



ASOCIACIÓN NACIONAL
INGENIEROS
AGRÓNOMOS

**CONGRESO
NACIONAL DE
INGENIEROS
AGRÓNOMOS**



RETOS TECNOLÓGICOS,
INNOVACIÓN
Y APUESTAS DE FUTURO EN
**INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y MEDIO RURAL.**

CÓRDOBA, 15 A 18 DE OCTUBRE DE 2018.

Incremento de la
eficiencia del uso del
agua en la agricultura

Infraestructuras hidráulicas para el regadío



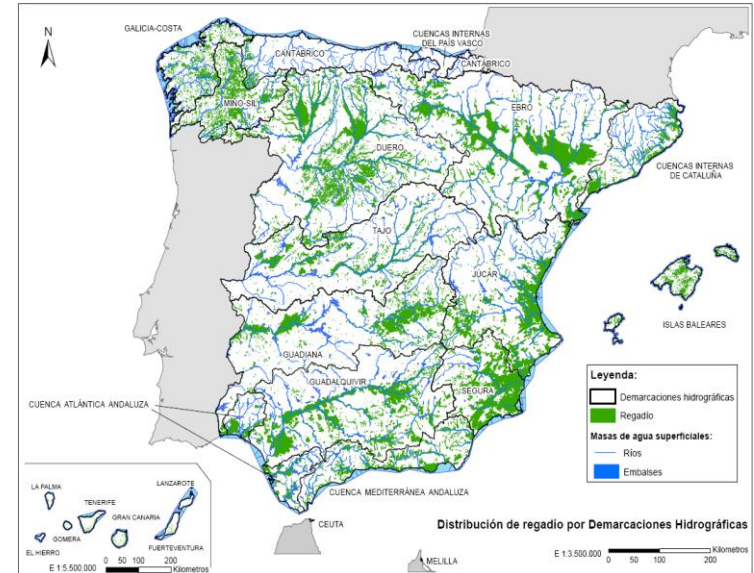
José M^a González Ortega
Ingeniero Agrónomo
Doctor en Ingeniería Hidráulica
Tragsatec



1. INTRODUCCIÓN
2. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS REGADÍOS
3. REGULACIÓN HIDRÁULICA
4. OBRAS DE REGULACIÓN PARA EL REGADÍO: PRESAS
5. OBRAS DE REGULACIÓN PARA EL REGADÍO: BALSAS
6. BALSAS: ASPECTOS ESPECÍFICOS Y PROBLEMÁTICA ASOCIADA
7. NORMATIVA EXISTENTE EN EL ÁMBITO DE PRESAS Y BALSAS
8. VENTAJAS DE LAS BALSAS
9. FUNCIONES DE LAS BALSAS DE RIEGO
10. CLASIFICACIÓN DE LAS BALSAS DE RIEGO
11. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y CONSTRUCTIVOS DE LAS BALSAS DE RIEGO
12. CONCLUSIONES

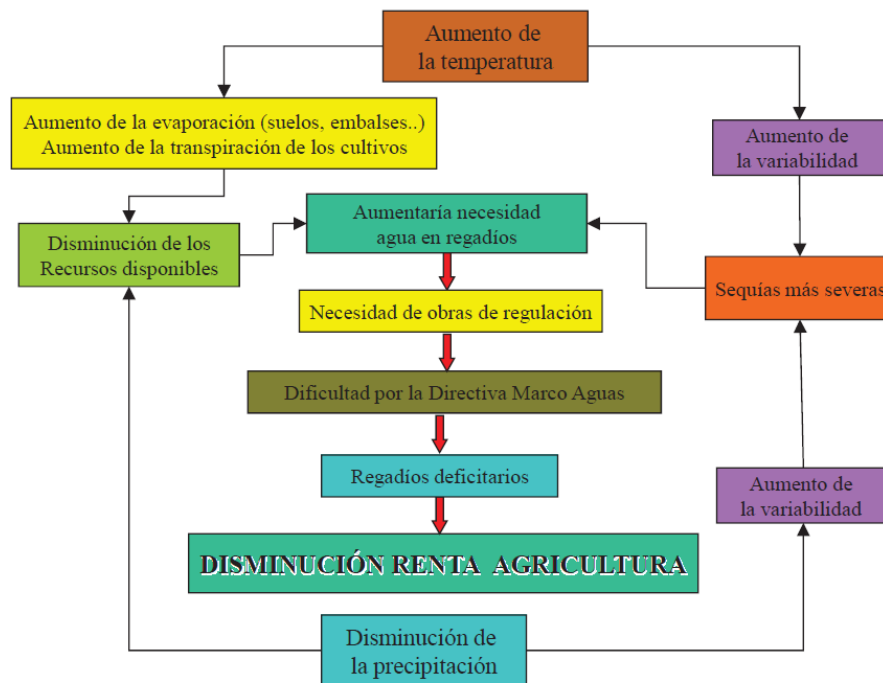
Introducción

- Superficie de regadío en España: **3,7 millones de ha**
 - *Supone aproximadamente el 14% de la superficie agrícola útil*
 - *Representa casi el 60% de la producción final agraria*
- La **importancia económica del regadío en España** es muy superior a la obtenida como media mundial
- Principal usuario del agua: **68 % demanda actual de agua**
- Mas del **75 %** del agua empleada en regadío **proviene de recursos superficiales**: ríos, presas y balsas
- Cambio climático supondrá un **futuro aumento del consumo de agua en los regadíos actuales**
- Para hacer frente a los **posibles efectos del cambio climático** se deberá actuar en:
 - *Incremento de la eficiencia en la agricultura*
 - **Incremento de obras de almacenamiento de agua**
 - *Modernización de regadíos (40 % más de consumo, a veces el doble, si no están modernizadas)*
 - *Innovación tecnológica*
 - *Mayor atención a las aguas subterráneas y a la reutilización de aguas*



2 Posibles efectos del cambio climático en los regadíos

- **Futuro aumento del consumo de agua en los regadíos actuales**
 - Descenso de la precipitación obliga a aumentar los riegos
 - Aumento de temperatura implica aumento de transpiración biológica de las plantas y un aumento de la evaporación directa del suelo.
- **Importantes disminuciones de los recursos hídricos en la cuenca mediterránea**
 - Diversos estudios en zonas regables revelan una reducción de los beneficios esperados por los agricultores (de hasta un 24% en algunas zonas como la cuenca del Guadalquivir)
- **Aumento de la dispersión de los resultados económicos de las explotaciones de regadío, haciéndolas más vulnerables a los ciclos de sequía.**



Fuente: FENACORE

2 Posibles efectos del cambio climático en los regadíos

Una línea estratégica importante para mantener la sostenibilidad de los regadíos frente al cambio climático es el **incremento de la aportación de recursos a los sistemas:**

- **Aumento de la capacidad de regulación** (capacidad de embalse) en zonas excedentarias (Nuevas presas, recrecimientos de algunas existentes (hiperembalses))
- **Incremento de la capacidad de regulación interna** de las zonas regables o de las Comunidades de Regantes (**balsas de regulación**)
- **Incremento del nivel de regulación** mediante la **construcción de infraestructuras de recarga de acuíferos**
- **Mayor incorporación** de fuentes de agua no convencionales: **aguas regeneradas y desaladas**



- La regulación de los recursos hídricos disponibles para adecuarlos a las demandas implica poder realizar un **almacenamiento temporal de agua**
- La escala temporal de esta regulación varía notablemente en función de los fines perseguidos
 - *Anual, hiperanual (cauces naturales)*
 - *Diaria (agua bombeada con tarifa eléctrica reducida)*
- Objetivos gestión hidráulica: Disponer de **depósitos de almacenamiento con tamaño adecuado a la escala temporal de la regulación**
 - *Regulación de grandes cuencas hidrográficas: grandes presas*
 - *Regulación de zonas regables importantes: embalses medios*
 - ***Regulación a nivel de sector de riego o parcela: embalses pequeños***
- La Ingeniería ofrece actualmente diferentes soluciones técnicas para el almacenamiento de agua
 - **Presas** (a veces resulta difícil sacar adelante el proyecto y la obra de una gran presa, e incluso el recrecimiento de las existentes)
 - **Balsas** (volúmenes a almacenar no son excesivos, como es habitual en el riego agrícola)
 - *Depósitos*

4

Obras de regulación para el regadío: presas

- 58.200 grandes presas en explotación
- Capacidad total de embalse: 8.300 Km³
- Ranking de países líderes en número de grandes presas:

1 China	26.278
2 USA	9.265
3 India	4.636
4 España	1.267
5 Corea	1.205
- Hay aproximadamente 1.200 grandes presas en construcción en el mundo
- **Principales usos de los embalses** (74,5% Objetivo único
25,5% Objetivo múltiple)
 - **38% Regadío**
 - 18% Hidroelectricidad
 - 14% Abastecimiento a poblaciones
 - 14% Laminación de avenidas
 - 8% Recreo
 - 8% Otros usos (navegación, pesca, etc.)



4

Obras de regulación para el regadío: presas

- **1.300 Grandes Presas** según definición Española (1.062 según definición de ICOLD)
 - 19 Grandes Presas actualmente en construcción
- Capacidad total de embalse: **56.000 hm³**
- Edad media de las presas españolas: 46 años (>1/3 edad superior a 50 años)



En España existen posibilidades de incrementar la capacidad de embalse desde los 56.000 Hm³ actuales a 70.000 Hm³ (inc. 25 %), fundamentalmente mediante recrecimiento.

Balsa:

Obra hidráulica consistente en una estructura artificial **destinada al almacenamiento de agua situada fuera de un cauce** y delimitada, total o parcialmente, por un dique de retención

- La **tecnología para su construcción** se extiende en España **a partir del año 1975**. La mayoría se impermeabilizan con materiales sintéticos (geomembranas)
- Presentan **dimensiones muy variables**, desde auténticas “grandes presas” a mínimos elementos para almacenar volúmenes muy reducidos
- En estos últimos años, la escasez de nuevas obras de regulación en los ríos y la modernización de regadíos ha llevado a las CCRR a la **necesidad de disponer de un mayor número de balsas** de agua para almacenamiento y/o regulación y a un aumento del tamaño de las mismas
- La **utilización de aguas regeneradas y desaladas** en el regadío ha supuesto también un incremento importante en el nº de balsas



DIFERENCIAS SUSTANCIALES CON LAS PRESAS

- Las balsas no se proyectan normalmente para captar las aguas de escorrentía. Son **elementos de almacenamiento y regulación**, no de captación
- **Alimentación de agua controlada:** bombeo o derivación desde un cauce
- **NO cierran u obstaculizan** un cauce en una cerrada
- **Inexistencia de cuenca aportante**, y por tanto de avenidas
- **Se construyen donde se necesitan**, utilizando el material excavado para los diques
- Posibilidad de **actuar fácilmente sobre el caudal entrante** frente a una eventualidad
- Tienen normalmente, **dimensiones modestas**
- **No han tenido nunca un marco normativo concreto**



PRESAS

- Se ubican en ríos o barrancos (Se busca el vaso)
- El vaso se comprueba
- Se “fabrica” el cierre (Presa)
- El vaso se acepta normalmente en condiciones naturales
- Los materiales se seleccionan y aportan
- **Se abastecen de agua de escorrentía (no controlada)**
- **Tienen avenidas**
- Órganos de desagüe amplios que en general NO dan problemas de integración
- Aliviaderos constituyen un elemento fundamental de seguridad
- **1.300 Grandes Presas en España**
- Usos diversos

BALSAS

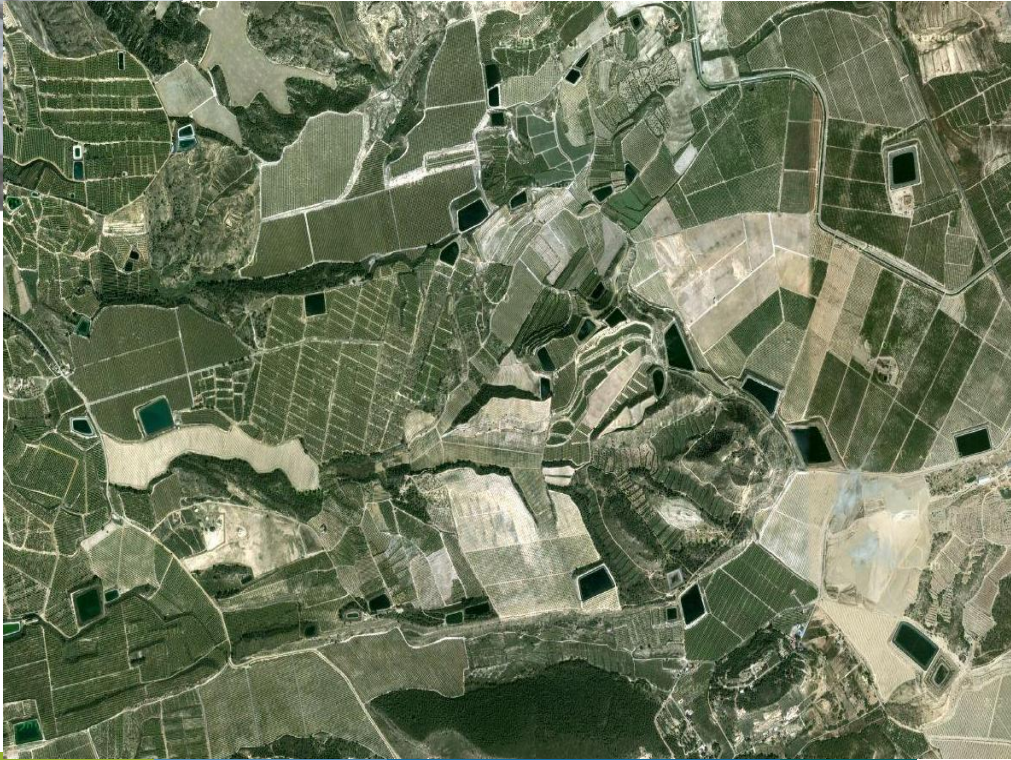
- Se ubican en zonas de dominio de cota (Se elige el emplazamiento en función de otros parámetros)
- El vaso se excava
- Se compensan los volúmenes
- Hay que impermeabilizar (salvo casos particulares)
 - láminas (casi siempre)
 - arcilla, asfalto, hormigón....
- El vaso se recrece con los productos de excavación
- **Se alimentan de caudales controlados**
- **NO tienen avenidas (salvo casos excepcionales)**
- Órganos de desagüe pequeños que suelen dar problemas de integración
- Aliviadero es un elemento secundario frente a la seguridad
- **Más de 50.000 Balsas en España**
- **Pilar fundamental modernización de regadíos en España**



6 Balsas: aspectos específicos y problemática asociada

- En la actualidad, su número es **muchísimo más elevado que el de las presas**
- Actualmente en España se encuentran en operación unas 1.300 grandes presas y **más de 50.000 balsas** (hay fuentes que hablan de 80.000-100.000)
 - *Andalucía: 16.543 balsas (9.000 de cierta entidad, en cuanto a superficie se refiere)*
 - *Murcia: unas 15.000 balsas*
 - *Comunidad Valenciana: más de 3.500 balsas (capacidad > 90 Hm³)*
 -

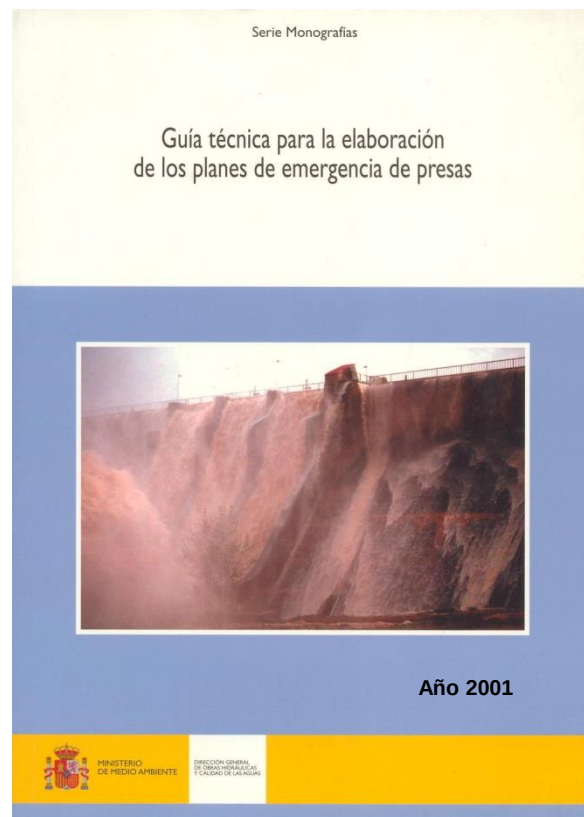
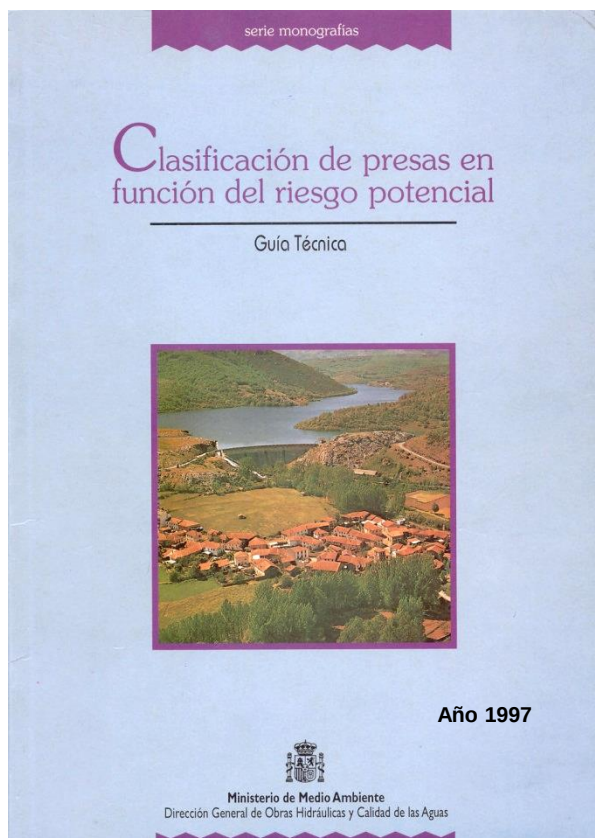




- Las balsas son infraestructuras que en general han tenido, a lo largo de su historia, **un buen comportamiento, nobleza y seguridad**, aunque también han existido accidentes
- **Requieren un correcto mantenimiento**, el cuál está generalmente en manos de sus propietarios, y sin un adecuado asesoramiento
- En muchas ocasiones han sido **proyectadas y construidas sin las exigencias de idoneidad y calidad que en el caso de las presas** y sin ningún tipo de intervención por parte de la Admón., la cuál a veces desconoce su existencia
- **Antigüedad** de algunas de ellas sin haber pasado nunca revisión técnica de ningún tipo
- En algunos casos **pueden existir riesgos superiores a los de algunas presas**. El nivel de aceptación de riesgos también es superior, por lo que la probabilidad de que exista algún incidente negativo puede resultar más alta, dado su número tan elevado



- Su **ubicación en lugares dominantes y la construcción de infraestructuras**, urbanizaciones, etc. con posterioridad incrementa sustancialmente los daños potenciales en caso de fallo
- Existen balsas que debido a su tamaño, a sus características o a su emplazamiento deben ser **objeto de vigilancia especial**
- En otras muchas de tamaño reducido, emplazamiento y geotecnia favorables, las **prescripciones existentes resultan excesivas** para sus propietarios, por lo que las incumplen
- De la **normativa existente actualmente** en el ámbito de las presas, la más directamente aplicable a balsas serían:
 - ✓ *Guía técnica para la clasificación de presas frente al riesgo potencial*
 - ✓ *Guía técnica para la elaboración de planes de emergencia en presas*
 - ✓ *Guía técnica para la elaboración de planes de emergencia de balsas*



- A) INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE GRANDES PRESAS (I.G.P.) (O.M. 31/03/1967)
- B) DIRECTRIZ BÁSICA DE PLANIFICACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIONES (BOE 14/02/1995) (RANGO DE DECRETO)
- C) REGLAMENTO TÉCNICO SOBRE SEGURIDAD DE PRESAS Y EMBALSES (O.M. 12/03/1996)
- D) GUÍAS TÉCNICAS
- Promovidas por la D.G.O.H.
 - Promovidas por el CNEGP
- E) Dictamen Profesor Sánchez Morón (Noviembre 1999)

Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico

- **Real Decreto 9/2008 de 11 de Enero (BOE 16/01/2008)**

A) AMBITO DE APLICACIÓN

- Presas, embalses y balsas que cumplan alguna de las siguientes condiciones:
 - **Grandes Presas (*)**
 - **Presas de categorías A y B, aunque no sean “Gran Presa”**
 - A efectos de solicitud de clasificación y registro, presas y balsas que cumplan:
 - **$H > 5 \text{ m.}$ o $V > 100.000 \text{ m}^3$ (titularidad privada ó pública)**
 - Se excluyen: depósitos de agua, cámaras de carga, chimeneas de equilibrio, diques de encauzamiento de ríos y canales...

(*) *Definición con algún matiz diferente a la del RTS*

B) ASPECTOS PRINCIPALES

- Incluye un título VII dedicado a seguridad de presas, embalses y balsas
- Aparece por primera vez una definición “legal” de balsa
- **Clarifica las competencias en materia de seguridad**

Administración general del Estado:

- Presas, embalses y balsas situados en el DPH en las Demarcaciones Hidrográficas intercomunitarias
- Infraestructuras de interés general del Estado, siempre que le corresponda su explotación

Órganos designados por las CCAA:

- Presas, embalses y balsas situadas en el DPH cuya gestión les corresponda
 - **Presas, embalses y balsas situadas fuera del DPH en todo caso**
-
- Creación de una Comisión Técnica de Seguridad de presas como comisión técnica especializada de la Comisión Nacional de Protección Civil
 - **Creación, por la Administración competente, de un Registro de Seguridad de presas y embalses**

- **Aprobación mediante Real Decreto de las Normas Técnicas de Seguridad de presas y embalses**
- Se crea la figura de entidad colaboradora en materia de control de la seguridad de presas y embalses
- El titular de la presa será el responsable de su seguridad
- **Vigencia de la I.G.P. de 1967 y del R.T.S. de 1996 hasta la aprobación de las Normas Técnicas de Seguridad**

➤ **Económicas**

- Uso de materiales de bajo coste
- Rápida construcción
- Reducido mantenimiento
- Aliviaderos de coste reducido

➤ **Técnicas**

- Construcción rápida y, normalmente, de gran simplicidad tecnológica
- Adaptación a cualquier morfología del emplazamiento
- Localización más cercana a la zona de suministro: reducción coste conducciones

➤ **Administrativas**

- En general, menor número de requisitos legales y autorizaciones
- Fácil si su clasificación frente al riesgo potencial de rotura es "C"

- Las balsas de riego presentan, desde un punto de vista hidráulico, **dos funciones básicas**:
 - Regulación** de los caudales derivados y aportados para el riego.
 - Almacenamiento de recursos hídricos** para su utilización en otras épocas.
- En el momento actual se puede decir que la situación del regadío se encuentra estabilizada: **procesos de modernización** más que ampliación o nueva transformación.
- Aparición de nuevos recursos: **aguas depuradas y aguas desaladas**.
- Necesidad de valorar en cada caso los distintos tipos de aportaciones hídricas previstas para una balsa, y la **relación que dicha balsa vaya a tener con la red de riego** o sistema en el que se integre.



A) Regulación estacional (Función de almacenamiento)

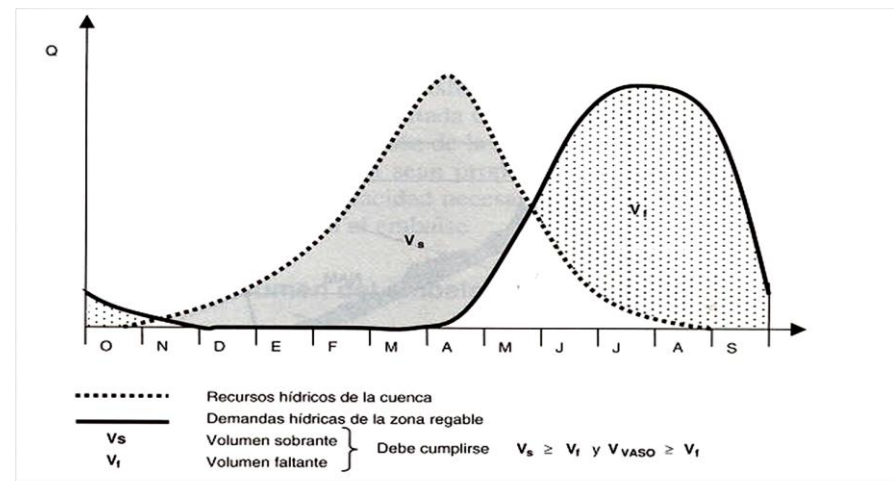
- Almacenar agua en la balsa en los meses en que los recursos hídricos superan a las demandas
- Acumulación de volúmenes de agua sobrantes en las épocas de bajo consumo para aportarlos al sistema de riego cuando la aportación es inferior al consumo

➤ Ciclo de funcionamiento anual

➤ Volúmenes considerables

➤ Dimensionamiento

Comparación de la aportación disponible con la demanda de agua que se pretende satisfacer







B) Regulación hidráulica o funcional

➤ Función principal

Ajustar temporalmente los recursos disponibles a las demandas de los cultivos

➤ Tipos principales

- *Regulación de una red de riego*
- *Regulación de los turnos de riego*
- *Regulación de un canal*



Tipos principales de balsas de regulación hidráulica o funcional

➤ Regulación de una red de riego

- Suministro instantáneo de caudal de manera sencilla y económica
- Aprovechar la segmentación de las tarifas eléctricas
- Bombeos en las horas de menor coste con caudal constante y óptimo de funcionamiento de las bombas
- Ciclo de funcionamiento diario, semanal o, como máximo, estacional
- Volúmenes relativamente moderados función de la superficie regable



Tipos principales de balsas de regulación hidráulica o funcional

➤ Regulación de los turnos de riego

- Almacenamiento del agua de un turno de riego para su utilización posterior en el momento que más interese
- Volumen balsa = Dotación de riego
- Balsas de parcela. Tamaño pequeño



Tipos principales de balsas de regulación hidráulica o funcional

➤ Regulación de un canal

- Aprovechamiento de los caudales sobrantes de una red de distribución en lámina libre
- Dimensionamiento función de las características de explotación de la red



- **Según los materiales de construcción**

- **Obras de fábrica (depósitos)**

- **Volumen a almacenar es pequeño ($< 2.000 \text{ m}^3$)**
 - Hormigón armado prefabricado o in situ
 - Mampostería cogida con mortero de cemento
 - Otros materiales

- **Tierra compactada**

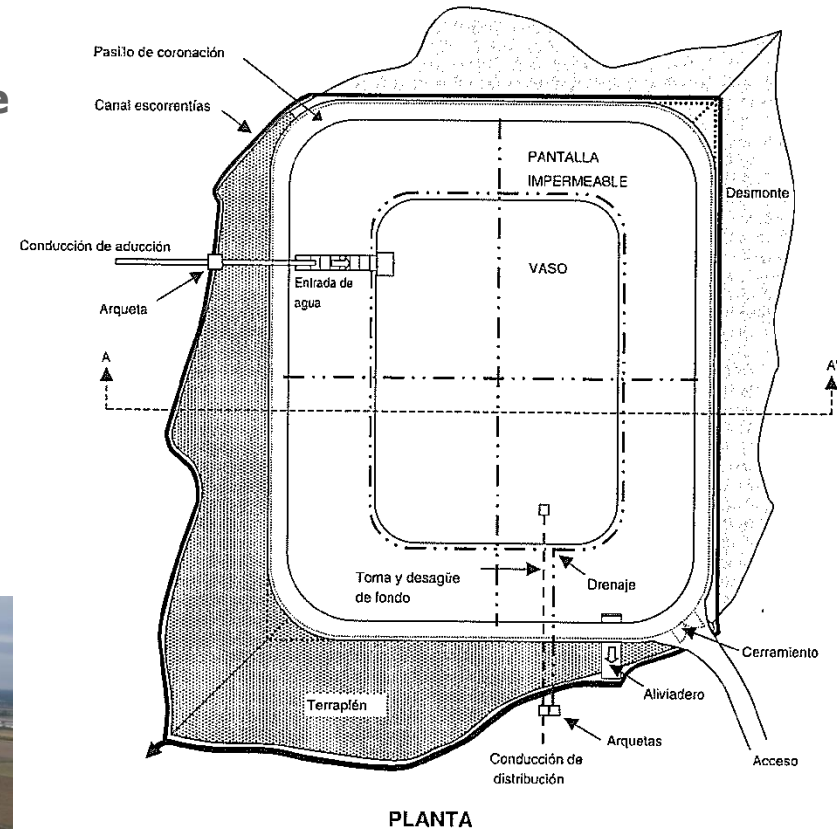
- **Los más usados para volúmenes de almacenamiento significativos**
- **Impermeabilización natural: arcillas**
- **Impermeabilización con materiales flexibles fabricados in situ**
 - Bentonita y montmorillonita
 - Pantallas y láminas asfálticas
- **Revestimientos rígidos**
 - Mampostería
 - Losas de hormigón
 - Gunitado
 - Suelo-cemento
- **Geomembranas (pantallas sintéticas flexibles)**
 - **PVC, PEAD, EPDM**



- Las balsas de riego presentan unos requerimientos técnicos y constructivos que, a lo largo de su historia, han condicionado también su desarrollo:
 - a) Requerimiento estructural*
 - b) Requerimiento de la impermeabilización*
 - c) Requerimiento de la explotación (elementos de regulación y control)*
- El **sistema de impermeabilización** ha presentado tradicionalmente muchos problemas
- La fabricación, a partir de los **años 50**, de **láminas plásticas impermeables** y suficientemente estables fue la solución técnica que resolvía el requerimiento de impermeabilización
- **Requerimiento estructural** se redujo al planteamiento de construcción de diques de tierra.
- La **sencillez constructiva y el bajo coste económico** que suponía significó la enorme proliferación de balsas de riego desde mediados de los años 60.
- La impermeabilización con láminas supone separación, desde el punto de vista técnico, de la **función de impermeabilidad y la función resistente o estructural**.
- Requerimientos centrados en: **suficiente compactación de las tierras** que forman el dique y un **adecuado refino o terminación** de los taludes interiores para evitar la rotura de la lámina por perforación.
- Utilización de los **geotextiles**.

Criterios generales de diseño

- A) Diseño geométrico y movimiento de tierras
- B) Diseño estructural
- C) El sistema de impermeabilización
- D) Diseño hidráulico
- E) Los elementos accesorios



- El **principal usuario del agua**, tanto en España como en el mundo es **el regadío**.
- La **adaptación de la agricultura al cambio climático** conlleva:
 - *Incremento de eficiencia*
 - *Incremento de las obras de almacenamiento de agua*
 - *Modernización de regadíos*
 - *Innovación tecnológica*
 - *Mayor atención a las aguas subterráneas y a los recursos no convencionales.*
- Las **presas y embalses** juegan un papel muy importante en la mitigación de los posibles efectos negativos asociados al cambio climático.
- Las **balsas** constituyen una alternativa muy adecuada para **incrementar la capacidad de regulación interna** de las zonas regables o de las Comunidades de Regantes.
- La **escasez de nuevas obras de regulación en los ríos**, la modernización de regadíos, la sencillez de su construcción y la utilización de aguas regeneradas y desaladas en el regadío ha supuesto un incremento espectacular del número de balsas en España



Muchas gracias por su atención

José M^a González Ortega

jmgo@tragsa.es