TEORÍA ELEMENTAL DE LA BOMBA CENTRÍFUGA ELEVATORIA.

La bomba centrífuga es la que casi esclusivamente se emplea, en Chile, para los agotamientos de escavaciones de obras de artes, a pesar de existir otras mas sencillas que bastarian en los agotamientos de poca importancia, la bomba Letestat, por ejemplo, reservándose entónces la bomba centrífuga, de instalacion mas costosa, de manejo mas delicado, para las obras de arte de gran importancia.

Pero, si la bomba centrífuga se usa mucho, es de reconocer que, en varios casos, se usa mal, en malas condiciones de establecimiento i de rendimiento, sin cálculo prévio de la fuerza motriz necesaria.

Sin embargo, su empleo no es difícil, i para simplificarlo mas aun, i para que esté al alcance de todas las personas que se dedican a trabajos sin haber hecho los estudios superiores de injenieros, doi aquí estos lijeros apuntes puramente elementales.

Como sabrán o deben saber mis lectores, la bomba centrífuga se compone de una rueda de paletas curvas helicoidales que puede aspirar por la parte central el agua que llega por un cañon lateral. Jeneralmente la rueda es doble, es decir que lonjitudinalmente está dividida en dos por un tabique lleno, formando así dos ruedas semi-chicas respecto a un plano mediano. Esta rueda tiene jeneralmente $0^m.10$ a $0^m.20$ de diámetro. La aspiracion se hace sólo por la parte central, i la parte así vacía tiene cerca de $\frac{1}{3}$ del diámetro total.

Lo demas es una corona de metal, de tal modo que el agua entra por el centro i sale por la circunsferencia. Entra en direccion al eje del cilindro que forma la rueda, i despues, adentro de la rueda, cambia de direccion por efecto de las paletas helicoidales i sale tanjente a estas paletas, con un ángulo α con la rueda que es jeneralmente de 30°.

Al salir de la rueda, el agua es botada en un recipiente anular que envuelve la rueda, i de ahí pasa al cuerpo central que comunica con el cañon de salida o de avacuacion.

Los cañones aspiradores tienen, cada uno en su parte inferior, una válvula, para impedir que salga el agua cuando la bomba deja momentáneamente de trabajar. En fin, estos dos cañones de aspiracion, que muchas veces están confundidos en un solo cuerpo, se reunen a la parte inferior con el cañon de aspiracion, terminado abajo por una válvula de seguridad i un canastillo para impedir la entrada de materias duras en la bomba.

La rueda de paletas helicoidales, está puesta en movimiento por una polea esterior, de pequeño diámetro, que recibe su movimiento de un motor.

Hecha esta descripcion sumaria, que los lectores se servirán completar por los conocimientos que ya tienen de éstos aparatos, paso a la parte teórica.

Suponiendo que la bomba esté llena de agua, si se da un movimiento rápido de rotacion a la polea, por efecto de la fuerza centrífuga, ésta va a botar al esterior el agua que contenia, con una velocidad i una fuerza establecidas por las leyes de la mecánica, i es evidente que si esta agua sale de la rueda, va a ser reemplazada por agua que llegua por el cañon de aspiracion, no produciéndose el vacio, todos lo saben, teóricamente, hasta $10^m.33$, i prácticamente hasta 6 o 7 metros. Supongamos, para simplificar las ideas i el cálculo, que el espacio ocupado por el agua, entre 2 paletas, se asimile a un tubo de seccion circular. Poca diferencia habrá con la realidad, a no ser la curvatura misma de la paletas. Podemos suponer, para esta primera parte del cálculo, que la rueda que se mueve, lo haga horizontal o verticalmente. Si su movimiento es horizontal, el agua, a la salida está sometida a la misma presion. Si el movimiento es vertical, la diferencia de presion será el alto de una columna de agua igual al diámetro de la rueda, es decir $0^m.20$ a $0^m.30$, en comparacion con la presion atmosférica ($10^m.33$). Es mui poco, i podemos despreciarlo.

En este cilindro formado por 2 paletas consecutivas, de seccion constante a, i de largo R, siendo R el radio de la rueda, consideraremos un elemento de volumen sumamente pequeño, de largo l, i situado a una distancia r del centro.

La fuerza centrífuga que solicita este cilindro de agua, llamando p el peso de 1^{m3} de líquido, i v su velocidad de traslacion sobre la circunferencia, será:

$$f=\frac{p}{g}\,\frac{v^2}{r}\,a\,l'=\frac{pal'}{gr}\,v^2 \qquad (1)$$

en virtud de la espresion jeneral de la fuerza centrífuga.

Si t es el tiempo de una revolucion de la rueda, tenemos:

$$v=\frac{2\pi r}{t}$$

así que la espresion (1) toma la forma

$$f=\frac{p}{g}\,\frac{al}{r}\left(\frac{2\pi r}{t}\right)^2=\frac{pal}{gr}\,\frac{4\pi^2 r^2}{t^2}=\frac{4\pi^2\,palr}{gt^2}$$

así que si llamamos f' la fuerza centrífuga que solicita otro elemento líquido del cilindro, de largo l' i a una distancia r' del centro, tendremos

$$f'=\frac{4\pi^2 pa}{gt^2}\,l'r'$$

i lo mismo para los otros, así que la fuerza total centrífuga será

$$f+f'+f''+\ldots\ldots=F=\frac{4\pi^2\,pa}{gt^2}\,(lr+l'r'+l''r''+\ldots\ldots).$$

Pero lr, $l'r'$, $l''r''$ representan los momentos respecto al centro de la rueda de los elementos de largo l, l', l'', a distancias r, r', r''....

así que, en virtud de la teoría de los momentos, llamando R el radio total, con un centro de gravedad a una distancia $\frac{R}{2}$, tendremos

$$lr+l'r'+l''r''+\ldots=R\frac{R}{2}=\frac{R^2}{2}$$

de donde

$$F=\frac{4\pi^2pa}{gt^2}\,\frac{R^2}{2}=\frac{pa}{2g}\,\frac{4\pi^2R^2}{t^2}$$

Pero $\frac{4\pi^2R^2}{t^2}$ es el cuadrado de la velocidad de traslacion circular a la estremidad, así que

$$F=\frac{pa}{2g}V^2$$

Se puede suponer qué F será representado por el peso de una columna del mismo líquido, de seccion a, i de alto incógnito R, así que podemos escribir

$$F=paR=\frac{pa}{2g}V^2$$

de dondo

$$R=\frac{V^2}{2g}$$

Resulta así que la fuerza centrífuga puede ser representada por una columna de agua cuyo alto, en virtud del teorema de Torricelli, comunicaria al agua una velocidad precisamente igual a la velocidad de traslacion de un punto de la circunferencia de la rueda.

Establecida esta base, podemos pasar a la bomba propiamente dicha.

Llamemos

h la altura del centro de la rueda sobre el nivel del pozo.

H la altura total entre el nivel del pozo i la desembocadura del cañon de salida o de evacuacion.

R el alto de la columna de agua que comunicaria al agua que sale de la rueda, una velocidad relativa igual a la velocidad de traslacion de la rueda.

α el ángulo de las paletas con la circunferencia esterior de la rueda.

u la velocidad de traslacion de la rueda en la circunferencia.

w la velocidad *relativa* de salida del agua de la rueda.

v su velocidad *absoluta* de salida.

Desde luego, entre u, w i v, existe la relacion establecida por el paralelógramo de las velocidades, i notando que w es la resultante de u i de v.

$$v^2=u^2+w^2-2u\,w\cos\alpha. \qquad (2).$$

Examinemos las fuerzas, o cargas jeneratrices que obran sobre el agua.

Primeramente, en virtud de lo anteriormente establecido, tendremos

$$u^2=2gR. \qquad (3).$$

Las cargas que solicitan el agua a la salida i que le dan una velocidad relativa w son de adentro a fuera, siendo P la presion atmosférica

$$P+R-h.$$

i del esterior al interior.

$$P+H-h.$$

Así que la diferencia, obrando del interior al esterior

$$P+R-h-(P+H-h)=R-H$$

será la carga jeneratriz que comunica al agua su velocidad relativa w, de donde

$$w^2 = 2g(R-H). \qquad (4).$$

o bien

$$w^2 = u^2 - 2gH. \qquad (5).$$

Desde luego se ve que es indispensable tener

$$R > H. \qquad (5\ bis).$$

es decir, que la carga que comunicaria al agua una velocidad relativa igual a la velocidad de traslacion de la estremidad de la rueda, debe ser mas grande que la diferencia total de nivel, entre las cuales trabaja la bomba.

Las relaciones (3) i (5 *bis*) pueden entónces indicar si u es suficiente para que la bomba funcione, i despues servir para calcular w, conociendo R i H.

Pero, jeneralmente w deberá calcularse por el volúmen de agua que la bomba debe aspirar en un tiempo determinado.

Llamando n el número de los tabiques, l su largo segun la circunferencia, e su alto libre (deduciendo el grueso del metal) i α el ángulo de las paletas con la circunferencia esterior, tenemos

$$Q = nl\ sen\ \alpha\ ew.$$

siendo Q el cubo en m³ por segundo. — Como, abstraccion hecha del grueso de alabes

$$nl = 2\pi r.$$

viene

$$Q = 2\pi r.e.w.\ sen\ \alpha. \qquad (6).$$

lo que da

$$w = \frac{Q}{2\pi re\ sen\ \alpha.}$$

Por consiguiente, siendo Q una de las cantidades conocidas i obligatorias del problema, lo primero que se debe calcular es w, por la ecuacion (6). Despues, se calcula u por (5) conociendo H, o bien se calcula H máximum, por el valor máximum que es posible dar a u.

Ejemplo: una rueda de bomba tiene $0^m.15$ de radio, un alto libre e de $0^m.10$, α es igual a $30°$ (es el caso jeneral), i con esta bomba, se necesita sacar 150 litros por segundo.—La ecuacion (6) dará

$$w = \frac{0^{m3}150}{2\times3.14\times0.15\times0.10\times\frac{1}{2}} = 3^m.18 \text{ por segundo.}$$

Si debemos emplear esta bomba con una diferencia de nivel de 4^m50, tendremos, por la ecuacion (5).

$$\overline{3.18}^2 = u^2 - 2\times9,8\times4,50.$$

$$u^2 = \overline{3.18}^2 + 2\times9,8\times4,50 = 98,3124$$

$$u = \sqrt{98,3124} = 9^m91 \text{ por segundo,}$$

es decir que la rueda debe hacer un número de revoluciones representado por

$$n = \frac{60\times9,91}{2\pi r} = \frac{60\times9,91}{2\times3,14\times0,15} = 630 \text{ revoluciones por minuto.}$$

Será indispensable entónces ver si la construccion de la rueda le permite hacer sin peligro para las paletas este número de revoluciones, i despues disponer la polea del motor, i la polea receptora de la bomba para que efectúen las revoluciones indicadas.

Si la bomba no puede sin peligro hacer mas de 800 revoluciones por minuto, o bien si las poleas no permiten conseguir mas, la relacion (5) daria, como máximum de H

$$H = \frac{u^2 - w^2}{2g}.$$

como

$$u = \frac{2 \times 3,14 \times 0,15 \times 800}{60} = \frac{753^m,60}{60} = 12^m,560$$

$$u^2 = 157,75 \qquad w^2 = \overline{3,18}^2 = 10,11.$$

tendremos

$$H = \frac{157,75 - 10,11}{19,6} = 7^m.50$$

así que H deberá ser sensiblemente inferior a 7^m,50 para que la bomba funcione.

MÁXIMO DORLHIAC.

(*Continuará.*)