



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
NACIONAL
FACULTAD
REGIONAL
DELTA

PROCESO PRODUCTIVO DE FOSFATO DIAMÓNICO

DIAGRAMA ISOMÉTRICO

Antúñez Rosell, Candela
Guerra, Maya
Magalú, Iara Belén
Pelloli, María del Pilar



Índice

8.1 Diagrama isométrico de línea de alimentación de ácido fosfórico a reactor RX-01.....	2
8.2 Selección del sistema de bombeo.....	4
8.2.1 Balance de energía mecánica.....	5
8.2.2 Selección de la bomba	6
8.2.3 Potencia del motor de la bomba	9

DIAGRAMA ISOMÉTRICO

Por definición, los dibujos isométricos son una representación que combina altura-ancho-profundidad / longitud en una sola vista con 30 grados desde su plano horizontal como se muestra en la imagen adjunta a continuación.

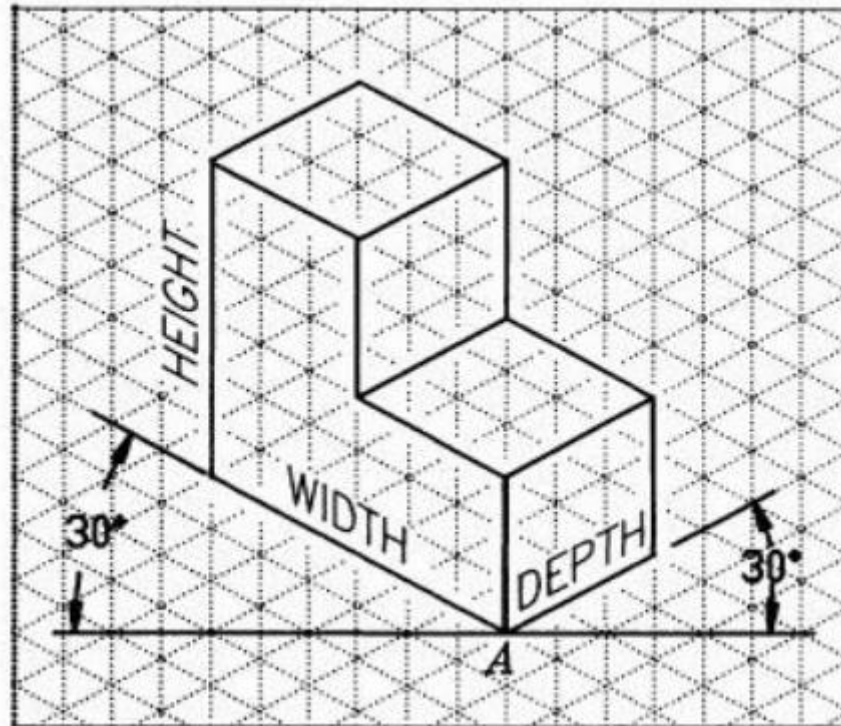


Imagen 1: representación gráfica de dimensiones de un isométrico. Fuente: www.formacion-industrial.com

El dibujo isométrico es un dibujo bidimensional (2D) que representa el sistema de tuberías 3D. Las características más importantes son:

- ✓ No está dibujado a escala, pero es proporcional a las dimensiones exactas representadas.
- ✓ Las tuberías se dibujan con una sola línea independientemente del tamaño real de la línea, así como el resto de los elementos, como reductores, bridas y válvulas.
- ✓ Los tubos se muestran en el mismo tamaño. Los tamaños reales se notifican con etiquetas, llamadas o notas.

8.1 Diagrama isométrico de línea de alimentación de ácido fosfórico a reactor RX-01

El ácido fosfórico recuperado del scrubber, con una concentración aproximada de 54%, se almacena en el tanque TK-04, y se alimenta al reactor de preneutralización RX-01. El proceso demanda aproximadamente 8658 kg/h para una producción de 7,45 tn/día de DAP.

Para poder efectuar el suministro de ácido desde el tanque de almacenamiento al reactor, se necesita un sistema de tuberías tal como se muestra en la **Imagen 2**.

Encuentre el diagrama isométrico en el **Anexo E.04 – Isométrico alimentación de ácido a reactor RX-01**.

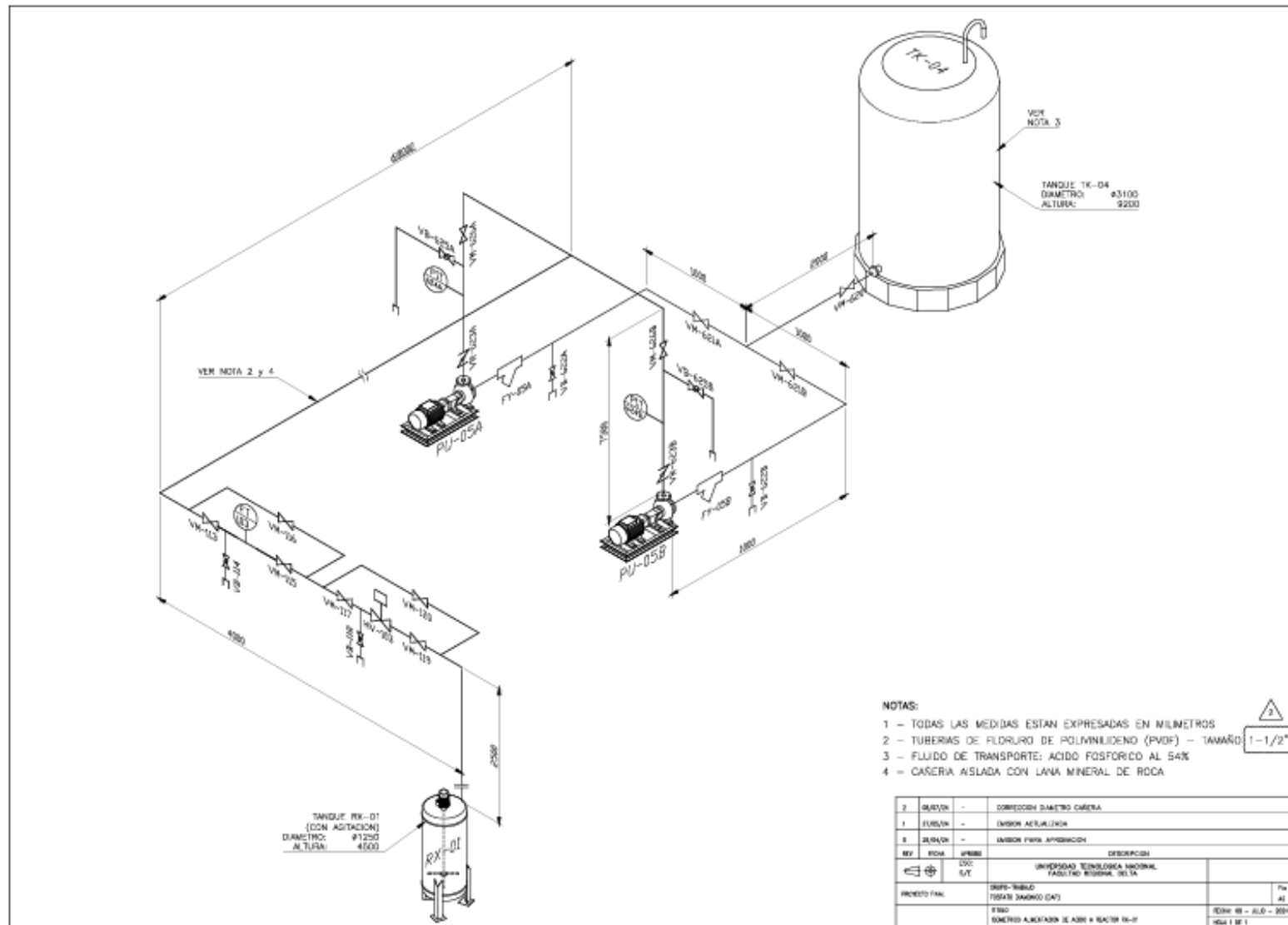


Imagen 2: Diagrama isométrico de línea de ácido a reactor. Elaboración propia.

Debido a las propiedades corrosivas del ácido fosfórico, el material seleccionado para la cañería es el PVDF (Fluoruro de Polivinilideno), el cual es utilizado para varias aplicaciones debido a las siguientes razones:

1. **Excelente resistencia química:** es altamente resistente a una amplia gama de productos químicos, incluidos ácidos, bases, solventes orgánicos y sustancias corrosivas.
2. **Buena resistencia térmica:** puede operar en un amplio rango de temperaturas, desde muy bajas hasta moderadamente altas, sin perder sus propiedades mecánicas o químicas.
3. **Excelente resistencia a la corrosión:** Debido a su estructura química única, el PVDF es altamente resistente a la corrosión, incluso en ambientes agresivos. Esto hace que las cañerías de PVDF sean una opción duradera para sistemas de transporte de líquidos corrosivos o en entornos donde la corrosión es un problema común.
4. **Baja absorción de agua:** tiene una baja absorción de agua, lo que significa que es menos susceptible a la degradación por humedad en comparación con otros polímeros. Esto lo hace adecuado para aplicaciones en exteriores o en entornos húmedos donde otros materiales podrían deteriorarse con el tiempo.
5. **Buena resistencia a la abrasión:** es resistente a la abrasión, lo que significa que puede soportar el desgaste causado por partículas sólidas en el fluido transportado. Esto lo hace adecuado para aplicaciones donde se transportan líquidos que podrían contener partículas sólidas en suspensión.

Es importante aclarar que, a diferencia de una tubería de acero, las de PVDF necesitan más soportería por los siguientes motivos:

- **Flexibilidad:** El plástico tiende a ser más flexible que el acero. Esto puede llevar a una mayor deformación o curvatura bajo carga, lo que requiere un soporte adicional para mantener la integridad estructural.
- **Rigidez:** El acero es considerablemente más rígido que el plástico. Esto significa que las cañerías de acero pueden soportar mejor su propio peso sin deformarse significativamente, mientras que las cañerías de plástico pueden requerir más soportes para evitar deformaciones no deseadas.
- **Propiedades térmicas:** El plástico puede expandirse o contraerse más que el acero bajo cambios de temperatura, lo que puede aumentar las tensiones y requerir más soporte para evitar daños.

Además, todas las tuberías por las cuales circule el ácido fosfórico al 54% deben ser aisladas con un recubrimiento térmico, como la lana mineral. Esta necesidad se debe a que el fluido en cuestión se encuentra a una temperatura aproximada de 60°C. Este será útil para conservar la energía, evitar quemaduras accidentales del personal y mantener la temperatura del fluido.

8.2 Selección del sistema de bombeo

Para elegir la bomba más adecuada para satisfacer las necesidades del sistema, es crucial llevar a cabo un balance de energía mecánica total en estado estacionario, incluyendo las ecuaciones de pérdida de carga por accesorios. Este análisis tiene como objetivo determinar tanto el caudal operativo como la altura que la bomba debe ser capaz de generar para cumplir con los requisitos del proceso.

8.2.1 Balance de energía mecánica

En primer lugar, resumimos los parámetros de proceso:

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal másico	8658	kg/h
Caudal volumétrico	5,75	m ³ /h
Temperatura	60	°C
Densidad	1504	kg/m ³
Viscosidad	5,8	cP
Presión en TK-04	101325	Pa
Presión en RX-01	101325	Pa

Tabla 1: variables principales del proceso. Elaboración propia.

Para poder estimar la pérdida de presión debido a los accesorios, primeramente, se deben listar las cantidades:

SUCCIÓN PU-05			
Accesorio	Cantidad	K	K _{eq}
Válvula mariposa 2"	2	0,17	0,34
TEE	2	0,40	0,80
Filtro Y	1	0,10	0,10
Codo 90°	1	0,75	0,75
$\sum K_{eq}$			1,99

Tabla 2: resumen de accesorios en succión de la bomba PU-05. Elaboración propia

DESCARGA PU-05			
Accesorio	Cantidad	K	K _{eq}
Válvula mariposa	6	0,17	1,02
Válvula de retención	1	2,00	2,00
TEE	6	0,40	2,40
Codo 90°	4	0,75	3,00
Caudalímetro	1	6,00	6,00
$\sum K_{eq}$			14,42

Tabla 3: resumen de accesorios en descarga de la bomba PU-5. Elaboración propia.

La energía requerida por el sistema de bombeo debe ser suficiente para vencer la energía causada por la presión, la energía cinética, potencial y las pérdidas de carga. Por tanto, el balance de energía mecánica se estima según:

$$H_{sist} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + h_L$$

Donde:

- H_{sist} : altura requerida por la bomba, en m.
- P_1 y P_2 : presiones en los planos 1 y 2 respectivamente, en Pa.
- v_1 y v_2 : velocidades en los planos 1 y 2 respectivamente, en m/s.
- z_1 y z_2 : alturas en los planos 1 y 2 respectivamente, en m.
- h_L : caída de presión debida a los accesorios, en m.

A su vez,

$$h_L = \frac{v^2}{2g} \left(f_D \frac{L}{D} + \sum K_{eq} \right)$$

Donde:

- f_D : factor de fricción de Darcy.
- L : longitud de tramo recto, en m.
- D : diámetro, en m.
- K_{eq} : coeficiente de pérdida de carga de accesorios.

Realizando los cálculos, estimamos la curva de demanda del sistema:

Q [m³/h]	H _{sist} [m]
0	7,5
1	8,1
2	9,6
3	12,2
4	15,7
5	20,2
6	25,8
7	32,3
8	39,8
9	48,2
10	57,7
11	68,2
12	79,6
13	92,0
14	105,5
15	119,9

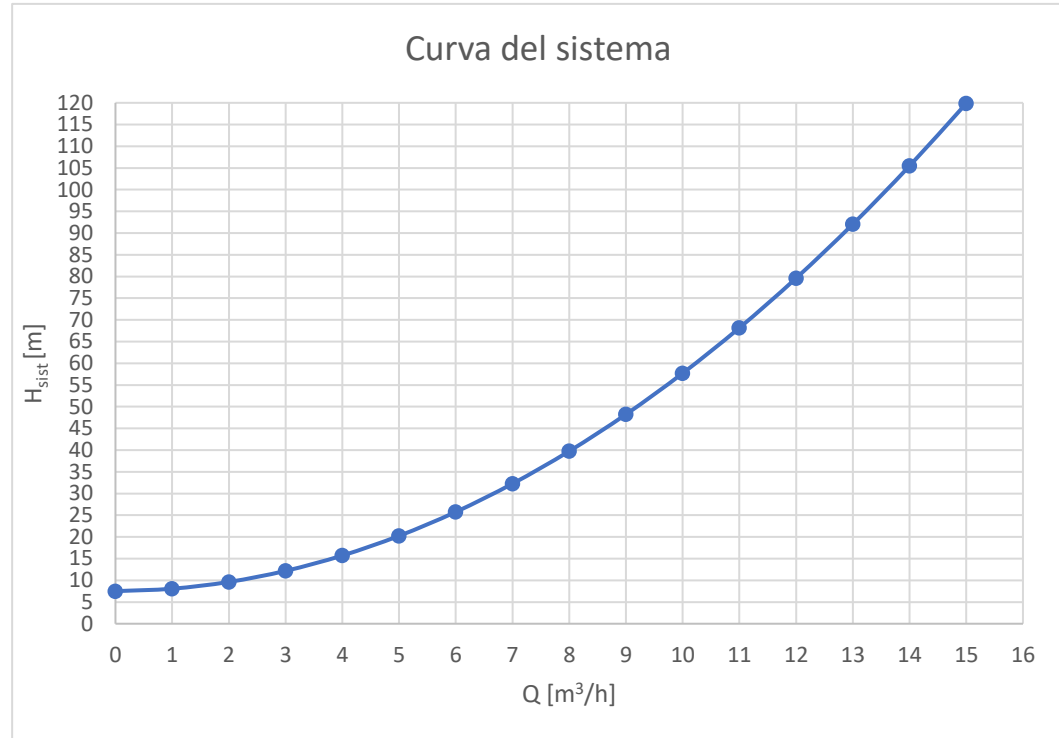


Tabla 4: datos obtenidos del balance de energía mecánica. Elaboración propia.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos, concluimos que se requiere una bomba que tenga la capacidad de entregar una altura desarrollada superior a 25,80 m (aproximadamente 3,80 barg) con un caudal cercano a 6 m³/h.

8.2.2 Selección de la bomba

Es importante seleccionar una bomba que esté fabricada con materiales resistentes a la corrosión y que sea adecuada para el tipo de ácido fosfórico que se va a bombear, así como considerar el caudal, la presión de trabajo y otras especificaciones del sistema.

Por lo mencionado anteriormente, se selecciona una bomba centrífuga hermética, con acople magnético, sin sello y con revestimiento de ETFE (polímetro termoplástico). Este tipo particular de bombas se llaman ANSIMAG.



Imagen 3: bombas ANSIMAG. Fuente: [ANSIMAG – Drotec – Bombas Industriales](#)

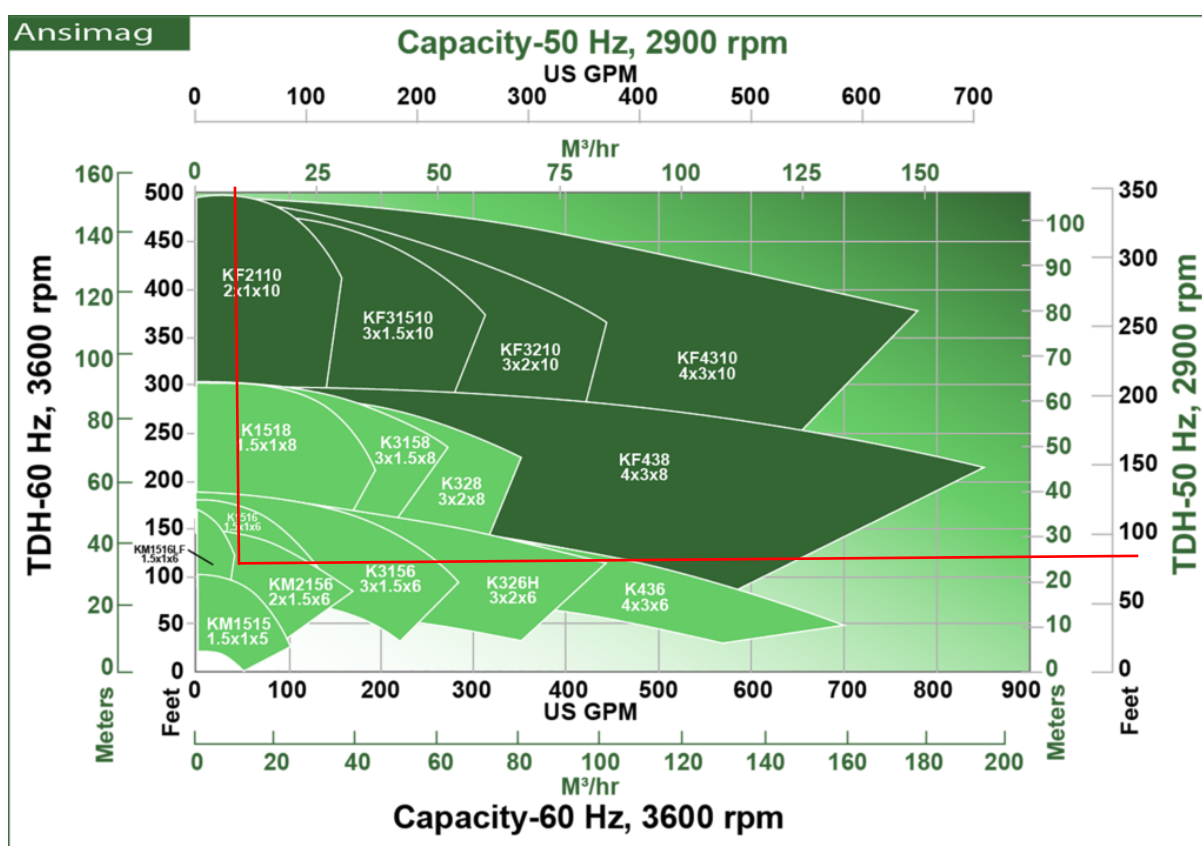


Gráfico 1: curvas de performance de bombas ANSIMAG según el tipo de modelo. Fuente: [Ansimag-KF-Envelope-2pole-1024x712.png \(1024x712\) \(sundyne.com\)](#)

Del gráfico de caudal vs la altura que puede suministrar la bomba (TDH) para cada modelo del tipo ANSIMAG, obtenemos que el modelo que mejor se adapta a los requerimientos de proceso es aquella del tipo KM2156.

El área de bombeo no presenta atmósferas explosivas, pero se deben evitar todo tipo de pérdidas debido a que el fluido de transporte es altamente corrosivo. Este tipo de bombas es ideal ya que no posee juntas ni acoplamientos mecánicos que presenten fugas o fallos, estas bombas son la opción más segura para quienes buscan proteger al personal y al medio ambiente.

Además, las bombas Sundyne presentan un acabado de pintura en polvo para evitar la corrosión, ofreciendo mayor durabilidad, fiabilidad óptima y menores costes a lo largo las bombas selladas tradicionales.



Metric 50 Hz

Heads to	30 m
Flows to	27 m ³ /hr
Maximum Motor Power	5.5 kW
Temperature Range	-30 to 120°C
Maximum Case Working Pressure	10.3 bar
Hydrotest Pressure	15.5 bar
Maximum Viscosity	150 centistokes
Motor Details	NEMA C-face and IEC B5
Solids Range Size: 1.6mm diameter	Concentration to 20% w/w
Mounting Configuration	Horizontal close coupled
Number of available hydraulics.	3
Available Flanges kg/cm ²	ISO PN16, and JIS 10

Imagen 4: especificaciones de bomba ANSIMAG, modelo KM. Fuente: [ANSIMAG KM Sealless Magnetic Drive ETFE Lined Pump | Sundyne](#)

Si bien las bombas con recubrimiento plástico y acople magnético ofrecen muchas ventajas químicas, es importante asegurarse que no funcionen en vacío, incluso más que una bomba convencional. Las razones son las siguientes:

1. **Sobrecalentamiento:** Cuando una bomba opera en vacío, no hay líquido para disipar el calor generado por la fricción de sus partes móviles. Esto puede provocar un sobrecalentamiento del motor y otros componentes de la bomba, lo que puede dañar el recubrimiento de plástico y comprometer su integridad estructural.
2. **Deformación del plástico:** El plástico puede deformarse o derretirse a altas temperaturas, especialmente si la bomba funciona en vacío durante un período prolongado. Esto puede afectar negativamente su rendimiento y durabilidad.
3. **Daño mecánico:** La falta de líquido para lubricar las piezas móviles puede aumentar la fricción y el desgaste en la bomba. Esto puede conducir a un desgaste prematuro de los componentes internos, reduciendo la eficiencia y la vida útil de la bomba.

Por estas tres razones se decide instalar un switch de caudal sobre la línea de descarga de estas bombas. De esta manera, podemos detectar si pasa o no caudal por la línea y así evitar el funcionamiento en vacío.



Imagen 5: interruptor de caudal. Fuente: [Interruptor de caudal - FSM-6100 - WIKA](#)

8.2.3 Potencia del motor de la bomba

La potencia hidráulica de una bomba es la energía que transfiere el equipo hidráulico para mover un fluido, en este caso, ácido fosfórico al 54%. Representa la capacidad de la bomba para realizar trabajo hidráulico, como elevar el líquido desde un nivel más bajo hasta uno más alto y vencer la pérdida de carga de las tuberías y accesorios. La potencia hidráulica de una bomba se calcula mediante:

$$N = \rho g \Delta H Q$$

Donde:

- N : potencia hidráulica, en W.
- ρ : densidad del fluido, en kg/m^3 .
- g : aceleración debido a la gravedad, en kg/s^2 .
- ΔH : altura manométrica total, en m.
- Q : caudal del proceso, en m^3/s .

Además, la potencia consumida por la bomba, se denomina potencia al freno. Para poder determinarla se debe afectar a la potencia hidráulica por la eficiente del motor (valor entre 0 y 1).

$$Nb = \frac{N}{\eta}$$

De los cálculos:

$$N = 633,3 \text{ W} = 0,86 \text{ HP}$$

$$Nb = 1,44 \text{ HP} @ \eta = 60\%$$

Se selecciona un motor de 1,50 HP marca Weg, de 1500 rpm trifásico.



Imagen 6: foto ilustrativa del motor seleccionado. Fuente: <https://www.weg.net/institucional/AR/es/>