

Eficiencia en sistemas de bombeo

Juan de Dios López Albaladejo,
Ingeniero Técnico Industrial



¿QUÉ HAY QUE HACER PARA MEJORAR LA EFICIENCIA?

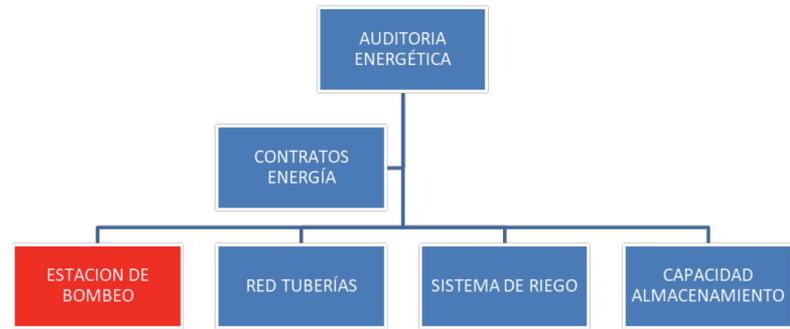
Los elevados costes de la energía eléctrica hacen imprescindible la correcta utilización de este recurso, aplicado en nuestro caso a la extracción y conducción del agua con destino al riego, abastecimiento, etc. Se hace pues necesario valorar como estamos empleando estos recursos mediante una auditoría energética de nuestras instalaciones.

La auditoría energética del bombeo debe ser el primer paso dentro de las medidas encaminadas a conseguir un ahorro energético, y siempre previa al estudio de las tarifas eléctricas, ya que puede darse el caso de tener que modificar a la baja la potencia contratada en el bombeo.

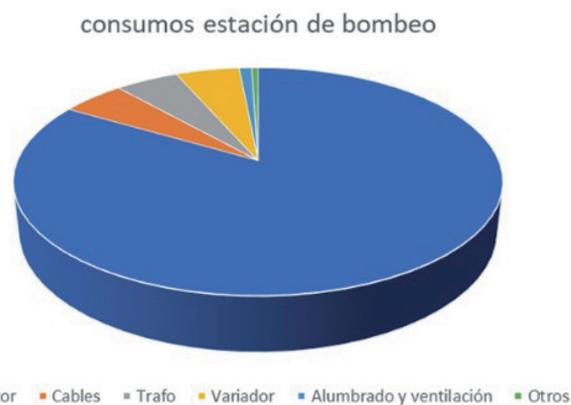
Las bombas suponen con diferencia el consumo de energía más importante de un sistema de riego o de abastecimiento (hasta el 80% de los gastos de una explotación). Otros elementos consumidores de energía serían los cables, tuberías, válvulas, cuadro eléctrico, transformador, ventilación, alumbrado, etc., que pueden sumar un consumo nada despreciable y por tanto merecen ser incluidos en cualquier auditoría energética.

¿QUÉ ELEMENTOS DEBE INCLUIR UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA?

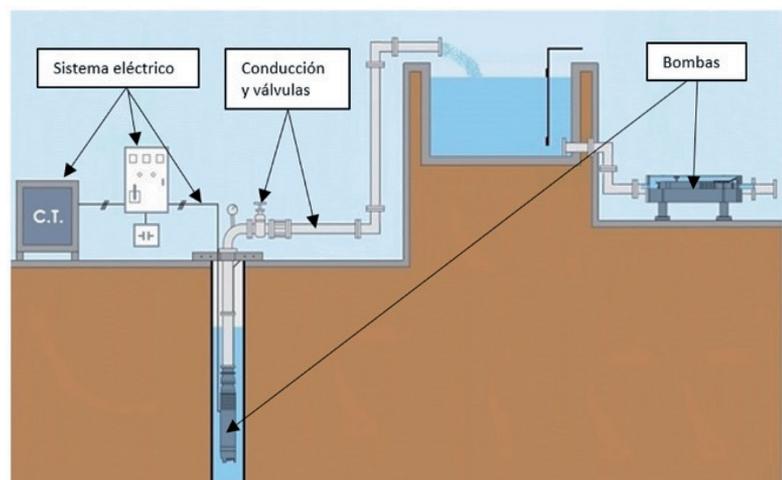
Junto a los resultados de la eficiencia energética del bombeo se dejará constancia de las deficiencias observadas en la instalación, tanto las que afectan al diseño como al tipo de máquina empleada y a las protecciones encaminadas a evitar daños y gastos en general en la explotación. También se valorará el mantenimiento de la máquina.



Elementos que intervienen en una auditoría energética.



Distribución de consumos en una estación de bombeo.



Elementos significativos de un bombeo.

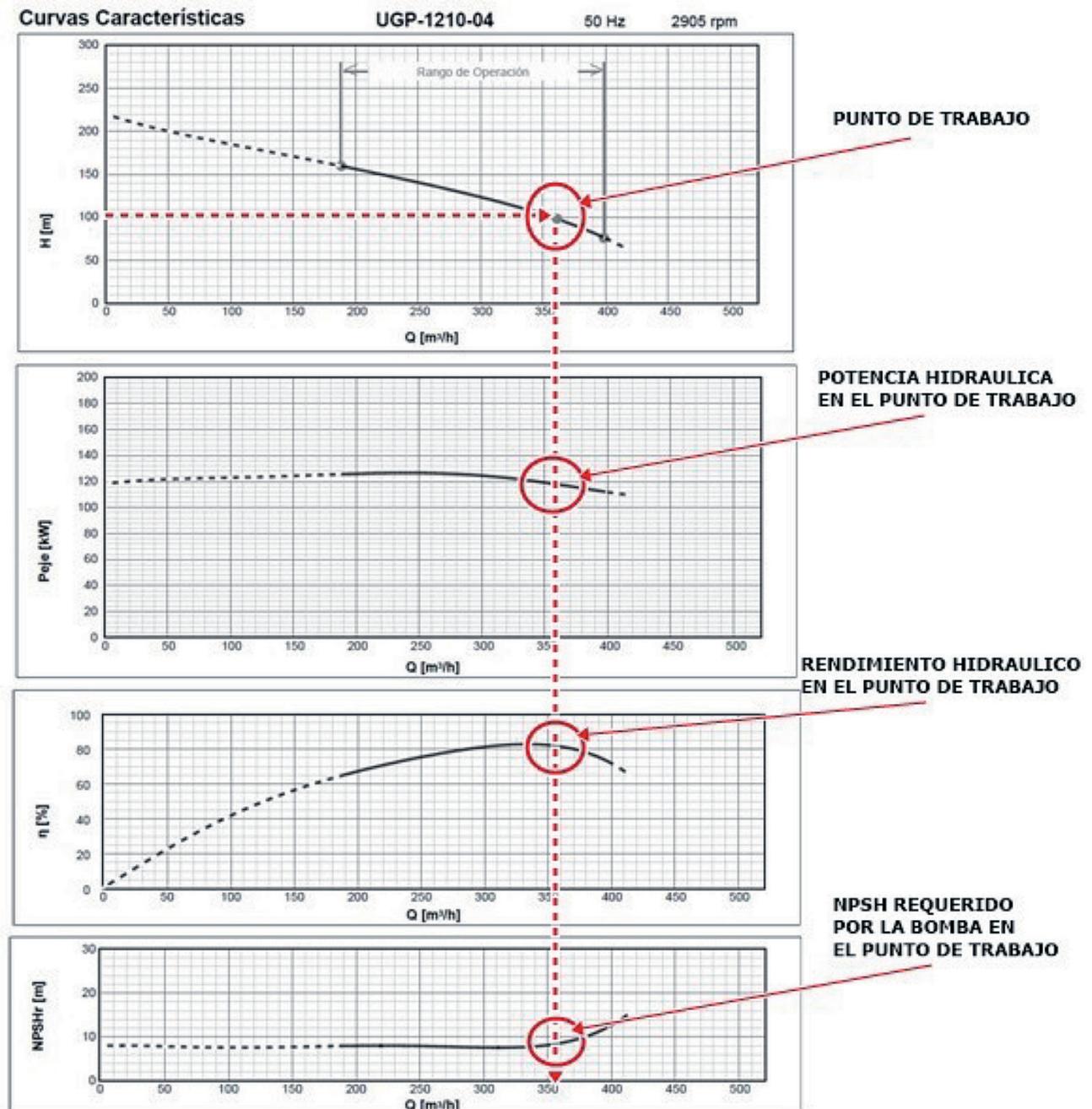
¿CÓMO SE SELECCIONA UNA BOMBA?

Características de la bomba:

Las curvas de una bomba contienen todos los datos necesarios para seleccionar la que mas se ajuste a las necesidades de la instalación en cuanto a rendimiento, consumo de energía y condiciones de trabajo.

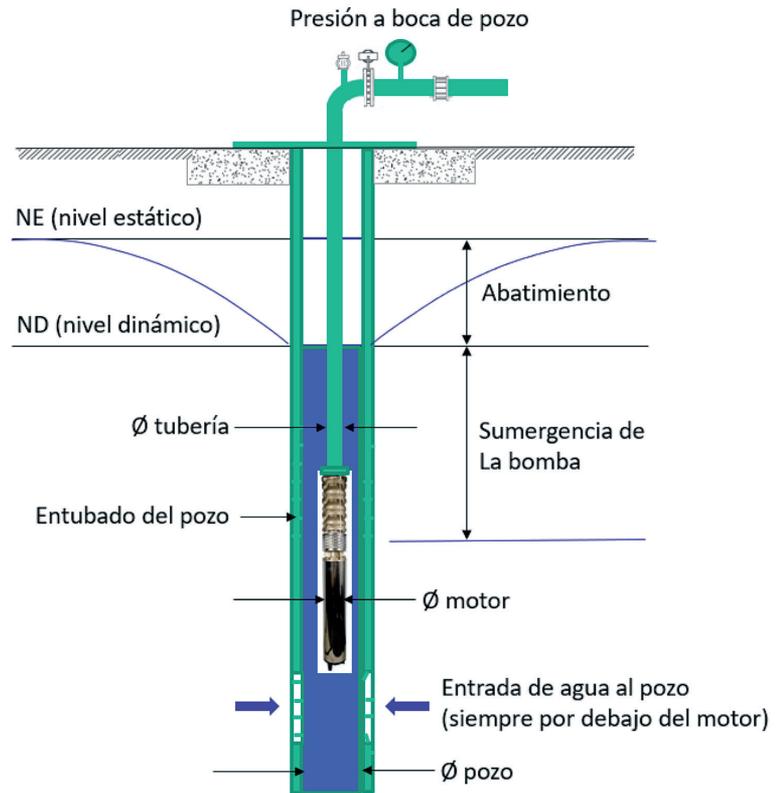
También debemos solicitar información sobre los materiales constructivos de la bomba y del motor. De este último además tendremos su rendimiento, consumo en amperios, etc. con los que dimensionar el resto de la instalación. La potencia del motor (la mínima necesaria) viene asignada por el fabricante para cada modelo de bomba.

Conjunto de curvas características de una bomba INDAR UGP-1210-4.



Altura manométrica (Hm) en pozos:

El nivel del agua en un pozo se conoce como NIVEL ESTÁTICO (NE). Una vez que se pone en marcha la bomba se produce un descenso de nivel que es función del caudal bombeado. Al cabo de un cierto tiempo el nivel se estabiliza. Este nuevo nivel se conoce como NIVEL DINÁMICO (ND). La diferencia entre ambos niveles se llama abatimiento.



La altura manométrica será:

$$Hm = h_{fa} + h_{fi} + ND + P$$

Hm: altura manométrica en metros de columna de agua (m.c.a.)

h_{fa} : pérdidas de carga en aspiración (m)
(no se suelen tener en cuenta por ser pequeñas)

h_{fi} : pérdidas de carga en tubería impulsión del pozo (m)

ND: nivel dinámico del agua en el pozo (m)

P: presión en metros a la salida del pozo (m)

Croquis de un pozo.

Curva de CAUDAL-ALTURA

La curva permite conocer el comportamiento de la bomba en función de la altura de trabajo. En el ejemplo: Bomba INDAR UGP 1210-04 vemos que para una altura manométrica de 100 m.c.a. la bomba suministra un caudal de 360 m³/h (100 l/s). Las unidades de caudal más utilizadas por los fabricantes de bombas son: l/s, m³/h, l/m y l/h. La altura siempre en metros.

Aunque el fabricante nos presente la curva en toda su amplitud (desde caudal cero hasta el máximo), hacer trabajar a la bomba fuera del rango de operación recomendado puede tener consecuencias negativas tanto para la hidráulica como para el motor (se producen anomalías, vibraciones, flexiones del eje y un mayor desgaste general que acorta la vida de cojinetes y sellos mecánicos).

Curva de POTENCIA HIDRÁULICA

La potencia hidráulica consumida por la bomba para cada punto de funcionamiento es la potencia que la bomba pide al motor en su eje. Su valor máximo sirve para dimensionar la potencia que debe tener el motor.

En bombas sumergibles se aconseja que la potencia del motor supere un 10-15% la potencia máxima de la bomba.

La potencia hidráulica se expresa en KW y no debe confundirse con la potencia consumida de la red. También se expresa, cada vez menos, en CV (no es unidad en el S.I.).

Para cualquier punto de la curva Q-H facilitada por el fabricante, podemos obtener la potencia hidráulica mediante la siguiente fórmula:

$$P_n(Kw) = \frac{\gamma \times Q \times H \times 0.736}{75 \times \eta}$$

P = potencia bomba (Kw)

γ = peso específico (N/m³)

Q = caudal (l/s)

H = altura manométrica total (m)

η = rendimiento de la bomba (%).



Curva de RENDIMIENTO

Como cualquier máquina las bombas no son capaces de transformar en presión toda la energía que le suministra el motor, la curva rendimiento nos dirá el grado de eficiencia para cada valor de altura manométrica.

Puede haber pequeñas diferencias de rendimiento máximo entre distintos modelos de bombas, pero hay que tener en cuenta también el rango de operación, la potencia hidráulica máxima (puede decidir la potencia del motor) y en bombas con poca sumergencia el NPSH.

Curva de NPSH

El NPSH (Net Positive Suction Head, o altura neta positiva en la aspiración) es la presión mínima que debe haber en la entrada de la bomba para evitar fenómenos de cavitación. El fabricante nos muestra el valor del requerido (NPSHr) por la bomba para cada punto de funcionamiento. Una vez confirmado el punto de trabajo hay que comprobar que el NPSH disponible en la instalación tiene un valor superior al solicitado por la bomba.

Para evitar cavitaciones en los pozos se recomienda una sumergencia de la bomba de unos 15 m.

¿QUÉ TIPO DE BOMBA PONER?

La oferta actual en el mercado de bombas es bastante amplia, sin embargo, podemos resumirla en tres tipos de bombas más representativas:

Bombas de gama alta

Hidráulica completa en fundición de acero inox AISI 316, impulsores fijados al eje mediante chaveta, distanciadores inox. entre impulsores. Estator motor de acero de considerable espesor. Fijación de las tapas portacojinetes mecánicamente (sin ningún tipo de soldadura). Ejemplo: INDAR.

Se fabrican en tamaños que van desde las 8" hasta las 48" en 2-4-6 y 8 polos, tensiones hasta 13.800 V y potencias de motores desde 27 CV hasta los 4.425 CV.

Tienen como característica principal la robustez tanto eléctrica como mecánica.

Son muy apreciadas allí donde se quieren evitar al máximo las paradas de producción tanto por desgaste como por averías.

Bombas de gama media

Hidráulica completa en fundición de acero inox. AISI 304, impulsores fijados al eje mediante piezas cónicas a presión. Estator motor de chapa inox. 304 soldada. Ejemplo: WATEX, LOWARA.

Actualmente son las bombas más demandadas en potencias medias (100-300 CV) por su relación calidad/precio.

La unión de bomba con la tubería de impulsión es de rosca.

Bombas de chapa o fundición en las que los cuerpos de bomba van apilados y unidos por la presión que ejercen unos tirantes

Estas bombas, debido a su proceso de fabricación y a los materiales empleados son las más económicas y compiten en el mercado de la bomba mediana y pequeña. Se fabrican en 4-6-8-10 y 12".

En las bombas de chapa, tanto los impulsores como los cuerpos están formados por piezas de chapa obtenidas por estampación y luego unidas mediante soldadura. El material estándar empleado suele ser acero inoxidable AISI 304. La unión de bomba con la tubería de impulsión es de rosca.



Distintos tipos de bomba en función de los materiales empleados en su fabricación. De izquierda a derecha: INDAR, WATEX+ y Bomba de chapa.

¿CUÁNTO DEBE CONSUMIR MI BOMBA?

Potencia consumida por el motor = Potencia hidráulica demandada por la bomba en el punto de trabajo dividida por el rendimiento del motor

$$P(Kw) = \frac{P_h}{R_m} \times 100$$

P= potencia consumida por el motor (KW).

Ph= potencia hidráulica de la bomba en el punto de trabajo de la bomba (KW).

Rm= rendimiento del motor en %.

Es aconsejable que los motores sumergibles estén sobredimensionados un 15% por encima de la potencia máxima de la bomba a fin de protegerlos ante cualquier sobrecarga o refrigeración deficiente.

Si no se dispone de los datos del motor podemos usar la tabla 1.

La potencia medida por la compañía eléctrica será algo superior debido a las pérdidas de potencia en los cables, accionamiento (arrancador, variador), el transformador y otros consumos menores (alumbrado, climatización, etc.).

$$P_{medida\ por\ la\ cía\ eléctrica}(Kw) > P(Kw)$$

Motores síncronos de alta eficiencia

Los motores síncronos necesitan de un variador para su funcionamiento. Tienen rendimientos superiores a los motores asíncronos (que hoy por hoy representan el 99,9 % del mercado).

Los motores síncronos son mucho mas costosos por lo que el plazo de amortización es largo.

En caso de avería el agricultor necesitará el reemplazo inmediato del motor, es imprescindible que el servicio que ofrezca el fabricante de este tipo de motores síncronos sea al menos igual de eficiente que el de un motor asíncrono (coste y plazos de reparación o suministro de uno nuevo).

Ejemplo:

Motor síncrono de 75 KW:
92% de rendimiento. Precio: 17.800 € *

Motor asíncrono de 75 KW:
86% de rendimiento. Precio: 3.800 € *

*precios PVP aproximados

POTENCIA DEL MOTOR	COS φ			RENDIMIENTO %		
	1/2	3/4	1/1	1/2*	3/4*	1/1*
DE 0.3 A 5 CV	0.6	0.75	0.85	72	75	75
DE 5.5 A 60 CV	0.76	0.84	0.86	81	83	83
DE 65 A 100 CV	0.75	0.82	0.85	84	85	86
DE 100 A 250 CV	0.80	0.85	0.86	87	88	88
DE 255 A 600 CV	0.82	0.86	0.86	88	90	90
DE 600 A 1000 CV	0.82	0.86	0.87	85	89	91

TABLA 1. Rendimientos orientativos de motores sumergibles en función de su potencia y carga parcial(*).

¿CUÁL ES LA EFICIENCIA DE MI INSTALACIÓN?

El IDAE, del Ministerio de Industria y Energía, pone a nuestra disposición un Protocolo de Auditoría Energética para Comunidades de Regantes. Nosotros solo vamos a usar una pequeña parte, la relativa a valorar la eficiencia de la bomba.

Llamamos E.E. (eficiencia energética) a la relación entre la potencia ideal P_s (rendimiento bomba x motor=1) y la potencia medida de la red P_a (KW).

El resultado lo cotejamos con la siguiente tabla:

CALIFICACION PROTOCOLO AUDITORIA - IDAE

EEB>65%	A	EXCELENTE
60-65%	B	BUENA
50-60%	C	NORMAL
45-50%	D	ACEPTABLE
EEB<45%	E	NO ACEPTABLE

Calificación energética del grupo electrobomba.

Ratios para control de la instalación

Índice energético (wh/m³/m):

Con este ratio obtenemos un valor de la potencia invertida para extraer un metro cúbico de agua a un metro de altura. Se considera como BUENO un valor igual o menor de 5 Wh/m³/m

$$\text{Índice energético} = \frac{P(\text{KW}) \times 1.000}{3.6 \times \text{caudal (l/s) / Nivel (m)}}$$

Consumo específico (kw-h/m³):

Con este ratio podemos valorar la potencia invertida por metro cúbico extraído de agua. Conocido el precio de la energía obtenemos directamente el precio del m³ bombeado: €/m³.

$$\text{Consumo específico} = \frac{P(\text{KW})}{3.6 \times \text{caudal (l/s)}}$$



Publicación del IDAE (ver en internet).



SISTEMAS DE MEDICIÓN DE NIVEL DEL AGUA EN POZOS

Los sistemas para medir el nivel de agua en los pozos son:

1. Sonda eléctrica manual

Este tipo de sonda manual va montada en un soporte que incluye una fuente de alimentación (pila) y un zumbador. Se va metiendo por el tubo portasondas (normalmente de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ " y cuando llega al agua suena el zumbador. La escala graduada que lleva impresa nos da lectura directa de la profundidad del agua.

No son muy utilizadas, salvo por profesionales del sector del agua, debido a su alto coste y fragilidad pues se pueden rozar e incluso atrancarse y no poder recuperarla.

Son muy apropiadas para los aforos de pozos y allí donde es importante un control preciso del nivel dinámico.



2. Sonda de nivel continuo

La sonda, formada por un transductor de presión con salida 4-20 mA, Modbus, 0-10V, etc., conecta con un indicador donde se puede ver el nivel de agua en el pozo, permitiendo el telemando y registro de los datos. Esto permite obtener la evolución de los niveles con el paso del tiempo.

Como inconvenientes hay que resaltar que necesita de un tubo para introducir la sonda y esto supone en pozos profundos un aumento considerable del peso y diámetro de la instalación. El cable está formado por varios conductores y un tubo de compensación.

Es el mejor sistema de control pero la sonda es muy cara, frágil y complicada de reparar si se rompe. Su uso está reservado casi exclusivamente a pozos de la administración.

3. Sonda neumática

Introducimos en el sondeo un tubo de neumática de 4 a 10 mm de diámetro con su extremo inferior abierto. El tubo es atado a la tubería del pozo junto con los cables de alimentación al motor por lo que ya no es necesario el tubo portasondas (ahorro considerable y gran ventaja en sondeos estrechos).

Medida de nivel de agua en pozo con sonda de nivel continuo.





Medidor de nivel de burbujeo continuo.
Distribuidor: JUAN AZCUE S.A.

El tubo, por su parte inferior llega hasta el carrete de unión tubería bomba, y por la parte superior se conecta a un cuadro eléctrico que incorpora un compresor de aire y un transductor de presión. Cuando bombeamos aire, este desplaza la columna de agua que contiene el tubo hasta que por su extremo solo sale el aire que se bombea. En ese momento el transductor o manómetro conectado en cabeza mide los metros de columna de agua desplazados.

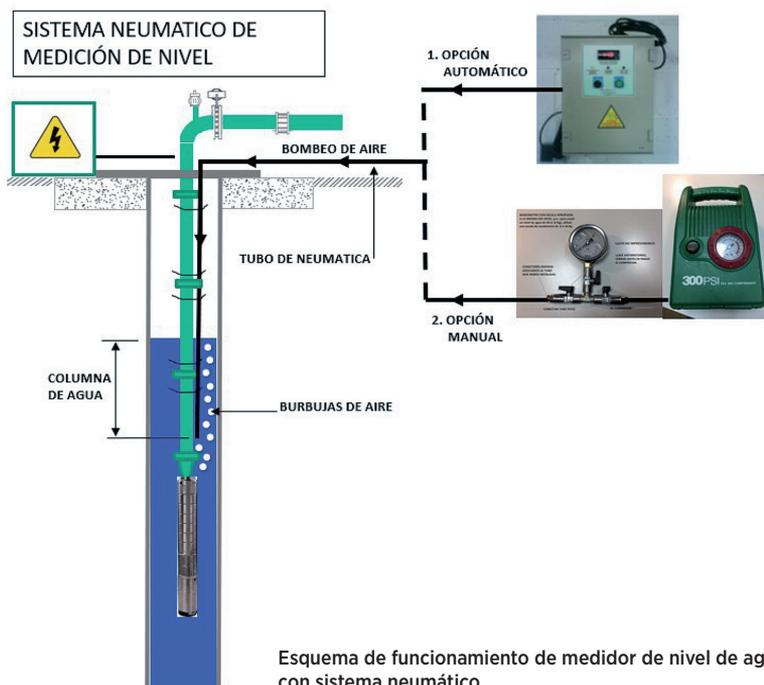
Es evidente que lo que medimos es la columna de agua que hay por encima de la bomba, para conocer el nivel de agua desde la boca del pozo es necesario conocer los metros de tubería que se han montado y efectuar una resta. Estos equipos disponen de salida 4-20 mA para si se desea telemandar la señal. Asimismo, podemos fijar el paro de la bomba por nivel mínimo, muy útil en pozos donde se puede dar esa circunstancia.

Cuando no se disponga del medidor de nivel neumático podemos medir con un compresor de aire de los usados para las ruedas del coche y un manómetro. La precisión de este sistema depende de la escala del manómetro empleado.

Cuando se desea una precisión milimétrica y constante (por ejemplo, en un aforo), existen aparatos en los que el burbujeo de aire se produce de forma continua:

Es la evolución natural del sistema que, siendo muy antiguo, solo en los últimos años ha conseguido situarse como una muy buena opción para la medida de nivel de agua en pozos.

Para más información:
www.juanazcue.com
www.watex.es
www.guiaelectrobombas.com



Esquema de funcionamiento de medidor de nivel de agua con sistema neumático.



Medidor de nivel neumático. Distribuidor: JUAN AZCUE S.A.



EFFIREM

Reducción del coste energético del riego en remolacha mediante eficiencia energética y reducción del consumo de agua

Actuación cofinanciada por la Unión Europea



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

INVERSIÓN:

Coste total	585.366,20 €
Ayuda	540.166,20 €
Cofinanciación UE	80 %