

## **3 CUMPLIMIENTO DEL CTE**

- 3.1 Seguridad Estructural**
- 3.2 Seguridad en caso de Incendio**
- 3.3 Seguridad de Utilización**
- 3.4 Salubridad**
- 3.5 Protección contra el Ruido**
- 3.6 Ahorro de Energía**

## 3.1.- Seguridad Estructural

Se atiene lo dispuesto en el **Art.10** del **CTE** para el cumplimiento del Proyecto del REQUISITO BÁSICO del **Art. 3b.1** de la **LOE**.

Se aplica el Documento Básico **DB SE Seguridad Estructural** y sus parámetros y procesos que aseguran las soluciones satisfactorias a sus EXIGENCIAS BÁSICAS.

La estructura es de acero galvanizado en tubo estructural y cimentaciones de hormigón armado.

### SUMARIO

3.1.0.-CONSIDERACIONES PREVIAS A LA APLICACIÓN DE DB-SE

3.1.1.-NORMAS APLICABLES CONJUNTAMENTE CON DB-SE

3.1.2.- MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN ARMADO. FICHA DE CUMPLIMIENTO DE EHE. CIMIENTOS.

3.1.3.- DESCRIPCION Y METODOS DE CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.

3.1.4.- PROCESO DE CÁLCULO

3.1.5.- DESCRIPCION y DATOS de CÁLCULO de los FORJADOS

### 3.1.0.- CONSIDERACIONES PREVIAS

El **DB-SE** establece los principios y requisitos relativos a la RESISTENCIA MECÁNICA, la ESTABILIDAD de los edificios, la APTITUD DE SERVICIO y la DURABILIDAD.

Describe las bases y principio para el CÁLCULO; la ejecución, utilización, inspección y mantenimiento de los inmuebles en la medida en la que afectan a la redacción del Proyecto. (Art.1.1.1)

#### 3.1.0.1.- DEFINICIONES GENERALES:

**Capacidad Portante:** Es la aptitud de un edificio para asegurar la estabilidad del conjunto y la resistencia necesaria durante un tiempo determinado.

**Período de Servicio:** Es el tiempo para el cual es posible establecer la Capacidad Portante, Estabilidad y Resistencia del edificio.

**Aptitud de Servicio:** La aptitud de asegurar el funcionamiento, el confort de los usuarios y de mantener el buen aspecto visual. (Art. 1.1.3)

#### 3.1.0.2.- PERÍODO DE SERVICIO

Se establece en **50 años** (CINCUENTA AÑOS) conforme al Art. 1.1.4 de **DB-SE**.

### 3.1.1.- NORMAS APLICABLES CONJUNTAMENTE CON DB-SE

El precepto 1.2. del Documento establece dos tipos de normativa que han de aplicarse en la definición y cálculo de elementos estructurales de los edificios: la derivada del propio **CTE** (1.2.1) y la preexistente que no resulta derogada ni sustituida (1.2.2).

El **DB-SE** es la base de los Documentos Básicos siguientes que se utilizarán conjuntamente con las reservas indicadas:

**DB-SE-AE** Acciones en la Edificación

**DB-SE-C** Cimientos

**DB-SE-A** Acero

**DB-SE-F** Fábrica

**DB-SE-M** Madera

**DB-SI** Seguridad en caso de Incendio

El **DB-SE** no deroga ni sustituye las normas siguientes que también se utilizarán conjuntamente:

**NCSE** Norma Sismorresistente: Parte General y Edificación.

**EHE** Instrucción de Hormigón Estructural

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

### 3.1.2.- MEMORIA DEL CALCULO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN ARMADO. FICHA DE CUMPLIMIENTO DE E.H.E. CIMIENTOS.

#### 3.1.2.1.- CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS MATERIALES

##### A) ACEROS

##### A.1.- Acero de Alta Adherencia para armaduras:

- Límite Elástico (Le) 4.200 K/cm<sup>2</sup> y 5.100 K/cm<sup>2</sup>. Tipos B-400S y B-500S
- Garantizado con sello de calidad CIETSID o marca AENOR
- Recubrimiento mínimo 30 mm,
- Uniones y solapes conforme a EHE

##### A.2.- Mallas Electrosoldadas

- Límite Elástico (Le) 5.100 K/cm<sup>2</sup>. Tipo B-500T
- Garantizado con sello de calidad CIETSID o marca AENOR
- Recubrimiento mínimo 30 mm,
- Uniones y solapes conforme a EHE

**B) HORMIGONES:** En toda la obra mínimo **HA-25**. Hormigón de resistencia característica  $R_{bk}=25$  N/mm<sup>2</sup> (250 Kg/cm<sup>2</sup>.) Los elementos prefabricados usarán en producción los hormigones que homologuen sus patentes y autorizaciones de uso.

**DATOS BÁSICOS GENERALES:** Dosificación orientativa para 1 m<sup>3</sup> de hormigón para armar:

Cemento II/A-M 42,5	375 K/m <sup>3</sup> .
Agua	..... 160 L/m <sup>3</sup> .
Arena	..... 670 K/m <sup>3</sup> .
Grava	..... 1.340 K/m <sup>3</sup> .

**CARACTERÍSTICAS:** Tipo de árido: RODADO. Tamaño máximo de árido 30 mm. (Estructura) 20 mm. (Forjados). Consistencia: PARA VIBRAR: Plástica/Blanda Asiento máximo 5/8 cm. Máxima relación agua/cemento: 0,60. Contenido mínimo admisible de cemento: 300 K/m3. Durabilidad/Tipo ambiente: Clase II. Resistencias mínimas: a 7 días: 16 N/mm2; a 28 días: 25 N/mm2.

## 3.1.2.2.- FICHA JUSTIFICATIVA del cumplimiento de EHE

ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LOS MATERIALES y CONTROL DE CALIDAD DE LOS HORMIGONES y ACEROS

### ESPECIFICACIONES

Elementos que Varían

CARACTERÍSTICAS	GENERALES	1	2	3
* TIPO DE CEMENTO:	II/A-M 42,5	id		
* ÁRIDOS:				
- Clase	Rodado	id		
- Tamaño Máximo (Ø mm.)	25/40	25		
* HORMIGONES:				
- Dosificación:				
Kg. de CEMENTO	375	300		
Kg. de GRAVA	1.340	1.310		
Kg. de ARENA	670	655		
Litr.de AGUA	160	160		
- Aditivos admitidos:	Ninguno	Hidrófugo		
- Docilidad:				
CONSISTENCIA	PLÁSTICA/BLANDA	id		
COMPACTACION	VIBRADO	id		
Asiento Cono en cm.	5-8	id		
- Resistencia de Proyecto:	25 N/mm2	25 N/mm2		
* ARMADURAS:	BARRAS	MALLA F4		
- Tipo de Acero	B-400S B-500S	B-500T		
- Límite Elástico (Kp/cm2.)	5.100	5.100		
* CONTROL DE CALIDAD:	Labº Homologado.			
- de HORMIGONES:	Fresco/Curado			
- Nivel de Control s/ Norma	NORMAL	REDUCIDO		
- Clase de Probetas	CILINDRICAS	---		
- Edades de Rotura ( Días )	7/28	---		
- Frecuencia	c/Cota	---		
- Nº de Lotes	1	---		
- Nº de Series/Lote	3	---		
- Nº de Tomas/Serie	1	---		
- Nº Probetas/Toma	4	---		
- Probeta de Reserva/Toma	1	---		
- Edad Rotura P.Reserva ( Días )	60/90	---		
- de ACEROS:	ARMADURAS	MALLAS		
- Nivel de Control s/ Norma	NORMAL	REDUCIDO		
- Nº mínimo de Ensayos	3	---		
- Tipo de Ensayo	Tracción	---		
- Probetas por c/ Ø	si	---		
- OTROS ENSAYOS:	HORM./ACERO	HORMIGON		
- Alternativos D.T. y Constructor	SI	SI		
<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>* Condición Adicional al Pliego de Condiciones particulares de Proyecto:</b> Si los resultados de los ensayos fuesen, en alguna serie, inferiores al 90% de la resistencia exigida, se realizarán a cuenta del Constructor, por Laboratorio Homologado y bajo la supervisión de D.T.; Ensayos Alternativos que requiera la D.T., sin perjuicio de las penalizaciones, demoliciones y reposición de las unidades defectuosas a cargo del Constructor.			
- VARIACIÓN 1: Soleras				
- VARIACION 2:				

### 3.1.2.3.- DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES DE APOYO Y SUSTENTACIÓN DE TIERRAS

#### DESCRIPCION DE CIMENTACIONES

En la estructura del edificio el sistema de cimentación es de zapatas corridas.

Los resultados geotécnicos aconsejan este tipo de cimientos y para alcanzar uniformemente la cota de firme donde se requiera, se realizarán si es preciso pozos "indios" de hormigón ciclópeo HA-20.

La cimentación de los cerramientos y la de los muros de contención de tierras será de zanjas de hormigón armado conforme se justificarán, describirán y despiezarán en los Planos de Cimentación. Los cálculos se justifican en el **Anexo 5.2**.

#### Confirmación del estudio geotécnico antes de la ejecución

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico.

#### DESCRIPCION DE CONTENCIONES

Son muros "in situ" de H. A. de sótano encofrados preferiblemente a dos caras e impermeabilizados y drenados por el trasdos.

#### Datos de Cálculo

En base a la información geotécnica y al conocimiento de las tierras del lugar hemos adoptado los siguientes datos de partida:

Peso específico terrenos	$\gamma_t = 1,70 \text{ Tm/m}^3$
Ángulo de rozamiento muro/terreno	$\delta = 0,00$
Ángulo de rozamiento interno	$\phi = 30^\circ$
Cohesión terrenos soportados	<b>baja</b>
Coef. de rozamiento suelo/ciment.	$\mu = 2/3 \text{ tng}\phi$
Tensión del terreno de ciment.	$\sigma_{adm.t} = 3 \text{ Kp/cm}^2$
Peso específico hormigón	$\gamma_h = 2,50 \text{ Tm/m}^3$
Resistencia del hormigón (Tipo HA-25)	$R_{bk} = 25 \text{ N/mm}^2$
Límite Elástico de acero (B-500S)	$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$

### 3.1.3.- DESCRIPCION Y METODOS DE CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

#### INTRODUCCIÓN AL PROCESO

En el proceso de redacción del Proyecto de Ejecución se evaluaron los sistemas estructurales adecuados para el buen fin de estabilidad y economía.

Tras esta evaluación se optó por una ESTRUCTURA CONVENCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO que ha de cumplir con amplitud los requisitos técnicos que se le exigen. El sistema de muros de sótano, pilares, vigas y zunchos configura la malla estructural y se realizará "in situ" complementandose con forjados de suelo/techo a base de semiviguetas prefabricadas armadas y/o pretensadas con Autorización de Uso y dimensionadas para las solicitaciones que se indican en Planos y en esta Memoria, así como en el **Documento Anexo de CALCULO ESTRUCTURAL (5.2)**; en los que se pormenorizan tanto solicitaciones como resultados del cálculo y dimensionamiento de todos los elementos resistentes.

Para esta Memoria Justificativa hemos extraído de los citados **Documentos** los datos generales de la metodología y acciones consideradas en el Cálculo Estructural.

#### 3.1.3.1. Descripción de las soluciones adoptadas

La estructura proyectada resuelve el sótano con muros de contención de H.A. que, embeben los pilares perimetrales de los pórticos y que completados por pilares centrales recogen las estructuras horizontales de vigas y zunchos con forjados en semiviguetas y bovedillas con relleno de senos y capa de compresión. Toda la estructura arranca de cimientos de hormigón armado adecuados tal como se justifica en el **Anexo 5.2** y que se han dimensionado de acuerdo a la tensión admisible del terreno portante a los efectos de cimentaciones que es de **2,50 Kp/cm<sup>2</sup>** adoptada conforme a los datos obtenidos por el Estudio Geotécnico (**Anexo 5.3**).

#### 3.1.3.2. Bases de cálculo de la estructura

##### Normativa considerada en el cálculo

Para la realización de los cálculos se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

##### Normas fundamentales

- Documento Básico DB SE-AE referente a la Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación.
- Instrucción para el Proyecto de Estructuras de Hormigón EHE.
- Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Forjados Unidireccionales de Hormigón Armado o Pretensado EFHE.
- Elementos Metálicos: Documentos Básicos DB SE - DB SE-AE - DB SE-A
- Protección contra incendios: Documento Básico DB SI y aspectos prácticos no superados de NBE-CPI 96 (solo como información complementaria de referencia).

##### Normas Auxiliares

Neoprenos: Recomendaciones del M.O.P.U. sobre apoyos elastoméricos (1972)

Para algunos aspectos concretos de elementos pretensados se han tenido en cuenta Código Modelo (Model Code).

**Materiales y coeficientes de seguridad****Hormigón**

- En Vigas armadas	HA-25	$\gamma_c = 1,5$
- En Pilares armados	HA-25	$\gamma_c = 1,5$
- En Muros	HP-25	$\gamma_c = 1,5$
- En capas de compresión de forjados	HA-25	$\gamma_c = 1,5$

**Acero****Acero pasivo**

- En elementos prefabricados B-500S  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_c=1,15$
- Elementos metálicos S275JR (A42b)  $\gamma_c=1,15$

**Aceros activos**

- En elementos "in situ", y viguetas armadas: Acero B-500S  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_c=1,15$

- En elementos pretensados (correas de cubiertas y otros opcionales):

Cordones  $\varnothing 0.6"$  (Área  $1.3935 \text{ cm}^2$ )

- Tipo Y1860 S7
- $f_{max} > 1860 \text{ N/mm}^2$
- Tesado a  $1000 \text{ N/mm}^2$  (Correas)

Alambres  $\varnothing 7\text{mm}$  (Área  $0,385 \text{ cm}^2$ )

- Tipo Y1670 C
- $f_{max} > 1670 \text{ N/mm}^2$
- Tesado a  $1270 \text{ N/mm}^2$  (Placas y Correas)

**Coeficientes de mayoración de acciones**

Para la mayoración de acciones se ha tomado como Coeficiente de Seguridad de la estructura,  $\gamma_f=1,50$  para acciones permanentes y  $\gamma_f=1,6$  para acciones variables, correspondientes a un nivel de control normal.

**3.1.3.3 Acciones consideradas en el cálculo**

Se ha considerado como peso propio del hormigón armado  $2.5 \text{ t/m}^3$ . Las acciones tenidas en cuenta para el cálculo de la estructura se corresponden con las recogidas en DB.SE-AE y EHE, así como en el ANEJO A de Documento Nacional de Aplicación de la norma UNE ENV 1992, publicado en la norma EHE así como consideraciones de referencia de la NBE AE/88.

**Viento:**

Por ser edificios en situación normal y poca altura e considera una presión dinámica del viento  $w = 75 \text{ kg/m}^2$ . Se aplican los coeficientes de presión del Anejo D.

- presión  $c_p = 0,8$
- succión  $c_s = 0,4$

**Sismo:**

La zona de situación de los edificios tiene una aceleración sísmica de cálculo menor que  $a_b=0.06g$  por tanto, según la norma NCSE-02 no es necesaria la comprobación del edificio con cargas sísmicas aun cuando en el Documento Incorporado 6.3 se explicita la comprobación de NCSE-2.

**3.1.3.4 Programas de ordenador empleados**

**CYPECAD** de Cype Ingenieros

**3.1.4.- PROCESO DE CÁLCULO**

El proceso general de cálculo se divide en 2 grupos de tareas distintos: ELEMENTOS AISLADOS y ESTRUCTURA TRATADA COMO CONJUNTO.

**Elementos aislados y predimensionamientos**

Por un lado todos los elementos aislados que pueden ser calculados como entidades independientes, como son:

- Correas autoportantes de cubierta
- Losas de escaleras
- Caja de ascensor

Para este cálculo se emplea cálculo manual y utilización de Autorizaciones de Uso en vigor.

Por otra parte se procede a predimensionar jácenas y soportes sobre los esquemas de pórticos planos.

**Estructura tratada como conjunto**

Una vez definidos los pórticos con las vigas y pilares que los forman, incluidas las cimentaciones, son calculadas con **CYPECAD** comprobando los resultados uno a uno de todos los elementos de vigas y zunchos en cuanto a su comportamiento y aquellos predimensionados que resulten excedidos o inadecuados; las cautelas del propio programa y los cálculos manuales propios.

**Modelización de la estructura**

Se ha creado una malla tridimensional, formada por pórticos. Las vigas se han modelizado como barras biempotradas.

Las cargas debidas a sobrecargas, cargas muertas y peso de forjados se introducen no sólo como cargas lineales en jácnas sino acompañadas por torsores repartidos lineales iguales a la carga aplicada por la distancia al eje de la viga menos el flector que puedan obtener los elementos perpendiculares. De este modo las jácnas recogen el torsor no compensado y los pilares la reacción al torsor como flector en el plano correspondiente.

**Comprobaciones de montaje:** Según las fases de montaje se ha de comprobar la posibilidad de que se hayan montado todos los forjados a un lado de una viga o solo una viga en tantos niveles como esté previsto desde el endurecimiento de losa hasta el forjado superior y se adopta, además, una sobrecarga de construcción de 100 Kg/m<sup>2</sup> y una longitud de pandeo doble de la distancia entre el último forjado fraguado y la pieza más alta.

Para elementos calculados en continuidad, en principio, dado que siempre se hormigona prioritariamente el nudo, no se prevé que la comprobación deba hacerse en la sección interrumpida del pilar; no obstante si alguna sección del pilar no va a estar hormigonada y endurecida, al recibir cargas deberá comprobarse expresamente su resistencia únicamente con el perfil y hierros salientes cuidando el pandeo de estos si no están sujetos por cercos u otros elementos a distancias menores de 15 diámetros equivalentes.

### 3.1.5.- DESCRIPCION y DATOS de CÁLCULO de los FORJADOS

Los forjados proyectados son del tipo tradicional de semiviguetas armadas y bovedillas de hormigón, para un canto total de 25+5 cm., intereje de 0,60 m (excepto Cubierta).

En todos los perfiles del forjado se cumple que a 2 cm por debajo del redondo superior de la armadura la resistencia a cortante del perímetro mínimo (sólo hormigón) es igual o mayor al de la placa en su ancho mínimo (hormigón más estribo).

Se utilizarán cementos, tanto para los y zunchos, etc. como para la obra, que a los 28 días de edad, el hormigón alcance la resistencia característica  $f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$  medida sobre probetas de 15x30.

Las armaduras longitudinales serán de acero de alta adherencia B 500 S. Los estribos serán de acero B 500 S ó B 550 T.

Los coeficientes parciales de seguridad para el material que se han usado son los correspondientes a nivel de control intenso para los elementos prefabricados (proceso industrial de fabricación) y de control normal para la parte de ejecución en obra.

Las patentes de los forjados que se coloquen en obra han de tener en vigencia las Autorizaciones de Uso.

El Constructor podrá proponer al D.O. y a la D.E.O. el cambio de tipo de forjado aportando el cálculo alternativo y siendo potestad de la D.F. su aceptación o no.

Los distintos niveles de forjado del edificio proyectado y sus características de sollicitaciones son los siguientes:

#### CARACTERISTICAS TECNICAS

Los valores de las características técnicas de los forjados proyectados, contenidas en las fichas de autorización de uso están obtenidos del siguiente modo:

**Momentos positivos.-** para su cálculo se ha utilizado el método simplificado del momento tope para secciones en T, con la salvedad de que en la armadura mínima se ha tomado lo indicado por la EFHE.

**Momentos negativos.-** se considera para su cálculo la sección rectangular del nervio, con las limitaciones de armadura mínima de la EFHE. Tanto si se hiciese necesaria armadura de compresión como si no, se realiza el cálculo utilizando el método simplificado del momento aplicado esta vez a secciones rectangulares.

**Esfuerzo cortante.-** en las zonas donde no existe armadura transversal, se ha comprobado, según EFHE, artículo 14.2.1 que el esfuerzo cortante de cálculo  $V_d$  verifica que  $V_d \leq V_{u1}$  y  $V_d \leq V_{u2}$  siendo  $V_d$  el Esfuerzo Cortante de cálculo y los otros valores los de agotamiento por compresión oblicua y por tracción en el alma de la pieza conforme al método de cálculo de este mismo precepto.

**Momento fisuración.-** se calcula, según EHE, artículo 50.2.2.2, de acuerdo con la fórmula  $M_f = f_{ct} \cdot I_b / f_{y1}$

**Rigidez fisurada.-** se toma como rigidez fisurada el producto  $E_{cj} \cdot I_f$ ; siendo  $E_{cj} = 19000 f_{ck}^{1/2}$ ;  $I_f$  es el momento de inercia de la sección homogeneizada y fisurada.

#### CÁLCULO

##### A) ACCIONES E HIPOTESIS DE CARGA

Los valores, tipos, carácter, simultaneidad y combinación de acciones que se consideran en el cálculo son los que establece la norma **DB SE-AE**.

##### B) LUZ DE CALCULO

La luz de cálculo que se considera en cada tramo de forjado es la que hay entre ejes de elemento de apoyo, sin perjuicio de que, posteriormente la localización del momento flector máximo tenga en cuenta el trunco o redondeo en el ancho del elemento sustentante. Ese matiz, en los apoyos en continuidad, puede reducir sensiblemente el momento con sentido de flector para el forjado.

##### C) ANALISIS DE SOLICITACIONES

El análisis de sollicitaciones para el cálculo de armaduras para momentos negativos y para la elección del tipo de placa o forjado se hace tomando un modelo de viga continua, considerándose una redistribución plástica que, como máximo, iguale los momentos de apoyo con los de vano.

#### COMPROBACIONES

##### 1. DEFORMACION. COMPROBACION DE FLECHA

Las comprobaciones de deformación se realizan siguiendo lo estipulado en el artículo 50 de la EHE y en los 15.2.1; 15.2.2 y 15.2.3 de EFHE.

Las deformaciones tolerables que se han considerado en el cálculo son las que establece la Instrucción EFHE en su apartado 15.2.1

- La flecha total a plazo infinito no excederá de  $L/250$  ni de  $L/500+1 \text{ cm}$ .
- Para forjados que sustenten tabiques muy rígidos o muros de cerramiento de fábrica flecha activa no excederá de  $L/500$  ni de  $L/1000+5\text{mm}$

En las anteriores expresiones L es la luz de vano y, en el caso de voladizos, 1,6 veces el vuelo.

Para calcular la flecha se considera una historia de carga verosímil (consideramos, por separado, peso propio, tabiquería o en su caso cerramiento, solado y uso, precisando orden de aparición y tiempo de ejecución total de la obra) identificando la edad de aparición de cada componente de la carga total, y calculando, de cada instante y etapa, y por separado, la flecha instantánea y la diferida, para obtener, a partir de ellas, la total y la activa, sobre el elemento dañable construido a la edad.

La flecha instantánea se calcula en cada etapa con la expresión correspondiente de la formulación clásica, función del tipo de sustentación, carga y luz.

## 2. COMPROBACION DE ESFUERZO CORTANTE DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES

La transferencia de carga de una losa de forjado a la adyacente produce en la junta longitudinal entre ellas un esfuerzo cortante  $V_d$  debe ser inferior a los dos valores siguientes:

$$V_u = 0,25 \cdot f_{bt,d} \cdot \sum h_r$$

$$V_u = 0,15 \cdot f_{ct,d} \cdot h$$

Conforme a lo dicho el **Documento Incorporado 6.3.-Cálculo de Estructuras** así como los Planos de Estructura definen las unidades de obra y sus cálculos justificativos.