

ANEJO 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

ÍNDICE

0. - Introducción.....	3
0.1. - Exigencias básicas	3
0.2. - Periodo de servicio	3
0.3. - Situaciones de dimensionado.....	3
0.4. - Estados límites	3
0.5. - Clasificación de las acciones.....	3
0.6. - Verificación de la capacidad portante.....	4
0.7. - Verificación de la aptitud al servicio	6
1. - Descripción y justificación de la solución adoptada	6
1.1. - Estructura	6
1.2. - Cimentación	6
1.3. - Método de cálculo.....	7
1.3.1. Hormigón armado	7
1.3.2. Acero laminado y conformado	7
1.3.3. Muros de fábrica de ladrillo y bloque de hormigón de árido, denso y ligero	7
1.3.4. Madera	8
1.3.5. Cimentación	8
1.3.6. Verificaciones	8
1.4. - Cálculos por Ordenador	10
2. - Características de los materiales a utilizar.....	11
2.1. - Hormigón armado	11
2.1.1. Hormigones	11
2.1.2. Acero en barras.....	11
2.1.3. Acero en Mallazos.....	11
2.1.4. Ejecución.....	12
2.2. - Aceros.....	12
2.2.1. Aceros laminados.....	13
2.2.2. Aceros conformados	13
2.2.3. Uniones entre elementos	13
2.3. - Muros de fábrica	13
2.3.1. Juntas de movimiento	13
2.3.2. Durabilidad	14
2.4. - Madera.....	18
2.4.1. Clases de duración de acciones	18
2.4.2. Clases de servicio	18
2.4.3. Factor de modificación k_{mod}	18

2.4.4. Coeficiente parcial de seguridad para el material γ_m	18
2.4.5. Valor de cálculo de las propiedades del material	18
2.4.6. Valor capacidad de carga de cálculo	18
2.4.7. Clases de riesgo biológico	19
2.4.8. Protección preventiva frente a agentes meteorológicos.....	19
2.4.9. Materiales seleccionados	19
2.4.10. Valores de las propiedades. madera aserrada	20
2.5. - Terreno de cimentación	20
2.5.1. Características del terreno	20
2.6. - Ensayos a realizar o control de calidad.....	21
2.7. - Asientos admisibles y límites de deformación.....	21
ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO	23
3. - Acciones Gravitatorias	23
3.1. - Cargas superficiales	23
3.2. - Cargas Lineales.....	23
4. - Acciones del viento	23
5. - Acciones térmicas y reológicas.....	24
6. - Acciones sísmicas.....	24
7. - Combinaciones de acciones consideradas.....	24
7.1. - Hormigón Armado.....	24
7.2. - Acero Laminado.....	26
7.3. - Acero conformado	27
7.4. - Madera.....	27
7.5. - Acciones características	27

0.- INTRODUCCIÓN

Este documento trata de dar cumplimiento a la exigencias básicas de seguridad estructural.

En rehabilitación de edificios este documento se aplica únicamente a los nuevos elementos estructurales o aquellos sobre los que se actúa directamente desde un punto de vista estructural.

0.1.- EXIGENCIAS BÁSICAS

SE-1 Resistencia y estabilidad. Serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de manera que se mantengan la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos en los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

SE-2 Aptitud al servicio: Será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

0.2.- PERIODO DE SERVICIO

Periodo de servicio: se establece un periodo de servicio de 50 años.

0.3.- SITUACIONES DE DIMENSIONADO

Situaciones de dimensionado se clasifican en:

- Persistentes: condiciones normales de uso.
- Transitorias: condiciones aplicables durante un tiempo limitado.
- Extraordinarias: condiciones extraordinarias.

0.4.- ESTADOS LÍMITES

Se tendrán en cuenta aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido. Estas situaciones se denominan estados límites y se clasifican en:

- Estados límites últimos: constituyen un riesgo para las personas.
- Estados límites de servicio: afectan al confort y al bienestar de los usuarios.

0.5.- CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su dirección en el tiempo en:

- Acciones permanentes (G): actúan en todo instante en el edificio con posición constante.
- Acciones variables (Q): pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o a las acciones climáticas.
- Acciones accidentales (A): aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia; sismo, incendio, impacto o explosión.

Para el cálculo de la estructura se tendrán en cuenta los siguientes valores:

- Valor de combinación.

- Valor de combinación de una acción variable: representa su intensidad en caso de que en un determinado periodo de referencia actúe simultáneamente con otra acción variable, estadísticamente independiente cuya intensidad sea extrema. Se representa como el valor característico multiplicado por el coeficiente Ψ_0
- Valor frecuente de una acción variable: que sea superado durante un 1% del tiempo de referencia. Se representa como el valor característico multiplicado por el coeficiente Ψ_1
- Valor casi permanente de una acción variable: que sea superado durante el 50% del tiempo de referencia. Se representa como el valor característico multiplicado por el coeficiente Ψ_2

0.6.- VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

- Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto si para todas las situaciones de dimensionado se cumple:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

$E_{d,dst}$: valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.

$E_{d,stab}$: valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

- Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante si para todas las situaciones de dimensionado se cumple:

$$E_d \leq R_d$$

E_d : valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d : valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

Combinaciones de acciones:

1.- El valor de cálculo del efecto de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria se determina mediante combinaciones de acciones; considerando de manera simultánea:

- todas las acciones permanentes en valor de cálculo.
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo, adoptándose una tras otra sucesivamente.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

2.- El valor de cálculo del efecto de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria se determina mediante combinaciones de acciones; considerando de manera simultánea:

- todas las acciones permanentes en valor de cálculo.
- Una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo, adoptándose una tras otra sucesivamente.
- Una acción variable en valor de cálculo frecuente, adoptándose una tras otra sucesivamente.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.- En el caso en el que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor permanente.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{j > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente γ_G		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable γ_Q	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente γ_G		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable γ_Q	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)	0,7	0,5	0,3
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,7	0,6
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)	⁽¹⁾		
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

0.7.- VERIFICACIÓN DE LA APTITUD AL SERVICIO

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinente, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Se realiza la comprobación de acuerdo con las combinaciones de acciones recogidas en el CTE-DB-SE 4.3.2.

Las limitaciones de flechas, desplazamientos horizontales y vibraciones, se enumeran en el CTE-DB-SE 4.3.3.

1.- DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La estructura planteada se diseña a partir de los requisitos funcionales y económicos más racionales para la obra que nos ocupa. Buscando un conjunto coherentes de soluciones estructurales para la mejor actuación sobre el edificio.

1.1.- ESTRUCTURA

La estructura proyectada se compone de los siguientes elementos:

Elementos sustentantes verticales:

- Muros de carga de mampostería de piedra de la zona conservados.
- Muros de carga de bloques ligeros de termoarcilla.
- Postes de hormigón integrarlos en los paños de termoarcilla con objeto de arriostrarlos.
- Postes de acero laminado.
- Postes de madera aserrada
- Pantallas de hormigón armado.

Elementos horizontales o forjados:

- Losas macizas de hormigón armado in situ..

Cubiertas:

- Cabios y puentes de madera aserrada.
- Entarimados de madera de pino machihembrado.

1.2.- CIMENTACIÓN

El sistema de cimentación se compone de los siguientes elementos:

- Zapatas aisladas centradas bajo postes de hormigón armado.
- Vigas de atados de hormigón armado.
- Zapatas corridas bajo muros de carga.
- Aprovechamiento de las actuales cimentaciones de los muros conservados.
- Losas de hormigón armados bajo pantallas.

1.3.- MÉTODO DE CÁLCULO

1.3.1. HORMIGÓN ARMADO

Para la obtención de las solicitaciones se ha considerado los principios de la Mecánica Racional y las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y Elasticidad.

El método de cálculo aplicado es de los Estados Límites, en el que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio, agotamiento o rotura, adherencia, anclaje y fatiga (si procede).

En los estados límites de servicio, se comprueba: deformaciones (flechas), y vibraciones (si procede).

Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad definidos en el art. 12º de la norma EHE-08 y las combinaciones de hipótesis básicas definidas en el art 4º del CTE DB-SE

Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural, se harán de acuerdo a un cálculo lineal de primer orden, es decir admitiendo proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones, el principio de superposición de acciones, y un comportamiento lineal y geométrico de los materiales y la estructura.

Para la obtención de las solicitaciones determinantes en el dimensionado de los elementos de los forjados (vigas, viguetas, losas, nervios) se obtendrán los diagramas envolventes para cada esfuerzo.

Para el dimensionado de los soportes se comprueban para todas las combinaciones definidas.

1.3.2. ACERO LAMINADO Y CONFORMADO

Se dimensiona los elementos metálicos de acuerdo a la norma CTE SE-A (Seguridad estructural: Acero), determinándose coeficientes de aprovechamiento y deformaciones, así como la estabilidad, de acuerdo a los principios de la Mecánica Racional y la Resistencia de Materiales.

Se realiza un cálculo lineal de primer orden, admitiéndose localmente plastificaciones de acuerdo a lo indicado en la norma.

La estructura se supone sometida a las acciones exteriores, ponderándose para la obtención de los coeficientes de aprovechamiento y comprobación de secciones, y sin mayorar para las comprobaciones de deformaciones, de acuerdo con los límites de agotamiento de tensiones y límites de flecha establecidos.

Para el cálculo de los elementos comprimidos se tiene en cuenta el pandeo por compresión, y para los flectados el pandeo lateral, de acuerdo a las indicaciones de la norma.

1.3.3. MUROS DE FÁBRICA DE LADRILLO Y BLOQUE DE HORMIGÓN DE ÁRIDO, DENSO Y LIGERO

Para el cálculo y comprobación de tensiones de las fábricas de ladrillo y en los bloques de hormigón se tendrá en cuenta lo indicado en la norma CTE SE-F.

El cálculo de solicitaciones se hará de acuerdo a los principios de la Mecánica Racional y la Resistencia de Materiales.

Se efectúan las comprobaciones de estabilidad del conjunto de las paredes portantes frente a acciones horizontales, así como el dimensionado de las cimentaciones de acuerdo con las cargas excéntricas que le solicitan.

1.3.4. MADERA

Se efectúan las comprobaciones de acuerdo al CTE SE-M (Seguridad estructural: Madera), para los estados límites últimos y los estados límites de servicio.

Ver punto sobre características de la madera en el capítulo 2.

1.3.5. CIMENTACIÓN

Para el dimensionado se tendrán en cuenta los estados límites últimos, y los estados límites de servicio:

- Estados límites últimos:
 - Pérdida de la capacidad portante del terreno por hundimiento, deslizamiento o vuelco.
 - Pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo.
 - Pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural.
 - Fallos originados por efectos que dependen del tiempo. (durabilidad del material, fatiga del terreno).
- Estados límites de servicio:
 - Movimientos excesivos de la cimentación que pueden incidir en esfuerzos y deformaciones anormales en el resto de la estructura.
 - Vibraciones que al transmitirse a la estructura pueden producir falta de confort.

1.3.5.1. ACCIONES A CONSIDERAR

Para situaciones persistentes y transitorias se considerará el valor de cálculo de los efectos de las acciones sobre la cimentación, asignando el valor unidad a todos los coeficientes parciales para las acciones permanentes y variables desfavorables y cero para las acciones variables favorables.

Para situaciones extraordinarias se considerará el valor de cálculo de los efectos de las acciones sobre la cimentación asignando el valor unidad a todos los coeficientes parciales para las acciones permanentes y variables desfavorables y cero para las acciones variables favorables.

Para cada situación de dimensionado se tendrá en cuenta los valores representativos de los tipos siguientes de acciones:

- acciones que actúan directamente sobre el terreno.
- Cargas y empujes debidos al peso propio del terreno.
- Acciones del agua contenida en el interior del terreno.

1.3.6. VERIFICACIONES

Las verificaciones de la estabilidad y la resistencia se realizara, teniendo en cuenta CTE-SE-C 2-4-2.

Valor de cálculo del efecto de las acciones:

$$E_d = \gamma_E E \left(\gamma_F F_{repr}; \frac{X_K}{\gamma_M}; a_d \right)$$

siendo

F_{repr} el valor representativo de las acciones que intervienen en la situación de dimensionado considerada;

X_K el valor característico de los materiales;

a_d el valor de cálculo de los datos geotérmicos;

γ_E el coeficiente parcial para el efecto de las acciones;

γ_F el coeficiente parcial para las acciones;

γ_M el coeficiente parcial para las propiedades de los materiales.

Valor del cálculo de la resistencia del terreno

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F \cdot F_{repr}; \frac{X_K}{\gamma_M}; a_d \right)$$

siendo

γ_R el coeficiente parcial de resistencia

Coeficientes de seguridad parciales

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 ⁽¹⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 ⁽³⁾	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	— ⁽⁴⁾	— ⁽⁴⁾	1,6 ⁽⁵⁾	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Estabilidad fondo excavación	1,0	2,5 ⁽⁶⁾	1,0	1,0
	Sifonamiento	1,0	2,0	1,0	1,0
	Rotación o traslación				
	Equilibrio límite	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0

	Modelo de Winkler	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0
	Elementos finitos	1,0	1,5	1,0	1,0
	Hundimiento	2,0 ⁽⁸⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,1 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,2	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,2	1,0	1,0
	Capacidad estructural	-(4)	-(4)	1,0	1,0
Extraordinaria	Pilotes				
	Arrancamiento	2,3	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	2,3	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Rotación o traslación				
	Equilibrio límite	1,0	1,0	0,8	1,0
	Modelo de Winkler	1,0	1,0	0,8	1,0
	Elementos finitos	1,0	1,2	1,0	1,0

(1) En pilotes se refiere a métodos basados en ensayos de campo o fórmulas analíticas (largo plazo), para métodos basados en fórmulas analíticas (medio plazo), métodos basados en pruebas de carga hasta rotura y métodos basados en pruebas dinámicas o hincas con control electrónico de la hincas y contraste con pruebas de carga, se podrá tomar 2,0.

(2) De aplicación en cimentaciones directas y muros.

(3) En cimentaciones directas, salvo justificación en contrario, no se considerará el empuje pasivo.

(4) Los correspondientes de los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE-08.

(5) Aplicable a elementos de hormigón estructural cuyo nivel de ejecución es intenso o normal, según la Instrucción EHE-08. En los casos en los que el nivel de control de ejecución sea reducido, el coeficiente γ_E debe tomarse, para situaciones persistentes o transitorias, igual a 1,8.

(6) El cociente γ_M será igual a 2,0 si no existen edificios o servicios sensibles a los movimientos en las proximidades de la pantalla.

(7) Afecta al empuje pasivo

(8) En pilotes, se refiere a métodos basados en ensayos de campo o fórmulas analíticas; para métodos basados en pruebas de carga hasta rotura y métodos basados en pruebas dinámicas de hincas con control electrónico de la hincas y contraste con prueba de carga, se podrá tomar 1,5

Los estados límites de servicio se verificarán de acuerdo con CTE-SE-C 2-4-3

1.4.- CÁLCULOS POR ORDENADOR

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales, se ha dispuesto los siguientes aplicaciones informáticas:

- Elementos de hormigón armado: **CYPECAD – 2010.j**
Postes de acero laminado: **CYPECAD – 2010.j y Cype Nuevo metal 3d versión 2010-j**
Elementos estructurales de madera y postes de acero laminado: **Cype Nuevo metal 3d versión 2010-j**
- Cimentaciones: **CYPECAD – 2010.j**

2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

Los materiales a utilizar así como las características definitorias de los mismos, niveles de control previstos, así como los coeficientes de seguridad, se indican en el siguiente cuadro:

2.1.- HORMIGÓN ARMADO

2.1.1. HORMIGONES

	Elementos de Hormigón Armado				
	Toda la obra	Cimentación	Soportes (Comprimidos)	Forjados (Flectados)	Otros
Resistencia Característica a los 28 días: f_{ck} (N/mm ²)	25	25	25	25	25
Tipo de cemento (RC-03)	CEM I/32.5 N				
Cantidad máxima/mínima de cemento (kp/m ³)	400/300				
Tamaño máximo del árido (mm)		40	30	15/20	25
Tipo de ambiente (agresividad)	I				
Consistencia del hormigón		Plástica	Blanda	Blanda	Blanda
Asiento Cono de Abrams (cm)		3 a 5	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Sistema de compactación	Vibrado				
Nivel de Control Previsto	Estadístico				
Coeficiente de Minoración	1.5				
Resistencia de cálculo del hormigón: f_{cd} (N/mm ²)	16.66	16.66	16.66	16.66	16.66

2.1.2. ACERO EN BARRAS

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
Designación	B-500-S				
Límite Elástico (N/mm ²)	500				
Nivel de Control Previsto	Normal				
Coeficiente de Minoración	1.15				
Resistencia de cálculo del acero (barras): f_{yd} (N/mm ²)	347.82				

2.1.3. ACERO EN MALLAZOS

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
Designación	B-500-T				
Límite Elástico (N/mm ²)	500				

2.1.4. EJECUCIÓN

	Toda la obra	Cimentación	Comprimidos	Flectados	Otros
A. Nivel de Control previsto	Normal				
B. Coeficiente de Mayoración de las acciones desfavorables Permanentes/Variables	1.5/1.6				

2.2.- ACEROS

Características comunes a todos los aceros:

- módulo de Elasticidad: E	210.000 N/mm ²
- módulo de Rigidez: G	81.000 N/mm ²
- coeficiente de Poisson: ν	0,3
- coeficiente de dilatación térmica: α	$1,2 \cdot 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1}$
- densidad: ρ	7.850 kg/m ³

2.2.1. ACEROS LAMINADOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S275				
	Límite Elástico (N/mm ²)	275				
Acero en Chapas	Clase y Designación	S275				
	Límite Elástico (N/mm ²)	275				

2.2.2. ACEROS CONFORMADOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S235				
	Límite Elástico (N/mm ²)	235				
Acero en Placas y Paneles	Clase y Designación	S235				
	Límite Elástico (N/mm ²)	235				

2.2.3. UNIONES ENTRE ELEMENTOS

		Toda la obra	Comprimidos	Flectados	Traccionados	Placas anclaje
Sistema y Designación	Soldaduras					
	Tornillos Ordinarios	A-4t				
	Tornillos Calibrados	A-4t				
	Tornillo de Alta Resist.	A-10t				
	Roblones					
	Pernos o Tornillos de Anclaje	B-400-S				

2.3.- MUROS DE FÁBRICA

Se levantan muros con piezas cerámicas aligeradas de termoarcilla.

2.3.1. JUNTAS DE MOVIMIENTO

Se ejecutarán de acuerdo con la CTE SE-F 2.2.

Tabla 2.1 Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas

Tipo de fábrica	Distancia máxima entre las juntas (m)
de piedra natural	30
de piezas de hormigón celular en autoclave	22
de piezas de hormigón ordinario	20

de piedra artificial	20
de piezas de árido ligero (excepto piedra pómez o arcilla expandida)	20
de piezas de hormigón ligero de piedra pómez o arcilla expandida	15

de ladrillo cerámico ⁽¹⁾	Retracción final del mortero (mm/m)	Expansión final por humedad de la pieza cerámica (mm/m)	
	≤ 0,15	≤ 0,15	30
	≤ 0,20	≤ 0,30	20
	≤ 0,20	≤ 0,50	15
	≤ 0,20	≤ 0,75	12
	≤ 0,20	≤ 1,00	8

(1) Puede interpolarse linealmente

2.3.2. DURABILIDAD

Capacidad para soportar durante el periodo de servicio, las condiciones físicas y químicas a las que estará expuesto.

2.3.2.1. CLASE DE EXPOSICIÓN

Define la agresividad del medio en el que debe mantenerse el elemento.

Clase I ☐

Clase II a ☐

Clase II b ☒

Clase III a ☐

Clase III b ☐

Clase III c ☐

Clase IV ☐

Tabla 3.1 Clases generales de exposición

Clase y designación			Tipo de proceso	Descripción	Ejemplos
Interior	No agresiva	I	Ninguno	Interiores de edificios no sometidos a condensaciones	Interiores de edificios, protegidos de la intemperie
	Humedad media	II a	Carbonatación del conglomerante. Expansión de núcleos de cal	Exteriores sometidos a la acción del agua en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	Exteriores protegidos de la lluvia
Exterior	Humedad alta	II b	Carbonatación rápida del conglomerante. Expansión de los núcleos de cal.	Interiores con humedades relativas >65% o condensaciones, o con precipitación media anual superior a 600 mm.	Exteriores no protegidos de la lluvia. Sótanos no ventilados. Cimentaciones.
Medio marino	Marino aéreo	III a	Corrosión de las armaduras por cloruros. Expansión de núcleos de cal.	Proximidad al mar por encima del nivel de pleamar. Zonas costeras	Proximidad a la costa. Pantalanes, obras de defensa litoral e instalaciones portuarias.
	Marino sumergido	III b	Corrosión de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento. Expansión de los núcleos de cal.	Por debajo del nivel mínimo de bajamar permanentemente. Terrenos ricos en sulfatos	Recorrido de marea en diques, pantalanes y obras de defensa litoral.
	Marino alternado	III c	Corrosión rápida de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento.	Zonas marinas situadas en el recorrido de carrera de mareas.	Idem III b.

Otros cloruros (no marinos)	IV	Idem que III c. Sufalatación y carbonatación.	Agua con un contenido elevado de cloro. Exposición a sales procedentes del deshielo	Piscinas. Zonas de nieve (alta montaña). Estaciones de tratamiento de aguas
---------------------------------------	-----------	--	---	---

Tabla 3.2 Clases específicas de exposición

Clase y designación		Agua					Suelo		
Química agresiva		pH	CO2 agresivo mg CO2/l	ión amonio mg NH4/l	ión magnesio mg Mg/l	ión sulfato mg SO4/l	Residuo seco	Gr.acidez Bauman- Gully	ión sulfato mg SO4/kg suelo seco
Débil	Qa	6,5 – 5,5	15 – 40	15 – 30	300 -1000	200 - 600	75 250	> 20	2000 -3000
Media	Qb	5,5 – 4,5	40 – 100	30 - 60	1000 -3000	600 - 3000	50 75	Inusual	3000 -12000
Fuerte	Qc	< 4,5	> 100	> 60	> 3000	> 3000	< 50	Inusual	> 12000
Con heladas		Tipo de proceso					Ejemplos		
sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo. (1)					Construcciones en zonas de alta montaña. Estaciones invernales		
con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes (2)					Tableros de pasarelas o barandillas de puentes en zonas de alta montaña		
Erosión	E	Procesos de abrasión o cavitación (3)					Pilas de puente en cauces muy torrenciales.		

(1) Elementos en contacto frecuente con agua o zonas con humedad relativa en invierno superior al 75% y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de 5°C

(2) Elementos próximos al tráfico de vehículos o peatones en zonas de más de 5 nevadas anuales o con un valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C

(3) Elementos sometidos a desgaste superficial o singulares de construcciones hidráulicas. Elementos de diques, pantalanos y obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes

2.3.2.2. ADECUACIÓN DE LOS MATERIALES**Tabla 3.3 Restricciones de uso de los componentes de las fábricas (1)**

Elementos	Clases de exposición													Tempe- ratura	
	generales							específicas							
	I	IIa	II b	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E	B	A
Piezas															
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría I	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	R	R	-	-
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría II.	-	D	-	D	D	R	R	D	R	R	R	D	X	-	-
Ladrillo macizo artesanal. Categorías I o II	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Bloque de hormigón espumado.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	X	-	D
Bloque de hormigón con cemento CEM III y CEM IV.	-	-	-	-	-	-	R	R	X	X	R	R	X	-	R
Morteros															
cemento Portland CEM I con plastificante.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	R	-	D
cemento adición CEM II con plastificante.	-	-	R	R	R	X	X	R	X	X	D	X	X	-	D
horno alto y/o puzolánico CEM III con plastificante.	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	D	R	X	-	D
mixto de CEM II y cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	-	D
de cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Elementos de enlace															
Acero inox austenítico	-	-	-	-	-	-	X	-	R	X	-	-	-	-	-
Acero inox ferrítico	-	D	R	R	X	X	X	X	X	X	R	R	R	-	R
Acero autoprotegido cincado de 140µm (1000gr/m2)	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero autoprotegido cincado de 90µm (600gr/m2)	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero autoprotegido grueso cincado 20µm (140gr/m2).	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero cincado <20µm protegido con resina	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X

-: sin restricciones R: con algunas reservas D: puede emplearse si se protege X: no debe usarse

B: Temperaturas superiores a 100 °C. A: Temperaturas de incendio, superiores a 900 °C.

El zinc se vuelve quebradizo hacia los 250 °C y funde a los 419 °C. Las resinas son inestables hacia los 80°C.

2.3.2.3. ARMADURAS

Clase de exposición	Tipo de armadura	Protección	Recubrimiento HORIZ. / VERT	
Clase I	acero al carbono	sin	≥15mm / ≥2mm	☐
IIa y IIb	acero al carbono	Enfoscado caras expuestas <M5	≥30mm / ≥2mm	☐

	acero al carbono	galvanizado	≥15mm / ≥2mm	☒
III, IV, H, F, Q	acero inoxidable austenítico		≥15mm / ≥2mm	☐

2.3.2.4. MATERIALES**2.3.2.4.1. PIEZAS**Maciza..... ☐Perforada ☐Aligerada..... ☒Hueca..... ☐Resistencia de las piezas: 12, 5 N/mm²**MORTERO**M 5 ☐M 7,50 ☒M 10 ☐M 15 ☐M 20 ☐

Se adiciona a la mezcla ¼ de cal en relación al cemento. (1 : ¼ : 4).

2.3.2.4.2. ARMADURASAcero carbono..... ☐Acero galvanizado ☒Acero inoxidable ☐**2.3.2.4.3. FÁBRICAS****2.3.2.4.4.1. CATEGORÍA DE EJECUCIÓN**A ☐B ☐C ☒**2.3.2.4.4.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

Tabla 4.4 Resistencia característica a la compresión de fábricas usuales f_k (N/mm ²)									
Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²)	5		10		15		20		25
Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²)	5	7,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	3	3	5	5	7	7	9	10	11
Ladrillo macizo	3	3	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	2	3	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8

Bloques huecos	2	2	2	3	4	4	5	6	6
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2.3.2.4.4.3. RESISTENCIA A CORTANTE**Tabla 4.5 Resistencia característica a cortante para fábricas de mortero ordinario**

Tipo de piezas	Mortero (2)	fvko (N/mm2)			Límite de fvk (N/mm2) (1)		
		M1	M2,5	M10	M1	M2,5	M10
macizas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,2	1,5	1,7
	Piedra natura	0,1	0,15	-	1,0	1,0	-
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,2	1,5	1,7
perforadas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,4*	1,2*	1,0*
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
aligeradas		0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
huecas		0,1	0,2	0,3	**	**	**

* La menor de las resistencias longitudinales a compresión.

** Sin más limitaciones que las dadas por la ecuación 4.1

(1) Para llagas a hueso, o con tendel hueco, el valor es el 70% del consignado.

(2) Para valores intermedios no se interpolará, sino que se empleará la columna correspondiente al valor inferior.

2.3.2.4.4.4. RESISTENCIA A FLEXIÓN**Tabla 4.6 Resistencia a flexión de la fábrica (N/mm2)**

Tipo de pieza	Morteros ordinario				Morteros de junta delgada		Morteros ligeros	
	fm<5 N/mm2		fm ≥ 5N/mm2					
	fxk1	fxk2	fxk1	fxk2	fxk1	fxk2	fxk1	fxk2
Cerámica	0,10	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	0,10	0,10
Sílico-calcáreos	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón ordinario	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón celular de autoclave	0,05	0,40	0,10	0,40	0,15	0,20	0,10	0,15
Piedra artificial	0,05	0,40	0,10	0,40	-	-	-	-
Piedra natural	0,05	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	-	-

2.3.2.4.4.5. RESISTENCIA DE CÁLCULOSe minorarán las características por el coeficiente de seguridad γ_M según tabla 4.8**Tabla 4.8 Coeficientes parciales de seguridad (γ_M)**

Situaciones persistentes y transitorias (1)			Categoría de la ejecución		
			A	B	C
Resistencia de la fábrica	Categoría del control de fabricación (2)	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Resistencia de llaves y amarres		2,5	2,5	2,5	
Anclaje del acero de armar.		1,7	2,2		
Acero (armadura activa y armadura pasiva)		1,15	1,15		

(1) Para las comprobaciones en situación extraordinaria, los coeficientes de llaves y amarres son los mismos; de las fábricas los coeficientes son 1,2 1,5 y 1,8 respectivamente para las categorías A B y C.

(2) Categorías según 8.1.1

2.4.- MADERA

2.4.1. CLASES DE DURACIÓN DE ACCIONES

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

2.4.2. CLASES DE SERVICIO

Clase 1: Ambiente interior seco ($T = 20^{\circ}\text{C}$ y $H \leq 65\%$) ☒

Clase 2: Ambiente interior húmedo ($T = 20^{\circ}\text{C}$ y $65\% \leq H \leq 85\%$) ☒

Clase 3: Ambiente exterior húmedo ($H \geq 85\%$) ☐

2.4.3. FACTOR DE MODIFICACIÓN K_{MOD}

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod} .

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

2.4.4. COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD PARA EL MATERIAL γ_M

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

2.4.5. VALOR DE CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL

$$X_d = K_{mod} \cdot (X_k / \gamma_M)$$

X_k valor característico de la propiedad del material.

2.4.6. VALOR CAPACIDAD DE CARGA DE CÁLCULO

$$R_d = K_{mod} \cdot (R_k / \gamma_M)$$

R_k valor característico de la capacidad de carga.

2.4.7. CLASES DE RIESGO BIOLÓGICO

Riesgos

Tipo de protección exigida

Riesgo 1: protegido de la intemperie, humedad $\leq 20\%$	☒	Ninguna	☒
Riesgo 2: protegido de la intemperie, humedad $>20\%$	☒	Superficial	☒
Riesgo 3: a la intemperie, sin contacto con el suelo, humedad $>20\%$	☐	Media	☐
Riesgo 4: en contacto con suelo y agua dulce, humedad $>20\%$	☐	Profunda	☐
Riesgo 5: en contacto permanentemente con agua salada	☐	Profunda	☐

Características de la protección seleccionada

Tipo de protección	Penetración Media	Penetración Mínima	Volumen Impregnable	Clase de Penetración
Ninguna ☐	-	-	-	-
Superficial ☐	3	≥ 1	-	P_2
Media ☐	>3	-	$< 75\%$	P_3 a P_7
Profunda ☒	-	-	$\geq 75\%$	P_8 - P_9

En obras de Rehabilitación con ataque biológico detectado

No se conservan ningún elemento de madera.

2.4.8. PROTECCIÓN PREVENTIVA FRENTE A AGENTES METEOROLÓGICOS

1.- El mejor protector frente a los agentes meteorológicos es el diseño constructivo, y especialmente las medidas que evitan o minimizan la retención de agua.

2.- Si la clase de riesgo es igual o superior a 3 los elementos estructurales deben estar protegidos frente a los agentes meteorológicos.

3.- En el exterior deben usarse productos de poro abierto, como los lasures, ya que no forman película y por tanto permiten el flujo de humedad entre el ambiente y la madera.

2.4.9. MATERIALES SELECCIONADOS

2.4.9.1. MADERA ASERRADA CONVENCIONAL ☒ (4.1)

Especie procedencia Pino silvestre

Clase resistente C18

Calidad ME-2

2.4.9.2. MADERA ASERRADA DUO-TRIO (POSTES DE DOBLE ALTURA) ☒ (4.2)

Especie procedencia Pino silvestre

Clase resistente C24

Calidad ME-2

2.4.9.3. TABLERO ☒ (4.4)

Tarima machihembrada de 22 mm. de pino silvestre.

2.4.10. VALORES DE LAS PROPIEDADES. MADERA ASERRADA**Tabla E.1 Madera aserrada. Especies de coníferas y chopo. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente**

Propiedades		Clase resistente											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistencia (característica) en N/mm2													
- Flexión fm,k		14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
- Tracción paralela ft,0,k		8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
- Tracción perpendicular. ft,90,k		0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
- Compresión paralela fc,0,k		16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
-Compresión perpendicular fc,90,k		2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
- Cortante fv,k		1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8
Rigidez, en kN/mm²													
-Módulo de elasticidad paralelo medio	E0,medio	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16
-Módulo de elasticidad paralelo 50-percentil	E0,k	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
-Módulo de elasticidad perpendicular medio	E90,medio	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
- Módulo transversal medio	Gmedio	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad, en kg/m3													
- Densidad característica	pk	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
- Densidad media	pmedio	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

2.5.- TERRENO DE CIMENTACIÓN**2.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

Calidad del terreno o clasificación del mismo: arcillas margosas grises y ocre, con alteración de grado VI-IV, nivel geotécnico la.

Parámetros geotécnicos que afectan a la cimentación

peso específico.....**1500-2200 Kg/m³**

cohesión**2,34 Kg/cm²**

presión de hundimiento

presión admisible.....**0,3 N/mm²**

módulo de Balasto..... ..

ángulo de rozamiento interno **16-28**

Profundidad y condiciones del agua freática..... ..

RECONOCIMIENTOS EFECTUADOS EN EL TERRENO

Se acompaña estudio geotécnico: SI ☒

Ver anejo 6. Informe geotécnico suscrito por **GEEA geólogos**..... ..

Coefficiente de trabajo **Se ha considerado un coeficiente de trabajo de 0,30 N/mm²**

Asiento máximo admisible **50 mm**

2.6.- ENSAYOS A REALIZAR O CONTROL DE CALIDAD

Hormigón Armado. De acuerdo a los niveles de control previstos, se realizarán los ensayos pertinentes de los materiales, acero y hormigón según se indica en la norma Cap. XV, art. 82 y siguientes.

Aceros estructurales. Se harán los ensayos pertinentes de acuerdo a lo indicado en el capítulo 12 del CTE SE-A.

Madera. Se realizarán los controles e identificaciones exigidos en el cap. 13 CTE SE-M

Identificación del suministro; el suministrador facilitará la información requerida en el CTE SE-M. Se citan, de forma informativa y no exhaustiva, algunos de los datos requeridos; datos de la empresa suministradora, especie botánica y clase resistente, dimensiones nominales, contenido de humedad, tipo tablero según norma UNE con sus valores y dimensiones, relación y características de otros elementos estructurales con su capacidad resistente y condiciones de apoyo y dimensiones nominales. Se aportará certificado del tratamiento con los siguientes datos; aplicador, especie tratada, protector empleado y su número de registro, método de aplicación, categoría de riesgo que cumple, fecha de tratamiento, precauciones previas y posteriores al mecanizado... En cuanto a los elementos mecánicos de fijación se aportará documentación sobre el tipo, resistencia característica a tracción, tipo de protección, dimensiones nominales, valores frente al aplastamiento...

A su llegada a obra el director de la ejecución material de la obra comprobará las cuestiones especificadas en el citado documento.

2.7.- ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITES DE DEFORMACIÓN

Asientos admisibles de la cimentación. De acuerdo a la norma CTE SE-C, artículo 2.4.3, y en función del tipo de terreno, tipo y características del edificio, se considera aceptable un asiento máximo admisible de **5 cm**.

Límites de deformación de la estructura. Según lo expuesto en el artículo 4.3.3 de la norma CTE SE, se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos. Se ha verificado tanto el desplome local como el total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de la citada norma.

Según el CTE. Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de flecha pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

En los elementos se establecen los siguientes límites:

Flechas relativas para los siguientes elementos				
Tipo de flecha	Combinación	Tabiques frágiles	Tabiques ordinarios	Resto de casos
1.-Integridad de los elementos constructivos (ACTIVA)	Característica G+Q	1/500	1/400	1/300
2.-Confort de usuarios (INSTANTÁNEA)	Característica de sobrecarga Q	1/350	1/350	1/350

3.-Apariencia de la obra (TOTAL)	Casi-permanente $G+\psi_2Q$	1/300	1/300	1/300
---	--	-------	-------	-------

Desplazamientos horizontales	
Local	Total
Desplome relativo a la altura entre plantas: $\delta / h < 1/250$	Desplome relativo a la altura total del edificio: $\delta / H < 1/500$

ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO

3.- ACCIONES GRAVITATORIAS

3.1.- CARGAS SUPERFICIALES

PLANTAS SOBRE RASANTE

Peso propio forjado (Losas macizas de hormigón armado) 12-16 cm.....	4,00 kN/m ²
Peso propio pavimentos y revestimientos	1,20 kN/m ²
Sobrecarga tabiquería	1,20 kN/m ²
Sobrecarga uso	5,00 kN/m ²
Total.....	11,40 kN/m²

CUBIERTAS

Peso propio estructura portante	0,40 kN/m ²
Peso propio elementos cobertura.....	0,60 kN/m ²
Sobrecarga uso (Se toma la mayor entre la de uso y nieve,)	0,00 kN/m ²
Sobrecarga nieve (Zona 2, altitud 500 m. Anejo E)	0,70 kN/m ²
Total.....	1,70 kN/m²

ESCALERAS

Peso propio estructura	4,5 kN/m ²
Peso propio pavimentos y revestimientos	3,50 kN/m ²
Sobrecarga de uso	6,00 kN/m ²
Total.....	14,00 kN/m²

3.2.- CARGAS LINEALES

Sobrecarga lineal horizontal en antepechos y barandas	0,80 kN/ml
---	------------

4.- ACCIONES DEL VIENTO

Presión dinámica del viento q_b **0,5 kN/ m²**

Coefficiente de exposición c_e **2** (Edificio urbano ≤ 8 plantas) ☐

Grado de aspereza

I ☐

II ☐

III..... ☒

IV ☐

V ☐

Altura 6 m

C_e (valor según tabla 3.4) **2** ☒

Coefficiente eólico de presión

Esbeltez (máxima altura sobre rasante / fondo en la dirección del viento (H/F) la más desfavorable) tabla 3.5) **1**

Presión c_p (valor según tabla 3.5) **0,8**

Succión c_s (valor según tabla 3.5) **-0,5**

Presión estática q_{ep} ($q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$)..... (valor según fórmula) **0,80 kN/ m²**

$Q_{es} (Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_s)$ (valor según fórmula) **-0,5 KN/ m²**

5.- ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS

De acuerdo a la CTE DB SE-AE no se tiene en cuenta las acciones térmicas porque los elementos estructurales del edificio son menores de 40 m.

De acuerdo a la CTE DB SE-AE, se han tenido en cuenta en el diseño de las juntas de dilatación, en función de las dimensiones totales del edificio.

6.- ACCIONES SÍSMICAS

De acuerdo con la norma de construcción sismorresistente NCSE-02:

Clasificación de la construcción (art. 1.2.2.) **importancia moderada o normal.**

Aceleración sísmica básica (art. 2.1 y anejo 1) **0,04 g**

Criterios de aplicación de la norma. No es de aplicación:

- En construcciones de moderada importancia ☐
- En edificaciones de importancia normal o especial si $a_b < 0,04$ g ☐
- En construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones si $a_b < 0,08$ g ☐
- En casos de reforma o rehabilitación cuando los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original ☒

7.- COMBINACIONES DE ACCIONES CONSIDERADAS

7.1.- HORMIGÓN ARMADO

Hipótesis y combinaciones. De acuerdo con las acciones determinadas en función de su origen, y teniendo en cuenta tanto si el efecto de las mismas es favorable o desfavorable, así como los coeficientes de ponderación se realizará el cálculo de las combinaciones posibles del modo siguiente:

▪ E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08-CTE

▪ Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

▪ Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.50	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.60	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.60	1.00	0.60

Nieve (Q)	0.00	1.60	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

▪ **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08-CTE**

▪ **Situaciones no sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

▪ **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.60	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.60	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.60	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.60	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica

	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

7.2.- ACERO LAMINADO

▪ E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB-SE A

▪ Situaciones no sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

▪ Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.80	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00

Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

7.3.- ACERO CONFORMADO

Se aplica las mismos coeficientes y combinaciones que en el acero laminado.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB-SE A

7.4.- MADERA

Se aplica las mismos coeficientes y combinaciones que en el acero laminado y conformado.

E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB-SE M

7.5.- ACCIONES CARACTERISTICAS

- **Tensiones sobre el terreno** (para comprobar tensiones en zapatas, vigas y losas de cimentación)
- **Desplazamientos** (para comprobar desplomes)
- **Situaciones no sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Situación 1: Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	1.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)		

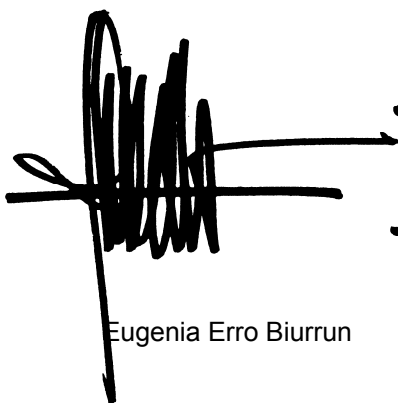
Situación 2: Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)	-1.00	1.00

Pamplona, marzo de 2010.

Los arquitectos



Rafael Aristu Alcelay



Eugenia Erro Biurrun



José Miguel Rodríguez Ezpeleta