

8. Potencia y Eficiencia. - Rendimiento Total: La producción de una bomba, en unidades de potencia, es:

$$H_p = QH/75 \text{ caballos de fuerza}^*$$

donde: Q es el caudal en litros por segundo  
H es la carga desarrollada en metros

La potencia aplicada es:

$$HP_a = M\omega/3960 \text{ caballos de potencia al freno}$$

donde: M es el momento de torsión aplicada al eje en KgM  
 $\omega$  es la velocidad angular del eje en radianes por segundo

La eficiencia de la bomba es:

$$e_b = HP_p/HP_a \times 100 \text{ por ciento}$$

La diferencia entre  $HP_a$  y  $HP_p$  se debe a las pérdidas de energía de la bomba. Estas se derivan principalmente de la energía consumida por las chumaceras y estoperas, y de las pérdidas hidráulicas producidas por el paso del agua de la tobera de succión a la tobera de descarga.

El rendimiento total de la unidad de bombeo incluye la eficiencia del motor. La potencia aplicada al motor es:

$$HP_m = 0,742 \text{ kilovatios}$$

De aquí, el rendimiento total de la unidad de bombeo es:

$$e_t = HP_p/HP_m \times 100 = (QH/76)(0,742 \text{ Kv}) \times 100 \text{ por ciento}$$

Los términos "eficiencia de la bomba" y "rendimiento total" son fáciles de interpretar para las bombas y unidades de bombeo horizontales, del tipo comúnmente instalado. Por otro lado, estos términos significan poco

---

\* Un caballo de fuerza equivale al esfuerzo necesario para levantar a un metro de altura en un segundo 76 kilogramos de peso.

al usuario de una bomba de pozo profundo, a no ser que se refieran a la estructura de bombeo en su conjunto.

Mientras que las pruebas del laboratorio para unidades horizontales reproducen bastante bien las condiciones de operación del grupo bomba-motor en la estación de bombeo, en las pruebas correspondientes para las bombas de pozo la reproducción de la realidad no es tan buena. En el laboratorio, la columna de la bomba es necesariamente corta, y por eso las pérdidas de energía que se asocian con las numerosas chumaceras intermedias y con el cojinete de empuje, además de las pérdidas hidráulicas de la tubería de succión y de descarga, no se manifiestan como ha de esperarse en el campo. Así, pues; los términos "eficiencia de la bomba" y "rendimiento total" como suelen usar los fabricantes de bombas, indican valores determinados por prueba y, por eso, generalmente, altos. Tales valores pueden extraviar al inadvertido, a menos que sean ajustados para reflejar las condiciones de campo. Al fin y al cabo, lo que interesa al usuario de una bomba de pozo profundo, es el valor verídico del rendimiento total de la instalación, precisamente como se lo hallaría en su sitio. Algo más de lo apuntado se verá a continuación.

La Fig. 8 muestra, para un pozo bien equipado, precisamente cómo y dónde se manifiestan las pérdidas en el ciclo de convertir la potencia eléctrica a la potencia mecánica y la potencia mecánica a la potencia hidráulica. La potencia eléctrica aplicada a la unidad de bombeo se toma en 100%.

### DEEPWELL ENGINEERING DATA POWER BALANCE IN A DEEPWELL TURBINE

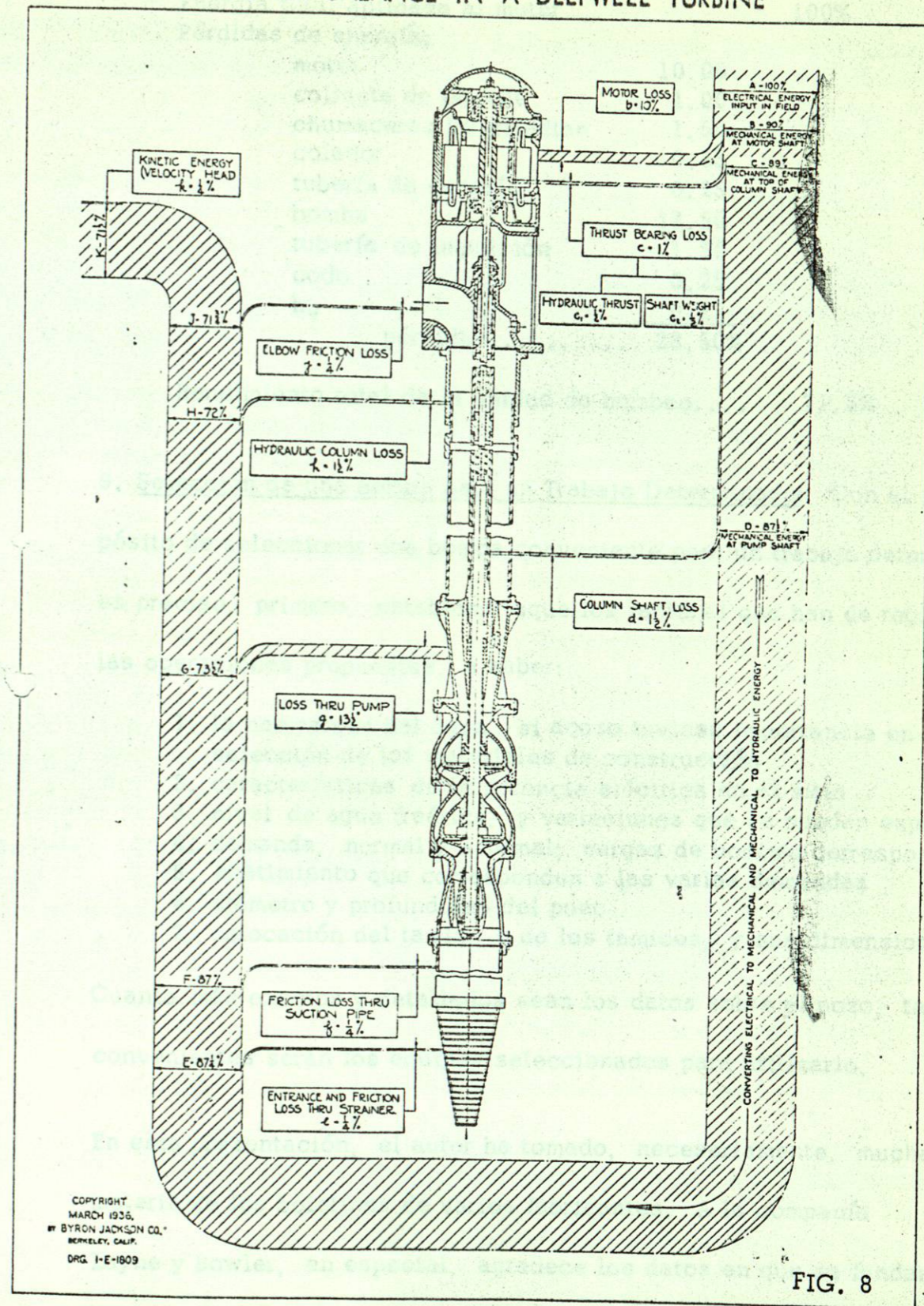


FIG. 8



(Fig. 8):

Energía total aplicada al motor	100%
Pérdidas de energía:	
motor	10.00
cojinete de empuje	1.00
chumaceras intermedias	1.50
colador	0.25
tubería de succión	0.25
bomba	13.50
tubería de impulsión	1.50
codo	0.25
$h_v$	0.25
pérdidas.....	28.50%

Rendimiento total de la unidad de bombeo.... 71.5%

9. Selección de una Bomba para un Trabajo Determinado: Con el pro

pósito de seleccionar una bomba conveniente para un trabajo determinado, es preciso, primero, establecer aquellos factores que han de regir en las operaciones propuestas, a saber:

1. la naturaleza del agua, si acaso tuviese importancia en la selección de los materiales de construcción
2. características de la potencia eléctrica en el sitio
3. nivel de agua freática, y variaciones que se pueden esperar
4. demanda, normal y anormal; cargas de bombeo correspondientes
5. abatimiento que corresponden a las varias demandas
6. diámetro y profundidad del pozo
7. colocación del tamiz, o de los tamices, y sus dimensiones

Cuanto más exactos y detallados sean los datos sobre el pozo, tanto más convenientes serán los equipos seleccionados para utilizarlo.

En esta presentación, el autor ha tomado, necesariamente, mucha materia de los boletines de varios fabricantes. A la compañía Layne y Bowler, en especial, agradece los datos en que se fundan los ejercicios 4, 5 y 6.

EJEMPLO 4 (ver Fig. 7): Seleccionar una bomba conveniente para elevar desde un pozo de 12" de diámetro y de 90 mts de profundidad; 31,5 litros por segundo a un depósito elevado. El agua en el depósito tiene una altura de 38 mts sobre el nivel de la superficie de la tierra. El nivel normal de la línea piezométrica del agua subterránea es de 49 mts por debajo de la superficie de la tierra, y sufre, durante el período de bombeo, un abatamiento de 7 mts. La carga por fricción entre el pozo y el depósito se estima en 10 metros. Entonces, la carga total a desarrollar por la bomba será:

$$H = (49 + 7 + 38 + 10) + h_v + h_{f_s} + h_{f_d} \text{ metros}$$

donde:

- $h_v$  = carga cinética desarrollada por la bomba
- $h_{f_s}$  = pérdida de carga en la tubería de succión
- $h_{f_d}$  = pérdida de carga en la tubería de impulsión

Las cargas  $h_v$ ,  $h_{f_s}$  y  $h_{f_d}$ , no pueden calcularse sin que se establezcan las dimensiones de la bomba y de sus tuberías. Por consiguiente, se tienen que estimar sus valores de antemano, aunque aproximadamente, y luego, confirmarlos o corregirlos después de la selección del equipo.

Ahora bien, supongamos una bomba que quepa en el pozo y una columna y tubería de succión de 15 cms de diámetro. La columna debe ser de 60 mts de largo (permitiendo así la plena sumersión de la bomba). Supongamos además una tubería de succión de 3 mts de largo con su colador. Con esto tenemos:

$$h_v = 0,15 \text{ mts}$$

$$h_{f_s} = 0,030 \times (3,0/0,15) \times 0,15 = 0,09 \text{ mts}$$

$$h_{f_d} = 0,50 \times (60/0,15) \times 0,15 = 3,00 \text{ mts}$$

(por la misma fórmula, con "f" = 0,050, teniendo en cuenta resistencias adicionales, debido a la construcción interior de la columna). Esto está también de acuerdo a las recomendaciones del "Hydraulic Institute", que da una pérdida de 5 pies por 100 pies de largo de la columna para una columna de 6" de diámetro con entubado de 2" de diámetro.

De modo que:

$$H \text{ (carga total estimada)} = 104,0 + 0,15 + 0,09 + 3,00$$

$$H = 107,24 \text{ mts}$$

La bomba cuyas curvas características muestra la Fig. 9 (10" RKHC) es capaz de desarrollar una carga de 13 mts por impulsor al descargar 31,5 litros/seg. con una eficiencia de 82%. El tazón tiene un diámetro de

Fig. 9: Características de la bomba 10" RKHC

Descripción	Valor (mts)
Pérdidas de carga en tubería de succión ( $h_{f_s}$ )	0,09
Pérdidas de carga en tubería de impulsión ( $h_{f_d}$ )	3,00
Carga cinética ( $h_v$ )	0,15
Abatamiento del nivel del agua subterránea	7,00
Altura del agua en el depósito	38,00
Profundidad del pozo	49,00
<b>Carga total a desarrollar</b>	<b>107,24</b>

Resumen de los datos de la bomba seleccionada

9. Selección de una bomba para un trabajo determinado

Objetivo de seleccionar una bomba conveniente para un trabajo determinado

Es preciso, primero, establecer aquellos factores que han de regir en

las operaciones propuestas, a saber:

1. la naturaleza del agua, si acaso tuviese importancia en la selección de los materiales de construcción
2. características de la potencia eléctrica en el sitio
3. nivel de agua fónica, y variaciones que se puedan esperar
4. demanda, normal y eventual, cargas de bombas correspondientes
5. abastecimiento que corresponden a las varias demandas
6. diámetro y profundidad del pozo
7. colocación del tazón, o de los tazones, y sus dimensiones

Cuando los datos y detalles sean los datos sobre el pozo, tanto más

convenientes serán los equipos seleccionados para utilizarlo

En esta presentación, el autor ha tomado, necesariamente, mucha

materia de los boletines de varias fabricantes. A la compañía

Jayne y Bowler, en especial, agradece los datos en que se fundan

los ejercicios 4, 5 y 6.

Ejemplo 4 - continuación:

9-7/8" (exterior). El impulsor tiene un diámetro de 7-5/8". Con una columna de 6" (ya anticipada) esta bomba puede desarrollar la carga total de 107,24 mts mediante:  $107,24/13 = 8,2$  o digamos 9 impulsores en serie. En efecto, los impulsores servirán con diámetros reducidos; digamos de 7-7/16".

La potencia requerida para la instalación tiene que tomar en cuenta no solo aquellas pérdidas del grupo bomba-motor, sino también las que se encuentran en el cojinete de empuje (en el extremo del eje) además de las que se verifican en las chumaceras intermedias a lo largo del eje.

CABALLOS DE FUERZA PARA EL ACCIONAMIENTO  
DEL EJE DE TRANSMISION, ENCERRADO, DE UNA BOMBA CINTRIFUGA  
DE POZO,  
(de las normas del Hydraulic Institute)

Ø del eje	velocidad en rpm				
	970	1170	1450	1750	2900
7/8"		0,27	0,35	0,41	0,69
1"		0,35	0,44	0,53	0,88
1-3/16"	0,41	0,50	0,61	0,73	1,23
1-1/2"	0,64	0,76	0,96	1,15	1,93

Pérdida HP para 60 mts de eje de diámetro de 1-3/16" (recomendado por el fabricante) con una velocidad de 1750 rpm; de la tabla anterior que da valores de pérdida por cada 100 pies de eje, se toma 0,73. Para utilizar los valores de la tabla en sistema métrico, hay que multiplicarlos x 0,0328. El valor para calcular la pérdida de energía, será:  
 $0,73 \times 0,0328 = 0,025$ .

$$HP = 60 \times 0,025 = 1,50 \text{ HP}$$

La pérdida de energía del cojinete de empuje, so toma (según el fabricante del motor) en el sistema inglés, como:

$$HP = \frac{0,0075 \times N \text{ (rpm)}}{100} \times \text{empuje (1000 libras)}$$

en el sistema métrico:

$$HP = \frac{0,0165 \times N \text{ (rpm)}}{100} \times \text{empuje (1000 kilogramos)}$$

El empuje hidráulico está dado por la formula  $K \times H$ , donde "H" es la carga total estimada y "K" es un factor que en el sistema inglés vale 6,0 y en el métrico  $6,0 \times 3,28/2,2 = 9,0$ . De modo que:

Empuje hidráulico = $107,24 \times 9,0 =$	965,16 kg
Peso del eje = $60 \text{ mts} \times 5,65 \text{ kg/mts} =$	339,00
Peso de los impulsores = $9(5,25 \text{ por impulsor}) =$	47,25
Empuje total	1.351,41 kg