

ANEJO 7
CÁLCULO DE ESTABILIDAD Y
TENSIONAL

Índice

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. NORMATIVA PARA EL CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD.....	3
2.1. Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas (1967).....	3
2.2. Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses (1996).....	3
2.3. Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas - Tomo 1.	4
3. SOLICITACIONES	5
3.1. Peso propio	5
3.2. Empuje hidrostático.....	5
3.3. Presión intersticial	6
3.4. Efectos sísmicos	6
3.5. Resto de efectos	7
3.6. Combinación de solicitaciones.....	8
4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	8
5. ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO	9
5.1. Planteamiento general	9
5.2. Resultados	10
6. ESTABILIDAD AL VUELCO.....	11
6.1. Planteamiento general	11
6.2. Resultados	11
7. ESTADO TENSIONAL	12
7.1. Planteamiento general	12
7.2. Resultados	12
8. CONCLUSIONES.....	13
APÉNDICE 1. CÁLCULOS.....	15

1. Introducción

El objeto del presente trabajo es analizar la estabilidad y el comportamiento tensional de la presa de Isbert, teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos de la cimentación dados en el Anejo Nº 3 de Geología y Geotecnia.

2. Normativa para el cálculo de la estabilidad

A continuación se expone la normativa que ha de ser considerada para estimar la seguridad de la presa.

2.1. Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas (1967)

Esta Instrucción, vigente desde el año 1967 hasta la aparición del Reglamento, establece los siguientes coeficientes de seguridad a considerar en el proyecto de presas de fábrica.

Tabla 1: Coeficientes de seguridad para el cálculo de la estabilidad de presas de fábrica de la Instrucción (1967).

	ROZAMIENTO	COHESIÓN
Situación Normal	1.5	5
Situación Accidental	1.2	4

2.2. Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses (1996)

La normativa principal es el Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses (en adelante, Reglamento); en el cual se establecen los siguientes niveles (Artículo 12):

- NMN. Nivel máximo normal.
- NAP. Nivel de avenida de proyecto.
- NAE. Nivel de avenida extrema.

El Reglamento también establece que las solicitaciones a las que ha de hacer frente una presa son las siguientes (Artículo 16):

Normales

- Peso propio.
- Empuje hidrostático hasta NMN.
- Empuje de sedimentos.
- Efectos de temperatura.

Accidentales

- Empuje hidrostático (NAP).
- Aumento anormal de presiones intersticiales.
- Acciones sísmicas.
- Empuje del hielo, variaciones anormales de temperatura y acciones de duración limitada.

Extremas

- Empuje hidrostático (NAE).
- Situaciones de disminuciones anómalas y generalizadas de resistencia.

2.3. Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas - Tomo 1.

Forma parte de las guías técnicas de seguridad de presas, editadas por el Comité nacional español de grandes presas, como complemento al Reglamento. En adelante se referirá como Guía Técnica. En esta guía se desarrollan los aspectos relativos a la obtención de las solicitudes y se recomiendan una serie de coeficientes de seguridad mínimos tanto para el deslizamiento como para las tensiones, todos ellos en función de la clasificación de la presa en función del riesgo potencial. En el caso que nos ocupa, al tratarse de una presa de categoría A, los coeficientes que se recomiendan en la Guía Técnica son los siguientes:

Tabla 2: Coeficientes de seguridad para el cálculo de la estabilidad de presas de fábrica de la Guía Técnica de Seguridad de Presas Nº 2.

	ROZAMIENTO	COHESIÓN
Situación Normal	1.5	5.0
Situación Accidental	1.2	4.0
Situación Extrema	1.0	3.0

Tabla 3: Coeficientes de seguridad respecto de las tensiones de presas de fábrica de la Guía Técnica de Seguridad de Presas Nº 2.

	TENSIONES
Situación Normal	3.0
Situación Accidental	2.0
Situación Extrema	1.5

Adicionalmente, la Guía Técnica recomienda una serie de combinaciones de solicitudes de uso general en el cálculo de presas, las cuales se tratarán en el punto 3.6 del presente anejo de cálculo.

3. Solicitaciones

Como estructura, la presa ha de ser estable, para todas las solicitaciones previsibles que se consideren en el cálculo. Se trata fundamentalmente de que el sistema de esfuerzos al que se vea sometida esté en equilibrio, es decir debe dar una resultante nula. Es fácilmente demostrable que las fuerzas actuantes sobre una presa de gravedad están contenidas en un plano vertical y son normales a los paramentos de la presa, por lo que es posible considerar un cálculo bidimensional.

Reducido el análisis de la presa a un problema plano, las solicitaciones más importantes que se tendrán en cuenta en el análisis de la misma son las que se describen a continuación.

3.1. Peso propio

El peso propio es una solicitación directamente proporcional a la forma y dimensiones de la estructura, así como del peso específico de los materiales. A efectos de cálculo en el presente anejo, este último toma el valor de 2.4 T/m^3 , por lo que se deberá asegurar en el proceso constructivo que en todo momento el hormigón alcanzará este valor.

3.2. Empuje hidrostático

El empuje hidrostático en una presa actúa como una fuerza activa fundamentalmente desestabilizadora, aunque en el caso que nos ocupa y debido a la inclinación del paramento de aguas arriba también presentará una ligera componente estabilizadora.

Este esfuerzo se considera hasta el punto más bajo de la cimentación, ya que en todos los casos el agua penetra por el contacto presa – terreno, y si únicamente se analiza en el cálculo hasta el nivel del cauce en ese punto, se introduce un factor de inseguridad considerable.

El empuje hidrostático se comprobará para el Nivel Máximo Normal (NMN), el Nivel de Avenida de Proyecto (NAP) y Nivel de Avenida Extrema (NAE); definidos como:

- NMN: Nivel máximo de embalse que se alcanza en funcionamiento normal. Dado que en el caso que nos ocupa el funcionamiento normal de la presa es sin retener agua, se establecerá éste nivel a la cota del umbral del aliviadero A2, es decir, la cota 170,50 m.s.n.m.
- NAP: Nivel que alcanza el embalse durante el paso de la avenida de diseño, establecida en este estudio como la de 1.000 años de periodo de retorno, en el caso que nos ocupa la cota 173,66 m.s.n.m.
- NAE: Nivel que alcanza el embalse durante el paso de la avenida extrema, establecida en este estudio como la de 5.000 años de periodo de retorno, en el caso que nos ocupa la cota 175,68 m.s.n.m.

3.3. Presión intersticial

La presión de los fluidos que llenan los poros del hormigón y la cimentación actúa disminuyendo las presiones efectivas entre las partículas sólidas de los mismos y alterando por lo tanto, su estabilidad y resistencia. Este efecto puede estudiarse introduciendo en el estado tensional las fuerzas de masa, derivadas del gradiente de presión. Tal procedimiento, sin embargo, suele conducir a cálculos muy complejos, por lo cual, se recurre, en general, a comprobar la estabilidad de la presa o del terreno en el que se apoya, estudiando el posible deslizamiento según un cierto número de superficies elegidas por consideraciones teóricas, así como según todas aquellas que presenten circunstancias de debilidad particular, tales como la superficie de cimentación, las juntas de trabajo en las fábricas, fallas, diaclasas, estratos blandos o permeables en el terreno.

En el caso que nos ocupa, se estudiará únicamente sobre la superficie de contacto presa -cimiento, por ser la que mayor incidencia presenta en el cálculo de la estabilidad de la presa.

La Guía Técnica, recomienda en el caso de tracciones en el paramento de aguas arriba dos supuestos:

- Suponiendo drenes ineficaces.
- Suponiendo el funcionamiento de los drenes.

La infraestructura proyectada debido a su particular funcionamiento, es decir, únicamente retiene agua en situación de avenida, y debido a la naturaleza de las presiones intersticiales; nos dejará ampliamente del lado de la seguridad al seguir las recomendaciones de la Guía Técnica.

3.4. Efectos sísmicos

El sismo se considera como una acción de tipo aleatorio y que únicamente está presente significativamente en determinados emplazamientos considerados como de riesgo sísmico. La ubicación de la presa se encuentra en una zona de sismicidad media según la NCSE-02 por lo que según la Guía Técnica es suficiente con un cálculo pseudoestático.

Los movimientos sísmicos se traducen sobre la presa en dos tipos de efectos: los producidos por el terreno y los producidos por el agua.

En primer lugar tendremos la oscilación del terreno de apoyo de la presa, de manera que los esfuerzos se transmiten a la base y los estribos de la presa, incrementando en ellos el nivel de tensiones.

El efecto del sismo, implica una aceleración de la masa de la presa, considerando que se descompone en una componente horizontal y otra vertical, considerándose las siguientes aceleraciones de cálculo:

Terremoto de proyecto:

- a_h : 0,6867.
- a_v : 0,3434.

Terremoto Extremo:

- a_h : 0,8927.
- a_v : 0,4464.

Por otro lado, los desplazamientos de la presa, pueden dar lugar a una acción sobre el agua del embalse, que por el principio de acción y reacción, implica un incremento de empuje sobre el paramento de aguas arriba. Este empuje, se analiza mediante la fórmula de Westergaard:

$$E_w = \frac{2}{3} C \cdot h^2 \cdot \beta$$

Donde, el coeficiente C se obtiene mediante:

$$C = \frac{0.817}{\sqrt{1 - 0.72 \left(\frac{h}{304.8 \cdot T} \right)^2}}$$

Siendo:

- h: Altura de la presa.
- T: Periodo de oscilación considerado para el cuerpo de presa. Se admite un valor de 1 segundo.
- β : Coeficiente de aceleración en relación a la gravedad. Se toma un valor de 0,07.

Además de los citados efectos, pueden ocurrir otros efectos desencadenados por el movimiento sísmico como deslizamientos de ladera que iniciasen una onda en el embalse. En cualquier caso, analizar estos incidentes, cuya probabilidad de ocurrencia es reducida, solo será necesaria cuando existan sospechas de peligro, no existiendo las mismas en este caso.

3.5. Resto de efectos

Adicionalmente a las solicitaciones que se han considerado en los puntos anteriores, se han de estudiar otras de menor influencia como el empuje de sedimentos, el oleaje, las heladas y las variaciones térmicas del cuerpo de presa.

El empuje de sedimentos, dado que la función del embalse es la laminación de avenidas y no se va a permitir el depósito de materiales en el pie de aguas arriba de la presa, no va a ser considerado en el cálculo.

El empuje del hielo y el del oleaje en el embalse son cargas excluyentes y debido a la ubicación de la presa en una zona mediterránea, únicamente se considerara la acción del oleaje.

La altura de ola se ha obtenido mediante la fórmula de Stevenson:

$$A = 0.76 + 0.34 \cdot F^{0.50} - 0.26 \cdot F^{0.25}$$

Donde F es el Fetch en km, de valor 1.6 km.

La altura de ola a considerar, debe tener en cuenta el impacto contra el paramento (mayoración de 4/3 de A) y la escasa probabilidad de que la ola coincida temporalmente con un episodio de avenida (minoración de 0,70 de la anterior).

Los efectos térmicos que establece la guía técnica no se han considerado debido a la complejidad de su estimación y necesidad de la utilización de métodos de elementos finitos, si bien el propio proceso constructivo por tongadas, permite reducir el calor de hidratación del cemento, e incluso se puede plantear la colocación de iniciadores de juntas en el proceso de construcción que reduciría aún más dichos efectos.

3.6. Combinación de solicitaciones

Las combinaciones de solicitaciones que se comprueban en este estudio son las siguientes:

Situaciones normales

- N11: Peso propio
- N21: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.M.N. + supresión con drenaje eficaz + empuje de la ola de cálculo para el nivel de embalse del N.M.N.

Situaciones accidentales

- A11: Peso propio + efecto sísmico (terremoto de proyecto)
- A21: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.A.P. + supresión con drenaje eficaz + empuje de la ola de cálculo para el nivel de embalse.
- A22: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.M.N. + subpresión sin funcionar el drenaje + empuje de la ola de cálculo para el nivel de embalse del N.M.N.
- A23: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.M.N. + efecto sísmico con terremoto de proyecto + subpresión con drenaje eficaz + empuje de la ola sísmica.

Situaciones extremas

- E11: Peso propio + efecto sísmico (terremoto extremo).
- E21: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.A.E. + subpresión con drenaje eficaz.
- E22: Peso propio + empuje hidrostático con el embalse lleno al N.M.N. + subpresión con drenaje eficaz + efecto sísmico (terremoto extremo) + ola sísmica.

4. Características de los materiales

Las características del hormigón y el cemento empleadas para los cálculos de la estructura son los siguientes:

- Hormigón:
 - Resistencia característica a las acciones de compresión ($f_{c,k}$): 20 MPa.
 - Resistencia característica a las acciones de tracción ($f_{ct,k}$): $0.3 \cdot f_{c,k}^{2/3} = 2.21$ MPa.
 - Peso específico: 2.4 t/m³.
- Cemento:
 - Resistencia característica en margen izquierda: 2 MPa.
 - Resistencia característica en margen derecha: 5 MPa.
 - Ángulo de rozamiento interno: 40.00 °
 - Cohesión: 0.20 MPa.

5. Estabilidad al deslizamiento

5.1. Planteamiento general

Para el análisis se han seleccionado dos secciones características. Una será la sección central, donde la altura de la presa es máxima y que correspondiente con el aliviadero inferior, y la otra en estribos para una altura máxima.

El procedimiento utilizado es comúnmente utilizado para el análisis de la estabilidad en una presa de gravedad, consiste en la determinación de las dos componentes normal y tangencial de la resultante de las cargas actuantes sobre la presa, para su posterior comparación a través de la conocida expresión:

$$T \leq \frac{N \cdot \tan \varphi}{F_1} + \frac{C \cdot s}{F_2} + E_p$$

Donde:

- T: Proyección de la resultante de fuerzas exteriores sobre el plano de deslizamiento.
- N: Proyección de la resultante de fuerzas sobre la normal al plano de deslizamiento, considerando tanto las estabilizadoras como las desestabilizadoras.
- φ : Ángulo de rozamiento interno en el plano de deslizamiento entre el terreno y la cimentación.
- C: Cohesión en el plano de deslizamiento entre el contacto del hormigón del cuerpo de presa y la roca de cimentación. Es un parámetro difícil de medir, por lo que el coeficiente de seguridad asociado al mismo (F_2) presenta un valor elevado.
- s: Superficie de deslizamiento.
- E_p : Empuje pasivo. Se ha adoptado un valor nulo.
- F_1 : Coeficiente de seguridad con relación al ángulo de rozamiento interno.
- F_2 : Coeficiente de seguridad con relación a la cohesión.

Los coeficientes de seguridad a emplear (F_1 y F_2) dependen de la clasificación de la presa en función del riesgo potencial que entraña la rotura de la misma y del tipo de hipótesis de carga considerada (Normal, Accidental y Extraordinaria).

Tabla 4: Coeficientes de seguridad para el cálculo de la estabilidad al deslizamiento que establece la Guía Técnica de Seguridad de Presas 2.

SITUACIÓN	CLASIFICACIÓN DE LA PRESA					
	A		B		C	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
NORMAL	1,5	5,0	1,4	5,0	1,4	4,0
ACCIDENTAL	1,2	4,0	1,2	3,0	1,1	3,0
EXTREMA	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0

Debido a la ubicación y dimensiones de la presa, se estima que será de Categoría A, por tanto, los coeficientes adoptados en el cálculo han sido los sombreados.

5.2. Resultados

Se adjuntan en las siguientes tablas los márgenes de seguridad y coeficientes de seguridad frente al deslizamiento obtenidos para cada una de las hipótesis de cálculo consideradas.

Tabla 5: Factores de seguridad frente al deslizamiento obtenidos en la sección central (B-0).

Hipótesis	Margen de Seguridad	Coeficiente de seguridad	
		Rozamiento	Cohesión
N11	-	-	-
N21	1.14	1.71	5.68
A11	16.16	19.39	64.62
A21	1.29	1.55	5.18
A22	1.08	1.29	4.30
A23	1.15	1.38	4.61
E11	14.97	14.97	44.92
E21	1.47	1.47	4.40
E22	1.36	1.36	4.07

Tabla 6: Factores de seguridad frente al deslizamiento obtenidos en la sección por estribos (B-8).

Hipótesis	Margen de Seguridad	Coeficiente de seguridad	
		Rozamiento	Cohesión
N11	-	-	-
N21	1.72	2.58	8.61
A11	15.88	19.05	63.50
A21	1.91	2.29	7.64
A22	1.62	1.94	6.48
A23	1.66	2.00	6.66
E11	14.68	14.68	44.05
E21	2.13	2.13	6.38
E22	1.93	1.93	5.80

6. Estabilidad al vuelco

6.1. Planteamiento general

La comprobación de la estabilidad al vuelco de una presa de gravedad reside en el equilibrio de momentos respecto a cualquier punto.

Una presa de gravedad, puede volcar, si la resultante de las fuerzas recayera fuera de la superficie de contacto presa terreno. Además, es habitual exigirle la inexistencia de tracciones en el pie de aguas arriba (aspecto que se comprueba en el punto siguiente).

6.2. Resultados

Se adjuntan en las siguientes tablas los márgenes de seguridad frente al vuelco obtenidos para cada una de las hipótesis de cálculo consideradas.

Tabla 7: Factores de seguridad frente al vuelco obtenidos en la sección central (B-0).

Hipótesis	Margen de Seguridad
N11	-
N21	2.16
A11	15.94
A21	1.98
A22	1.44
A23	1.77
E11	12.26
E21	1.84
E22	1.71

Tabla 8: Factores de seguridad frente al vuelco obtenidos en la sección por estribos (B-8).

Hipótesis	Margen de Seguridad
N11	-
N21	2.57
A11	14.45
A21	2.35
A22	1.62
A23	2.04
E11	11.12
E21	2.17
E22	1.96

7. Estado tensional

7.1. Planteamiento general

El objetivo de este punto es la comprobación de que las tensiones en el contacto presa-cimiento resulten admisibles para todas las combinaciones de carga estudiadas. El cálculo tensional que se desarrolla, tendrá un carácter lineal, considerando las dos secciones de presa antes mencionada y calculando para una rebanada de 1 metro de anchura, las tensiones que se producen en sus extremos.

La fórmula que se utilizará para la obtención de las tensiones normales es la siguiente:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{I}x$$

Donde:

- σ : Tensión normal, de tracción o compresión en T/m².
- N: Valor de las fuerzas verticales en el punto a estudiar, en T.
- A: Área de la sección en la que se calculan las tensiones, en m².
- I: Momento de inercia de la sección considerada respecto al eje que pasa por el centro de gravedad de cada una de ellas, en m⁴.
- x: Distancia del centro de la sección al punto en que se desea obtener la tensión, en m.

7.2. Resultados

Se adjuntan en las siguientes tablas las tensiones normales en los pies de aguas arriba y aguas abajo, además se muestran los márgenes de seguridad mínimos respecto al cimiento y al hormigón para cada una de las hipótesis de cálculo consideradas.

Tabla 9: Tensiones normales en el contacto presa-cimiento obtenidos en la sección central (B-0).

Hipótesis	Tensiones Aguas Arriba [t/m ²]	Tensiones Aguas Abajo [t/m ²]
N11	131.05	9.84
N21	94.26	25.81
A11	117.27	20.33
A21	106.85	16.09
A22	91.49	-4.08
A23	115.65	1.13
E11	113.14	23.48
E21	117.60	5.35
E22	118.79	-3.01

Tabla 10: Tensiones normales en el contacto presa-cimiento en la sección por estribos (B-8).

Hipótesis	Tensiones Aguas Arriba [t/m ²]	Tensiones Aguas Abajo [t/m ²]
N11	118.95	53.72
N21	115.89	31.25
A11	102.80	65.84
A21	127.68	22.99
A22	102.71	4.41
A23	137.18	5.93
E11	97.95	69.47
E21	138.49	12.18
E22	140.82	1.09

8. Conclusiones

A la vista de los resultados de los cálculos de estabilidad al vuelco y al deslizamiento, se concluye que la presa es estable frente a los mismos.

En cuanto a los cálculos tensionales, se observa que no existen tracciones en el pie de aguas arriba y que las tensiones de compresión son aceptables, desde el punto de la presa y del terreno.

Por lo anterior, se concluye que la presa es estable y compatible con las características resistentes del terreno.

Apéndice 1. Cálculos

APÉNDICE 1.1. CÁLCULOS SECCIÓN CENTRAL

DATOS

HORMIGÓN		
Resistencia característica	20	Mpa
Densidad	2.4	t/m ³
Tensión máxima compresión	2040.8	t/m ²
Tensión máxima tracción	225.6	t/m ²
CIMENTO		
φ:	40	°
C:	20	t/m ²
Longitud:	43.3	m.
Tensión máxima Márgen Derecho:	510.2	t/m ²
Tensión máxima Márgen Izquierdo:	204.1	t/m ²
SECCIÓN Y EMBALSE		
Cota NMN:	170.50	m.
Cota NAP:	173.66	m.
Cota NAE:	175.68	m.
Cota Cimiento:	117.00	m.
Cota de coronación:	176.10	m.
Altura de presa:	59.10	m.
Fetch:	1.35	km.
SISMO		
Periodo de Terremoto:	1.00	seg.
Aceleración Básica:	0.07	g
Aceleración sísmica (K):	1.00	

ACCIONES			
PESO PROPIO			
ÁREA [m2]	X [m.]	Y [m.]	
1271.25	15.44	19.21	
EMPUJE HIDROSTÁTICO HORIZONTAL			
	R [T]	Y [m.]	
Empuje NMN:	1431.13	17.83	
Empuje NAP:	1605.18	18.89	
Empuje NAE:	1721.67	19.56	
Amplitud de Ola:	0.87	m.	
Altura Ola NMN:	1.17	m.	
Altura Ola NAP:	0.82	m.	
	R [T]	Y [m.]	
Empuje Ola NMN:	0.68	18.22	
Empuje Ola NAP:	0.33	19.16	
Empuje Ola NAE:	0.33	19.83	
EMPUJE HIDROSTÁTICO VERTICAL			
	R [T]	X [m.]	
Empuje NMN:	0.45	0.07	
Empuje NAP:	62.94	0.82	
SUBPRESIÓN			
	R [T]	X [m.]	
Drenaje eficaz:	451.51	12.53	
Drenaje ineficaz:	1158.60	14.44	
EFECTOS SÍSMICOS			
Coeficiente de Westergaard:	0.83	-	
Amplitud de Ola Sísmica:	3.65	m.	
Altura Ola Sísmica:	4.86	m.	
Aceleración sísmica de Proyecto:	0.687		
Aceleración sísmica Extrema:	0.893		
	R [T]	X/Y [m.]	
Empuje dinámico:	134.97	-	
Empuje Ola Sísmica:	11.82	19.45	
Fuerza horizontal de sismo de proyecto:	142.38	27.87	
Fuerza vertical de sismo de proyecto:	71.19	19.21	
Fuerza horizontal de sismo de proyecto:	185.09	27.87	
Fuerza vertical de sismo de proyecto:	92.55	19.21	

Mest [Tm]	Mdes [Tm]	N [T]	T [T]
85016.05	-	3050.99	-
-	25521.73	-	1431.13
-	30316.46	-	1605.18
-	33675.89	-	1721.67
-	12.40	-	0.68
-	6.39	-	0.33
-	6.61	-	0.33
19.53	-	0.45	-
2674.53	-	62.94	-
-	13899.61	451.51	-
-	33451.77	1158.60	-
-	3190.70	-	134.97
-	229.89	-	11.82
-	3967.42	-	142.38
-	1367.35	71.19	-
-	5157.64	-	185.09
-	1777.56	92.55	-

CÁLCULOS

Hipótesis	N11	N21	A11	A21	A22	A23	E11	E21	E22
M. estabilizadores:	85016.0	85035.6	85016.0	87690.6	85035.6	85035.6	85016.0	87690.6	85035.6
M. desestabilizadores:	0.0	39433.7	5334.8	44222.5	58985.9	48176.7	6935.2	47582.1	49777.1
M0:	85016.0	45601.8	79681.3	43468.1	26049.7	36858.9	78080.8	40108.5	35258.5
N:	3051.0	2599.9	2979.8	2662.4	1892.8	2528.7	2958.4	2662.4	2507.4
T:	0.0	1431.8	142.4	1605.5	1431.8	1720.3	185.1	1722.0	1763.0
e0:	27.9	17.5	26.7	16.3	13.8	14.6	26.4	15.1	14.1
ecg:	6.2	4.1	5.1	5.3	7.9	7.1	4.7	6.6	7.6
M:	18946.8	10699.6	15153.7	14186.5	14939.9	17901.0	14015.7	17546.2	19038.9
σ_{\max} :	131.05	94.26	117.27	106.85	91.49	115.65	113.14	117.60	118.79
σ_{\min} :	9.84	25.81	20.33	16.09	-4.08	1.13	23.48	5.35	-3.01
F1	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
F2	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0
F. S. Deslizamiento:	-	1.14	16.16	1.29	1.08	1.15	14.97	1.47	1.36
F. S. Vuelco:	-	2.16	15.94	1.98	1.44	1.77	12.26	1.84	1.71

APÉNDICE 1.2. CÁLCULOS SECCIÓN ESTRIBO

DATOS

HORMIGÓN		
Resistencia característica	20	Mpa
Densidad	2.4	t/m ³
Tensión máxima compresión	2040.8	t/m ²
Tensión máxima tracción	225.6	t/m ²
CIMENTO		
φ:	40	°
C:	20	t/m ²
Longitud:	35.3	m.
Tensión máxima Márgen Derecho:	510.2	t/m ²
Tensión máxima Márgen Izquierdo:	204.1	t/m ²
SECCIÓN Y EMBALSE		
Cota NMN:	170.50	m.
Cota NAP:	173.66	m.
Cota NAE:	175.68	m.
Cota Cimiento:	127.477	m.
Cota de coronación:	176.10	m.
Altura de presa:	48.62	m.
Fetch:	1.35	km.
SISMO		
Periodo de Terremoto:	1.00	seg.
Aceleración Básica:	0.07	g
Aceleración sísmica (K):	1.00	

ACCIONES**PESO PROPIO**

ÁREA [m2]	X [m.]	Y [m.]
1271.25	15.44	19.21

EMPUJE HIDROSTÁTICO HORIZONTAL

	R [T]	Y [m.]
Empuje NMN:	925.49	14.34
Empuje NAP:	1066.43	15.39
Empuje NAE:	1161.76	16.07

Amplitud de Ola:	0.87	m.
Altura Ola NMN:	1.17	m.
Altura Ola NAP:	0.82	m.

	R [T]	Y [m.]
Empuje Ola NMN:	0.68	14.73
Empuje Ola NAP:	0.33	15.67
Empuje Ola NAE:	0.33	16.34

EMPUJE HIDROSTÁTICO VERTICAL

	R [T]	X [m.]
Empuje NMN:	0.45	0.07
Empuje NAP:	62.94	0.82

SUBPRESIÓN

	R [T]	X [m.]
Drenaje eficaz:	451.51	12.53
Drenaje ineficaz:	1158.60	14.44

EFFECTOS SÍSMICOS

Coeficiente de Westergaard:	0.82	-
Amplitud de Ola Sísmica:	3.27	m.
Altura Ola Sísmica:	4.36	m.
Aceleración sísmica de Proyecto:	0.687	
Aceleración sísmica Extrema:	0.893	

	R [T]	X/Y [m.]
Empuje dinámico:	90.96	-
Empuje Ola Sísmica:	9.50	15.79
Fuerza horizontal de sismo de proyecto:	142.38	19.90
Fuerza vertical de sismo de proyecto:	71.19	19.21
Fuerza horizontal de sismo de proyecto:	185.09	19.90
Fuerza vertical de sismo de proyecto:	92.55	19.21

Mest [Tm]	Mdes [Tm]	N [T]	T [T]
60699.65	-	3050.99	-
-	13272.44	-	925.49
-	16417.05	-	1066.43
-	18666.85	-	1161.76
-	10.02	-	0.68
-	5.22	-	0.33
-	5.45	-	0.33
15.93	-	0.45	-
2172.90	-	62.94	-
-	10301.05	451.51	-
-	24217.77	1158.60	-
-	1769.07	-	90.96
-	150.09	-	9.50
-	2832.65	-	142.38
-	1367.35	71.19	-
-	3682.45	-	185.09
-	1777.56	92.55	-

CÁLCULOS									
Hipótesis	N11	N21	A11	A21	A22	A23	E11	E21	E22
M. estabilizadores:	60699.6	60715.6	60699.6	62872.5	60715.6	60715.6	60699.6	62872.5	60715.6
M. desestabilizadores:	0.0	23583.5	4200.0	26723.3	37500.2	29692.7	5460.0	28973.3	30952.7
M0:	60699.6	37132.1	56499.6	36149.2	23215.3	31022.9	55239.6	33899.2	29762.9
N:	3051.0	2599.9	2979.8	2662.4	1892.8	2528.7	2958.4	2662.4	2507.4
T:	0.0	926.2	142.4	1066.8	926.2	1168.3	185.1	1162.1	1211.0
e0:	19.9	14.3	19.0	13.6	12.3	12.3	18.7	12.7	11.9
ecg:	2.2	3.4	1.3	4.1	5.4	5.4	1.0	4.9	5.8
M:	6788.6	8808.7	3846.6	10895.7	10231.3	13659.9	2963.9	13145.7	14542.5
σ_{max} :	118.95	115.89	102.80	127.68	102.71	137.18	97.95	138.49	140.82
σ_{min} :	53.72	31.25	65.84	22.99	4.41	5.93	69.47	12.18	1.09
F1	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
F2	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0
F. S. Deslizamiento:	-	1.72	15.88	1.91	1.62	1.66	14.68	2.13	1.93
F. S. Vuelco:	-	2.57	14.45	2.35	1.62	2.04	11.12	2.17	1.96