

### **3. DETERMINACION DE PARAMETROS**

*Caudal de explotación*

*Altura manométrica*

*Potencia activa*

*Consumo energético*

### 3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

#### Caudal de explotación

**D**ada la importancia de este parámetro es necesario determinarlo en campo, y de forma experimental, con la mayor precisión posible, mediante alguno de los diferentes métodos de aforo existentes: molinete, volumétricos, ultrasonidos y electromagnéticos, entre otros.

En muchos casos el único método posible es el volumétrico que se realiza en el depósito o en alguna arqueta intermedia de la conducción, para lo cual es necesario disponer de las dimensiones del depósito y registrar en él, el tiempo de llenado de un volumen suficientemente representativo teniendo cerradas las válvulas de salida; un método que comienza a utilizarse son los caudalímetros de ultrasonidos que no precisan actuación alguna en la tubería y su precisión es bastante buena.

En los casos en que se deba recurrir a la medida en el depósito habrán de tenerse en cuenta las posibles fugas, tomas o derivaciones existentes en la conducción.

#### Altura manométrica

Es la altura total que debe vencer una bomba para elevar el caudal de explotación a través de una conducción desde un nivel inferior a otro superior. Este parámetro es fundamental para establecer las condiciones actuales de las instalaciones, así como posibles actuaciones futuras. Su valor se obtendrá por la suma de los tres parámetros básicos siguientes:

##### • Profundidad del nivel dinámico

• **Altura geométrica** desde la embocadura del sondeo hasta el punto más alto de la conducción, normalmente es el punto de vertido del agua.

##### • Pérdidas de carga a lo largo de la conducción

Se ha considerado nula la diferencia de presiones entre los niveles superior e inferior y despreciables las pérdidas de carga debidas a la velocidad de derrame del líquido ( $v^2/2g$ ) a la salida de la conducción.

• **Profundidad del nivel dinámico.** Su valor es variable en función del régimen pluviométrico, las extracciones realizadas en la captación o más ampliamente en el acuífero y las obturaciones de la superficie por la que fluye el agua a la captación. **Este parámetro es el de mayor incidencia en el cálculo de la altura manométrica.**

Cuando las oscilaciones del nivel son de escasa cuantía, el régimen de explotación puede considerarse homogéneo y la electrobomba tendrá un punto o zona de funcionamiento constante. Si las oscilaciones toman valores considerables se producen variaciones de la altura manométrica de elevación y de los caudales de extracción que pueden ser importantes, con lo que se dificulta la cuantificación de los volúmenes bombeados. La forma correcta de salvar el problema consiste en hacer un seguimiento continuo de niveles y caudales; si bien, una aproximación puede ser el tomar un valor fijo del nivel dinámico en estiaje y otro en época de lluvias, estimando los diferentes niveles a lo largo del año a partir de datos de piezómetros próximos o de precipitaciones de lluvia.

• **Altura geométrica.** La obtención de este parámetro mediante altímetros, planos o levantamientos topográficos no presenta dificultad y los errores, aun en los casos más desfavorables, no suelen tener una influencia decisiva sobre la fiabilidad de los resultados.

• **Pérdidas de carga.** Se producen en la conducción debido al rozamiento del agua con las paredes de la misma o al paso del agua por válvulas y accesorios. **Las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud de conducción (L),** que debe tomarse desde la profundidad de aspiración de la electrobomba hasta el punto de vertido, considerando los tramos de conducción en los que varía, bien el material, el diámetro o ambos.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se puede seguir la fórmula de COLEBROOK, por ser la más utilizada y dar mejores resultados.

Desarrollando esta fórmula para conductos circulares se obtiene la siguiente expresión:

$$I \left[ \frac{m}{100m} \right] = 82.62 \times 10^8 \times \lambda \times \frac{Q^2}{D^5}$$

donde:

I = pérdida de carga en m/100m

Q = caudal en L/s

D = diámetro interior de la conducción en mm

$\lambda$  = factor de fricción (adimensional)

Aplicando la fórmula anterior con un valor fijo del factor de fricción para cada uno de los tipos de tubería más usuales (metálica, fibrocemento y PVC) y diversos diámetros y caudales de circulación, se han elaborado unas gráficas simplificadas (figura 2).

El tomar valores fijos del factor de fricción hace que se cometa cierta imprecisión en el cálculo; sin embargo, se han elegido de forma que para diámetros y caudales normales (velocidades de circulación del agua entre 0,5 y 2,5 m/s), las pérdidas no queden por debajo de su valor real.

En los gráficos puede observarse que las variaciones producidas en el valor de las pérdidas de carga al cambiar el coeficiente de fricción, para los distintos tipos de tuberías, son pequeñas. De

aquí se deduce que los posibles errores que puedan producirse no tendrán un peso determinante.

Por otra parte, cada uno de los accesorios que existen en la conducción (válvulas, codos, curvas, ensanchamientos, estrechamientos y otros) generan unas pérdidas de carga adicio-

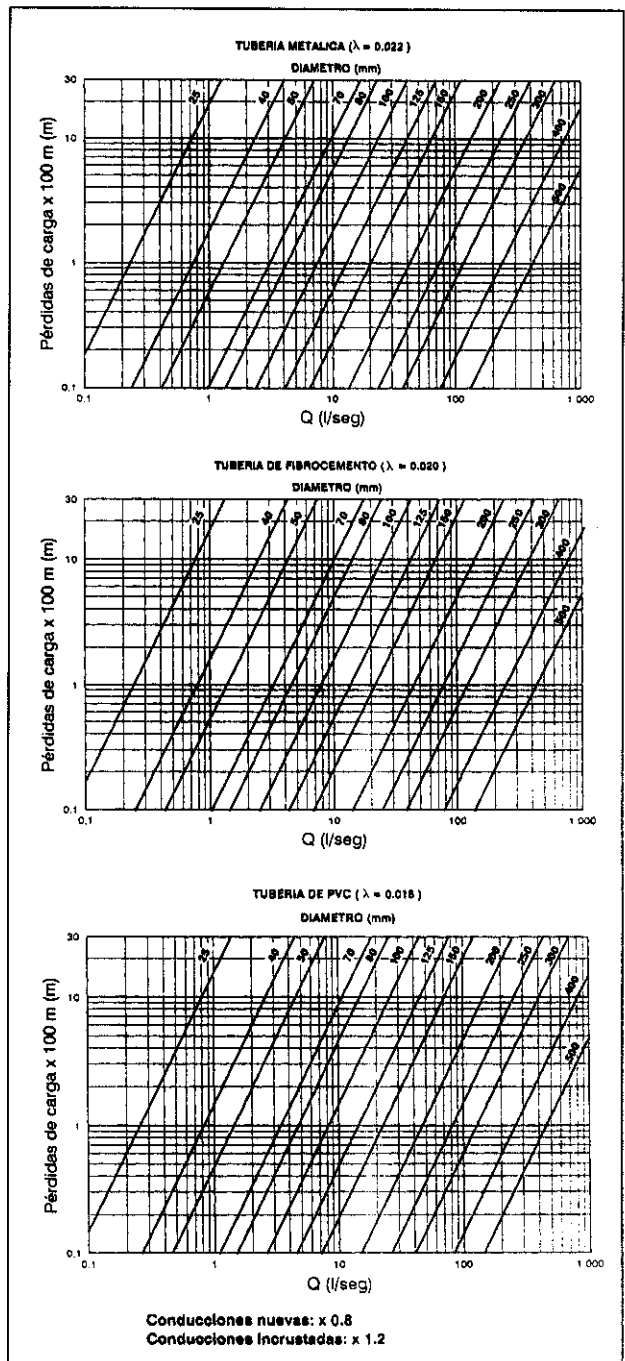


FIGURA 2

nales, que comúnmente se suelen expresar en metros de longitud equivalente de tubería recta ( $L_a$ ), para un cierto diámetro. Estas longitudes se reflejan en tablas elaboradas por los fabricantes como la incluida en la figura 3. La utilización de una tabla de este tipo para la estimación de la  $L_a$  que corresponde a un determinado elemento se basa en trazar una recta que una este con el diámetro interior de la conducción.

Así, la totalización de las pérdidas de carga ( $P_c$ ) de una conducción se obtienen aplicando a cada tramo de tubería en que varíe el material (metálica, fibrocemento, PVC) o el diámetro la siguiente fórmula.

$$P_c = I \times \left( \frac{L + \sum L_a}{100} \right)$$

donde:

I = pérdida de carga en m/100m (figura 2)

L = longitud de conducción

$L_a$  = longitud equivalente de accesorios (fig. 3)

Si el total de la impulsión contase con tramos de

distinto tipo de tubería o diámetro, las pérdidas de carga totales se obtendrían sumando los valores parciales obtenidos.

Se puede realizar el cálculo conjunto de la altura geométrica desde la boca del sondeo y las pérdidas de carga en la conducción exterior, midiendo la **presión en un punto próximo al codo de salida del sondeo y antes de las válvulas**. La presión, traducida a metros, proporciona la suma de los dos valores citados. Si a este valor se le suma la profundidad del nivel dinámico y las pérdidas originadas en la tubería del sondeo contadas desde la profundidad de aspiración se tiene nuevamente la altura manométrica total. Esta medición con manómetro tiene una especial importancia en los casos en que existen válvulas de compuerta o de cierre estranguladas, ya que es difícil el cálculo teórico de las pérdidas, a veces muy elevadas y de gran influencia en los resultados.

### Potencia activa

**La potencia activa ( $P_a$ ) es la consumida por el conjunto de las instalaciones (electrobomba,**



Salida de sondeo con válvula de cierre, manómetro contador volumétrico y detector de flujo para inyección de cloro.

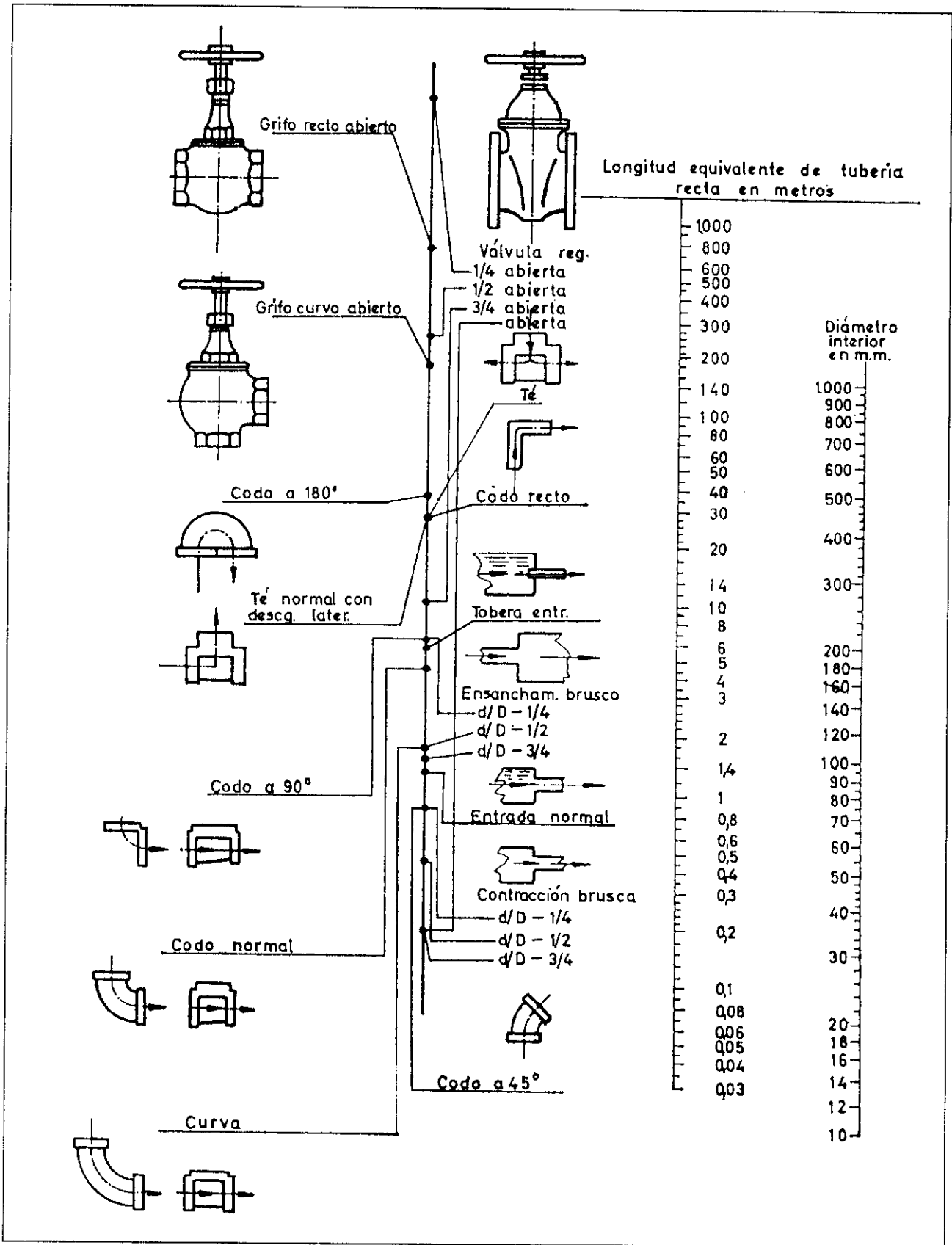


FIGURA 3 - Pérdida de carga equivalente en válvulas y accesorios (Tomado como ejemplo de Bombas Ideal, 1.974)

transformador, cuadro de maniobra, cables de baja tensión, etc.) para realizar el trabajo de impulsión del agua. Para su medida se puede utilizar el contador de energía activa.

Los contadores registran de forma continua el consumo de energía; su visualización pone de manifiesto la existencia de los siguientes elementos (figura 4):

- Uno o varios displays, donde se marcan las lecturas de consumo eléctrico (valle, llano, punta).
- Una placa donde aparecen las características del contador.
- Un disco giratorio.

Para obtener el valor de Pa es necesario medir la velocidad del disco del contador que es direc-

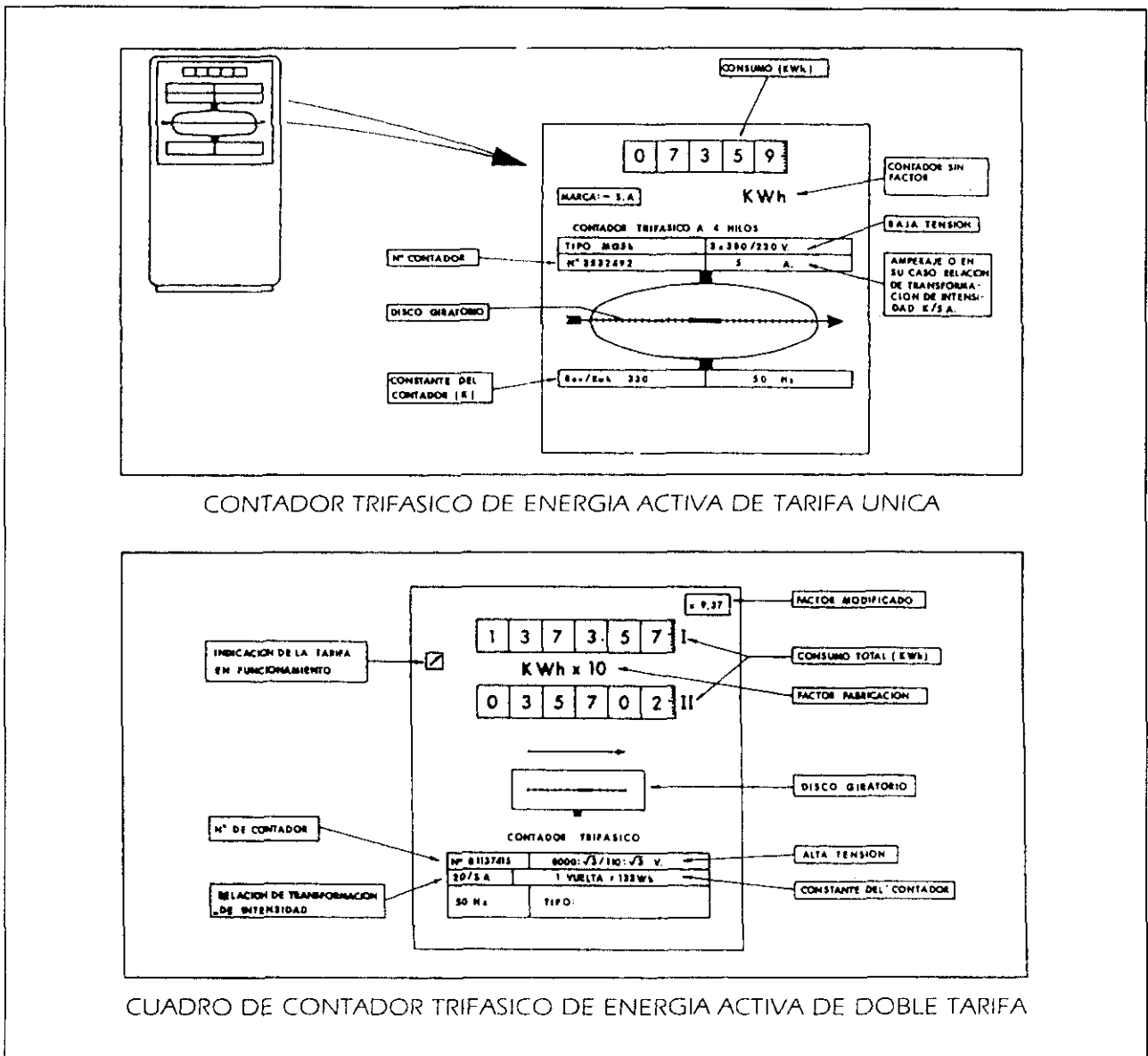
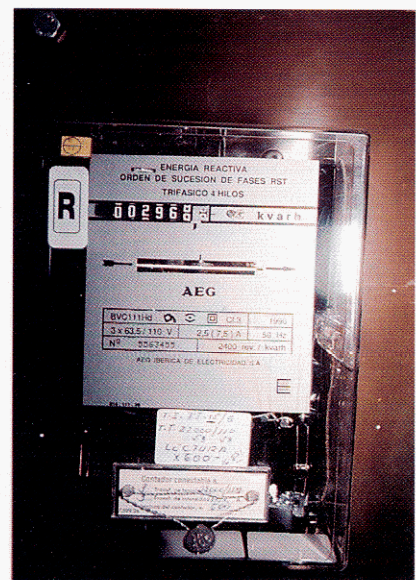
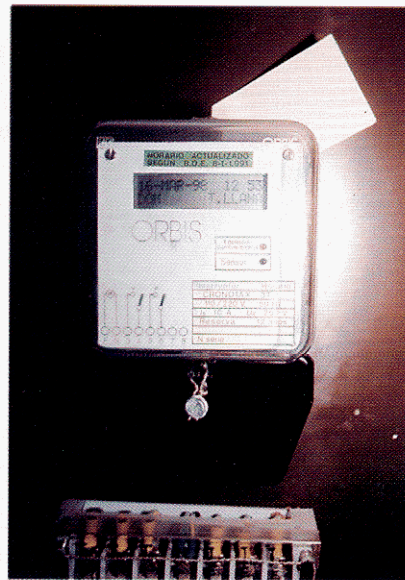
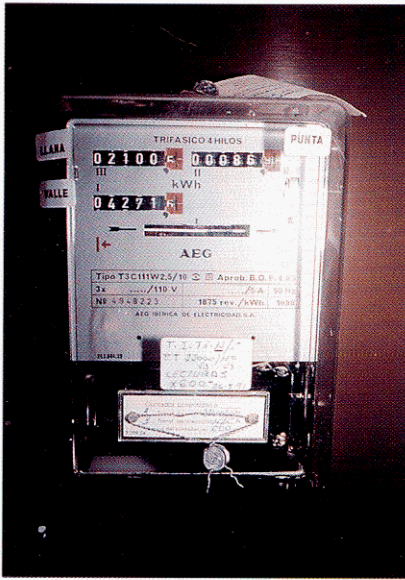


FIGURA 4 - Ejemplos de contadores de energía activa (Tomado de Juárez García, 1.992).



Cuadro de contadores con energía activa de triple tarifa a la izquierda, discriminador horario en el centro, y contador de energía reactiva a la derecha.

tamente proporcional a la misma y, por otra parte, conocer la **constante K** característica de cada contador. Esta es calculada en fábrica durante el calibrado del aparato y debe figurar en el contador. La expresión que da el valor de la potencia activa expresada en kW es:

$$P_a = \frac{3.600 \times n}{K \times t}$$

siendo:

n: número de vueltas del disco del contador (revoluciones)

t: tiempo en que se producen las n vueltas (segundos)

K: constante característica del contador (revoluciones/kWh)

El disco giratorio del contador de energía eléctrica es visible desde el exterior y su velocidad (vueltas/segundo) debe medirse con precisión pues influye en gran medida en el cálculo del valor de la potencia activa.

La constante K, como ya se ha indicado, se expresa en rev/kWh; en algunos casos aparece en el contador como Wh por vuelta, siendo su transformación a las unidades señaladas fácil e inmediata.

El valor de la **potencia activa calculada debe ser del orden de magnitud de la potencia de la electrobomba existente expresada en kW y de la potencia contratada** que figura en el recibo eléctrico. De no ser así, puede ser debida a la presencia de un factor modificado (Fm).

Un caso frecuente en los contadores es la presencia de factores de corrección de las lecturas de consumo, que pueden ser de dos tipos distintos:

a) **Factor de fabricación (Ff)**. Viene grabado de fábrica en el interior del contador y no influye para el cálculo de la potencia activa.

b) **Factor modificado (Fm)**. El contador ha sido modificado por la compañía suministrado-

ra. Se puede deducir fácilmente de un recibo de electricidad (en el caso de que no venga indicado en el exterior del contador, normalmente en forma de pegatina, o específicamente en el propio recibo) dividiendo un consumo de energía entre la diferencia de lecturas existentes.

En este caso, para obtener la potencia activa, se debe multiplicar el valor resultante de la expresión anterior por el factor modificado:

$$P_a = \frac{3.600 \times n}{K \times t} \times Fm$$

En el caso de que en una instalación se encuentren los dos tipos de factores, es decir, el de fabricación (Ff) y el modificado (Fm) la potencia activa se calcula multiplicando el valor obtenido en la expresión anterior por el cociente entre ambos factores:

$$P_a = \frac{3.600 \times n}{K \times t} \times \frac{Fm}{Ff}$$

Cabe puntualizar que además de la potencia activa, se consume también una **potencia reactiva**. Este consumo, medido en un contador independiente, depende del  $\cos \varphi$  de la instalación eléctrica e incide en el coste energético como un recargo o bonificación al consumidor. Su aplicación por las compañías eléctricas se dirige a inducir al usuario a la mejora de sus instalaciones.

El método de cálculo de la potencia activa se ha contrastado con medidas realizadas con analizadores eléctricos de red. Estos instrumentos dan valores algo menores que los obtenidos a través del contador, ya que se colocan a la salida del cuadro de maniobra de la electrobomba, y no

miden el consumo que se produce entre el transformador o la línea de baja y el cuadro; mientras que el contador sí refleja estos consumos. Por tanto, se puede concluir diciendo que el método de cálculo propuesto es de fácil aplicación, al tiempo que proporciona resultados precisos.

### Consumo energético

El consumo energético de las instalaciones electromecánicas existentes en una captación se recoge en el recibo de las Compañías de Electricidad. En él se recogen los datos de dos lecturas consecutivas del contador de energía activa, sus fechas de medida y el consumo en el período situado entre ambas, al igual que para el contador de reactiva.

Si el contador es de tarifa múltiple (valle-llano-punta), se especifican para cada tipo sus lecturas y consumos.

En el recibo también se indica, si es que existe, el factor corrector por el que hay que multiplicar la diferencia de lecturas para obtener el consumo. A este respecto se pueden dar tres situaciones (lesee epígrafe anterior):

- El contador tiene inscrito factor de fabricación (Ff) que coincide con el que se indica en el recibo. En este caso, evidentemente, Ff es el factor corrector del recibo.
- En el recibo figura un factor corrector y en el contador no existe Ff. En este caso existe factor modificado (Fm), aunque no venga indicado en el contador, y es el factor corrector del recibo.
- El contador tiene Ff y no coincide con el factor corrector del recibo. En este caso además de Ff existe Fm que es el que prevalece y figura en el recibo como factor corrector.