

CURSOS POSTGRADOS

CIRCE - UZ

Minihidraulica. 3 Caudal



CONCEPTOS BÁSICOS

Potencia

Caudal

Salto

Energía

POTENCIA

$$P = 9,81 \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} [kW]$$

Q_e = Caudal de equipamiento

H_n = Salto neto

η_t = Rendimiento de la turbina

η_m = Rendimiento del multiplicador

η_g = Rendimiento del generador

η_{tr} = Rendimiento del transformador

Nota: rdto medio entre 0,8 y 0,85

POTENCIA

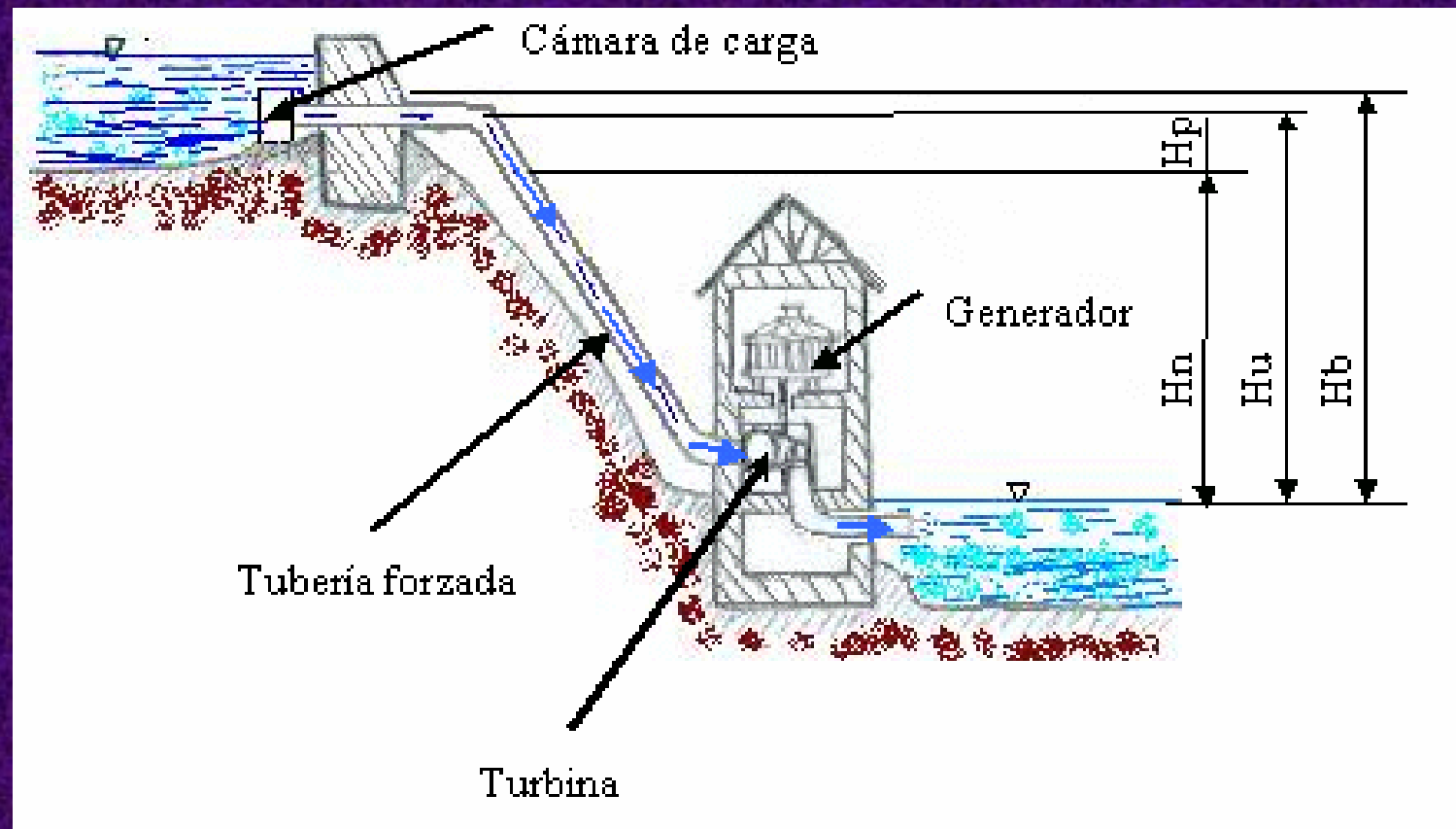
Salto Bruto: Es el salto total existente, y su valor es igual a la diferencia de altura entre aguas arriba del salto y el punto de devolución del agua al río. Se representa con H_b .

Salto Útil: Es el valor que obtenemos con la diferencia entre el nivel de la cámara de carga y el punto de devolución al río. Se representa con H_u .

Pérdidas de Carga: Nos representan la pérdida de altura efectiva debido a rozamientos. Se representa con H_p (entre el 5 y el 10% del total)

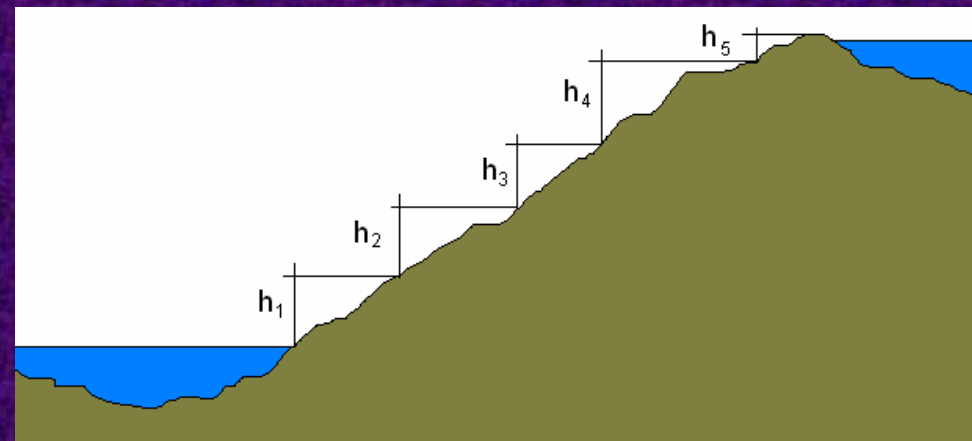
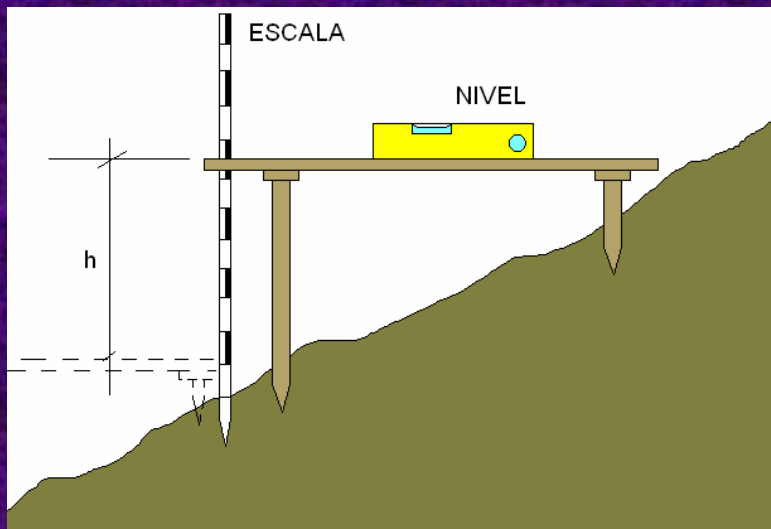
Salto Neto: Es el valor que obtenemos de restarle al salto útil todas las pérdidas de carga que aparecen a lo largo del recorrido H_p realizado por el agua desde la cámara de carga hasta su devolución al río. Con esta altura haremos el dimensionamiento de la energía neta que impulsa la turbina. Se representa con H_n .

POTENCIA



SALTO

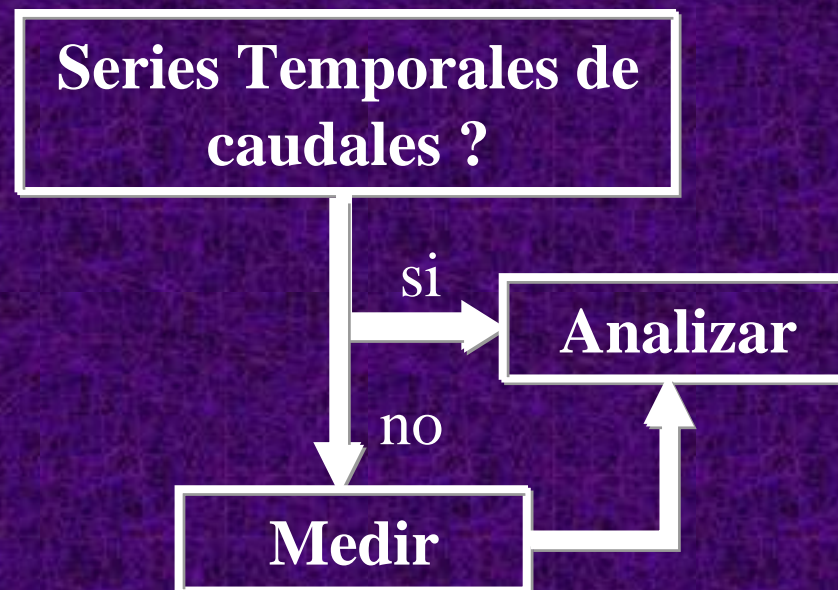
- Curvas de nivel obtenidas en los mapas de escala 1:25.000 del Ejército, aunque lo mejor y más fiable es realizar un levantamiento topográfico.
- En los casos de poco desnivel y en terreno fácilmente accesible, mediante una regla graduada, una tabla y un nivel, se puede medir el salto bruto.
- Si el aprovechamiento dispone ya de una tubería, podrá conocerse el salto directamente mediante un manómetro con el agua detenida, teniendo en cuenta que 1 atmósfera equivale a 10 m de altura.



CAUDAL

Necesario conocer la evolución anual del caudal en el máximo periodo de tiempo posible (20 años).

Evaluar años secos, húmedos y medios



CAUDAL

MÉTODOS DE MEDIDA

Llenado de un depósito

Área transversal y velocidad media

Dilución de un soluto

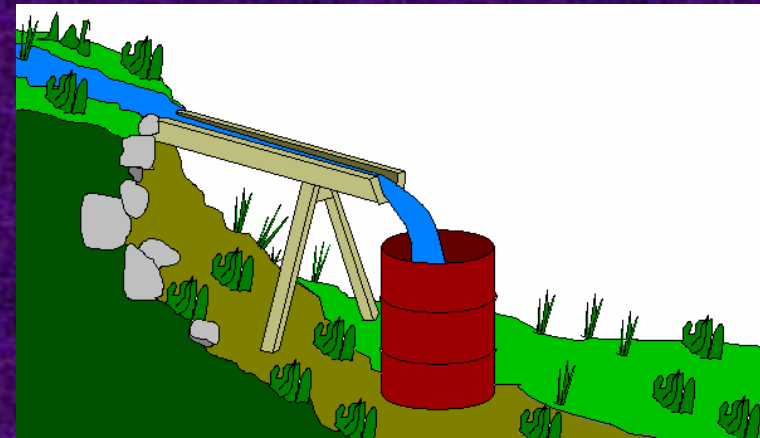
Uso de un aliviadero

Pendiente de la lámina de agua

MÉTODOS DE MEDIDA

Llenado de un depósito

En arroyos pequeños con menos de 20 l/sg, se desvía el agua mediante una canaleta hacia un depósito de capacidad conocida y se cronometra el tiempo que tarda en llenarse. El caudal se obtiene de la siguiente operación



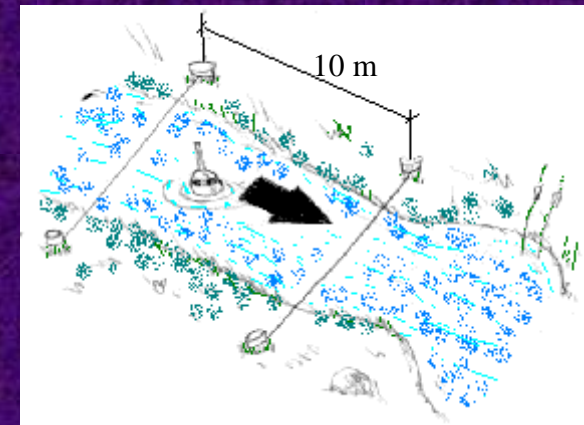
$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = \frac{\text{Volumen del deposito (litros)}}{\text{Tiempo de llenado (segundos)} \cdot 1000}$$

MÉTODOS DE MEDIDA

Método del flotador: Para ríos, acequias canalizadas y corrientes con poca velocidad y gran caudal, se puede utilizar este método, muy fácil de realizar. Se colocan dos cordeles separados por ejemplo una distancia de 10 metros, se echa un flotador en el centro del río, algo más arriba del primer cordel, y se mide el tiempo t (seg) que le cuesta hacer el recorrido entre los dos cordeles.

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = \text{Area de la sección (m}^2) \cdot \text{Velocidad del flotador (m/s)} \cdot 0,75$$

La fórmula lleva un coeficiente de correccion de 0,75, debido a que la velocidad del agua en las orillas y en el fondo, es menor que en el centro del cauce

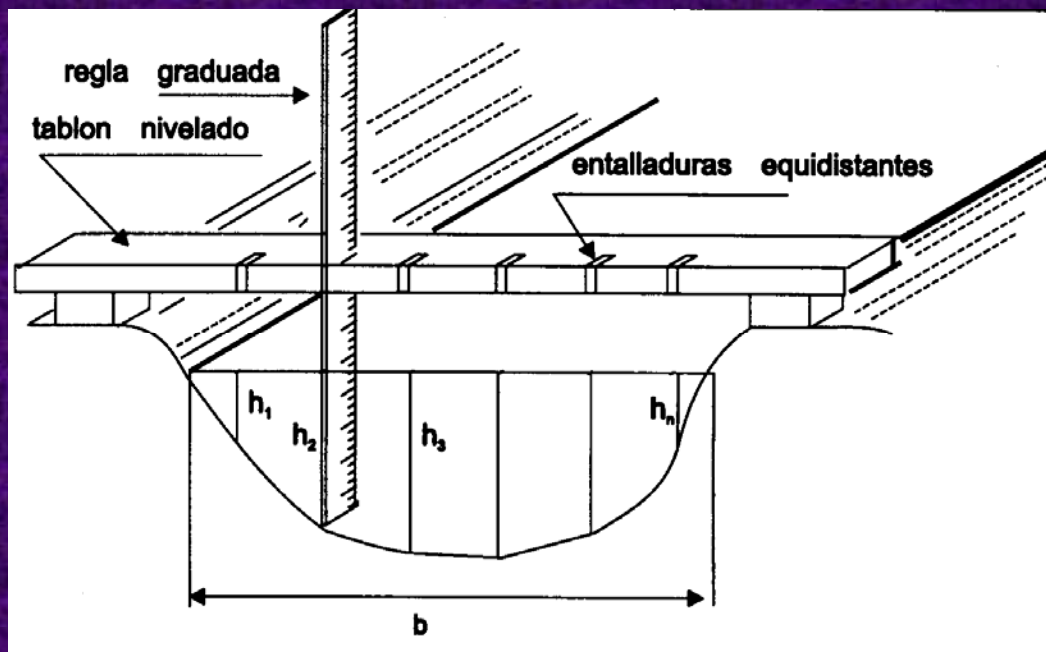


$$\text{Velocidad del flotador} = \frac{\text{Longitud del tramo (metros)}}{\text{Tiempo que tarda en recorrerlo (segundos)}}$$

MÉTODOS DE MEDIDA

Área transversal y velocidad media

Cálculo del área de la sección transversal



$$S = b \times \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}$$

CAUDAL

MÉTODOS DE MEDIDA: ESTACIÓN DE AFOROS



www.chebro.es

www.chguadalquivir.es

www.chtajo.es

www.chse.es/principal.html

www.mma.es/cuencas/segura

www.chguadiana.es

www.chj.es

www.chduero.es

www.depourense.es

www.chguadiana.es

www.mma.es

MÉTODOS DE MEDIDA

• **Dilución de un soluto:** Este método se suele emplear para pequeños cauces con corrientes de agua bastante rápidas. Para calcular el caudal será necesario diluir en el agua un soluto (generalmente se usa sales de cromo o cloruro sódico) y luego medir la concentración del producto en el agua, a una distancia lo suficientemente lejos (60 metros), para que así el producto se haya mezclado completamente.

En una determinada sección del cauce, se inyecta un soluto con un caudal q_a y concentración c_a , y se mide aguas abajo la concentración c_b .

$$Q = \frac{c_a q_a}{c_b}$$

MÉTODOS DE MEDIDA

Pendiente de la lámina de agua

Válido para grandes caudales. Medida de la pendiente de la lámina de agua en un tramo recto de 50 a 300 m de longitud

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{SR^{2/3}i^{1/2}}{n}$$

S = Sección media

R = Radio hidráulico medio = S/P_{mojado}

i = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad

Ríos poco profundos con obstáculos n=0,060

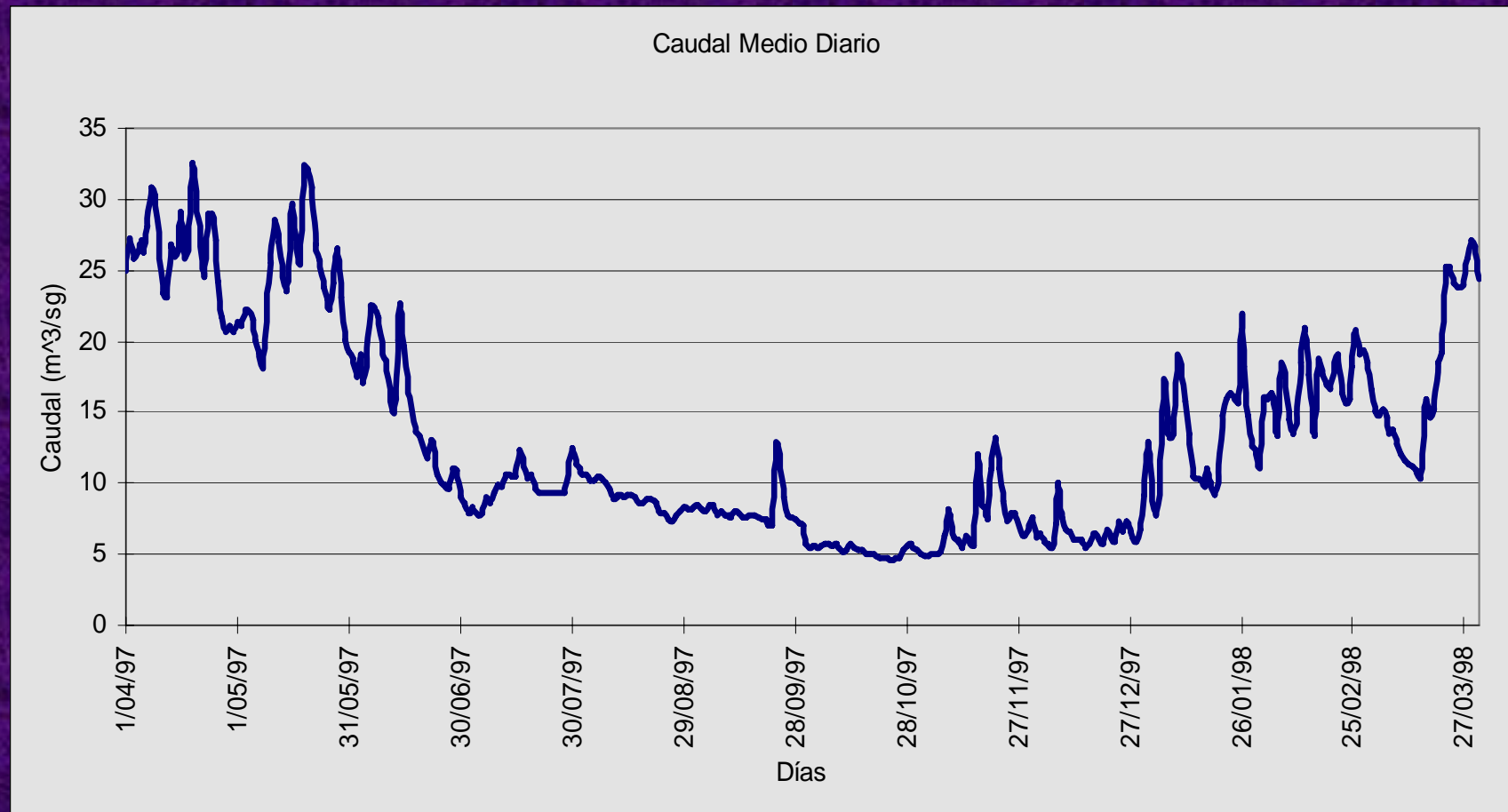
Arroyos limpios y agua fluye suavemente n=0,030

Ríos normales en condiciones estables n=0,035

Ríos con abundante vegetación y meandros n=0,035

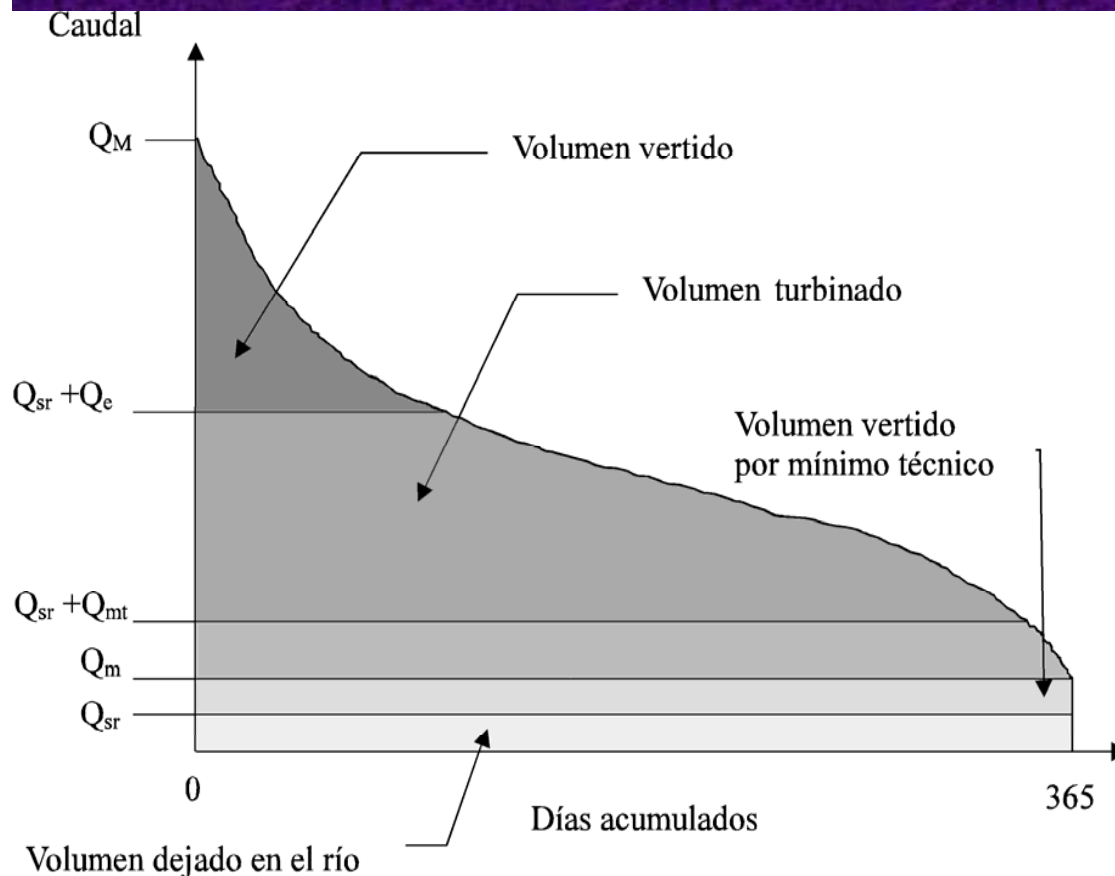
CAUDAL

Curva de Caudales Medios Diarios



CAUDAL

A partir de la anterior sacamos la Curva de Caudales Clasificados



Caudal Máximo (Q_M)

Caudal Mínimo (Q_m)

Caudal de Servidumbre (Q_{sr})

Caudal de Equipamiento (Q_e)

Caudal Mínimo Turbinable (Q_{mt}): $Q_{mt} = K Q_e$

Pelton $K = 0,10$

Kaplan $K = 0,25$

Francis $K = 0,40$

CAUDAL

Caudal Máximo (Q_M): Caudal máximo a lo largo del año.

Caudal Mínimo (Q_m): Caudal mínimo a lo largo del año.

Caudal de Servidumbre o ecológico (Q_{sr}): Es el caudal que se debe dejar pasar por el cauce del río sin ser turbinado para permitir el desarrollo normal de la flora y fauna del cauce y para otros usos preexistentes.

Caudal de Equipamiento (Q_e): Es el caudal máximo que podemos turbinar. Se obtiene utilizando métodos técnico-económicos. La mejor manera de obtenerlo es mediante un programa informático que permita optimizar para diferentes valores de Q_e la energía producida a lo largo del año, obteniendo por un lado los ingresos esperados por la venta de la energía producida y por otro, comparar con el coste de la instalación para cada Q_e , de manera que mediante un procedimiento de selección, comparando los costes y beneficios se obtenga el caudal de equipamiento que más rentabilidad nos proporcione.

Caudal Mínimo Turbinable (Q_{mt}): Es el caudal mínimo que puede ser turbinado. Es proporcional al caudal de equipamiento.

ENERGÍA

La energía producida se obtiene del producto de la potencia generada por el número de horas en las que el generador trabaja a esa potencia.

$$\text{Número de horas Equivalentes (h)} = \frac{\text{Energía media anual(kWh)}}{\text{Potencia no min al instalada(kW)}}$$