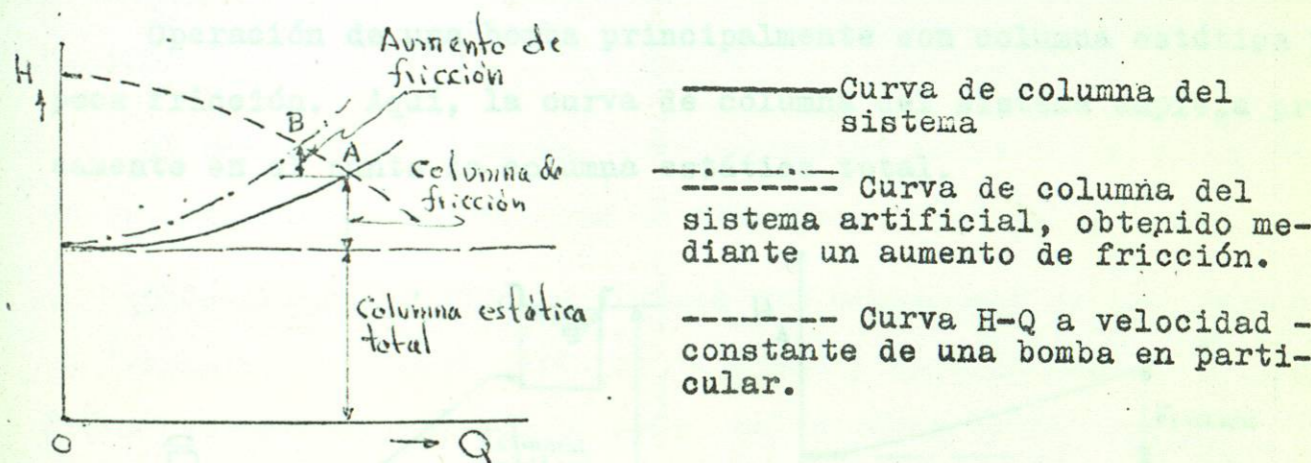


los accesorios que lo integran, velocidad del flujo del líquido y desde luego naturaleza de este.

Para un sistema dado, las pérdidas que se tienen en la columna (se están considerando succión y descarga) por fricción, varían aproximadamente con el cuadrado de la velocidad del líquido en el sistema.

El análisis gráfico de un sistema, puede adaptarse igualmente a bombas centrífugas, rotatorias o recíprocas. Este análisis es necesario para conocer el punto en el cual, una bomba, está operando, antes de tratar de indagar si un equipo se encuentra lejos de operar satisfactoriamente por defectos mecánicos o de instalación.

CURVA DE COLUMNA DEL SISTEMA.- Esta curva se obtiene al combinar la curva de fricción del sistema con la curva estática y con cualquier diferencia de presión en el sistema. Si superponemos la curva H-Q de la bomba sobre la curva de columna del sistema, se obtendrá el punto para el cual una bomba determinada opera en el sistema para el cual se ha trazado la curva.

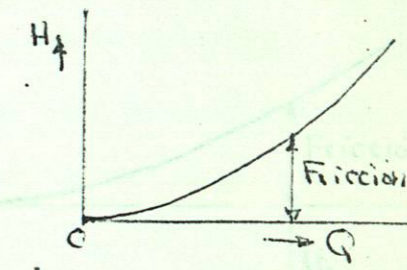
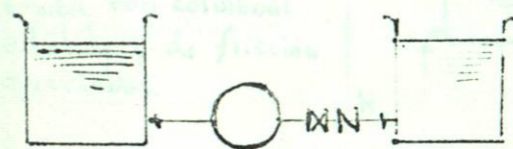


En la figura, el punto A corresponde a una operación de una bomba con una condición H-Q, sobre un sistema con una curva de columna determinada. Si al mismo sistema, le agregamos fricción, digamos median

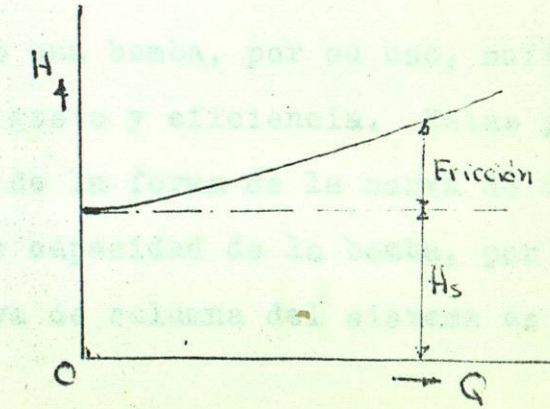
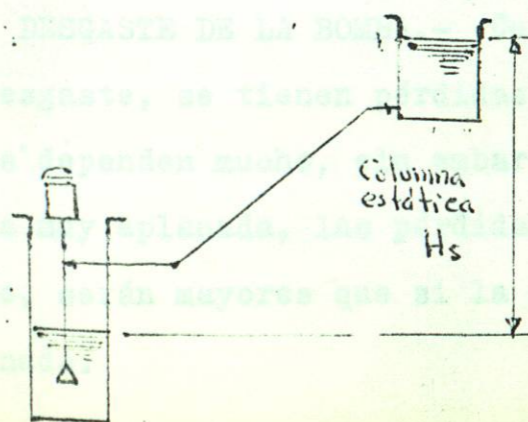
te el cierre parcial de una válvula de compuerta, la curva de columna del sistema variará haciéndose más inclinada. La misma bomba -- ahora tendrá una nueva operación en el punto B; se nota que se aumentó la carga y se sacrificó el gasto. De igual forma podemos aumentar el gasto sacrificando la carga si hay posibilidad de disminuir las fricciones en el sistema.

Para que una bomba opere satisfactoriamente debe tenerse en cuenta la curva de columna del sistema y pueden usarse dos o más puntos para tener la operación más económica. En seguida se dan los casos de curvas columnas de sistemas clásicos.

Operación de una bomba con ELEVACION NULA.- En este caso, como la elevación vale cero, la curva de columna del sistema empieza en $H = 0, Q = 0$. Toda la columna es fricción.



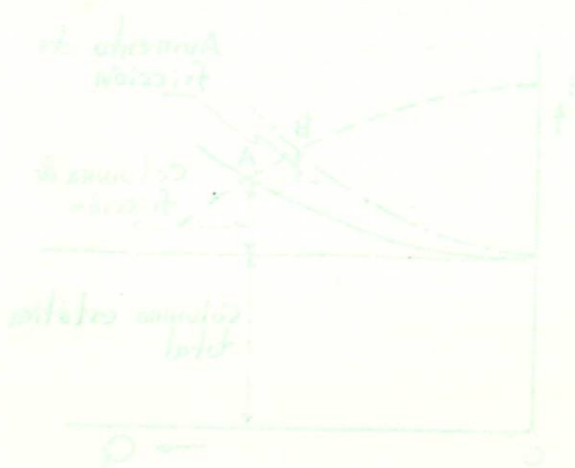
Operación de una bomba principalmente con columna estática y poca fricción. Aquí, la curva de columna del sistema empieza precisamente en el punto de columna estática total.



los necesarios que se integran, velocidad del líquido y desde luego naturaleza de este. Para un sistema dado, las pérdidas que se tienen en la columna (se están considerando succion y descarga) por fricción, varian aproximadamente con el cuadrado de la velocidad del líquido en el sistema.

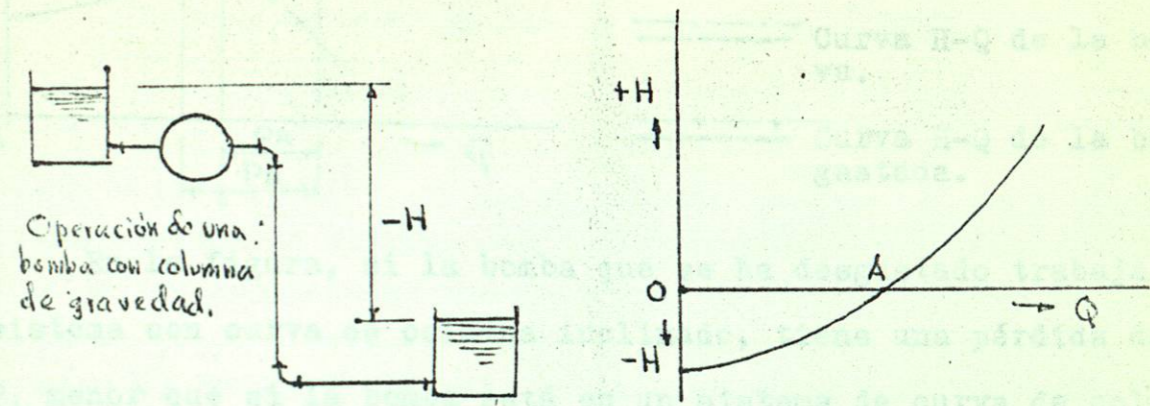
El análisis gráfico de un sistema, puede hacerse igualmente a bombas centrífugas, rotatorias o reciprocantes. Este análisis es necesario para conocer el punto en el cual, una bomba, está operando, antes de tratar de cambiar el equipo o de modificarlo, operar satisfactoriamente por métodos mecánicos o de instalación.

CURVA DE COLUMNA DEL SISTEMA.- Esta curva se obtiene al combinar la curva de fricción del sistema con la curva estática y con cualquier diferencia de presión en el sistema. Si se conocen la curva H-Q de la bomba sobre la curva de columna del sistema, se obtendrá el punto para el cual una bomba determinada opera en el sistema para el cual se ha trazado la curva.

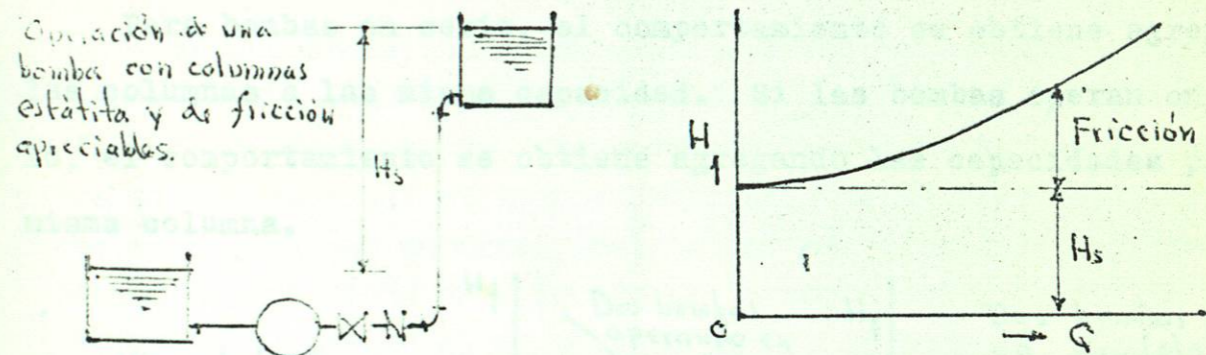


En la figura, el punto A corresponde a una operación de una bomba con una condición H-Q, sobre un sistema con una curva de columna estática. Si el mismo sistema, se agregase fricción, dicha curva

Operación de una bomba con columnas estática y de fricción --
 apreciables. Este es el sistema común; ambas columnas deben tener
 se en cuenta para la correcta operación del sistema.

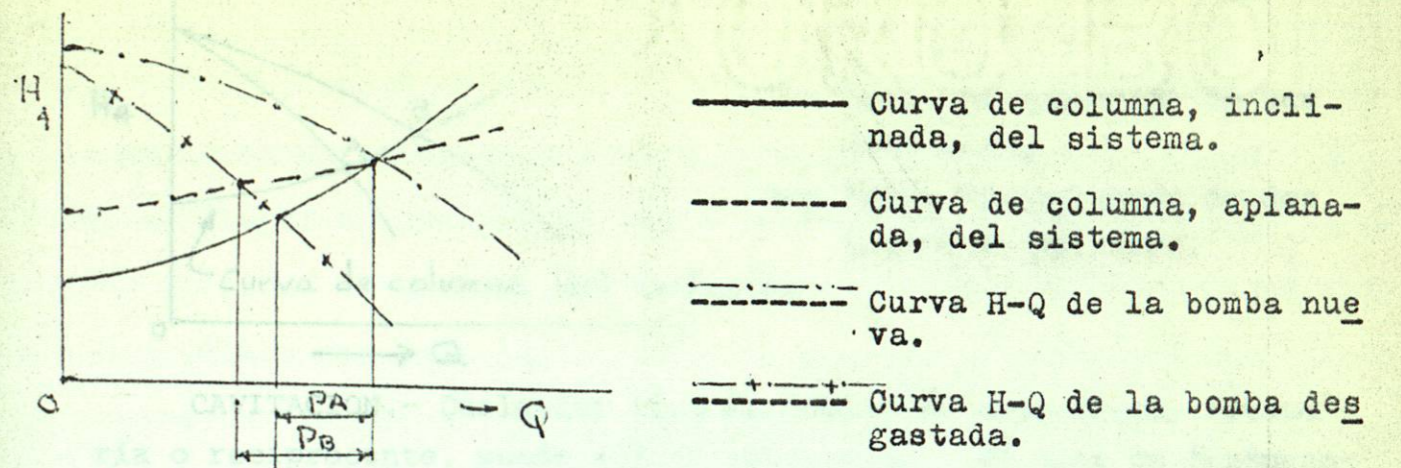


Operación de una bomba con columna de gravedad.- La bomba es
 necesaria solo para aumentar el gasto a un valor mayor que el obte-
 nido solo por gravedad (punto A en la figura). Así, la bomba es solo
 para vencer la fricción en la tubería entre tanques.



El punto A en la curva, corresponde al gasto del sistema debi-
 do exclusivamente por columna de gravedad.

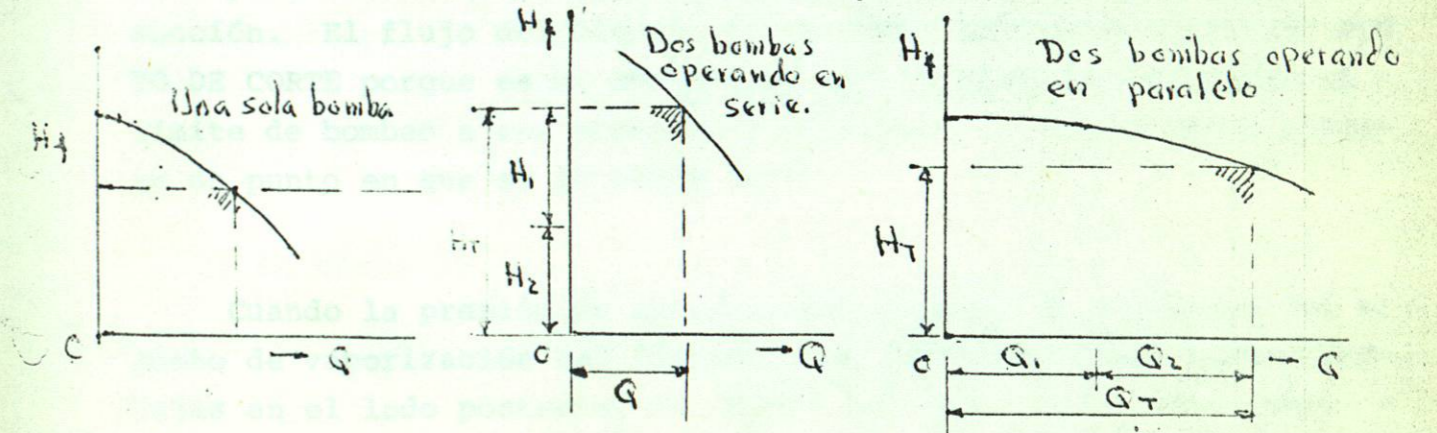
DESGASTE DE LA BOMBA.- Cuando una bomba, por su uso, sufre -
 un desgaste, se tienen pérdidas de gasto y eficiencia. Estas pér-
 didas dependen mucho, sin embargo, de la forma de la curva de co-
 lumna muy aplanada, las pérdidas de capacidad de la bomba, por des-
 gaste, serán mayores que si la curva de columna del sistema es más
 aplanada.



En la figura, si la bomba que se ha desgastado trabaja en un sistema con curva de columna inclinada, tiene una pérdida de gasto P_A menor que si la bomba está en un sistema de curva de columna aplanada, donde la pérdida de gasto vale P_B .

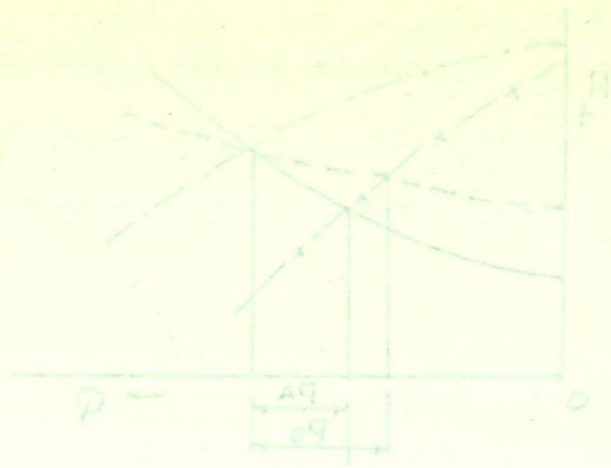
OPERACION DE BOMBAS EN SERIE O EN PARALELO.- Hay casos en que la demanda de un sistema exige variedad de carga o de gasto. Se aplican entonces bombas en serie o en paralelo.

Para bombas en serie, el comportamiento se obtiene agregando las columnas a las misma capacidad. Si las bombas operan en paralelo, el comportamiento se obtiene agregando las capacidades para la misma columna.



El superponer la curva de columna del sistema sobre la de comportamiento de la bomba indica claramente los gastos que pueden esperarse y las columnas a que operará cada bomba.

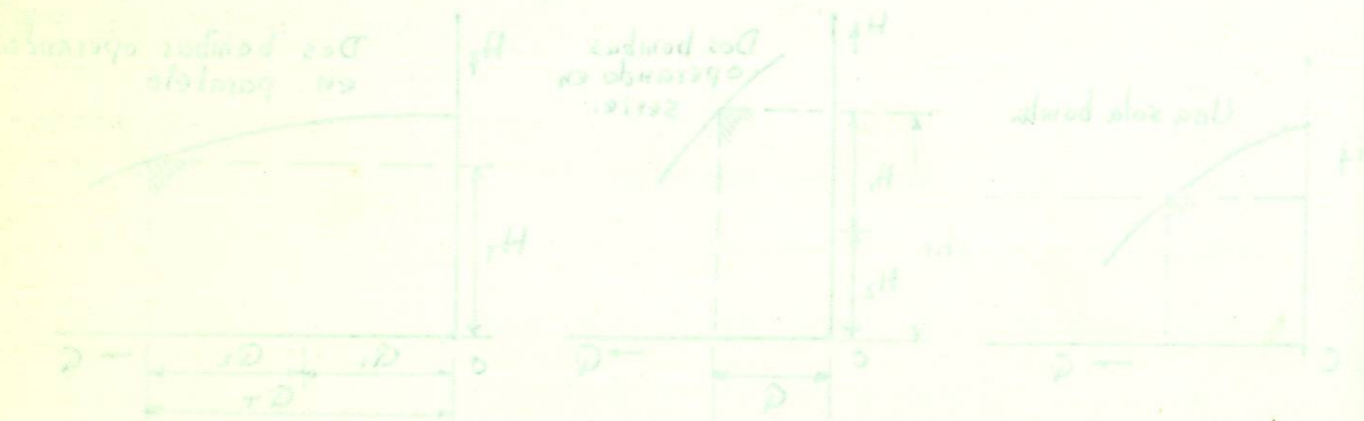
Curva de columna del sistema
 Curva de columna de la bomba
 Curva de columna de la bomba



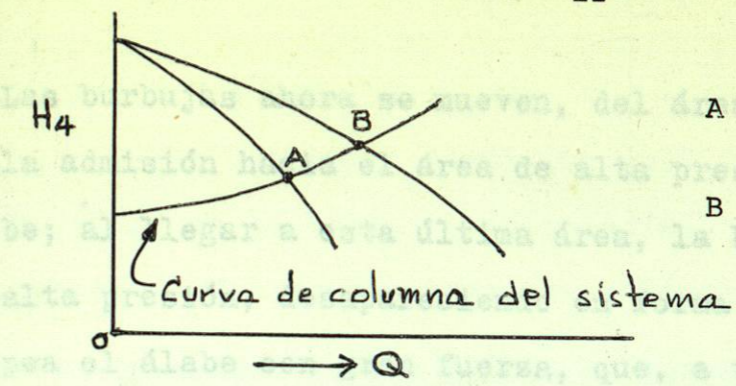
En la figura, si la bomba que se ha designado trabaja en un sistema con curva de columna inclinada, tiene una pérdida de carga menor que si la bomba está en un sistema de curva de columna aplastada, donde la pérdida de carga vale P.

OPERACION DE BOMBAS EN SERIE O EN PARALELO. -- Hay casos en que la demanda de un sistema exige variedad de carga o de gasto. Se aplican entonces bombas en serie o en paralelo.

Para bombas en serie, el comportamiento se obtiene agregando las columnas a las mismas capacidades. Si las bombas operan en paralelo, el comportamiento se obtiene agregando las capacidades para la misma columna.



El superponer la curva de columna del sistema sobre la de comportamiento de la bomba indica claramente los gastos que pueden obtenerse y las columnas a que operará cada bomba.



A = Punto de operación de una sola bomba.
 B = Punto de operación de dos bombas en paralelo.

CAVITACION.- Cualquier tipo de bomba, sea centrífuga, rotatoria o reciprocante, puede sufrir cavitación. Es este un fenómeno que aparece en algunos casos de operación y que provoca vibraciones y ruidos acompañados con picaduras en los impulsores de la bomba, la cavitación puede producir reducción en la eficiencia en la bomba y su desgaste moderado si es leve, pero también puede dañar la bomba severamente si es muy marcada.

Se conoce que una bomba tiene cavitación cuando tiene ruido excesivo y vibraciones muy fuertes aún cuando se haya comprobado su perfecta nivelación. Estos síntomas son indicio de cavitación peligrosa y bajo la cual ninguna bomba debe ser puesta en servicio.

Si una bomba opera con una elevación de succión excesiva o con una CSPN insuficiente, se produce una presión de succión, en la entrada de la bomba, que puede ser tan baja que desarrolle un vacío que haga que el líquido se convierta en vapor si su presión de vapor, en ese momento, resulta ser más alta que la presión de succión. El flujo del líquido en la bomba desaparece (llamado PUNTO DE CORTE porque es el momento en que la bomba ha alcanzado su límite de bombeo a esa presión de entrada). La bomba opera ahora en un punto en que se le puede dañar.

Cuando la presión de entrada está a punto de igualarse con el punto de vaporización del líquido, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del álabe impulsor, cerca de su base.

2) Capacidad menor que la capacidad de diseño eficiente de la bomba, y los puntos 1, 4 y 5 que se mencionan evitar en las bombas centrífugas comunes.

Las burbujas ahora se mueven, del área de baja presión provocada en la admisión hacia el área de alta presión cerca del extremo del álabe; al llegar a esta última área, la burbuja es comprimida por la alta presión, desapareciendo en forma tan rápida que el líquido golpea el álabe con gran fuerza, que, a veces, desprende pequeñas partículas del impulsor. Este desperfecto se llama picadura y el ruido que se oye en la bomba es causado por el colapso de las burbujas de vapor.

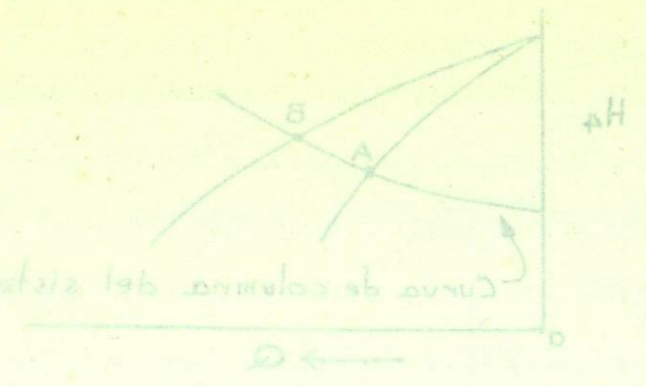
Para que no se tenga cavitación, se recomienda, por ejemplo en las bombas centrífugas, evitar:

- 1) Columnas mucho más bajas que la columna de máxima eficiencia en la bomba.
- 2) Capacidad mucho mayor que la capacidad de máxima eficiencia de la bomba.
- 3) Elevación de succión mayor o columna positiva menor que la recomendada por el fabricante.
- 4) Temperaturas de líquido mayores a las de diseño u originales del sistema.
- 5) Velocidades más altas que las recomendadas por el fabricante.

Si la bomba es del tipo de impulsor se debe evitar tener:

- 1) Columnas mucho mayores que las de máxima eficiencia de la bomba.
- 2) Capacidad mucho menor que la capacidad de máxima eficiencia de la bomba, y los puntos 3, 4 y 5 que se recomienda evitar en las bombas centrífugas comunes.

A = Punto de operación de una sola bomba.
 B = Punto de operación de dos bombas en paralelo.



CAVITACION. - Cualquier tipo de bomba, sea centrífuga, torzón o reciprocante, puede sufrir cavitación. Es este un fenómeno que aparece en algunos casos de operación y que provoca vibraciones y ruidos acompañados con picaduras en los impulsores de la bomba. La cavitación puede producir reducción en la eficiencia en la bomba y su desgaste notándose si es leve, pero también puede dañar la bomba severamente si es muy marcada.

Se conoce que una bomba tiene cavitación cuando tiene frotamiento excesivo y vibraciones muy fuertes aún cuando se haya compensado en perfecta nivelación. Estos síntomas son indicios de cavitación. Peligrosa y bajo la cual ninguna bomba debe ser puesta en servicio.

Si una bomba opera con una elevación de succión excesiva o con una RPM inusualmente, se produce una presión de succión en la entrada de la bomba, que puede ser tan baja que destruya un vacío que haga que el líquido se convierta en vapor al su presión de vapor, en ese momento, resulta ser más alta que la presión de succión. El finjo del líquido en la bomba desaparece (llamado punto de corte) porque es el momento en que la bomba ha alcanzado su límite de bombeo a esa presión de succión. La bomba opera ahora en un punto en que se le puede dañar.

Cuando la presión de succión está a punto de igualarse con el punto de vaporización del líquido, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del álabe impulsor, cerca de su base.

2.2.- C E B A D O

Cebiar una bomba significa suplir el aire, gas o vapor que se encuentre en la bomba y sus tuberías, por el líquido que deberá ser bombeado. Una bomba puede ser automática o manualmente cebada.

Normalmente, las bombas de desplazamiento positivo tipo rotatorio o reciprocante, son autocebantes; si en su construcción se tiene un buen sellado, podrán extraer aire del lado de succión sin dificultad pues manejan aire tan bien como líquido.

Con las bombas centrífugas no pasa lo mismo; una bomba centrífuga bombea aire a la misma altura, en metros, que lo puede hacer con un líquido, sin embargo, y debido a la baja pesantez del aire, cuando éste es bombeado la presión de succión es muy pequeña, esto es, el vacío que se produce en el lado de "succión, en metros de agua, es muy bajo. Supongamos una bomba centrífuga que, operando a su velocidad normal, desarrolla una carga de 60 m. manejando agua, la misma bomba desarrollará una carga de 60 m. manejando aire. Sin embargo, una carga de 60 m. de aire equivale a un vacío de cerca de 8 cm., de agua insuficiente para producir el cebado de la bomba.

Resulta pues necesario cebiar una bomba centrífuga antes de su operación.

Las bombas del tipo reciprocante o rotatorias, si están en buenas condiciones, pueden dar una elevación de succión hasta de 8.30 m, pero deben cebarse cuando se tienen líneas de succión largas, elevaciones altas o condiciones que requieran una presión de succión fuera de la que pueda proporcionar la bomba.

Se presentan dos casos generales en el problema de cebado de una bomba: cuando se tiene una carga de succión positiva, es decir