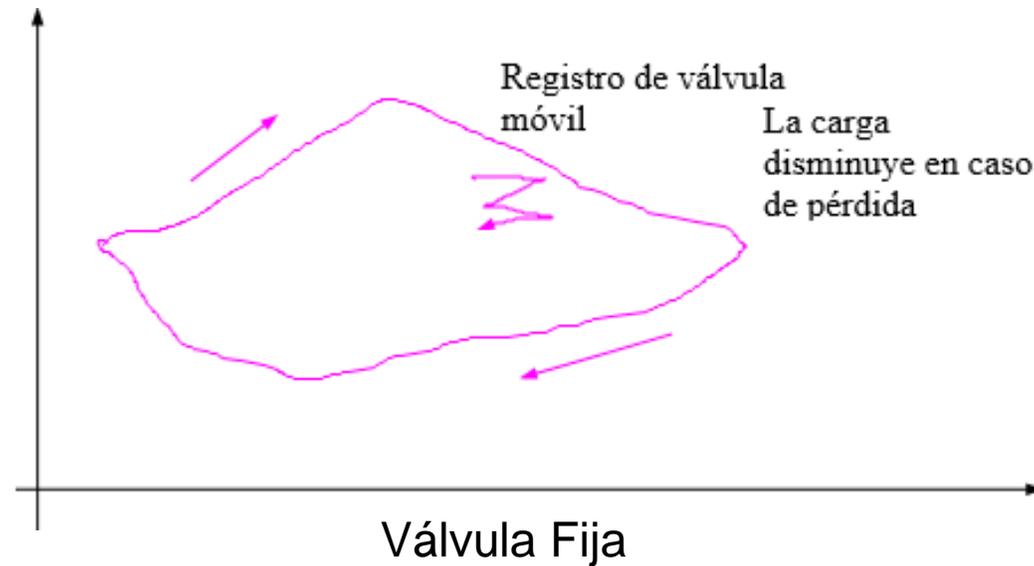
Efecto del Contrapeso

Para determinar el efecto de contrapesado a partir del dinamómetro, es necesario trazar la línea de contrapeso, la que se debe registrar parando la unidad de bombeo en la mitad de la carrera ascendente, cuando la manivela está a 90° de rotación. En esa posición, aislando la carga del pozo, sobre el vástago actuará solamente el efecto de los contrapesos. La ubicación de la línea horizontal da idea del balanceo del equipo ya que las dos áreas en que queda dividida el gráfico deben ser iguales, considerando la ejecución de un mismo trabajo tanto en la carrera ascendente como en la descendente

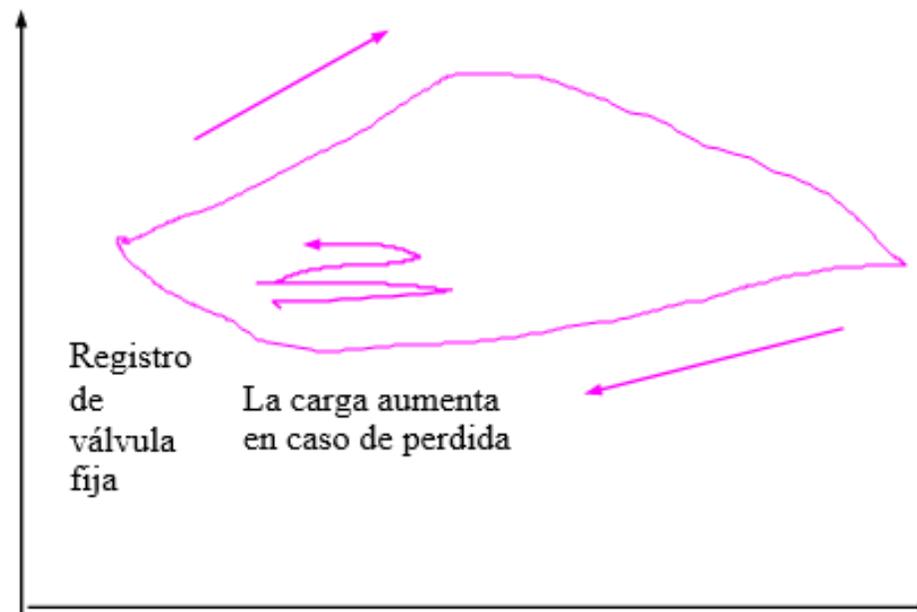


Válvula Móvil

deteniendo el equipo cuando el vástago ha recorrido un $\frac{3}{4}$ de la carrera ascendente y registrando en ese momento el valor de la carga, la misma representa el PESO DE LAS VARILLAS SUMERGIDAS MÁS EL PESO DEL FLUIDO y es la válvula viajera o móvil la que soporta todo el fluido en ese momento

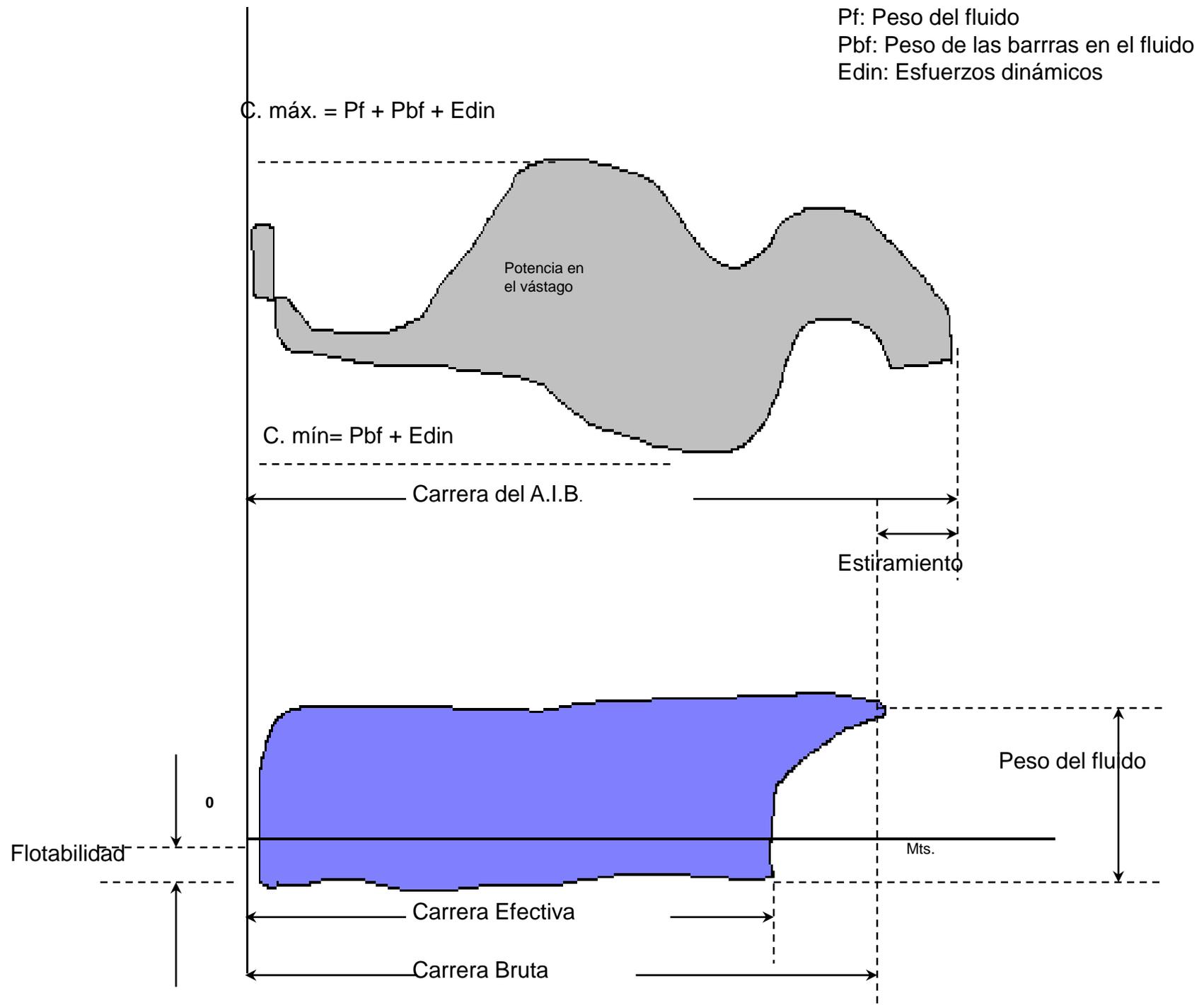


se detiene el equipo cuando se ha recorrido $\frac{3}{4}$ de la carrera descendente y se registra la carga del vástago en esa posición, la misma representa EL PESO DE LAS BARRAS SUMERGIDAS, ya que el peso del fluido contenido en el tubing está soportado en esa posición por la válvula fija, cerrada en la carrera descendente



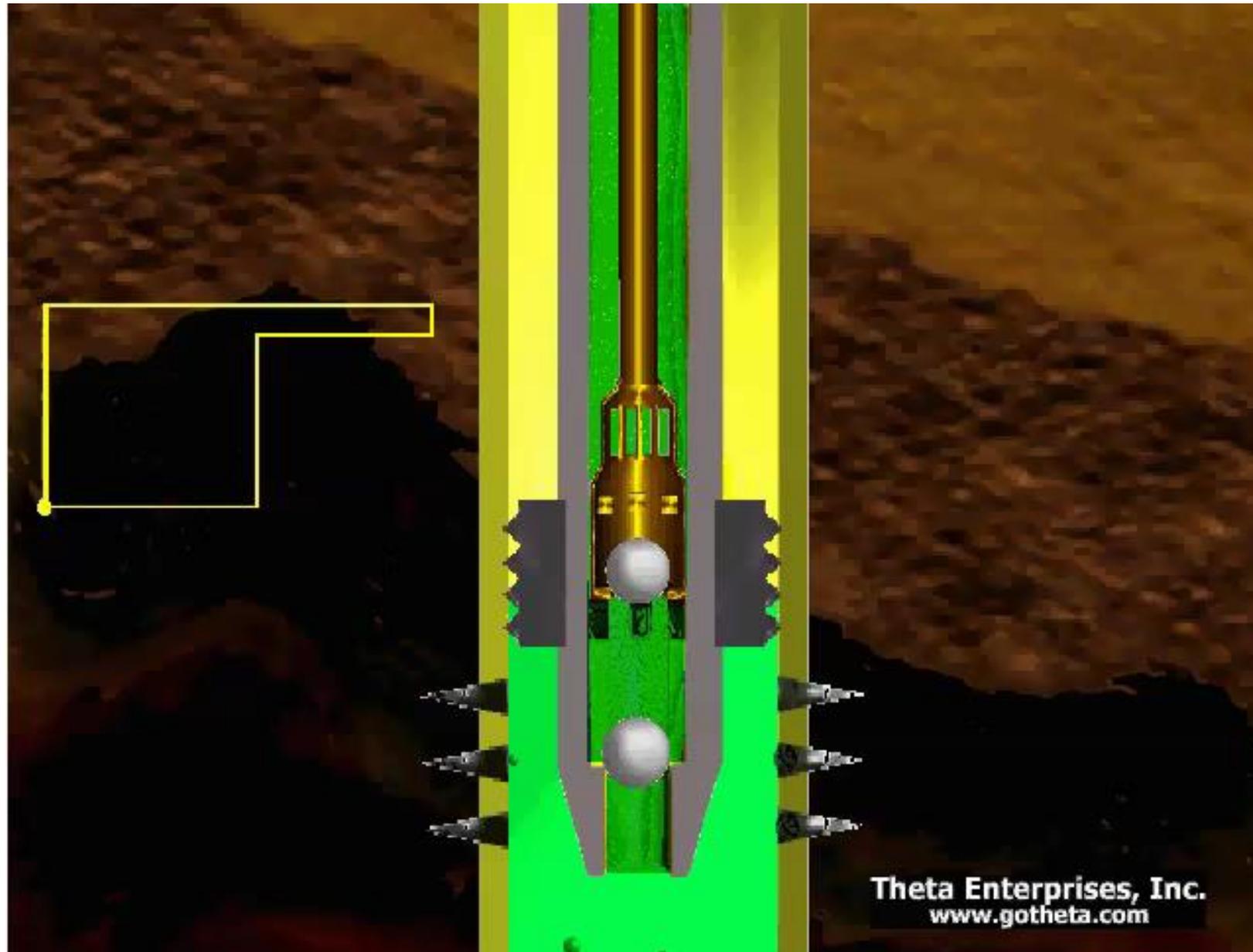
Carta de Fondo

- Se define a partir de la resolución de la ecuación de la onda elástica.
- Indica el estado de trabajo de la bomba.



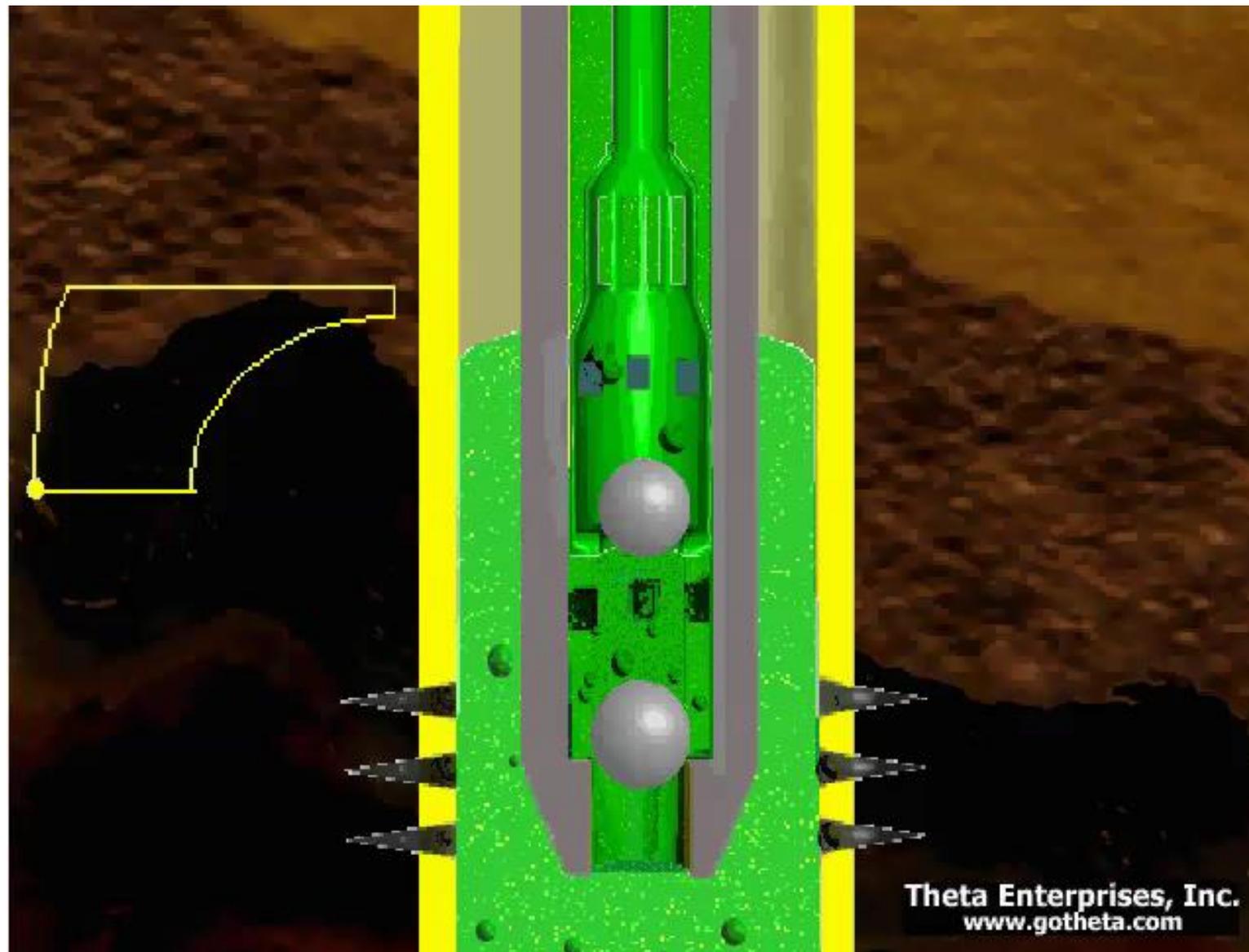
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- GOLPE DE FLUIDO
 - Se pone de manifiesto cuando el llenado de la bomba es incompleto por falta de aporte de fluido del pozo, taponamiento de la admisión de la bomba.



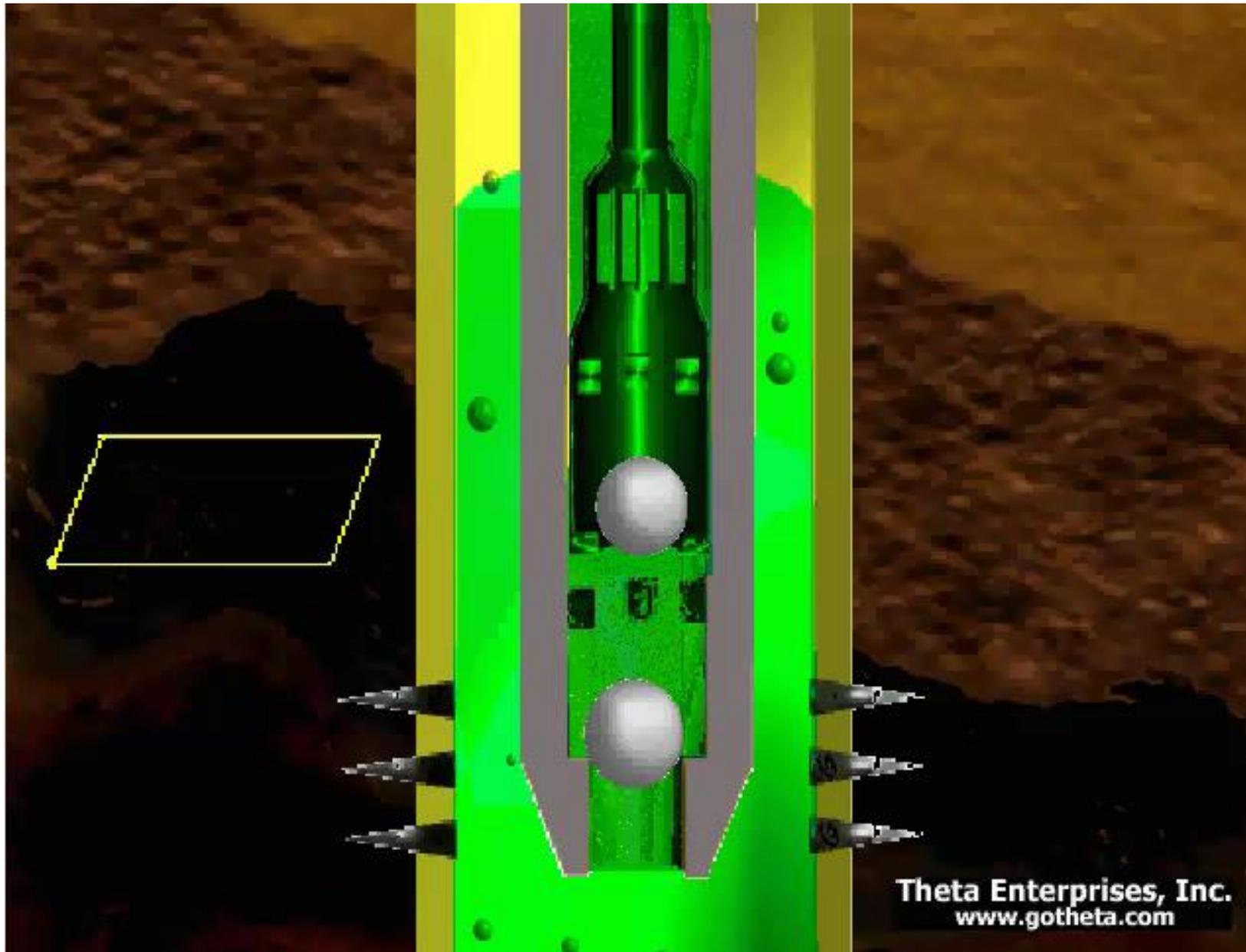
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- INTERFERENCIA DE GAS
 - Se pone de manifiesto cuando el llenado de la bomba es incompleto debido al ingreso de gas a la bomba



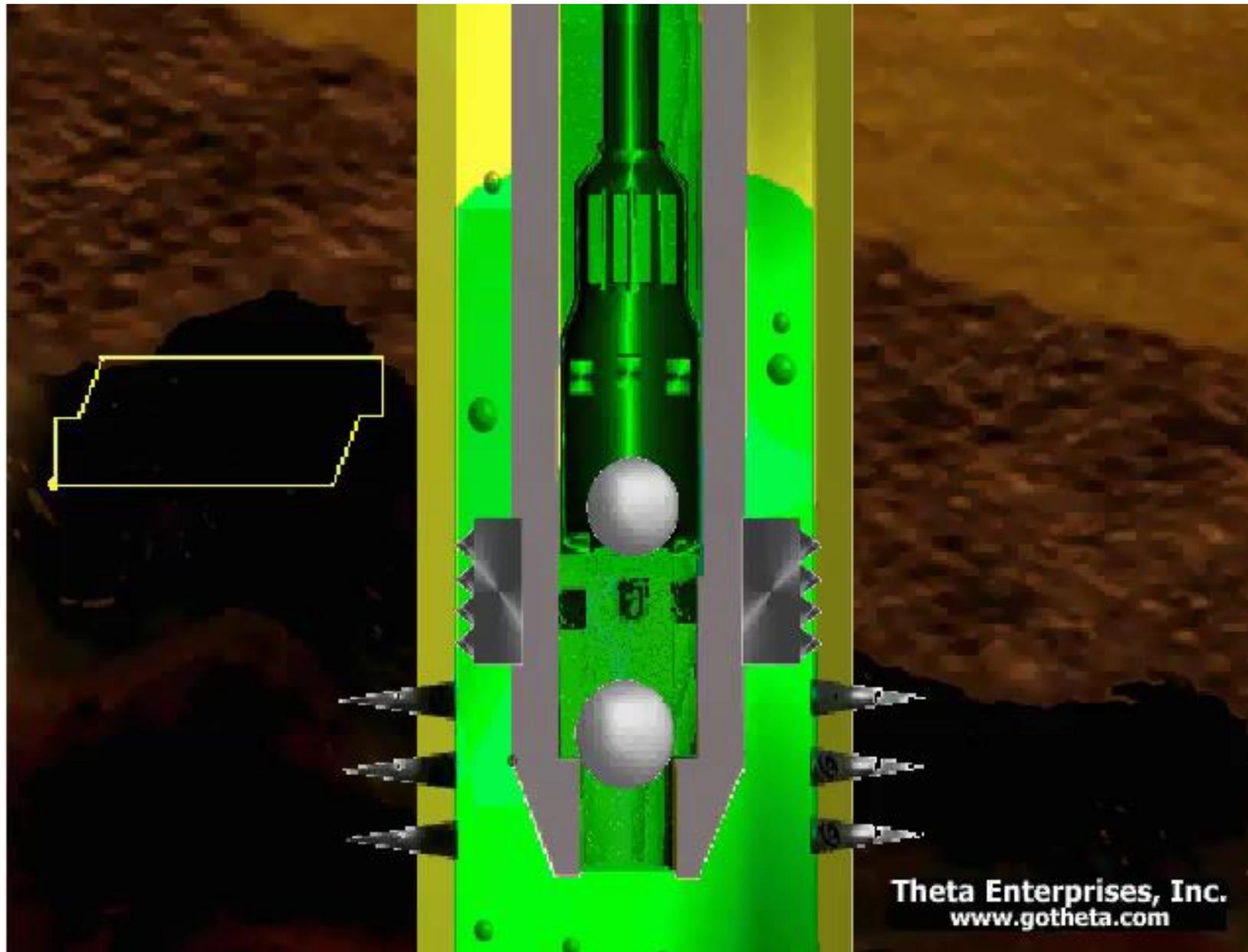
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- ANCLA LIBRE
 - Se pone de manifiesto cuando el tubing se ha desvinculado del casing.



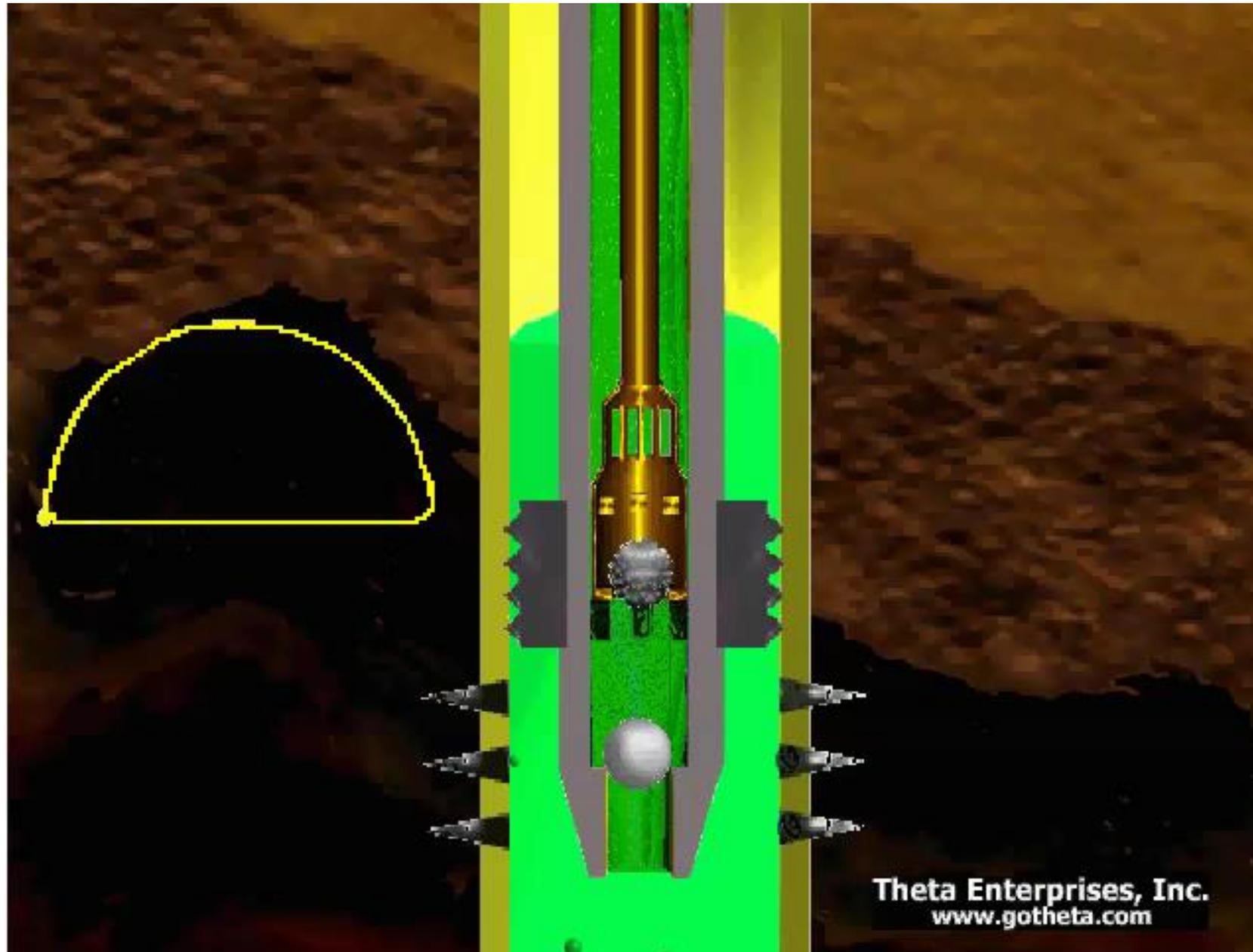
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- GARREO DE ANCLA
 - Se pone de manifiesto cuando el ancla no ha sido fijada con la tensión adecuada.



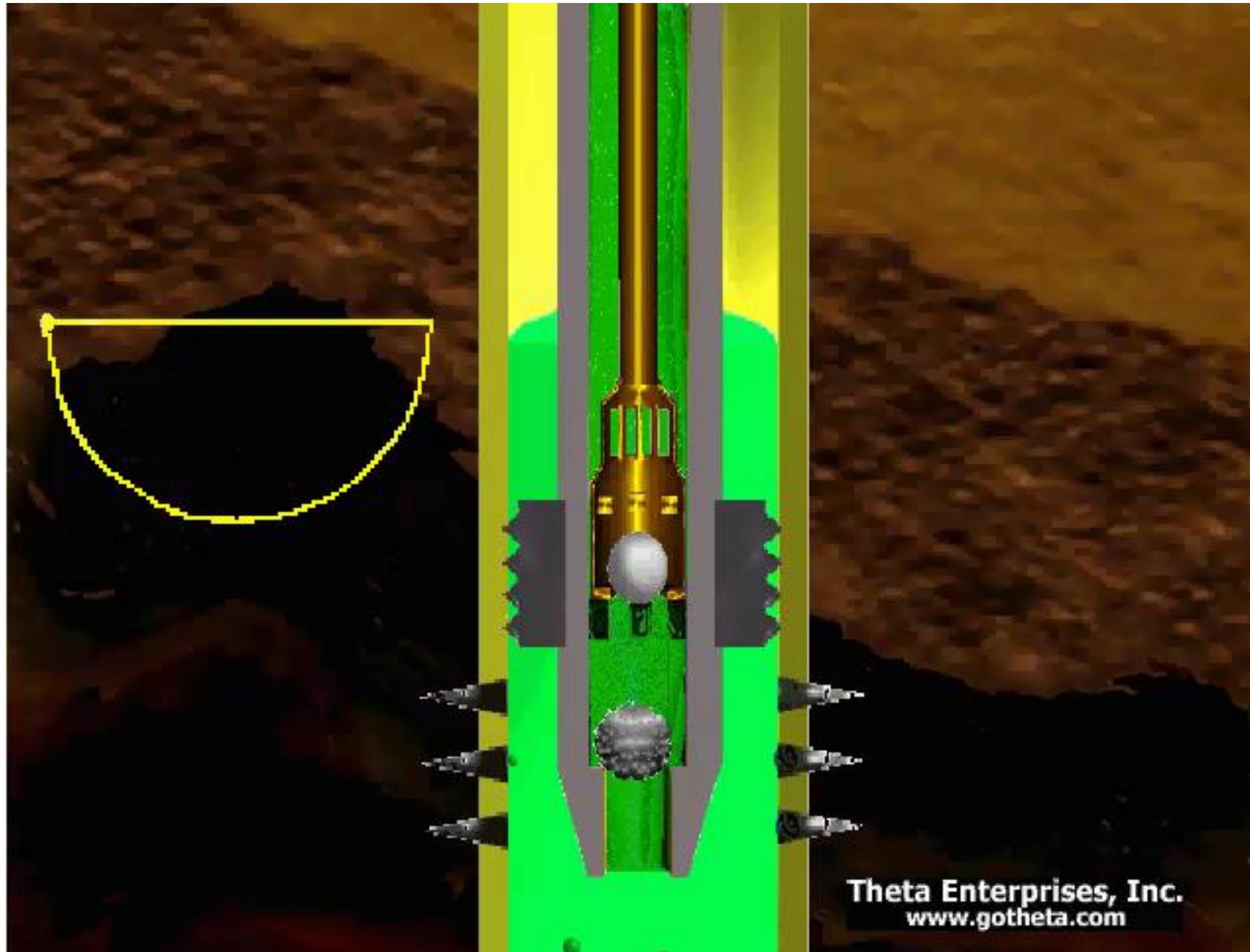
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- PERDIDA EN VALVULA MOVIL
 - Se pone de manifiesto cuando durante la carrera ascendente, la VM no cierra adecuadamente



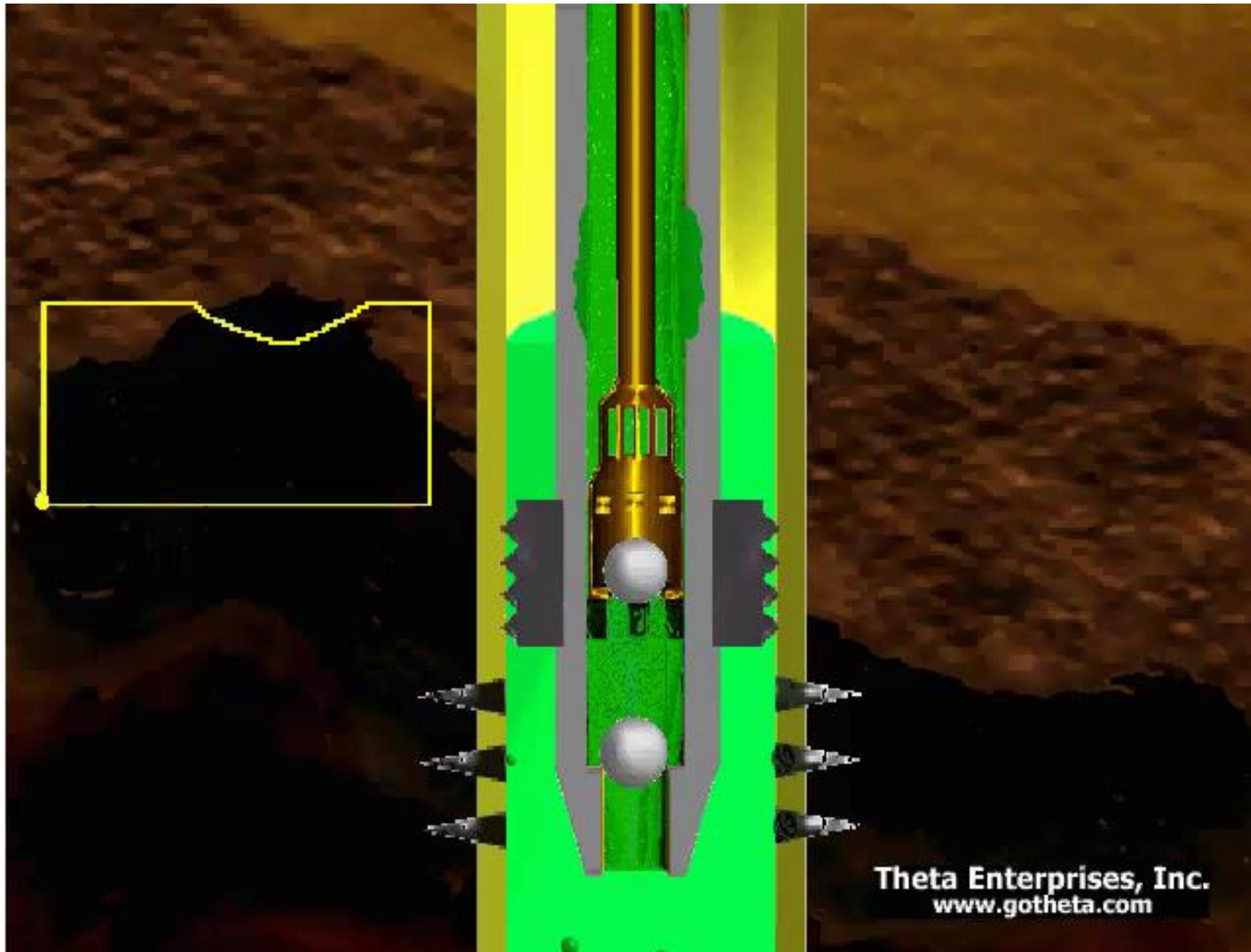
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- PERDIDA EN VALVULA FIJA
 - Se pone de manifiesto cuando durante la carrera descendente, la VF no cierra adecuadamente



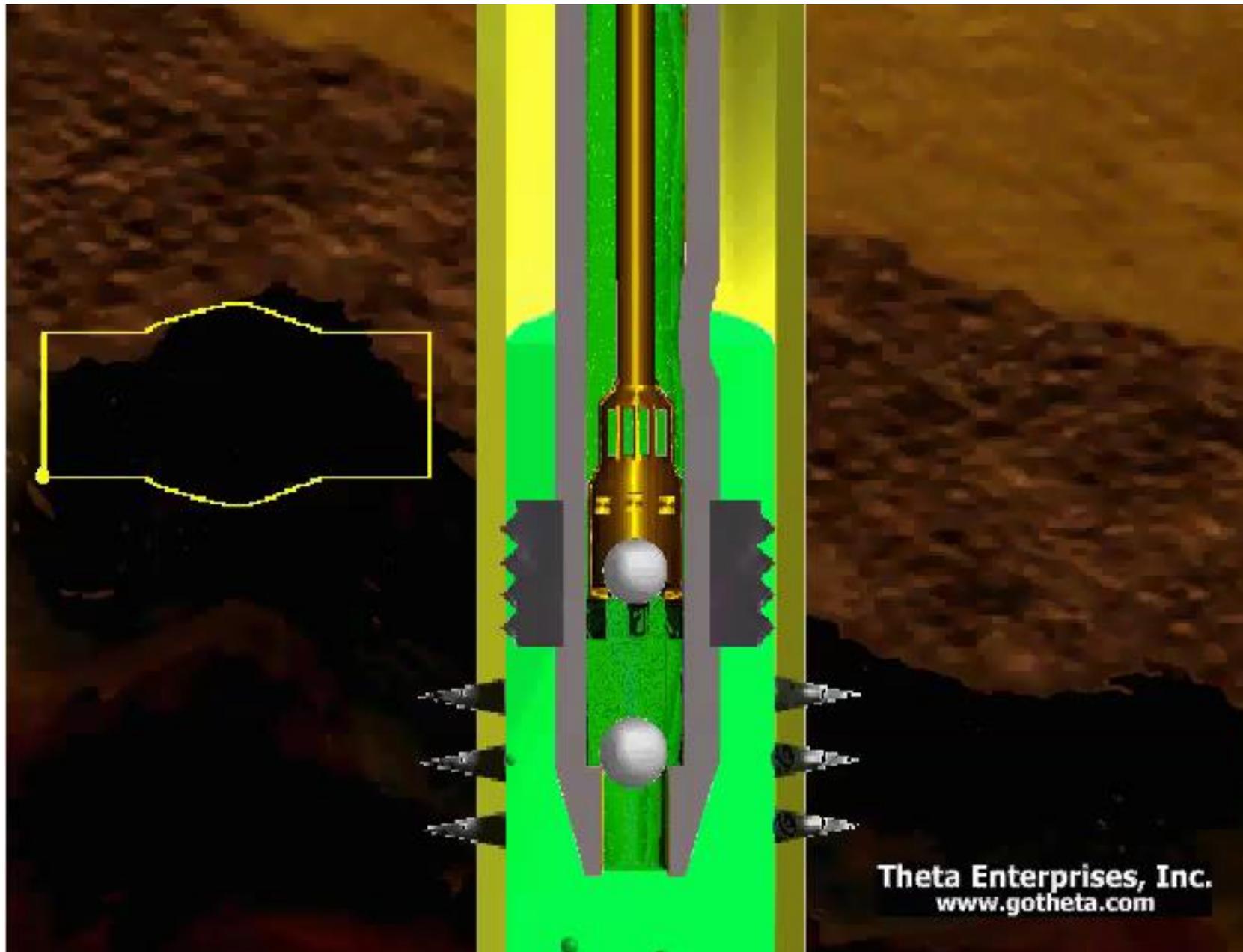
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- BARRIL PICADO
 - Se pone de manifiesto cuando el cromado interior del barril esta afectado por corrosión



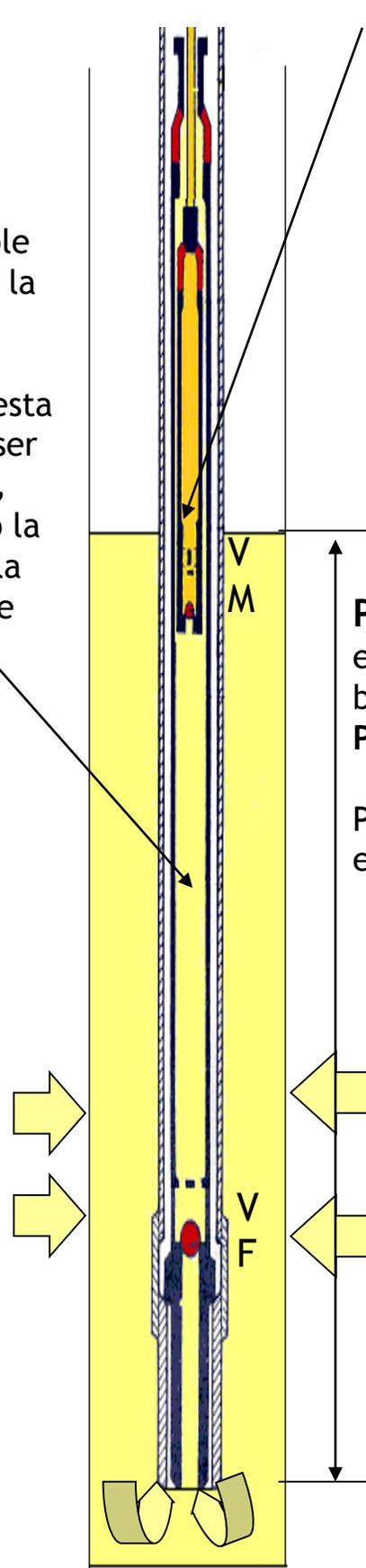
Principales Fenómenos que Afectan el Trabajo de la Bomba

- BARRIL DEFORMADO
 - Se pone de manifiesto cuando los efectos de la presión (gf), deforman el barril



Efecto del gas en la Bomba

P1-2: Es la presión variable que hay entre la VM y VF. En carrera descendente esta presión debe ser mayor que P2, caso contrario la VM no abre y la bomba deja de producir.



P2: Presión de descarga de la bomba. Es igual a la presión hidrostática de la columna + Perdida de presión por fricción + pérdida de carga en superficie hasta llegar al tanque.

P1: Presión entrada a la bomba.
Phidr.: $d \cdot H / 10$
 +
 Presión de Gas en entre-caños

P1: Presión de admisión de la bba.
P2: Presión de descarga de la bba.
S: Relación existente entre el volumen no barrido por el pistón y el volumen no barrido más el volumen desplazado por el mismo. Es decir:

$$S = \frac{V_o}{V_o + V_p}$$

V_o: Volumen no barrido por el pistón.
V_p: Volumen desplazado por el pistón.

m: Relación entre el volumen de gas libre y el volumen de petróleo en el cilindro a la presión de aspiración P1, es decir:

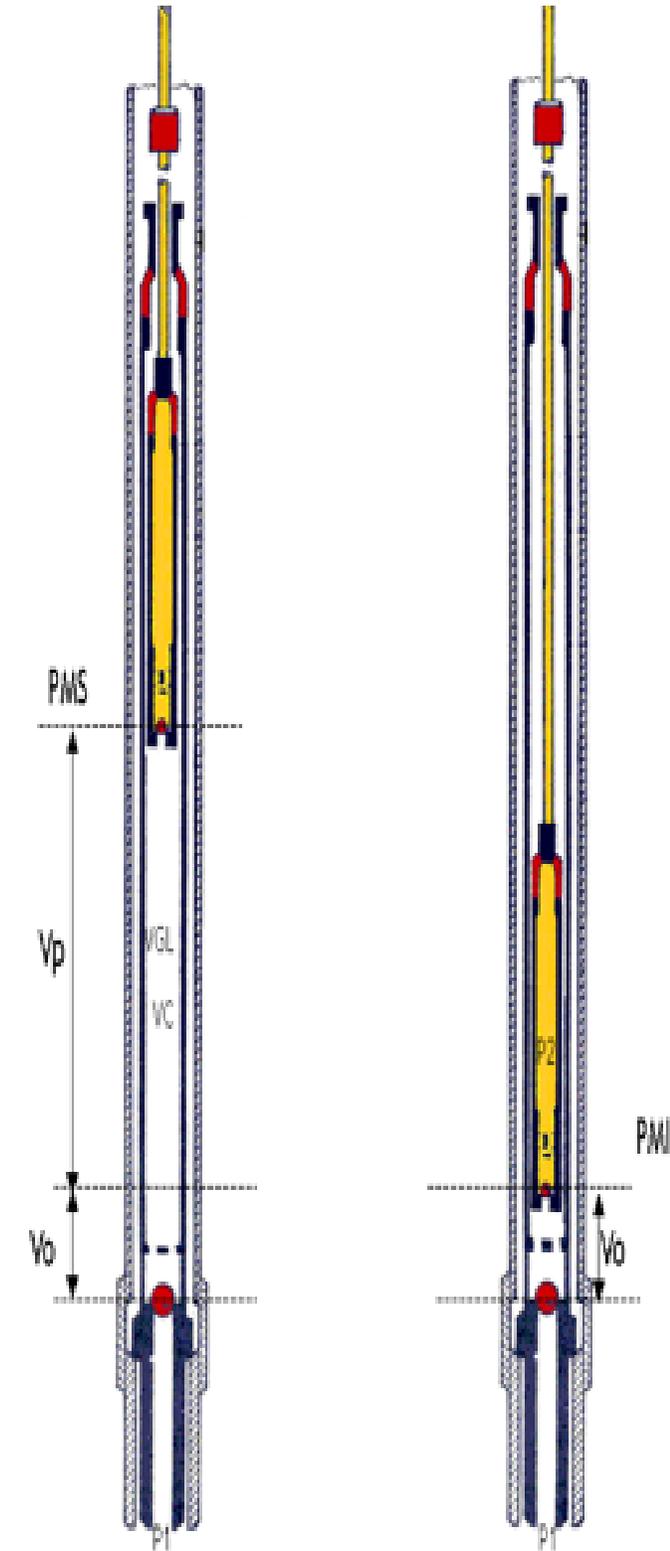
$$m = \frac{V_{gl}}{V_c}$$

V_{gl}: Volumen de gas libre en el cilindro cuando el pistón está en el P.M.S.

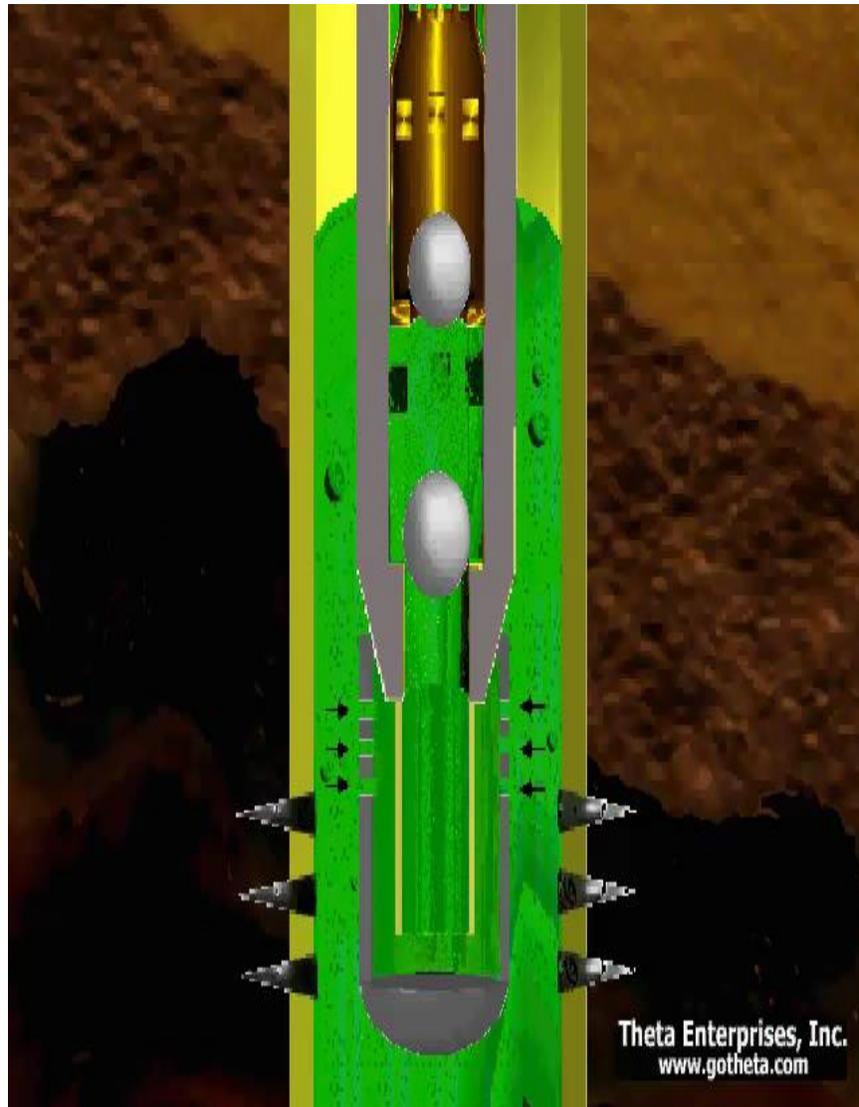
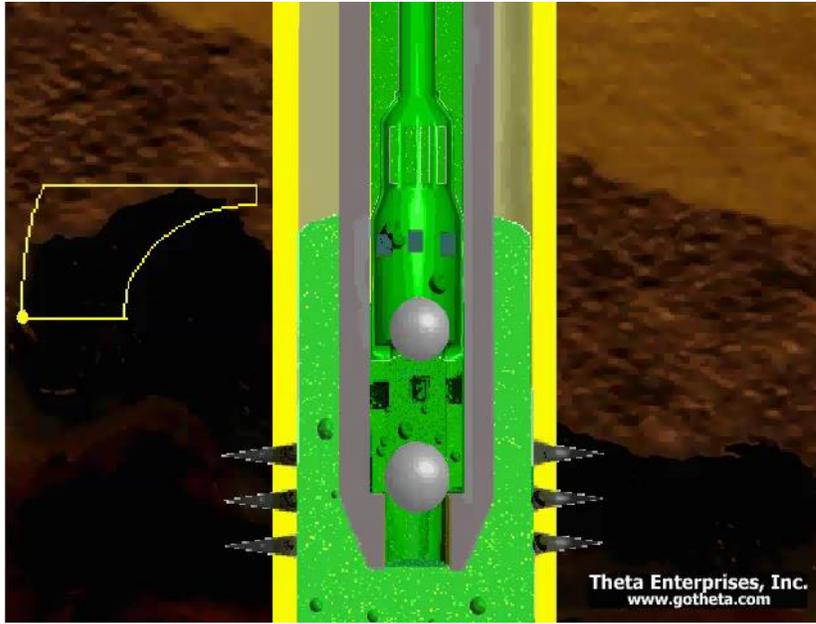
V_c: Volumen de crudo en el cilindro con el pistón en el P.M.S.

Modificar parámetros:

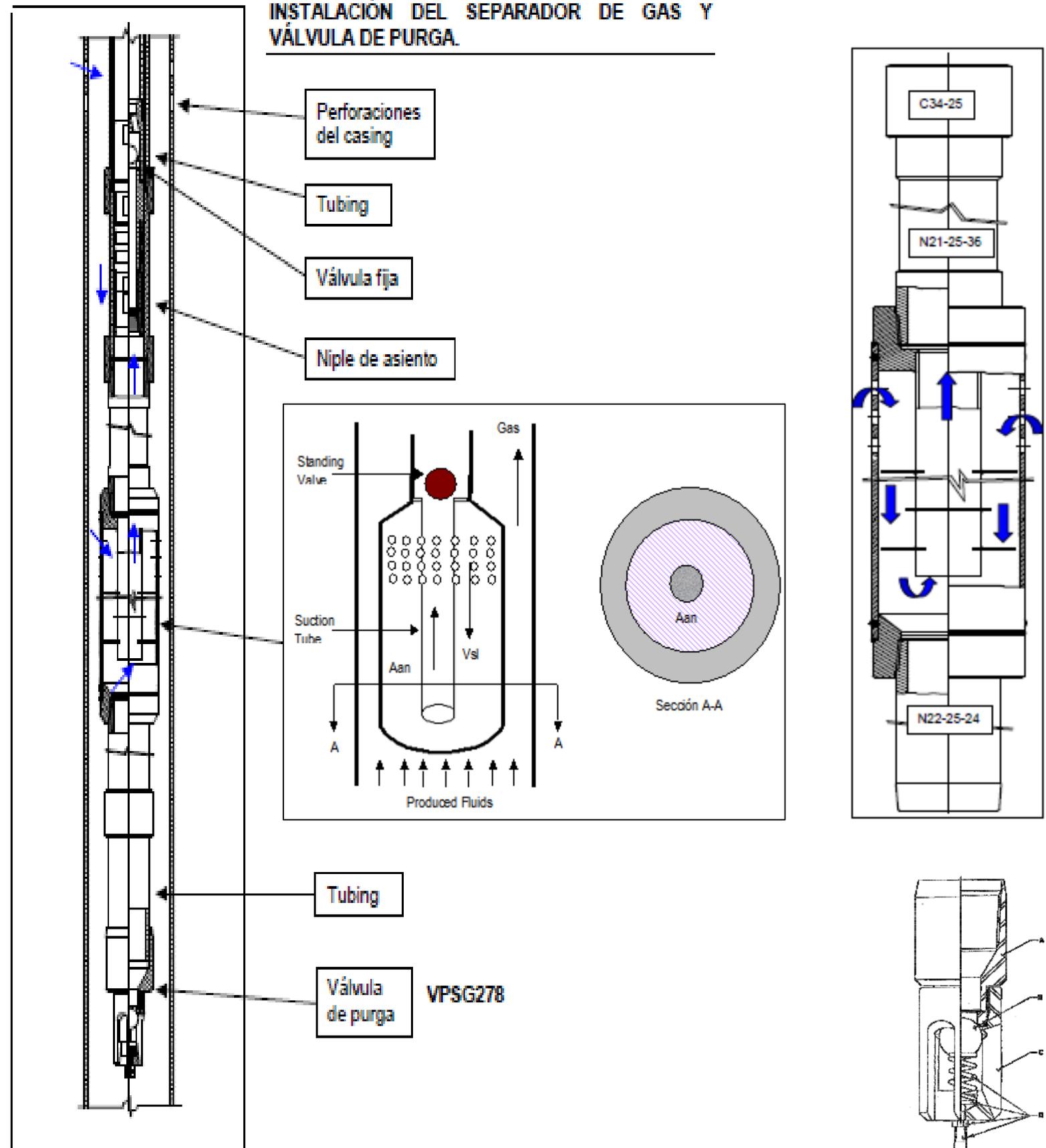
- *Aumentar P1*
- *Disminuir P2*
- *Aumentar V_p*
- *Disminuir V_o*
- *Disminuir m*



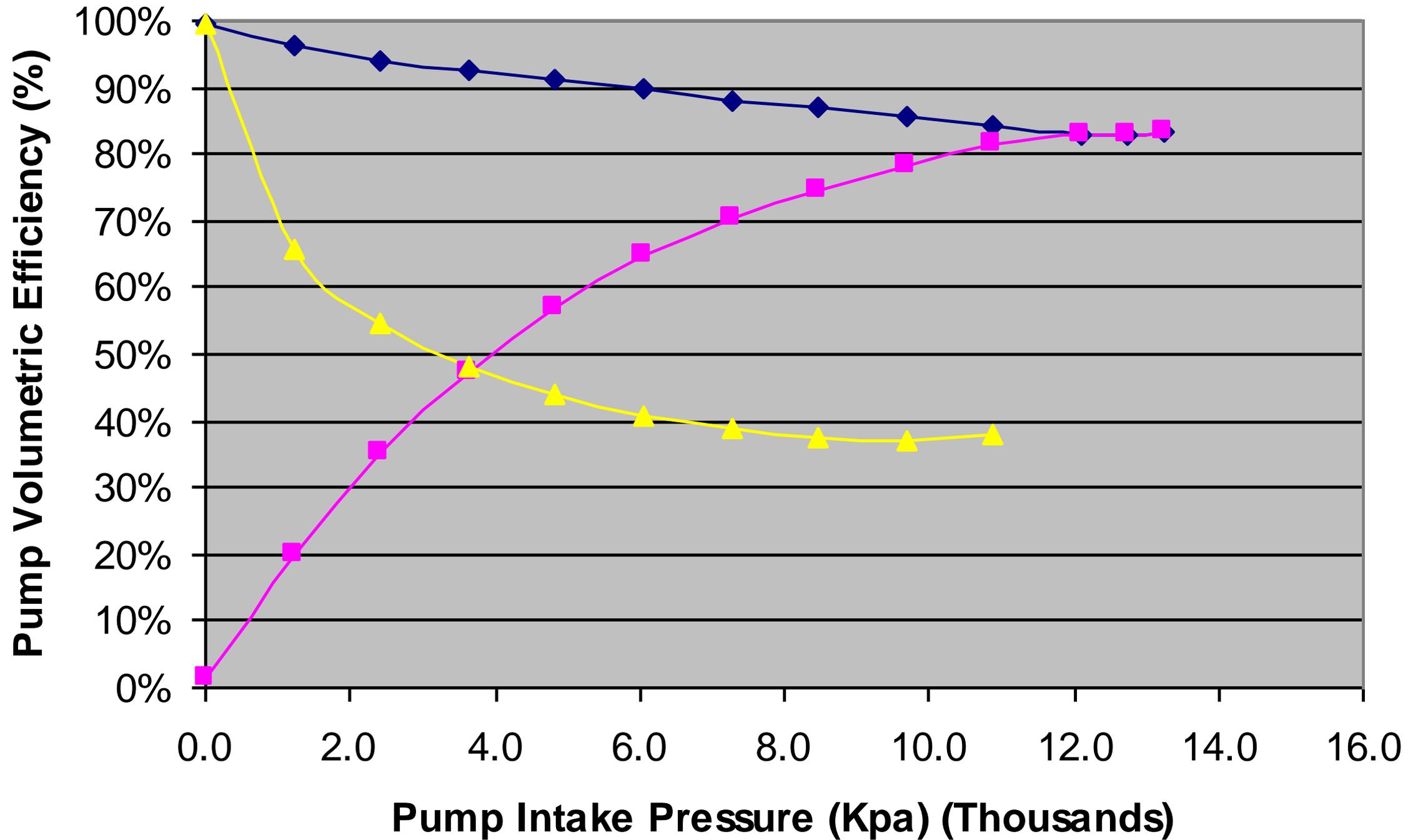
Presencia de gas en la Bomba



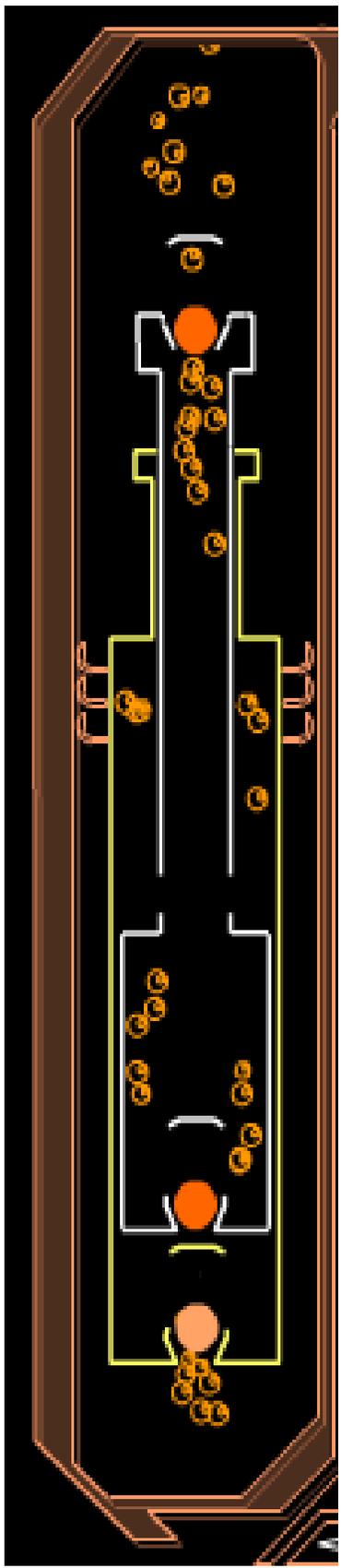
Separador de Gas de fondo



Eficiencia de la Bomba

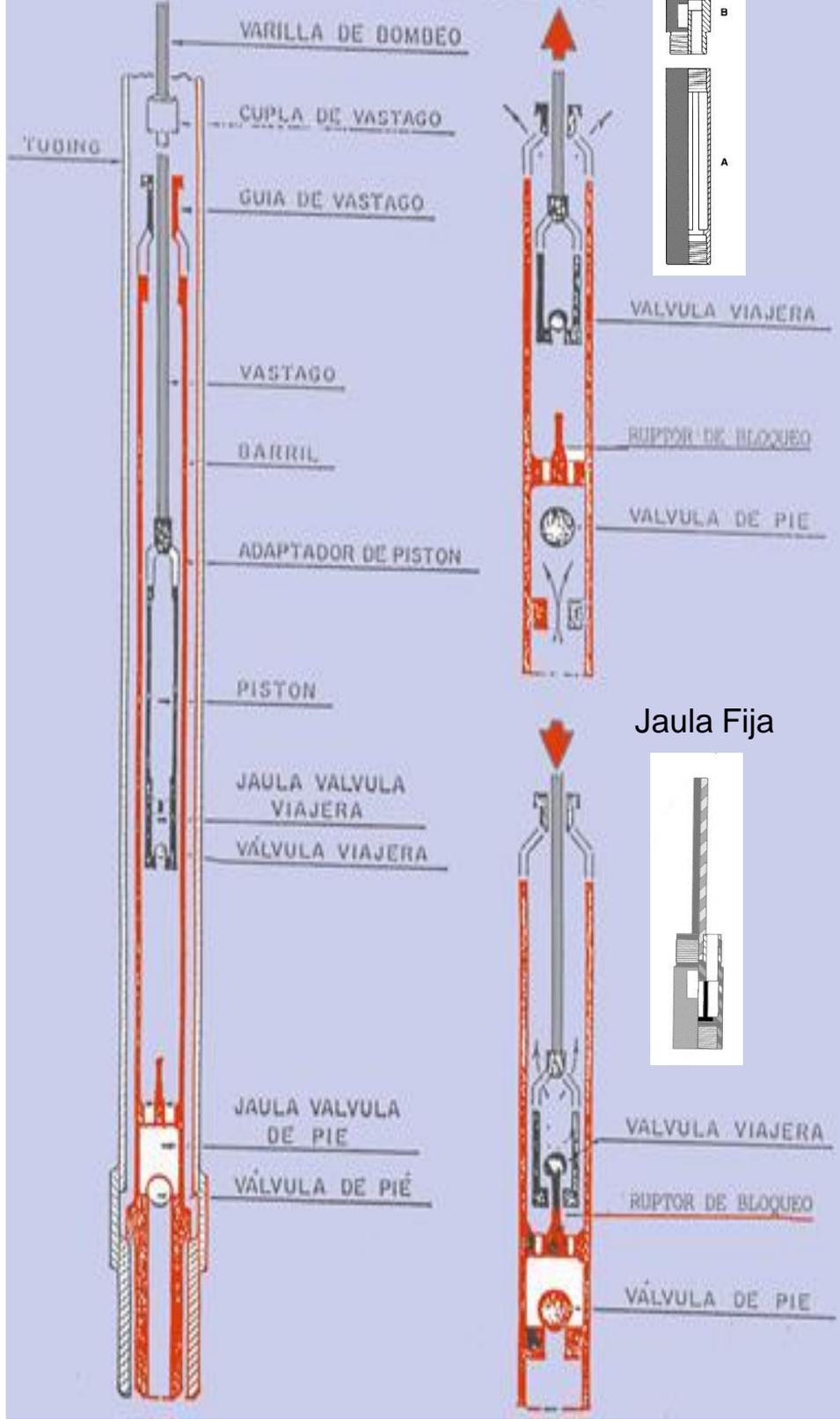


BOMBA HOLLOW

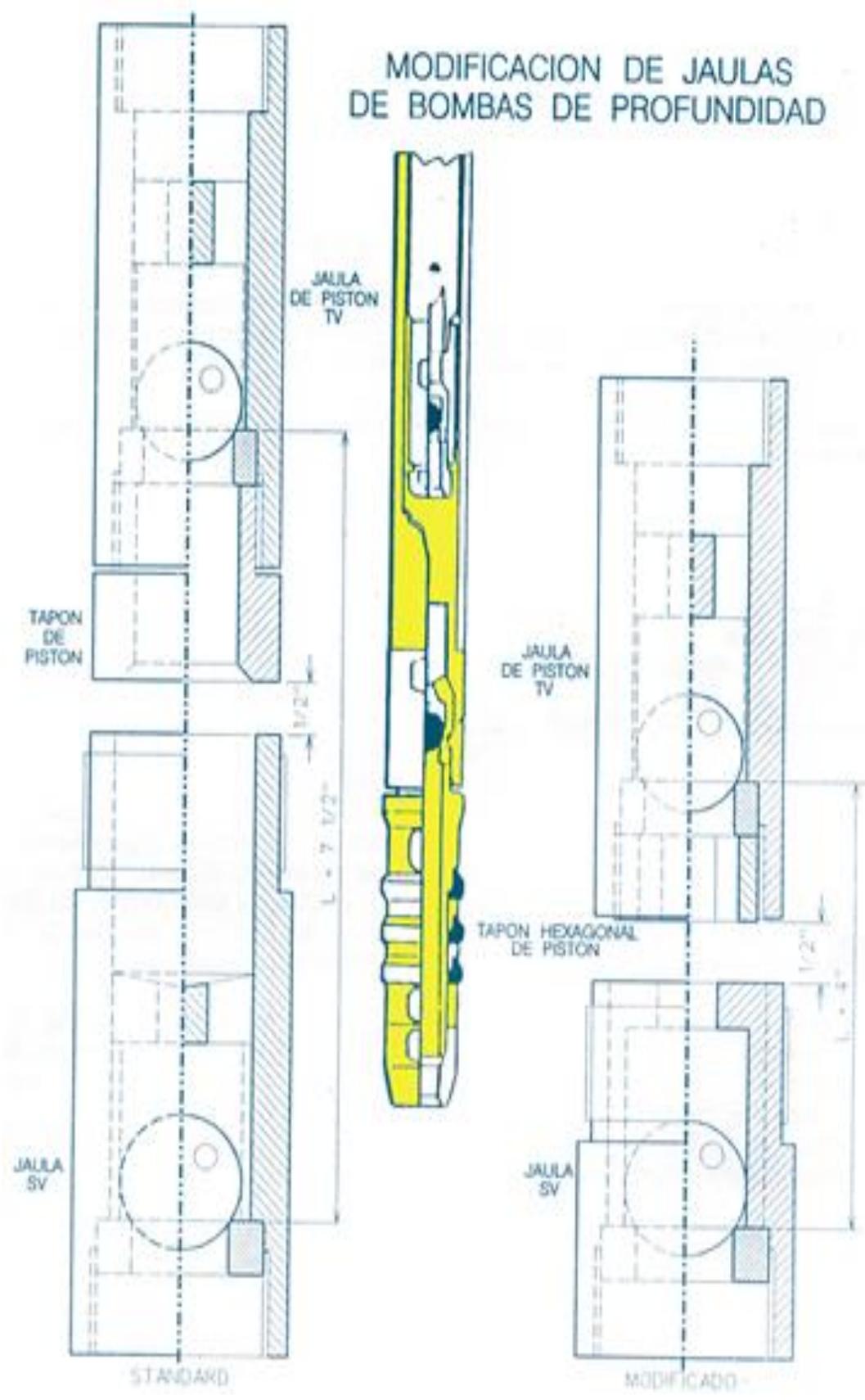


RUPTOR MECANICO DE BLOQUEO

BOMBA DE PROFUNDIDAD



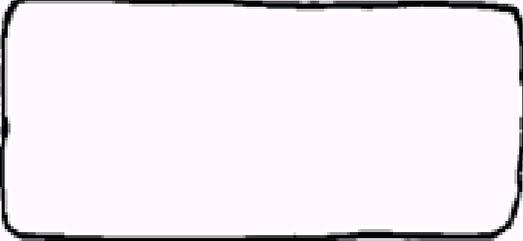
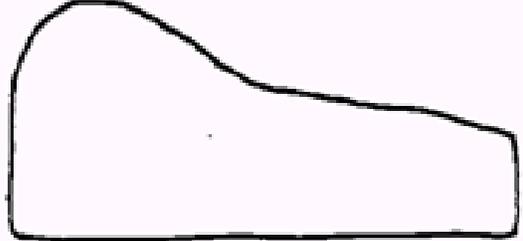
MODIFICACION DE JAULAS DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

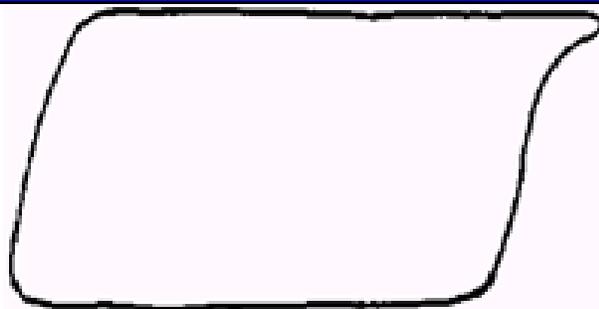
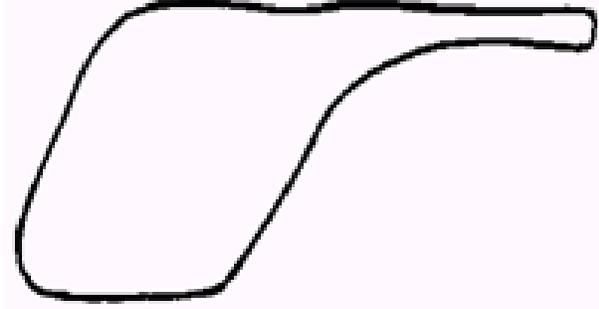
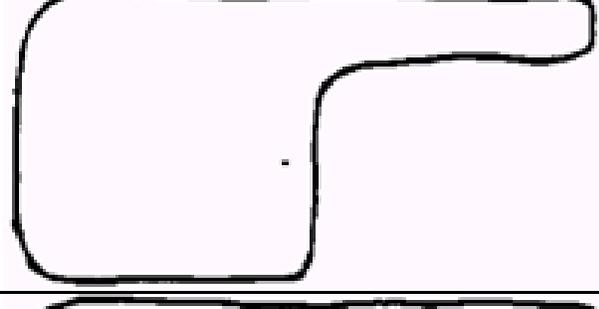
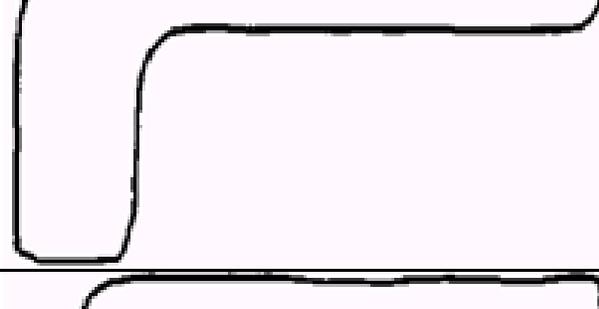
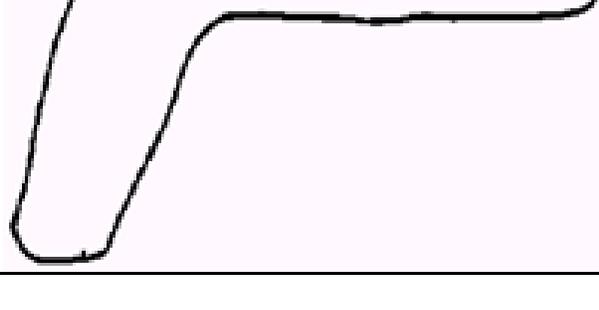


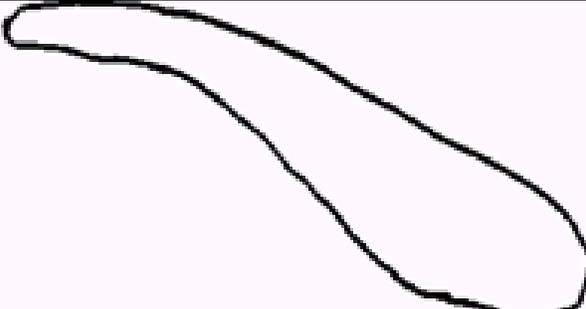
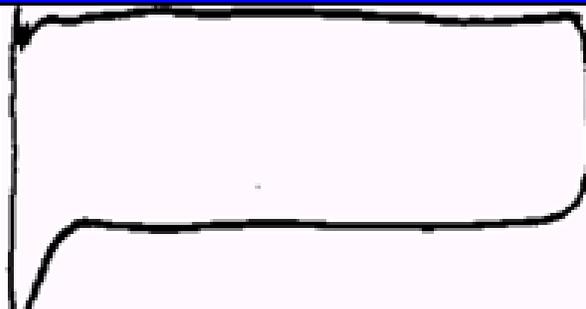
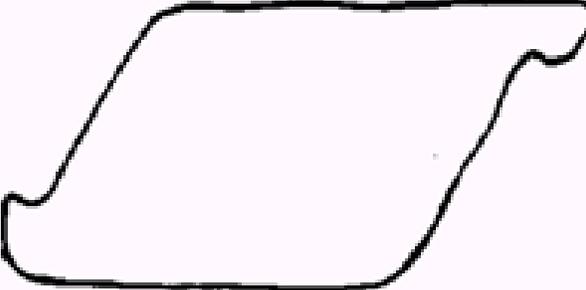
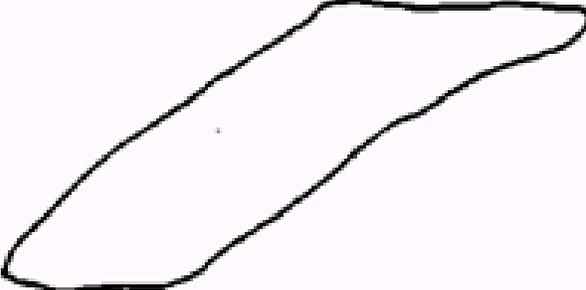
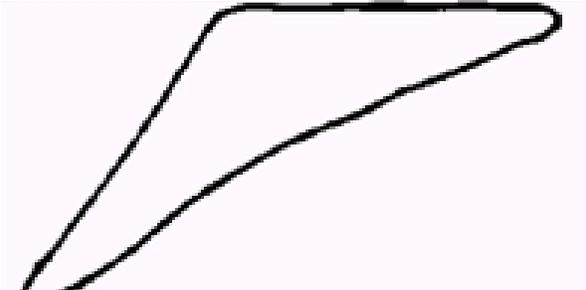
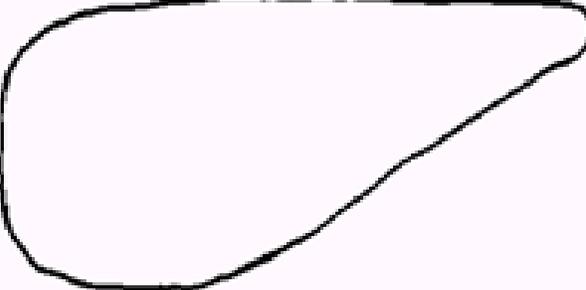
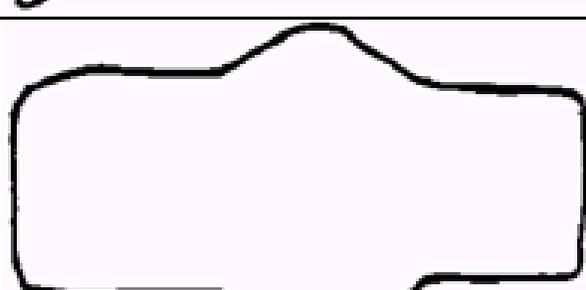
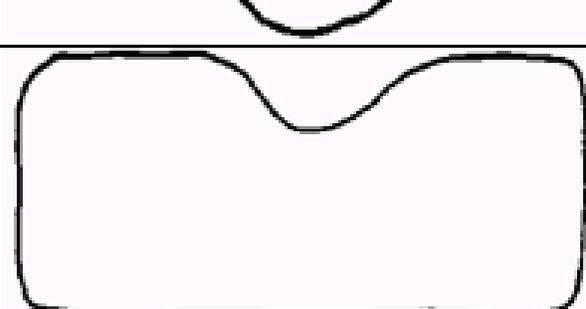
ANEXO 1 – GUIA DE SELECCIÓN Y RECOMENDACIONES

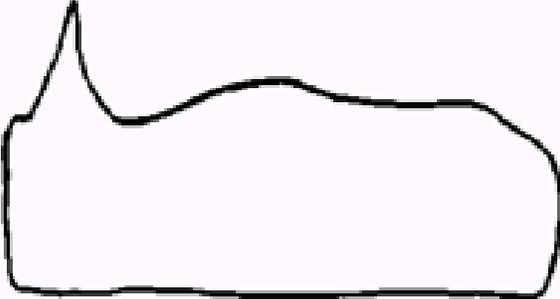
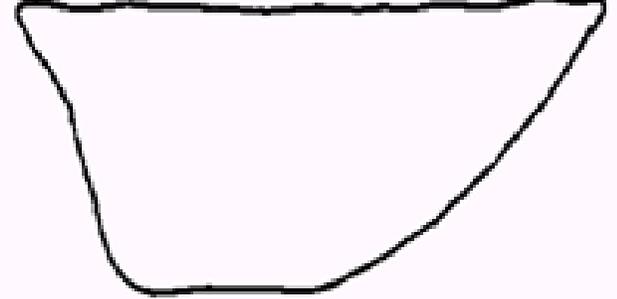
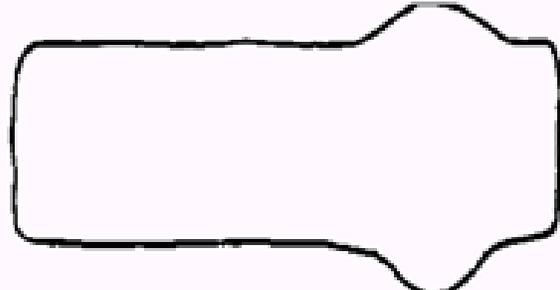
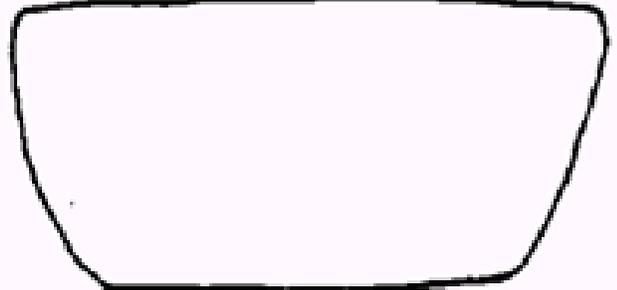
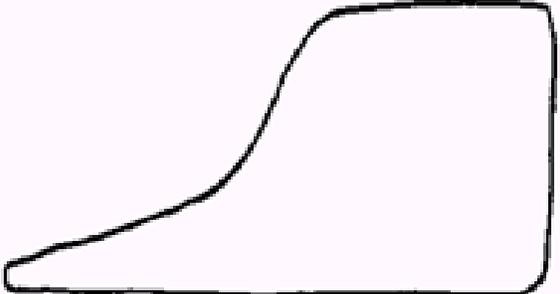
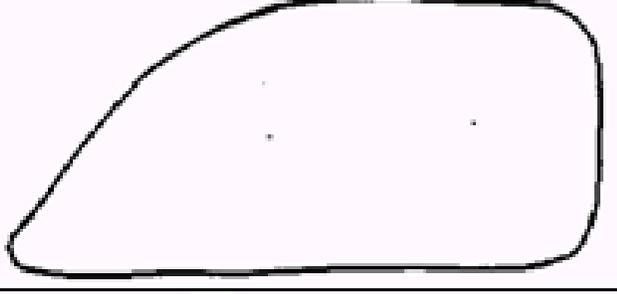
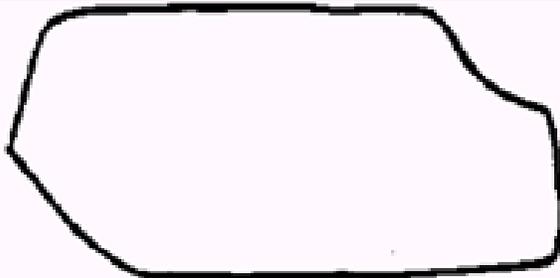
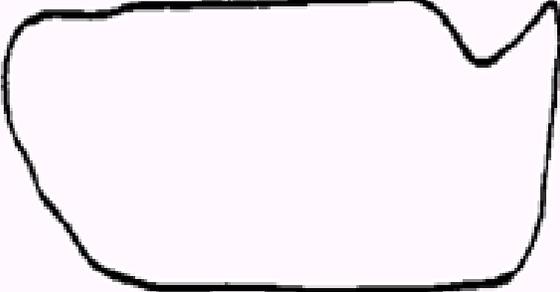
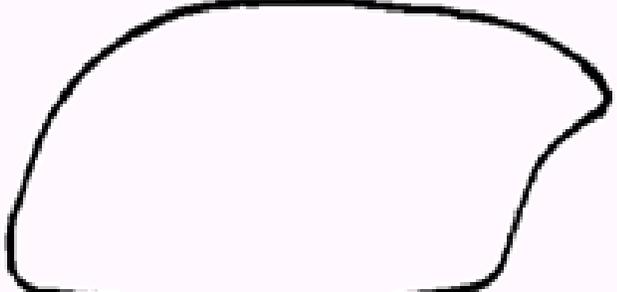
	Interferencia con gas	Arena	Petróleo Pesado
RECOMENDACIONES	Minimizar espacio nocivo entre válvula móvil y válvula de pie(punto muerto inferior)	Minimizar la LUZ o utilizar pistones ranurados con anillos para evitar que la arena se aloje en ese espacio	Maximizar el area de pasaje de fluido en la válvula de pie
	Disminuir la velocidad del fluido a la entrada de la bomba para evitar la liberación de gas por la baja presión		Minimizar la longitud del piston y aumentar la LUZ para disminuir los efectos de la fricción
ALTERNATIVAS	Válvula de antibloqueo de gas superior	Luz entre piston liso y barril = 0.001" - 0.003"	Luz entre pistón y barril= 0.006" - 0.008"
	Válvula fija con antibloqueo mecánico	Luz entre piston ranurado y barril 0.005"	Válvulas con mayor area de pasaje de fluido
	Bomba con vástago hueco (Hollow)	Pistón ranurado con anillos (entre 10 y 20 anillos)	Válvulas con bola de Carburo de Titanio
	Válvulas con bola de Carburo de Titanio	Anclaje inferior a copas y packer superior para arena	
		Pistón Lubricado	
	Válvulas con bola de Carburo de Tungsteno o Titanio		

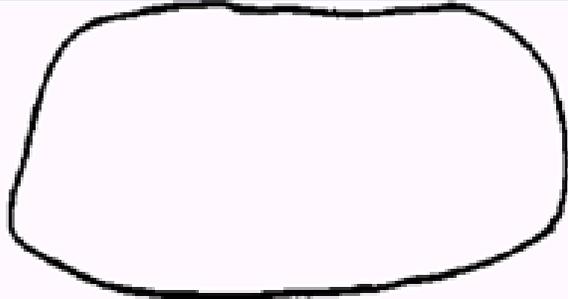
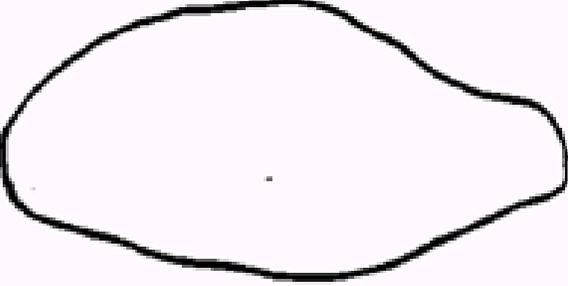
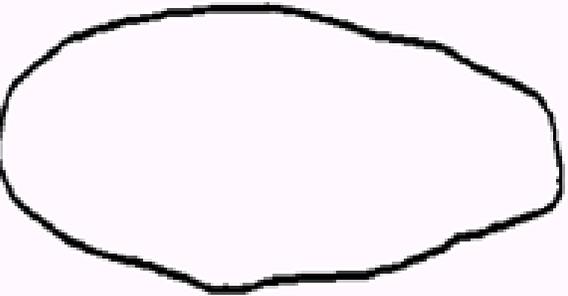
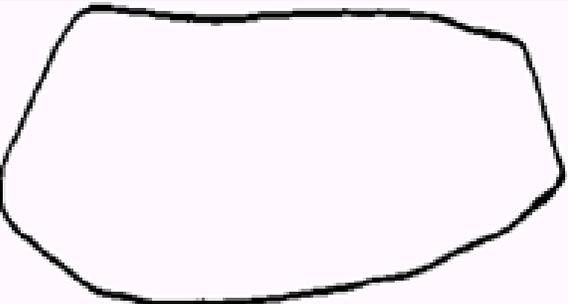
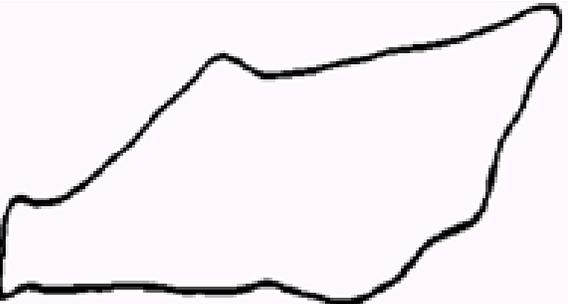
Interpretación de Cartas

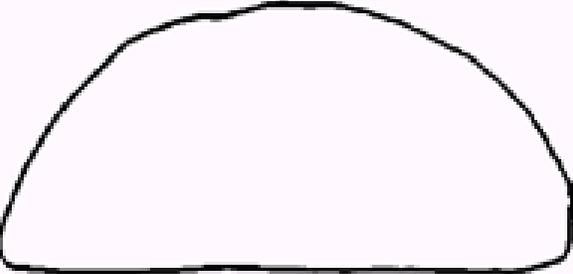
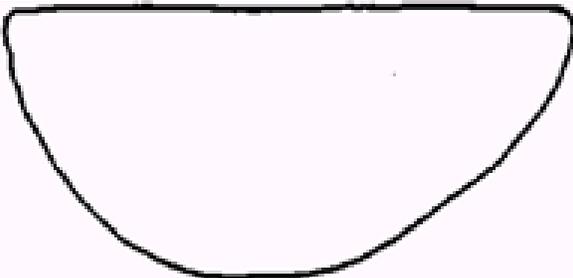
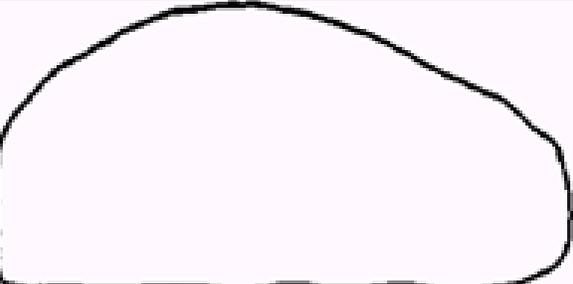
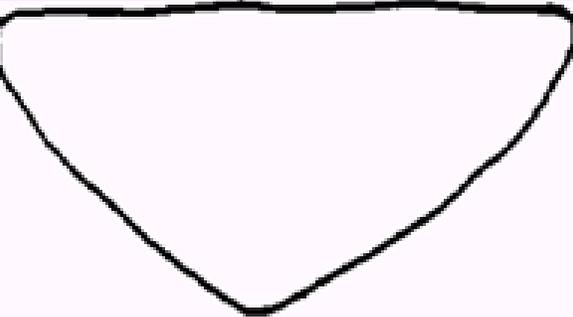
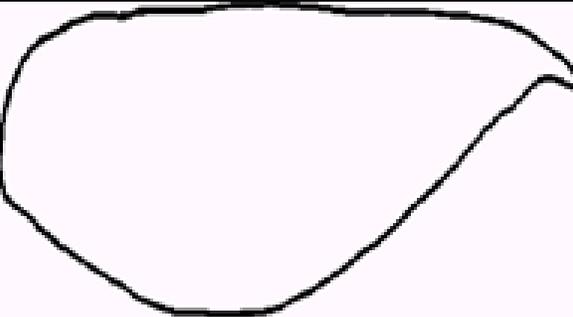
Forma de la carta	Diagnóstico
	- Bomba llena con tubing bien anclado Acción: Verificar sumergencia de la bomba y determinar si no es muy elevada.
	- Bomba llena con aceleración de fluido, típico en pozos poco profundos. - Aprisionamiento del pistón al inicio de la carrera ascendente. Acción: Verificar presencia de carbonatos o parafina.
	- Bomba llena con fricción de fluido – Fluido viscoso
	- Bomba llena con tubing sin anclar. Acción: Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing.

Forma de la carta	Diagnóstico
	- Leve golpe de fluido con tubing sin anclar Acción: Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing. Nota: Con respecto al leve golpe de fluido, el pozo estaría en condiciones óptimas de extracción. Evaluar la instalación de sistema de Pump-Off para ayudar a mantener esta condición.
	- Golpe de fluido severo con tubing sin anclar Acción: Primariamente, bajar velocidad de bombeo. Realizar seguimiento de la producción. Seguimiento dinamométrico. Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing.
	- Golpe de fluido severo con tubing anclado. Acción: Bajar velocidad de bombeo. Realizar seguimiento de la producción. Seguimiento dinamométrico.
	- Nivel totalmente agotado con tubing anclado. Acción: Bajar velocidad de bombeo. Realizar seguimiento de la producción para ver su incremento. Seguimiento dinamométrico.
	- Nivel totalmente agotado con tubing sin anclar. Acción: Bajar velocidad de bombeo. Realizar seguimiento de la producción para ver su incremento. Seguimiento dinamométrico. Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing.

Forma de la carta	Diagnóstico	Forma de la carta	Diagnóstico
	<p>- Tubing partido – pozo sin producción. Acción: Verifique carga máxima para determinar aproximadamente la profundidad de la rotura. El pozo debe ser intervenido.</p>		<p>- Pistón golpeando en el fondo Acción: Ajustar espaciamiento. Aparentemente el espaciamiento deja muy bajo el desplazamiento del pistón.</p>
	<p>- Anclaje del tubing con movimiento Acción: Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing. Seguimiento dinamométrico para determinar su estabilidad.</p>		<p>- Pistón golpeando en el tope. Acción: Ajustar espaciamiento. Aparentemente el espaciamiento deja muy alto el desplazamiento del pistón.</p>
	<p>- Interferencia de gas severa</p>		<p>- Pistón de la bomba aprisionado. Acción: Verificar presencia de arenas o carbonatos. Lavar. Repetir dinamómetro. De no liberar, intervenir pozo.</p>
	<p>- Interferencia de gas</p>		<p>- Barril de la bomba colapsado o con agarre en el centro del barril. Acción: Verificar presencia de arenas o carbonatos. Lavar. Repetir dinamómetro. De no liberar hay colapsamiento del barril.</p>
	<p>- Bomba bloqueada por gas</p>		<p>- Barril de la bomba desgastado en el centro o fisurado. Acción: Seguimiento dinamométrico para confirmar problema. En caso de agravarse debe intervenir el pozo.</p>

Forma de la carta	Diagnóstico	Forma de la carta	Diagnóstico
	<p>- Pistón con agarre en el inicio de la carrera ascendente. Acción: Verificar presencia de arenas, carbonatos o parafina. Seguimiento dinamométrico.</p>		<p>- Combinación de pérdida en válvula móvil con interferencia de gas.</p>
	<p>- Barril colapsado o con agarre en el tope del barril. Acción: Verificar presencia de arenas, carbonatos o parafina. Lavar. De no liberarse, posible colapsamiento superior del barril de la bomba. Seguimiento dinamométrico.</p>		<p>- Válvula fija con pérdida.</p>
	<p>- Bomba con llenado incompleto debido a ring valve.</p>		<p>- Combinación de tubing sin anclar con desgaste en la parte inferior del barril. Acción: Evaluar la magnitud del desplazamiento del tubing. Seguimiento dinamométrico.</p>
	<p>- Tee prensa (stuffing box) muy apretado. Acción: Desajustar stuffing box. Repetir dinamómetro.</p>		<p>- Esferas de válvula fija o móvil partidas</p>
	<p>- Excesiva fricción cerca de la superficie y pérdida en válvula fija.</p>		<p>- Combinación de golpe de fluido y pérdida en válvula móvil.</p>

Forma de la carta	Diagnóstico
	- Bomba con desgaste y pérdida en válvulas.
	- Bomba muy desgastada con pérdida en válvulas - Alto escumamiento. - Pesca de varillas. Acción: Verifique rango de cargas. De estar muy juntas las cargas extremas posible pesca de varillas.
	- Bomba totalmente desgastada - Pesca de varillas Acción: Verifique rango de cargas.
	- Barril con desgaste y pérdida en válvulas.
	- Bomba con desgaste.

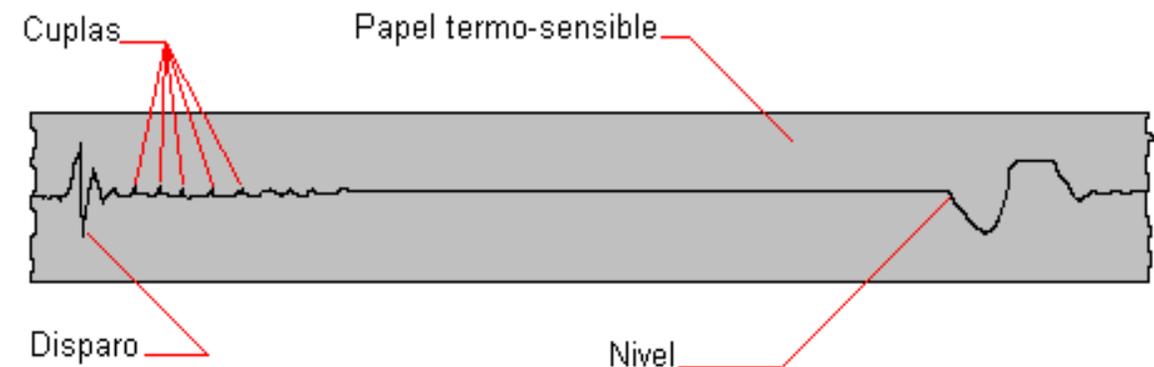
Forma de la carta	Diagnóstico
	- Pérdida severa por válvula móvil - Alto escumamiento.
	- Severa pérdida en válvula fija - Alto escumamiento.
	- Pérdida en válvula móvil.
	- Pérdida severa en válvula fija
	- Combinación de pérdida en ambas válvulas e interferencia de gas.

NIVEL DINÁMICO.

Se puede relacionar la medición obtenida por el Dinamómetro con el nivel de fluido presente en el espacio anular (entre Tubing y casing) del pozo. Para obtener ese valor de nivel, siempre que el pozo no tenga packer, se realiza la **medición ecométrica**. Para ello se coloca un **Cañón** en la rosca de entre-columna del pozo y se realiza una descarga violenta de CO2 comprimido. Esta onda viaja hacia abajo rebotando y generando ecos en cada discontinuidad que encuentra a su paso. Esos ecos son recibidos por el mismo **Cañón**, a través de una pastilla piezo-eléctrica que convierte las señales mecánicas en señales eléctricas. Las señales eléctricas son enviadas a un Ecómetro que las registra en un papel termo-sensible. El operador visualiza esos registros y determina cuales son los correspondientes al rebote del sonido en cada cupla de unión entre tubings y cuál es la correspondiente al del rebote en el nivel de fluido. Midiendo luego la cantidad de cuplas

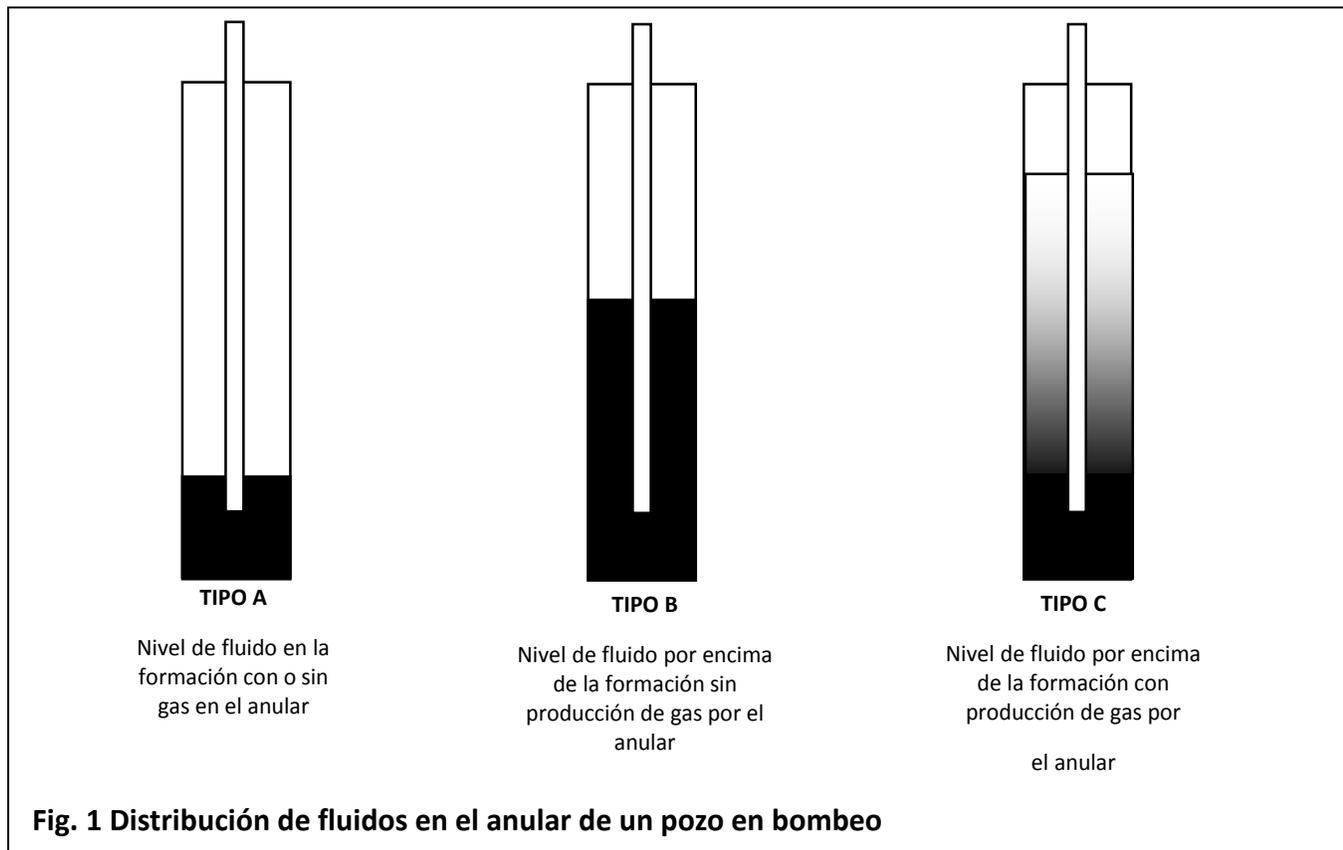


Registro ecométrico



La presión dinámica de fondo, es la suma de la presión de casing en superficie mas la presión de la columna de fluidos en el anular.

La distribución de fluidos en el anular es función de las condiciones de producción de un pozo en particular. En el campo se encuentran tres situaciones básicas, que paso a enumerar



Para los casos A y B la distribución de presión queda bien definida por la medida de la presión en la superficie, el conocimiento de las propiedades del fluido y la posición del nivel de liquido. El caso C, involucra la incertidumbre o incerteza del gradiente de una columna de liquido gasificado, como consecuencia del flujo de gas por el anular..

Nivel de fluido en la formación, Clase A

En este caso la presión de casing en la cabeza de pozo, constituye la porción principal de la presión de fondo dinámica en pozos de profundidades normales, ya que la presión debida a la columna de gas es relativamente pequeña. Aun cuando el gas esta siendo venteado, las perdidas de carga por fricción son mínimas.

El calculo de la BHP, es realizada a partir de:

- La medida de la presión de casing en la cabeza de pozo
- El conocimiento de la composición del gas
- Y la distribución de temperatura.

El nivel de liquido siempre estará en la entrada del tubing cuando el pozo se lo produce con las válvulas de casing cerradas y gas libre fluye de la formación.

Nivel de fluido encima de la formación sin gas libre fluyendo del reservorio (Caso B)

A condiciones de producción estables el fluido por encima de la entrada a la bomba es siempre 100% petróleo.

La BHP dinámica, o en producción, se calcula a partir de:

- Medida de la presión de casing en la boca de pozo
- un registro acústico de nivel de fluido
- El conocimiento de la propiedades del petróleo y gas

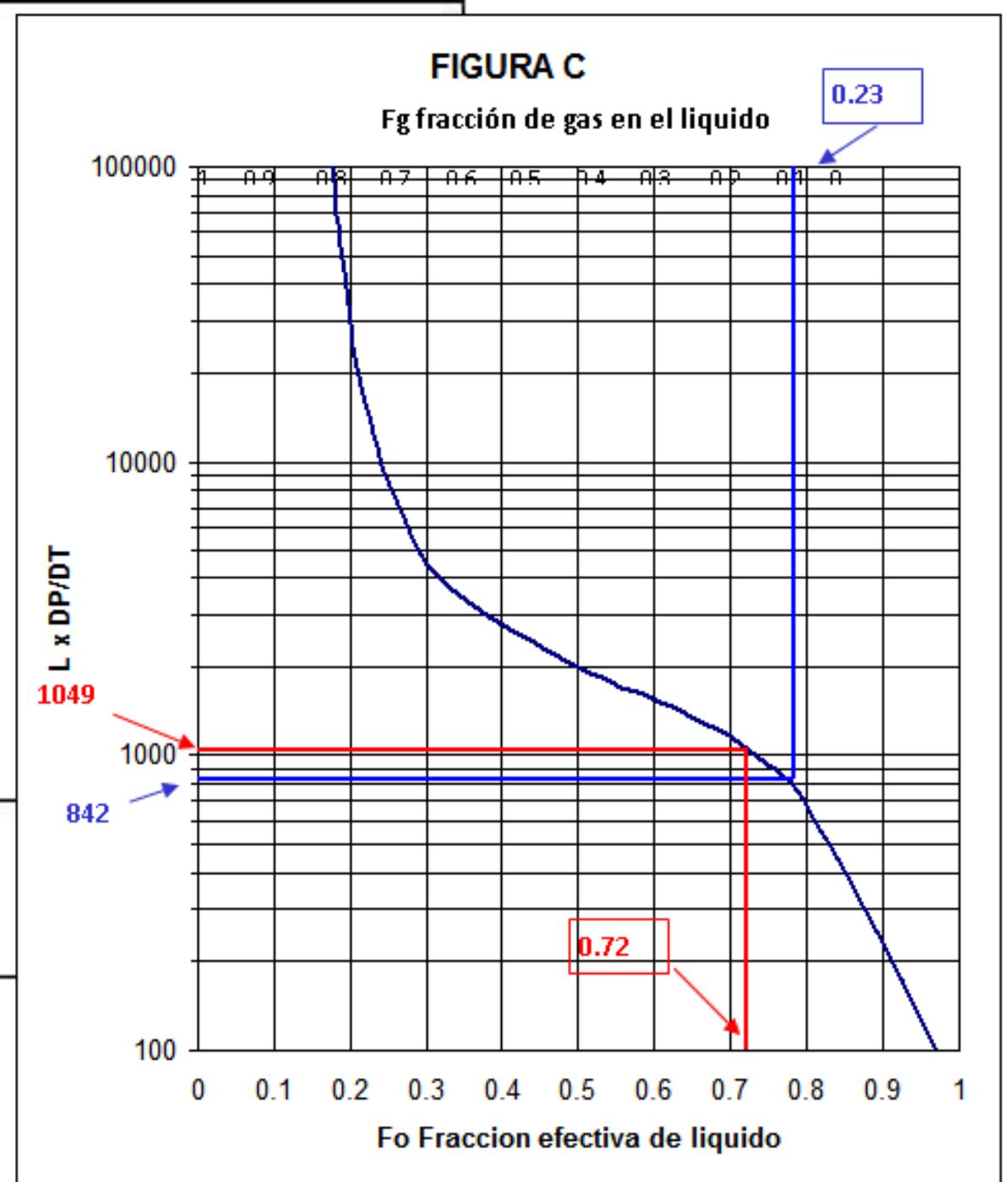
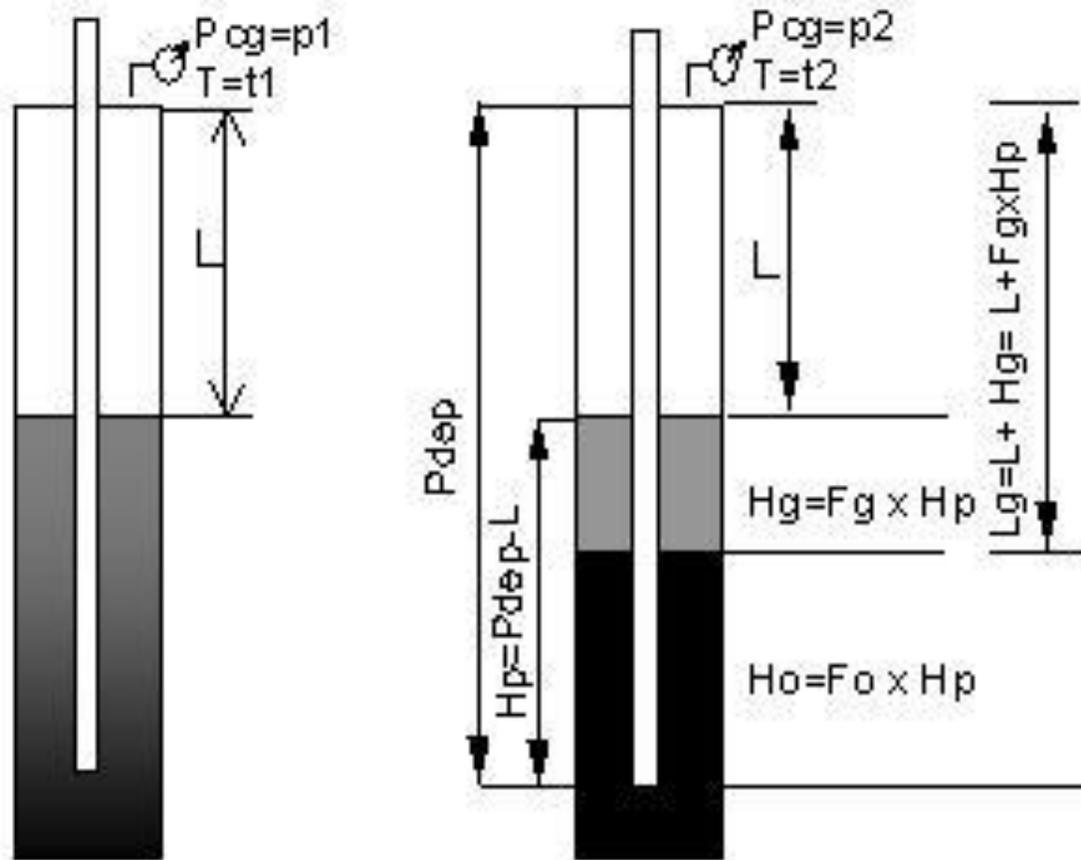
Nivel de fluido encima de la formación con gas libre fluyendo en boca de pozo(Caso C)

Esta condición resulta de una columna de liquido gasificada en el anular.

A condiciones de producción estabilizadas, el petróleo en el anular estará saturado con el gas que fluye continuamente hacia la superficie. Consecuentemente si el gas se ventea en la superficie a un caudal constante, esto significara que gas libre esta fluyendo del reservorio conjuntamente con el petróleo. Generalmente, la mayoría del petróleo se produce a través de la bomba mientras que el gas se separa en el anular del casing,

La BHP es calculada de:

- La medición de la presión en el casing en la boca de pozo.
- Conocimiento de las propiedades de petróleo y del gas
- Estimación de la fracción de petróleo contenida en la columna gasificada presente en el anular.



Profundidad de punzados:
 Profundidad de la bomba :1333.00
 mts = 4373.36 Pies
 Gravedad especifica del petróleo :
 .92
 Gravedad especifica del agua
 (SG) = 1.003
 producción de petróleo= 17.9
 m3/d
 producción de agua = 25.71 m3/d
 Datos medidos:
 Nivel de fluido por determinación
 acústica: 2105.3 Pies
 presión casing : Pcg= 128 psi =
 142.22 psia

Altura efectiva de fluido Liquido

La altura efectiva de liquido sobre la bomba es:

$$H_{pc} = H_p \cdot F_o$$

Nivel acústico corregido

El nivel acústico corregido, es la diferencia entre la profundidad de la bomba y la altura efectiva de liquido:

$$N_{afc} = P_{dep} - H_{pc} = \text{Prof de la bomba} - \text{altura efectiva de liquido}$$