



VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Normas Técnicas de Seguridad de Presas

NTS2. Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses

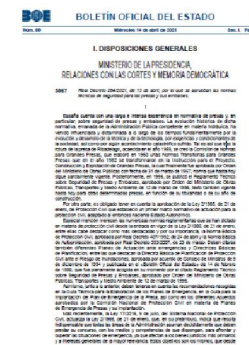
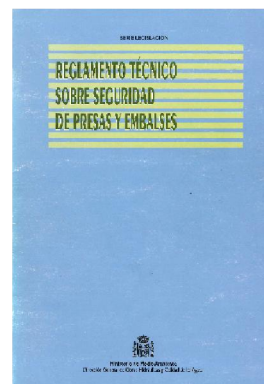
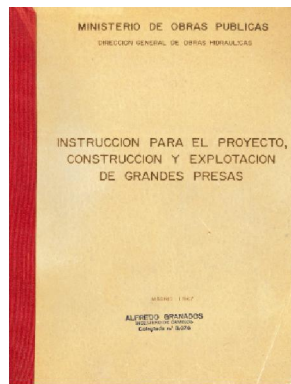
Alfredo Granados García
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

1 de julio de 2021

NTS2 - Ideas básicas generales (1)

- La NTS2 es de aplicación a presas de nuevo diseño y construcción.
- Recoge criterios consolidados que se emplean en la práctica profesional habitual (a nivel nacional e internacional).
- Se sintetizan y actualizan los criterios indicados en la INSTRUCCIÓN (1967) y el RTSPE (1996).
- Al ser el estándar deseable de seguridad, **constituye una referencia para las presas existentes.**



NTS2 - Ideas básicas generales (2)

- Los cambios más sustanciales respecto a normativa anterior son los relativos a: la **evaluación de las avenidas**, la cuantificación de los **periodos de retorno del sismo** y los **coeficientes de seguridad estructurales**.
- Los criterios están ligados a la clasificación en función del riesgo potencial de la presa, por lo que **hay que prever en proyecto la posible evolución de la categoría en el tiempo**.



NTS 2 - Estructura y contenidos de la Norma

- **Capítulo I. Disposiciones generales**
- **Capítulo II. Proyecto**
 - Sección I. Disposiciones generales y contenido del proyecto
 - Sección II. Avenidas y desagües
 - Sección III. Comprobación estructural
 - Sección IV. El terreno y los materiales
 - Sección V. Medidas complementarias de seguridad
- **Capítulo III. Construcción**
- **Capítulo IV. Puesta en carga y llenado de embalses**



NTS2 - Capítulo I. Disposiciones generales

- El objeto de la NTS2 es fijar los requisitos y condiciones mínimas relativos a las fases de proyecto, construcción y puesta en carga.
- Es de aplicación a las grandes presas, y a las pequeñas presas de categoría A o B.
- Incluye también los **diques de collado** para el cierre del vaso del embalse, así como los proyectos de **modificaciones** de obra e intervenciones significativas en las presas existentes.



NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección I. Disposiciones generales y contenido del proyecto

- Redactado por un equipo dirigido por un Técnico Competente
- Se fijará la titulación requerida de acuerdo a la *Disposición adicional segunda del RD* en un plazo de 18 meses.
- Se relacionan los estudios técnicos que debe incluir el proyecto:
 - a) Estudios generales.
 - b) Estudios específicos.
 - c) Estudios de la influencia de la presa y embalse en el entorno y en la población.
- Se incluye el **Plan de Emergencia** en las presas de categoría A o B. Evaluando el riesgo durante la construcción.

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (1)

- Se establece un **marco conceptual con dos familias de AVENIDAS** (una de diseño y otra de comprobación):
 - **Avenida de Proyecto (AP)**. Es la avenida a tener en cuenta para el dimensionamiento de los órganos de desagüe y las estructuras de disipación de energía (funcionamiento correcto, con un resguardo adecuado).
DESIGN FLOOD en la terminología anglosajona
 - **Avenida Extrema (AE)**. Máxima avenida que debe soportar la presa sin que se produzca su desbordamiento. Escenario límite al cual puede estar sometida la presa sin que se comprometa su seguridad (admitiendo la pérdida total o parcial del resguardo).
CHECK FLOOD en la terminología anglosajona

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (2)

- **Nivel Máximo Normal (NMN).** Máximo nivel que puede alcanzar el agua del embalse cuando todos los elementos mecánicos de los órganos de desagüe están cerrados.
- Se considerará el taponamiento fortuito de conductos en presas de agujero.
- **Nivel de Avenida de Proyecto (NAP).** Es el nivel máximo que se alcanza en el embalse, considerando su acción laminadora, al paso de la avenida de proyecto.
- **Nivel de Avenida de Extrema (NAE).** Es el nivel máximo que se alcanza en el embalse, considerando su acción laminadora, al paso de la avenida extrema.
- En proyecto estos niveles se refieren a la laminación con embalse inicial a NMN, considerando los órganos de desagüe y tomas habilitadas abiertos.

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (3)

- Los **PERIODOS DE RETORNO** quedan asociados al nivel de embalse.
- Se diferencia en función de la categoría y tipología de la presa.
- Hay que considerar la evolución de la categoría en el tiempo.
- Se debe analizar la posible influencia del cambio climático.

CATEGORÍA	PERIODO DE RETORNO (años)		
	NIVEL DE AVENIDA PROYECTO	NIVEL DE AVENIDA EXTREMA	
		FÁBRICA	MAT. SUELTOS
A	1.000	5.000	10.000
B	500	1.000	5.000
C	100	500	1.000

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (4)

- **RESGUARDO.** Es la diferencia entre el nivel del agua en el embalse y la coronación de la presa (C).
- A efectos de seguridad tiene que poder absorber la sobreelevación que se produce en la evacuación de las avenidas y el oleaje.
- En presas de **FÁBRICA:**
 - $C \geq NMN + OVS$
 - $C \geq NAP + OV$
 - $C \geq NAE$
- En presas de **MATERIALES SUELTOS:**
 - $C \geq NMN + OVS$
 - $C \geq NAE + OV$

OVS oleaje por la acción combinada del viento y sismo

OV oleaje por la acción del viento

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (5)

- **No se admiten vertidos salvo que la presa esté diseñada para ello** (o pueda soportarlos sin riesgo).
- Se debe considerar que la cota de coronación (C) es la parte más alta del elemento impermeable y resistente del cuerpo de presa.
- Hay matices en la aplicación a las presas de núcleo. Los niveles deben quedar por debajo del elemento impermeable y el oleaje se puede cubrir con un material con menor exigencia de impermeabilidad.
- Debe considerarse la posible pérdida de resguardo por los asientos, especialmente los ligados a la puesta en carga de las presas de materiales sueltos.

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección II. Avenidas y desagües (6)

- Los **DESAGÜES DE FONDO** constarán como mínimo de dos conductos en las presas de categoría A o B, y pueden disponer solo de 1 en las de categoría C.
- Cada conducto irá provisto, como mínimo, de **dos elementos de cierre**.
- Las presas de categoría A o B tienen que tener **sistemas de alimentación eléctrica redundantes**, uno de los cuales debe ser un grupo electrógeno.



NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (1)

- Se definen las **acciones, situaciones de cálculo y coeficientes de seguridad**.
- Las acciones son las indicadas en la Instrucción.
- Las situaciones de cálculo se unifican en tres grupos (normales, accidentales y extremas) para todas las tipologías de presa.
- Los **coeficientes de seguridad se han homogeneizado para todas las tipologías (fábrica y materiales sueltos)**.
- Las acciones y coeficientes de seguridad dependen de la categoría, cuya evolución en el tiempo debe evaluarse.



NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (2)

Normales

- Acciones que se puedan presentar en el tiempo de forma persistente.

Accidentales

- Combinación de acciones permanentes o variables tomando solo una de estas el valor accidental:
 - Avenida proyecto
 - Sismo de proyecto
 - Aumento anormal de presiones intersticiales
 - Desembalse rápido (materiales sueltos)
 - Construcción (materiales sueltos)

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (3)

Extremas

- Combinación de acciones permanentes o variables tomando solo una de estas el valor extremo o dos el valor accidental:
 - Avenida extrema
 - Sismo extremo
 - Aumento anormal de presiones intersticiales
 - Desembalse rápido (materiales sueltos)
 - Construcción (materiales sueltos)

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (4)

Sismos

- El sismo de proyecto es el establecido en la **NCSE-02** ($T_r=1.000$ años).
- En presas de categoría A debe analizarse el sismo extremo.
- En zonas de alta sismicidad debe comprobarse el comportamiento dinámico.

CATEGORÍA	SISMICIDAD		
	MUY BAJA ($a_b \leq 0,04g$)	BAJA Y MODERADA	ALTA ($a_b \geq 0,2g$)
A	---	SP = 1.000 años SE = 5.000 años	SP = 1.000 años SE = 10.000 años
B	---	SP = 1.000 años	
C	---	SP = 1.000 años	

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (5)

Estabilidad

- Se define un **coeficiente de seguridad global**.
- Se unifican los coeficientes de seguridad para presas de fábrica y de materiales sueltos.

SITUACIÓN	CLASIFICACIÓN DE LA PRESA		
	A	B	C
Normal	1,4	1,4	1,3
Accidental	1,3	1,2	1,1
Extrema	>1,0	>1,0	>1,0

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección III. Comprobación estructural (6)

Tensiones efectivas

- Coeficientes aplicables a las presas de fábrica

SITUACIÓN	CLASIFICACIÓN DE LA PRESA		
	A	B	C
Normal	3	2,5	2
Accidental	2	2	1,5

- El proyecto de las presas de fábrica se incluirá un **estudio térmico**. Este estudio tendrá un alcance mayor en las presas arco y bóveda.

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección IV. El terreno y los materiales

- Se deben analizar las características de la cerrada y del vaso.
- Se comprobarán las condiciones de **estabilidad de las laderas** del vaso, especialmente en las situaciones de desembalse rápido.
- Se tendrá **especial cuidado en la determinación de los parámetros resistentes** del contacto presa-cimiento.
- Los parámetros resistentes serán los característicos. De no ser posible, se asignarán mediante estimaciones conservadoras de datos disponibles.
- Se analizará la posible degradación de las características de los materiales en el tiempo.

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección V. Medidas complementarias de seguridad (1)

AUSCULTACIÓN

- Se definirá un sistema de auscultación que permita analizar el **comportamiento** de la presa y **detectar las anomalías** que pudieran influir en su seguridad.
- Las variables a controlar deben estar relacionadas con los posibles modos de fallo.
- Se entiende por modos de fallo aquellos procesos que pueden dar lugar a una avería grave o rotura de la presa.
- Las variables mínimas a controlar son: precipitaciones, nivel de embalse, temperaturas, caudales drenados y filtraciones, presiones intersticiales, movimientos y actividad sísmica (este último en su caso).

NTS2 - Capítulo II. Proyecto

Sección V. Medidas complementarias de seguridad (2)

ENERGÍA E ILUMINACIÓN

- En las presas de categoría A o B se exige un mínimo de dos sistemas de alimentación independientes, uno de los cuales debe ser un grupo electrógeno situado en zona no inundable.
- Deben estar convenientemente iluminadas incluyendo **iluminación de emergencia** en las galerías e instalaciones.



NTS2 – Capítulo III. Construcción

- Para iniciar esta fase se precisa tener el **Proyecto aprobado** y haber nombrado al **Director de Construcción**.
- Se **corroborará y complementará la información de proyecto**, en especial la relativa al terreno y los materiales.
- Se constituirá el Archivo Técnico de la presa.
- Se redactará una **Memoria final de obra**.
- La fase de construcción finaliza con el reconocimiento por parte de la Administración competente.



NTS2 – Capítulo IV. Puesta en carga de presas y llenado de embalses

- Para acometer esta fase se precisa contar con un **Programa de puesta en carga aprobado** por la Administración competente, tener designado un **Director de la Puesta en carga**, e implantado el **Plan de Emergencia** en las presas de categoría A o B.
- **Lo normal será que se haya implantado durante la construcción.**
- Se puede acometer con la presa terminada o sin terminar, y puede ser total o parcial (por fases).
- En las presas de **laminación** y en las que no se pueda realizar una puesta en carga planificada se establecerá un **programa de controles y observaciones a realizar en episodios de avenida.**
- Se redactará una **Memoria del proceso de puesta en carga.**
- La fase de puesta en carga se cerrará una vez aprobada dicha Memoria por la Administración competente.



VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Muchas gracias por su atención

Alfredo Granados García
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

1 de julio de 2021