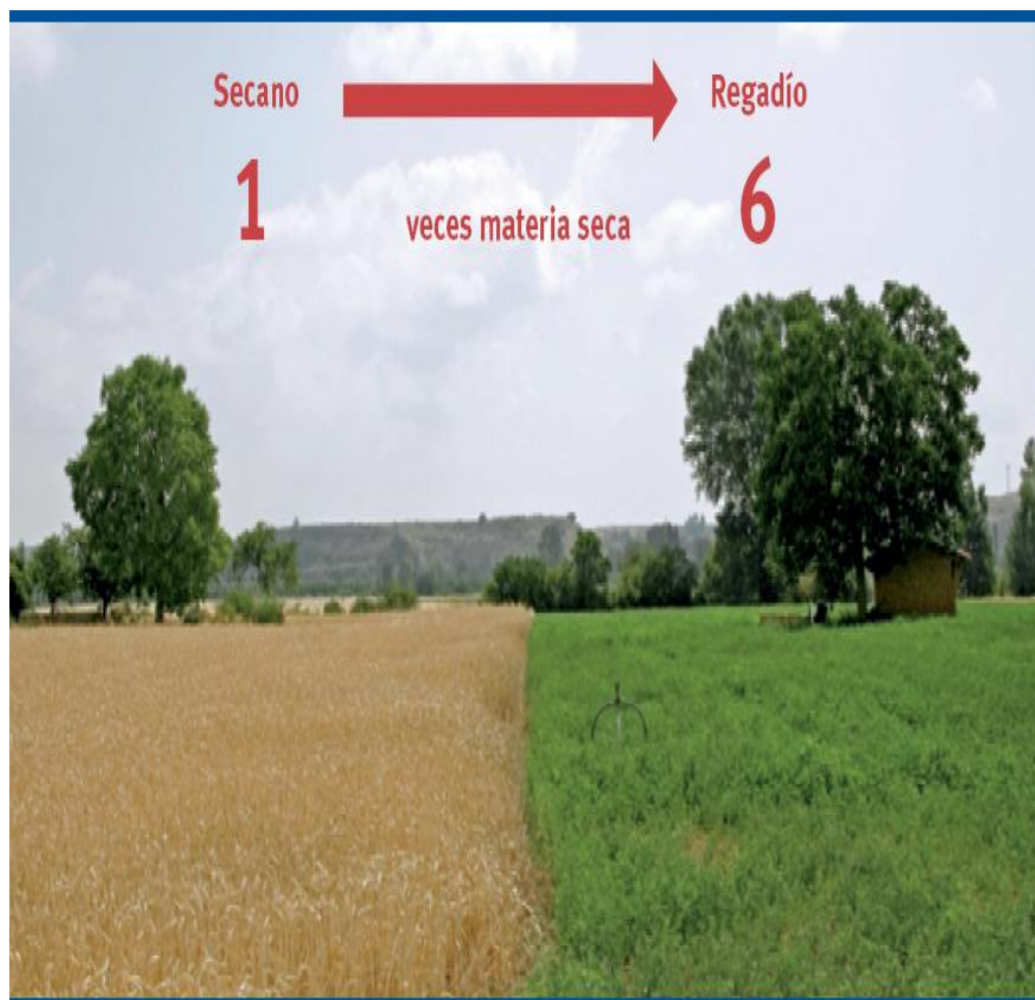




Auditorías energéticas en Comunidades de Regantes

Angel Sánchez de Vera Quintero
Jefe Departamento Servicios y Agricultura - IDAE

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE REGADÍO



El regadío es pieza fundamental del sistema agroalimentario español

Aporta más del 60 % de la producción final agraria vegetal, ocupando solamente el 15% de la superficie agrícola útil de nuestro país.

Una hectárea de regadío produce unas 6 veces lo que una hectárea de secano.

Genera una renta cuatro veces superior, que además es más segura, permite diversificar producciones y aporta una elevada flexibilidad.

Modernización del riego



Pasar de canales y acequias



Tuberías a presión



Bombas >>> Motores >>> Energía



Riego por aspersión



Riego por goteo

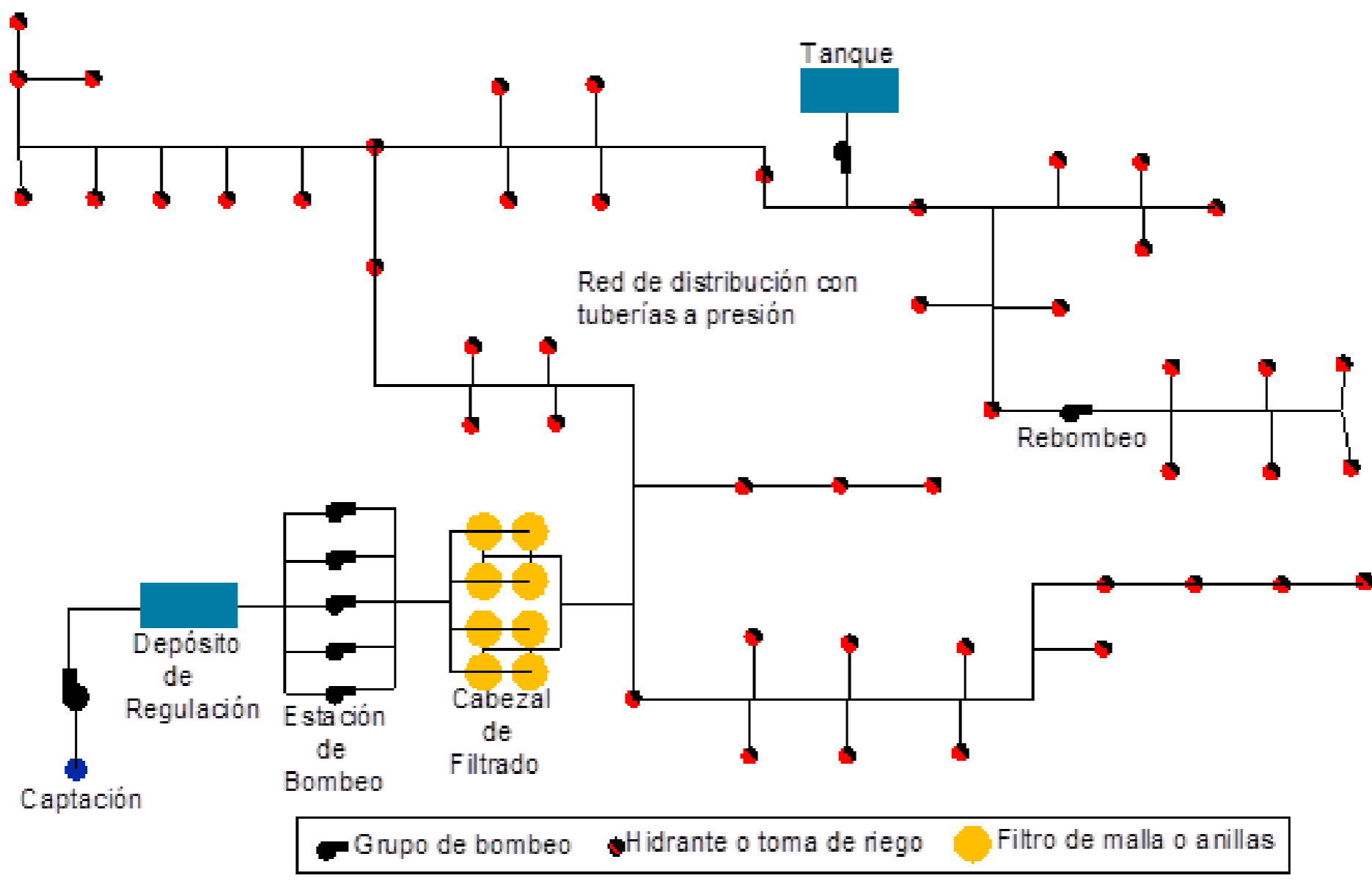
Este proceso de modernización ha dado lugar a que, en el periodo 1970 – 2018, incrementando en un 71% la superficie regada, hayamos reducido el consumo de agua en un 12%, pero el consumo de energía se ha incrementado un 139%

Puntos críticos del consumo de energía

1.- Captación	Subterránea	1 l/s a 100 m profundidad >> 1,25 kW
	Superficial	
2.- Trazado	Longitud / Diámetro	
	Topografía del terreno.- Cotas	
3.- Presurización para impulsión	Riego por gravedad	
	Riego por aspersión	4 a 4,5 bar
	Riego por goteo	2,5 a 3 bar
4.- Caudal	Superficie de riego	
	Tipo de cultivos	

Procedencia del agua	Sistema de Riego	Topografía	Calificación Energética
SUBTERRÁNEA	Aspersión	Desfavorable	Gran Consumidora
		Favorable	Gran Consumidora
	Goteo	Desfavorable	Gran Consumidora
		Favorable	Gran Consumidora
	Gravedad	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Consumidora
SUPERFICIAL	Aspersión	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Poco Consumidora
	Goteo	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Poco Consumidora
	Gravedad	Desfavorable	Poco Consumidora
		Favorable	No Consumidora

Esquema general de una red de distribución a presión de una Comunidad de Regantes



MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL DISEÑO Y USO DE LA INSTALACIÓN

El diseño de la red

1.- Topografía del terreno

Sectorizar por hidrantes a la misma cota

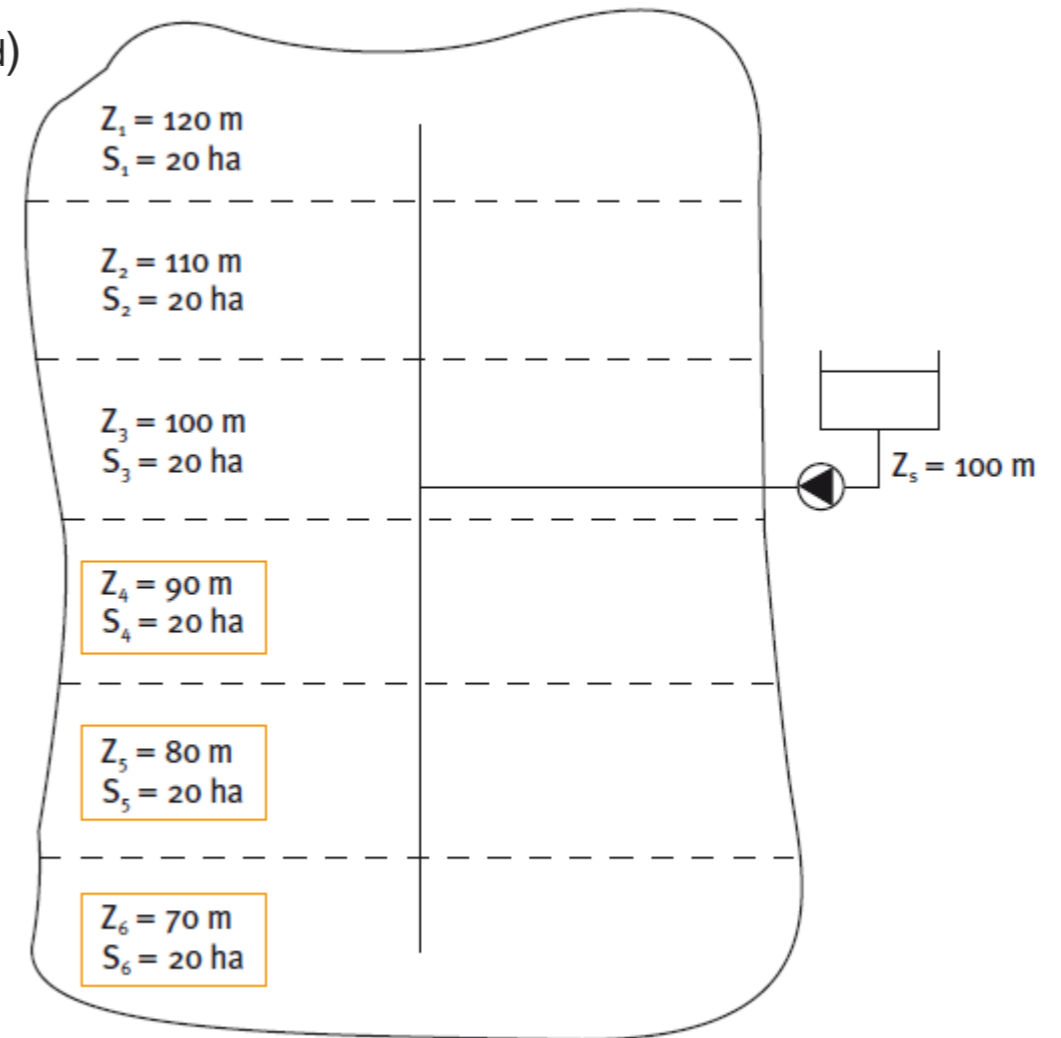
2.- Tipos de regadíos dentro de una misma CR (aspersión, goteo, gravedad)

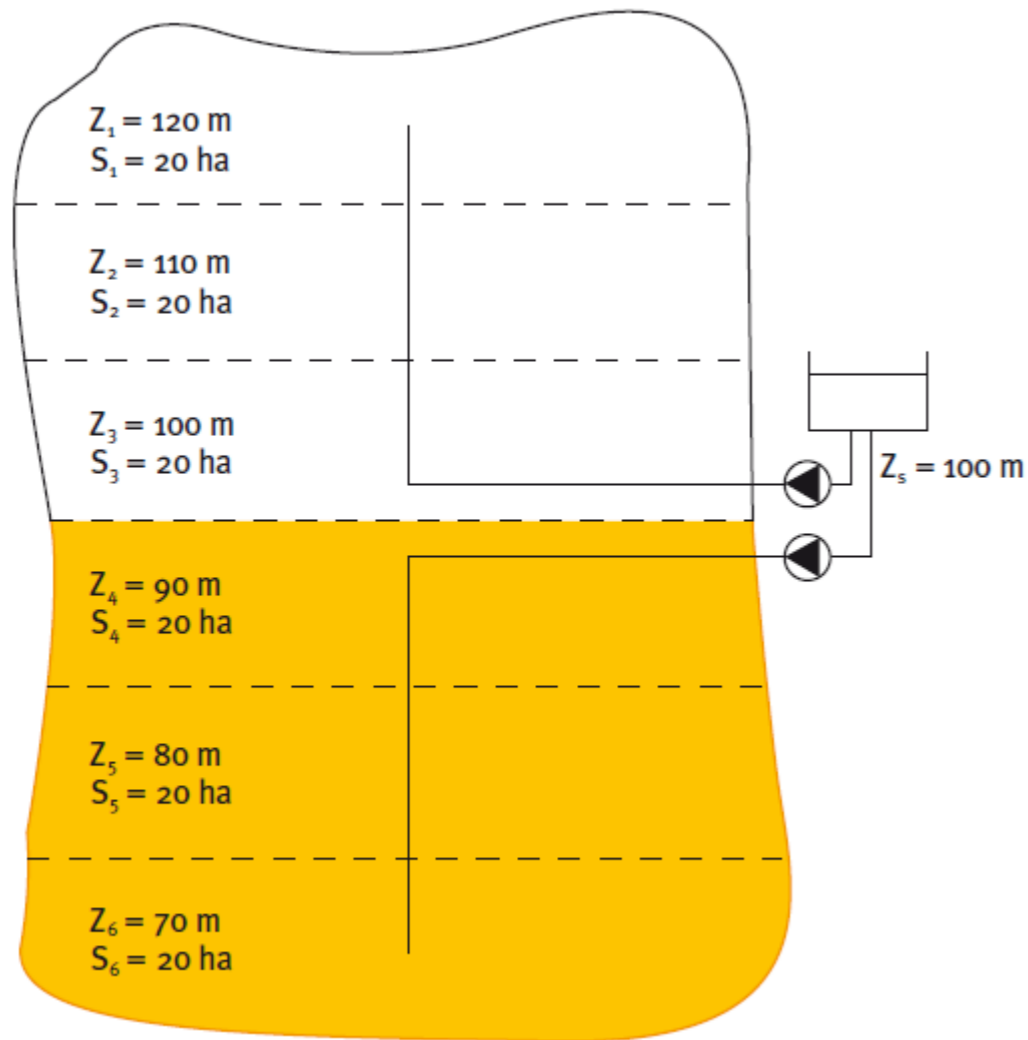
Sectorizar por tipologías de regadío

Desnivel entre el embalse y la cota más alta de la zona regable	20 m
Presión requerida por el sistema de riego	30 m
Pérdida de carga a lo largo de las conducciones	10 m
Altura manométrica suministrada por la estación de bombeo	60 m

Caudal del regadío **600.000 m³**

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot V \cdot H_m}{3.600 \cdot 10^3} \text{ (kWh)} = 98.100 \text{ kWh}$$





Desnivel entre el embalse y la cota más alta de la zona regable	20 m
Presión requerida por el sistema de riego	30 m
Pérdida de carga a lo largo de las conducciones	10 m
Altura manométrica suministrada por la estación de bombeo	60 m

Caudal del regadío Subsector A **300.000 m³**

$$\text{Subsector A: } E_A = \frac{\rho \cdot g \cdot V \cdot H_m}{3.600 \cdot 10^3} \text{ (kWh)} = \frac{1.000 \cdot 9,81 \cdot 300.000 \cdot 60}{3.600 \cdot 10^3} = 49.050 \text{ kWh}$$

Desnivel entre el embalse y la cota más alta de la zona regable	-10 m
Presión requerida por el sistema de riego	30 m
Pérdida de carga a lo largo de las conducciones	10 m
Altura manométrica suministrada por la estación de bombeo	30 m

Caudal del regadío Subsector B **300.000 m³**

$$\text{Subsector B: } E_B = \frac{\rho \cdot g \cdot V \cdot H_m}{3.600 \cdot 10^3} \text{ (kWh)} = \frac{1.000 \cdot 9,81 \cdot 300.000 \cdot 30}{3.600 \cdot 10^3} = 24.525 \text{ kWh}$$

	Situación inicial	Situación final	Ahorro
Necesidades energéticas (kWh)	98.100	73.575	24.525
Consumo energético (kWh)*	163.500	122.625	40.875 (-25%)

* Suponiendo un rendimiento global de los bombeos del 60%

Horarios - Turnos de bombeo

Reorganización del reparto de agua en turnos con la misma demanda energética.

1º Turno: Sector A

En el turno del sector A, la bomba trabajaría elevando el caudal correspondiente a la mitad de la superficie a una altura de 60 m.

2º Turno: Sector B

En el turno del sector B, el caudal se elevaría a una altura manométrica de 30 m.

Evitar el uso de válvulas reductoras de presión



Regulación de los caudales de bombeo

a) Bombas a velocidad constante: Q y P constantes → **Balsa de regulación**

Balance energético NO óptimo: elevar agua para luego tener que perder presión en el regulador del hidrante no es energéticamente correcto

Sólo sirve de elemento de acumulación y regulación

b) Bombas a velocidad variable: **Variador de frecuencia** → Q y P variables a demanda

No existe ningún motivo para no instalarlos:

- Existe elevada experiencia (años 80).
- Mejores prestaciones y gran oferta
- Precios bajos. Mucho más baratos que las balsas.

Idóneos para proyectos y reformas de riego con sectorización y presión variable

Regulación de los caudales de bombeo

Uso de bombas múltiples.

El empleo de varias bombas **conectadas en paralelo** ofrece una alternativa.

Los ahorros resultan de poder sacar de servicio una o más bombas a bajas demandas, logrando que las bombas en servicio operen a alta eficiencia.

Un sistema con bombas múltiples debe considerarse en los casos en que la demanda se mantiene en **periodos prolongados por debajo de la mitad de la capacidad** unitaria de la bomba instalada.

Bombas en paralelo: a paridad de presión se suman los caudales

Bombas en serie: a paridad de caudal se suman las presiones

Programa de mantenimiento periódico de instalaciones

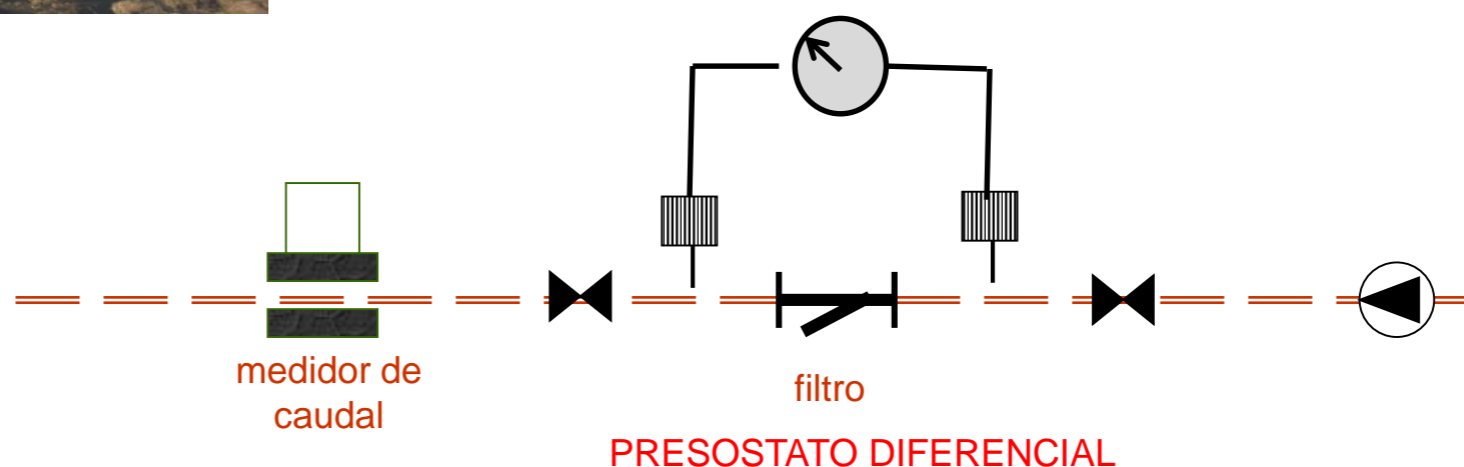
Por ejemplo, el mantenimiento de los filtros, en general se procederá a su limpieza cuando la **pérdida de carga** producida por los filtros sea del orden de 5 ó 6 m.



Balsa de regadío con algas



Estación de filtrado



Programa de mantenimiento periódico de instalaciones

Conducciones generales y ramales:

- Selección adecuada de diámetros, materiales, accesorios y velocidad del agua
- Evitar fugas en las conducciones
- Evitar la formación de transitorios en el arranque y paro que dañen el sistema
- Facilitar la evacuación de aire y evitar su entrada.
- Evitar sedimentos

Válvulas

- Evitar grandes pérdidas de carga por aperturas parciales
- Evitar en su manipulación desgastes por cavitación y abrasión (actuadores). Garantizar su manipulación y accesibilidad

Bombas

- Inspección diaria del funcionamiento de la bomba y comprobación del estado del filtro en la aspiración.
- Inspección periódica del alineamiento de la bomba y el motor, niveles de lubricante, limpieza de filtros, nivel de desgaste de las piezas críticas, estado del motor (bobinado y aislamientos), ...
- Inspección cada 5 años, con desmontaje completo, revisión y limpieza de las bombas.
- Sustitución de los anillos de desgaste, camisa y/o rodetes (supresión de holguras) >> mejora del 10%
- Limpieza interna por chorreado de arena (eliminación de incrustaciones y óxidos) >> mejora del 5%

MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Dimensionado de las bombas para el caudal de funcionamiento habitual

	m³	kWh	Horas
PRISAS	34.785,44	71008	504
CALERA	170.385,02	227895	1149
CANDELA	412.549,83	552383	1585
PEÑETES	210.838,39	274050	1832
BALDONA	68.799,37	112170	677
ROSITA	1.936.241,79	2308186	5784



Dimensionado de las bombas para el caudal de funcionamiento habitual

ID. Bombeo	Q (l/s)	H_m (mca)	N_s (kW)	N_a (kW)	EE (%)	Energía anual consumida (kWh)	$Eac \cdot EE$
Estación principal goteo	0,237	56,02	130,41	260,32	50,10%	358699,67	179691,19
El Saladar	0,108	113,15	119,38	202,92	58,83%	677600,00	398651,10
Rebombeo Embalses. Embalse Goteo	0,112	9,20	10,08	27,51	36,65%	23179,53	8495,17
Rebombeo Embalses. Embalse Alto	0,066	15,11	9,72	27,15	35,81%	57104,80	20449,14
TOTAL						1116584,00	607286,59

$$EE(\%) = \frac{N_s}{N_a} \cdot 100$$

$$Eac \cdot EE = \text{Energía anual consumida (kWh)} \cdot EE (\%)$$

- EE_i representa la eficiencia energética del bombeo i ,
- N_a es la potencia absorbida y representa la potencia activa media medida con el analizador de redes durante el periodo de medida,
- N_s es la potencia suministrada y representa la potencia media teórica que el bombeo suministra en cada momento

Dimensionado de las bombas para el caudal de funcionamiento habitual

Típicos errores de diseño al seleccionar las bombas (sobredimensionamiento):

- Aplicación de coeficientes de seguridad excesivos
- Prever una actividad futura mayor
- Anticipar una previsible caída de prestaciones por envejecimiento

Hoy es difícil conseguir avances en la tecnología para mejorar el rendimiento; es decir, la tecnología está madura.

La solución es una buena selección del tamaño en base a las prestaciones requeridas y con un alto rendimiento => *Una vez establecido el caudal y la presión, se elegirá aquella bomba que situé este caudal entre el 75% y el 110% del caudal del punto de mejor rendimiento*

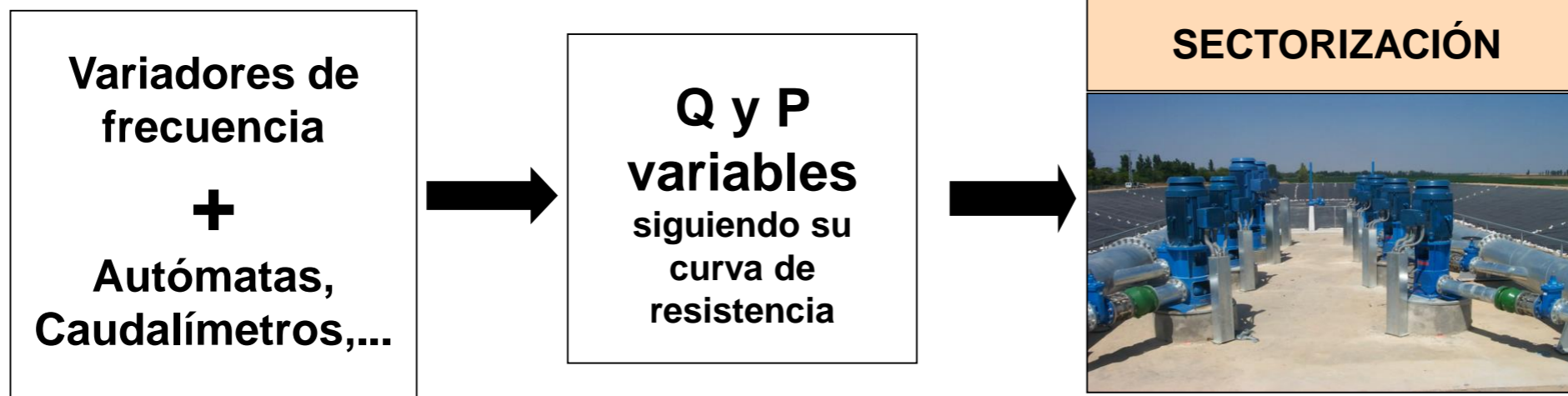
Requisitos de un regadío eficiente

Requisitos de un regadío eficiente (1/5)

1.- Eficiencia energética en bombeo

- Introducción de variadores de frecuencia en las bombas en régimen variable
- Mejora de rendimientos en los equipos de impulsión
- Automatización de los sistemas de mando, maniobra y control
- Diseño de redes optimizadas energéticamente.

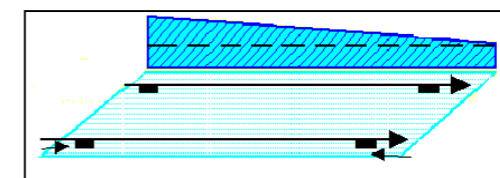
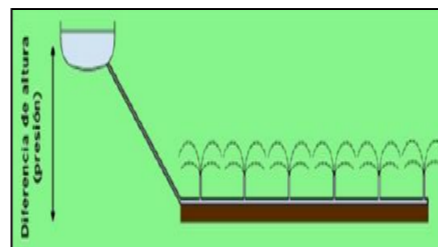
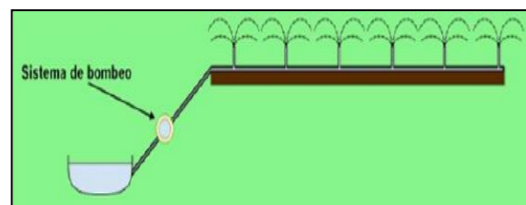
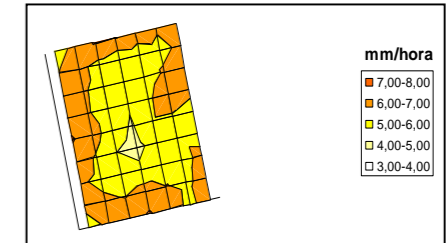
2.- Sectorización en los diseños de redes de riego



Requisitos de un regadío eficiente (2/5)

3.- Unidad de riego y equipamiento en las parcelas

- Coeficiente de uniformidad en el riego no inferior al 85% en aspersión y al 95 % en goteo.
- Migrar de sistemas de aspersión a goteo.
- Diseño interior de las parcelas en riegos a presión que minimicen los requerimientos de energía.
- Análisis de las pérdidas de carga en hidrante.
- Ubicar las tomas de riego o hidrantes de forma preferible en puntos altos.



Migrar sistemas de riego gravedad a riego por goteo en base a bombes accionados por energía solar fotovoltaica.

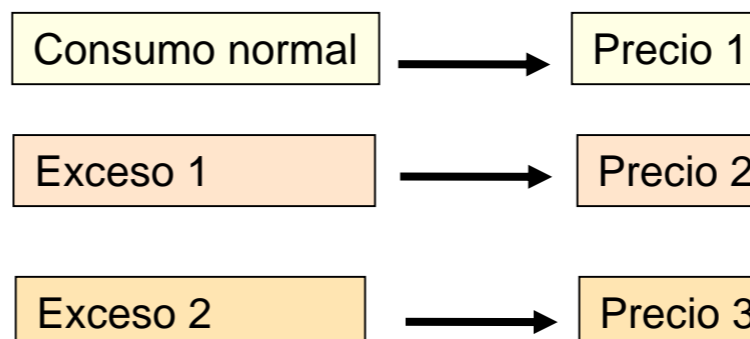
Requisitos de un regadío eficiente (3/5)

4. Estatutos y ordenanzas de las Comunidades de Regantes

- Obligatoriedad de control del recurso con contadores individuales y un sistema de contraste del agua consumida a nivel general.



- La facturación del agua consumida se realizará, de acuerdo con las Ordenanzas de la Comunidad de Regantes, con tarifas binómicas y con penalizaciones por excesos.



Requisitos de un regadío eficiente (4/5)

5. Programas de gestión en Comunidades de Regantes

- Riego Ordenado (entre Turno y Demanda)
- Conocer demanda de cultivos en tiempo real

**Gestión eficaz del agua
(economía y medioambiente)**

Visión industrial (rentabilidad)



- Aplicaciones informáticas de gestión



Requisitos de un regadío eficiente (5/5)

6. Entrenimiento y conservación

6.1. Conducciones generales y ramales:

- Selección adecuada de diámetros, materiales, accesorios y velocidad del agua
- Evitar fugas en las conducciones
- Evitar la formación de transitorios en el arranque y paro que dañen el sistema
- Facilitar la evacuación de aire y evitar su entrada.
- Evitar sedimentos

6.2. Válvulas

- Evitar grandes pérdidas de carga por aperturas parciales
- Evitar en su manipulación desgastes por cavitación y abrasión (actuadores). Garantizar su manipulación y accesibilidad

6.3. Bombas

- Inspección diaria del funcionamiento de la bomba y comprobación del estado del filtro en la aspiración.
- Inspección periódica del alineamiento de la bomba y el motor, niveles de lubricante, limpieza de filtros, nivel de desgaste de las piezas críticas, estado del motor (bobinado y aislamientos), ...
- Inspección cada 5 años, con desmontaje completo, revisión y limpieza de las bombas.
- Sustitución de los anillos de desgaste, camisa y/o rodetes (supresión de holguras) >> mejora del 10%
- Limpieza interna por chorreado de arena (eliminación de incrustaciones y óxidos) >> mejora del 5%

Resumen: Plan de trabajo del auditor energético

1ª fase: Medida de parámetros eléctricos e hidráulicos de los bombeos

Se realizarán las mediciones de forma secuencial bombeo por bombeo, **tomando datos** en continuo de al menos **un ciclo completo de funcionamiento de la bomba**, entendiéndose por un ciclo el periodo comprendido entre el arranque y arranque de bomba. En general este periodo **no debería ser menor a una semana**, para tener en cuenta las variaciones de funcionamiento de un día a otro.

De forma independiente pero al mismo tiempo, se realizarán las **medidas de las variables hidráulicas** (caudal impulsado y presión a la entrada y salida del bombeo) sincronizando dichas medidas con las realizadas por el analizador de redes, de forma que para cada instante de toma de datos se disponga tanto de los datos eléctricos como hidráulicos.

2ª fase: Cálculo de la eficiencia energética de los equipos

La eficiencia energética se determinará como el cociente entre la potencia hidráulica suministrada (N_h) y la potencia eléctrica consumida (N_c):

3ª fase: Análisis del funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua

Se tomarán los datos topológicos y de funcionamiento de la red y se estudiarán diferentes alternativas de gestión y distribución del agua que sean energéticamente más eficientes.

4ª fase: Propuesta y valoración económica de medidas correctoras

A partir de todos los datos analizados se estudiarán las alternativas posibles para mejorar la eficiencia energética, valorando en cada caso, tanto el ahorro potencial de dicha medida como los costes de adopción de la misma.

Potencial de ahorro energético

AHORROS POTENCIALES EN INSTALACIONES DE BOMBEO	
Bomba más eficiente	3%
Bomba de tamaño adecuado	4%
Mejor instalación y mantenimiento	3%
Mejor diseño del sistema	10%
Mejor operación y control	20%
Potencial de ahorro	40%

Fuente: Manuel A. Soler



AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE REGADÍO

Objeto y alcance de la auditoría energética

Por auditoría energética entendemos el **análisis de situación** que nos permite conocer:

1. el modo de **explotación**, funcionamiento y prestaciones de unas instalaciones de regadío
2. el estado de sus **componentes**
3. sus **consumos** energéticos y sus correspondientes **costes** de explotación

con el objetivo de **mejorar la eficiencia y el ahorro energético** de estas instalaciones.

El **punto de partida** de una auditoría es el acceso a la información de **base del diseño** y características de las instalaciones de riego, **con los criterios asumidos en su día** como premisas respecto a la funcionalidad perseguida en las superficies a regar.

Labor de campo

Analizada esta información de base, el Auditor procederá a realizar una **labor de campo in situ** para la toma de datos de la situación actual de las instalaciones que sirva para la realización de los distintos análisis técnicos:

1- Inventario desglosado de la instalación y de sus componentes:

Identificación de la situación de cada una de las centrales existentes, sus elementos, su estado, etc.

2 - Análisis funcional de las instalaciones:

Se realizará un análisis de la tipología de funcionamiento de las distintas instalaciones de regadío

3 - Análisis energético de las instalaciones:

Se analizarán los parámetros de consumo y eficiencia energética.

4 - Mantenimiento y gestión. Horarios de funcionamiento:

Por ultimo es importante conocer bajo que condiciones se está gestionando y manteniendo cada una de las instalaciones que conforman el regadío mancomunado.

La auditoría como tal

Esta fase contempla **el análisis de la información obtenida**, persiguiendo:

- **repartir el gasto** energético por ratios relativos a la actividad desarrollada (tipos de cultivos, temporadas, etc..)
- **evaluando la eficiencia** de los distintos equipos e instalaciones,
- determinando las **posibles actuaciones** a acometer para su optimización en el gasto energético

El análisis de eficiencia energética **versará sobre**:

- el **diseño** de este tipo de instalaciones y posibilidades de optimización (trazados, balsas, ...)
- las **potencias instaladas** en bombeo y sus **necesidades reales**
- los **sistemas de regulación y control**

y de todo ello, valorando la calidad de las instalaciones en estos aspectos.

Presentación de los resultados

La presentación de los resultados seguirá un guion establecido que deberá reflejar:

- las mediciones realizadas sobre equipos e instalaciones
- los ratios o consumos específicos obtenidos
- la evaluación del grado de eficiencia del sistema o subsistemas que afectan al consumo global de las instalaciones.
- las medidas correctoras que se deberán adoptar con las reformas que fueran precisas.

Las posibles mejoras serán valoradas en términos energéticos y económicos.

Muchas gracias por su atención

angel.sanchezdevera@idae.es