

AN01 – MEMORIA DE CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

1. OBJETO.

La presente memoria tiene por objeto dar a conocer las características de la estructura y su uso previsto, que condicionan las exigencias de seguridad estructural, tanto en lo relativo a la capacidad portante como a la aptitud al servicio, las bases de cálculo y la declaración de cumplimiento de los DB.

2. BASES DE CÁLCULO.

a. Periodo de servicio previsto.

El periodo de servicio previsto es de 50 años.

b. Simplificaciones efectuadas.

Se realiza el análisis de las solicitaciones mediante un cálculo espacial en tres dimensiones, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando seis grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (tres grados de libertad).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene, aunque se introduzcan vigas, y no forjados, en la planta.

Si en una misma planta existen zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportan como planos indeformables independientes.

c.1. Características mecánicas de los materiales estructurales.

c.1.1. Hormigón de cimentación.

Designación	HA-30/F/40/XD2
Resistencia característica a los 28 días fck (MPa)	30
Tipo de cemento (RC-16)	Cem I 52.5N SR 5 (UNE-EN 197-1:2000)
Cantidad máxima / mínima de cemento (Kg/m ³)	400 / 325
Tamaño máximo del árido (mm)	40
Ambiente	XD2
Recubrimientos mín / nom de las armaduras(mm.)	60 / 70
Relación agua / cemento	0,50
Consistencia (definida por asiento en cm.)	10-15
Sistema de compactación	Vibrado
Nivel de control previsto	Estadístico
Coefficiente de minoración	1,5

c.1.2. Hormigón piscinas.

Designación	HA-30/F/12/XD2
Resistencia característica a los 28 días fck (MPa)	30
Tipo de cemento (RC-16)	Cem I 52.5N SR 5 (UNE-EN 197-1:2000)
Cantidad máxima / mínima de cemento (Kg/m ³)	400 / 325
Tamaño máximo del árido (mm)	12
Ambiente	XD2
Recubrimientos mín / nom de las armaduras(mm)	35 / 45
Relación agua / cemento	0,50
Consistencia (definida por asiento en cm.)	10-15
Sistema de compactación	Vibrado
Nivel de control previsto	Estadístico
Coefficiente de minoración	1,5

c.1.3. Hormigón resto de estructura.

Designación	HA-30/F/20/XD2
Resistencia característica a los 28 días fck (MPa)	30
Tipo de cemento (RC-16)	Cem I 52.5N SR 5 (UNE-EN 197-1:2000)
Cantidad máxima / mínima de cemento (Kg/m ³)	400 / 325
Tamaño máximo del árido (mm)	20
Ambiente	XD2
Recubrimientos mín / nom de las armaduras(mm)	35 / 45
Relación agua / cemento	0,50
Consistencia (definida por asiento en cm.)	10-15
Sistema de compactación	Vibrado
Nivel de control previsto	Estadístico
Coefficiente de minoración	1,5

c.1.5. Acero para hormigón armado. El acero debe estar garantizado por la marca AENOR.

BARRAS CORRUGADAS	
Designación	B 500 S
Límite elástico (MPa)	500
Nivel de control previsto	Normal
Coefficiente de minoración	1,15

MALLAS ELECTROSOLDADAS	
Designación	B 500 T
Límite elástico (MPa)	500
Nivel de control previsto	Normal
Coefficiente de minoración	1,15

c.1.6. Acero laminado. El acero debe estar garantizado por la marca AENOR.

CHAPAS Y PERFILES	
Designación	S275JR
Límite elástico con espesor < 16 mm. (N/mm ²)	275
Límite elástico con 16 < esp. < 40 mm. (N/mm ²)	265
Límite elástico con 40 < esp. < 63 mm. (N/mm ²)	255
Tensión de rotura. (N/mm ²)	410
Espesor máximo de chapas (mm)	35
Módulo de Elasticidad. E (N/mm ²)	210000
Módulo de Rigidez. G (N/mm ²)	81000
Coefficiente de Poisson. ν	0,30
Coefficiente de dilatación térmica. α (°C ⁻¹)	$1,20 \cdot 10^{-5}$
Densidad. ρ (kg/m ³)	7.850,00

TORNILLOS, TUERCAS Y ARANDELAS	
Clase	10.9
Límite elástico. (N/mm ²)	900
Tensión de rotura. (N/mm ²)	1000
Módulo de Elasticidad. E (N/mm ²)	210000
Módulo de Rigidez. G (N/mm ²)	81000
Coefficiente de Poisson. ν	0,30
Coefficiente de dilatación térmica. α (°C ⁻¹)	$1,20 \cdot 10^{-5}$
Densidad. ρ (kg/m ³)	7.850,00

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD	
Coefficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material	1,05
Coefficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad	1,10
Coefficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y medios de unión	1,25
Coefficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio	1,10
Coefficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite Ultimo	1,25
Coefficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida	1,40

c.2. Características del terreno.

Para establecer las características del terreno se ha tenido acceso al estudio denominado *Caracterización del terreno mediante ensayos de penetración dinámica tipo Borro's y calcatas mecánicas para la obra: "Piscina cubierta en Villava (Navarra)"* realizado por *Laboratorios Proyex S.A en octubre de 2002*. Dicho estudio como indica su nombre se realizó para la construcción de la piscina cubierta que está dentro de la parcela del centro deportivo, a escasos metros de la zona donde se ubican las piscinas de verano.

d. Geometría global.

La geometría de la estructura de la obra objeto del proyecto, así como detalles constructivos para una correcta ejecución de la estructura, se recogen en los planos específicos de estructura del proyecto.

CIMENTACIÓN

Se proyecta una cimentación superficial con zapatas aisladas y corridas bajo muros.

El cálculo indica que es posible aprovechar la cimentación corrida perimetral existente.

VASOS DE PISCINA

Los vasos de las piscinas se resuelven mediante hormigón proyectado.

ESTRUCTURA

La estructura se resuelve mediante losas macizas apoyadas en muros y pilares de hormigón armado.

e.1. exigencias relativas a la capacidad portante.

Se comprobarán los siguientes estados de carga:

e.1.1. Carga gravitatoria local.

A efecto de comprobación de la estructura horizontal se toma en cada una de las plantas el total de acciones procedentes de:

- Peso propio de la estructura horizontal, incluyendo todos los elementos que la componen.
- Peso propio de los acabados de piso, y en su caso formación de cubierta.
- Peso de la tabiquería y fachadas que se encuentran sobre la planta considerada.
- Sobrecargas de uso en pisos, reducida con el factor de superficie, y en cubiertas o terrazas la mayor entre uso y nieve.

Como coeficiente de seguridad para estas acciones se toma el valor 1,40.

e.1.2. Carga gravitatoria global.

Para los elementos verticales, tales como soportes y muros, se toman el total de las acciones indicadas en el caso anterior, teniendo en cuenta la reducción de sobrecarga de uso por número de plantas con uso vivienda, y en las zonas de oficina o comercial, el 70% de la sobrecarga uniforme de uso, y en su caso el empuje del terreno.

Como coeficiente de seguridad para estas acciones se toma el valor 1,40. En el caso de los muros de sótano y contención, en los que el peso es favorable, se considera además una variable con el edificio descargado.

e.1.3. Carga gravitatoria más viento.

Para la comprobación de elementos de arriostramiento y los vinculados a ellos, o los soportes junto con los elementos de estructura horizontal que los conectan en cada planta, se considera la carga gravitatoria del caso anterior más la acción de viento, actuando sucesivamente en las dos direcciones de la planta y los dos sentidos de cada una, sin considerar la existencia de edificios contiguos ni medianeros.

Como coeficiente de seguridad para todas las acciones de este caso se toma el valor 1,25.

e.1.4. Carga gravitatoria más sismo.

No es susceptible de aplicación acción sísmica en el caso que nos ocupa.

e.1.5. Otros casos de carga.

En las zonas de planta en que haya vuelos se considera además una variante del caso primero con el voladizo sometido a la sobrecarga de uso uniforme más la lineal de borde, y el tremo que lo equilibra exento de sobrecarga.

La comprobación de barandillas, elementos divisorios, fachadas y elementos exentos, como petos, vallas, torreones y chimeneas, se hace considerando su peso con seguridad 1,00 y los efectos procedentes de acciones horizontales, como el viento, con seguridad 1,50.

Se realiza una comprobación local de piso considerando las cargas del primer caso con seguridad 1,40 y la acción de punzonado con 1,50.

No es necesario tener en cuenta acción térmica.

La comprobación local ante el paso de vehículos de extinción de incendios se hace considerando dicha acción simultáneamente con las gravitatorias del cuarto caso, con un coeficiente de seguridad 1,00.

Para la comprobación explícita de la resistencia a incendio, se adopta esta acción en cada uno de los sectores independientemente, considerando los efectos del incremento de temperatura, en el sector que se está analizando, simultáneamente con los de acciones gravitatorias, con un coeficiente de seguridad 1,00.

e.2. exigencias relativas a la aptitud al servicio.

e.2.1. Flecha.

La flecha relativa de cada pieza que compone la estructura horizontal debe ser inferior a:

- L/500 en pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas,
- L/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas,
- L/300 en el resto de casos,

siendo L la luz del tramo considerado, o el doble del vuelo en el caso de voladizos.

Se tendrán en cuenta las componentes diferidas, que se deducirán de la deformación que se haya producido antes de la implantación en obra del elemento dañable.

Se verifican las condiciones anteriores entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos.

e.2.2. Desplome.

Ante las acciones que describen en el caso de carga gravitatoria más viento, la estructura global es suficientemente rígida ya que para cualquiera de las dos direcciones y sentidos de la estructura el desplome de todo punto de la estructura soporte es menor que:

- 1/500 de la altura total del edificio
- 1/250 de la altura de la planta en cualquiera de ellas.

e.2.3. Asiento.

Se considera admisible, si ante las acciones de carga gravitatoria global, el asiento diferencial relativo entre cualesquiera de dos puntos contiguos cimentados, relativo a la distancia que los separa es inferior al límite.

Tipo de construcción	Asiento diferencial relativo
Entre puntos ligados por un elemento isostático	1/300
Entre puntos de un muro de contención exento	1/300
Edificios compartimentados con estructura de soportes	1/500
Edificios con estructura de muros armados o paneles rígidos	1/700
Entre puntos bajo un muro de fábrica	1/1000

Así mismo, el asiento de cada elemento cimentado ha de ser menor del indicado en la siguiente tabla.

Tipo de edificio	Asiento total (mm) en terreno	
	Granular	cohesivo
Obras de carácter monumental	15	25
Edificios con estructura de hormigón	25	30
Edificios con soportes de acero	30	40
Edificios con muros de carga de fábrica, estructuras metálicas isostáticas, de madera, o edificios provisionales	35	45

e.3. exigencias relativas a la durabilidad.

La estructura del edificio que nos ocupa no se ve comprometida por el efecto de acciones mecánicas, físicas o biológicas.

De cualquier manera, se aplican las consideraciones necesarias que define el Código estructural, que podrían ser de aplicación en este aparatado, habiendo sido definido en el apartado correspondiente a las características de los materiales el ambiente al que estará sometido el hormigón y los recubrimientos necesarios para garantizar su durabilidad.

f.1. Acciones consideradas.

Según Documento Básico SE-AE.

f.1.1 Acciones gravitatorias.

Carga en losa h=25 cm. techo de sótano por m². (kN/m²)

ACCIONES PERMANENTES	Peso propio de la losa	6,25
	Acabados	1,25
Suma de acciones permanentes		7,50
ACCIONES VARIABLES	Sobrecarga de uso	5,00
	Suma de acciones variables	5,00
	Carga total	12,50

Carga en losa h=30 cm. cubierta por m². (kN/m²)

ACCIONES PERMANENTES	Peso propio de la losa	7,50
	Acabados	1,50
Suma de acciones permanentes		9,00
ACCIONES VARIABLES	Sobrecarga de uso	5,00
	Suma de acciones variables	5,00
	Carga total	14,00

Carga en losa h=20 cm. plataforma por m². (kN/m²)

ACCIONES PERMANENTES	Peso propio de la losa	5,00
	Acabados	1,00
Suma de acciones permanentes		6,00
ACCIONES VARIABLES	Sobrecarga de uso	5,00
	Suma de acciones variables	5,00
	Carga total	11,00

Consideraciones en cuanto a la sobrecarga de uso.

Se tendrán en cuenta los valores característicos de sobrecarga de uso que figuran en la tabla 3.1 del Documento Básico SE-AE, así como las consideraciones del artículo 3.1.1. del mismo Documento Básico.

Se aplica también el artículo 3.1.2. en cuanto a reducción de sobrecargas.

Acciones sobre barandillas y elementos divisorios.

La estructura propia de las barandillas, petos, antepechos o quitamiedos de terrazas, miradores, balcones o escaleras deben resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida, y cuyo valor característico se obtendrá de la tabla 3.2 del Documento Básico SE-AE. La fuerza se considerará aplicada a 1,20 m o sobre el borde superior del elemento, si este está situado a menos altura.

Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios

Categoría de Uso	Fuerza horizontal (kN/m)
C5	3,00
C3, C4, E, F	1,60
Resto de casos	0,80

En las zonas de tráfico y aparcamiento, los parapetos, petos o barandillas y otros elementos que delimiten áreas accesibles para los vehículos deben resistir una fuerza horizontal, uniformemente distribuida sobre una longitud de 1,00 m aplicada a 1,20 m de altura sobre el nivel de la superficie de rodadura o sobre el borde superior del elemento si éste está situado a menos altura, cuyo valor característico es 100 kN.

Los elementos divisorios tales como tabiques, deben soportar una fuerza horizontal mitad de la definida anteriormente, según el uso a cada lado del mismo.

f.1.2. Viento.

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e se expresa como:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

q_b	Presión dinámica del viento. 0,50 kN/m ²
C_e	Coefficiente de exposición. En edificios urbanos hasta 8 plantas se puede tomar un valor constante, independientemente de la altura, de 2,0
C_p	Coefficiente eólico, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Un valor negativo indica succión.

La estructura se comprueba ante la acción del viento en todas las direcciones. Se considera para cada dirección la acción en los dos sentidos.

La acción del viento genera además fuerzas tangenciales paralelas a la superficie que se calculan como el producto de la presión exterior por el coeficiente de rozamiento, que en este caso es de valor 0,02. No se considera la acción del rozamiento en los casos que esta no supera el 10% de la fuerza perpendicular debida a la acción del viento.

f.1.3. Acciones térmicas y reológicas.

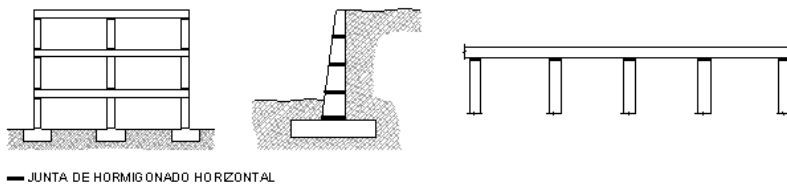
Se trata de un edificio con elementos estructurales de hormigón, en el que no existen elementos continuos de más de 40 m de longitud, por lo que no es necesario el cálculo de acciones térmicas ni reológicas.

Se dispondrán las juntas de hormigonado correspondientes. Diferenciaremos la junta de construcción o de trabajo (necesidad de interrumpir el hormigonado por razones laborales); y la junta de retracción o de contracción (necesidad de que se produzca una parte apreciable de la contracción térmica de la estructura).

Se disponen sobre la estructura tal y como se muestra a continuación.

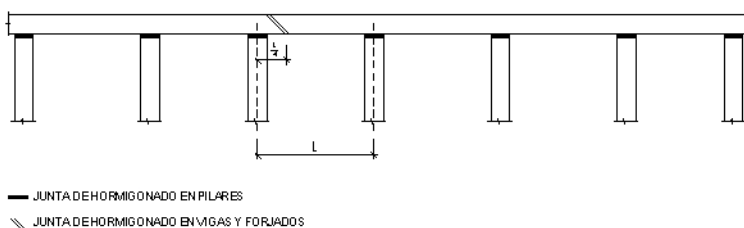
Juntas horizontales en piezas de directriz claramente vertical (pilares, muros).

Se dispone en el encuentro entre el forjado y el pilar, en su arranque y su final.



Juntas en piezas de directriz horizontal sometidas a flexión (vigas y forjados).

Se disponen a 45°, a 1/4 de la luz medida desde el eje del pilar.



La distancia entre juntas viene determinada por el clima y la época del año, tal y como se define en la siguiente tabla:

Distancia entre juntas		
Clima	Época del año	
	Verano	Invierno
Seco	16m	20m
Húmedo	20m	24m

Se terminará el acabado de la junta con chorro de arena. El tratamiento a seguir para continuar el hormigonado consistirá, después de la limpieza, en humedecer el hormigón antiguo y hormigonar cuando la superficie comienza a estar seca.

Se tendrá en cuenta que, si la superficie está totalmente seca, el hormigón viejo absorbe agua; y que si la superficie está húmeda la resistencia se reduce.

El vibrado y curado debe ser cuidadoso en la zona de la junta, tanto visual como mecánicamente.

El tiempo transcurrido entre dos hormigonados consecutivos no afecta a su resistencia. Este tiempo será como mínimo de dos días en invierno y tres en verano.

f.1.4. Sismo.

De acuerdo con lo dispuesto en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSR-02), según el mapa de Peligrosidad Sísmica, corresponde una aceleración sísmica básica $a_b < 0,04g$, que para construcciones de normal importancia y según el artículo "1.2.3 Criterios de aplicación de la Norma" se deduce que no es de aplicación la mencionada Norma en el proyecto que nos ocupa.

f.1.5. Incendio.

Se considera que la resistencia al fuego de los elementos estructurales principales del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente dado que alcanzan la clase indicada en las tablas que se exponen a continuación, que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la *curva normalizada tiempo-temperatura*.

La *curva normalizada tiempo-temperatura* es la curva nominal definida en la norma UNE EN 1991-1-2:2004 para representar un modelo de fuego totalmente desarrollado en un sector de incendio.

Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del <i>sector de incendio</i> considerado ⁽¹⁾	Plantas sótano	Plantas sobre rasante <i>altura de evacuación del edificio</i>		
		<15m	<28m	≥28m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R30	R30	-	-
Residencial vivienda; Residencial público; Docente; Administrativo	R120	R60	R90	R120
Comercial; Pública Concurrencia; Hospitalario	R120 ⁽³⁾	R90	R120	R180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)	R90			
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)	R120 ⁽⁴⁾			

⁽¹⁾ La *resistencia al fuego* suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del *sector de incendio* situado bajo dicho suelo.

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la *resistencia al fuego* exigible a edificios de *uso Residencial Vivienda*.

⁽³⁾ R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de *aparcamientos robotizados*.

Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ⁽¹⁾

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R180

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La *resistencia al fuego* suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del *sector de incendio* situado bajo dicho suelo.

Los elementos estructurales de una *escalera protegida* o de un *pasillo protegido* que estén contenidos en el recinto de estos, serán como mínimo R-30. Cuando se trate de escaleras *especialmente protegidas* no se exige *resistencia al fuego* a los elementos estructurales.

Elementos estructurales secundarios.

A los elementos estructurales secundarios, tales como cargaderos o los de las entreplantas de un local, se les exige la misma *resistencia al fuego* que a los elementos principales si su colapso puede ocasionar daños personales o compromete la estabilidad global, la evacuación o la compartimentación en *sectores de incendio* del edificio. En otros casos no precisan cumplir ninguna exigencia de *resistencia al fuego*.

Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado.

Soportes y muros.

La *resistencia al fuego* de soportes expuestos por tres o cuatro caras y de muros portantes expuestos por una o ambas caras, referida a la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras de las caras expuestas, se obtiene de la siguiente tabla:

Elementos a compresión

Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾		
	Soportes	Muro carga expuesto por una cara	Muro carga expuesto por ambas caras
R30	150/15 ⁽²⁾	100/15 ⁽³⁾	120/15
R60	200/20 ⁽²⁾	120/15 ⁽³⁾	140/15
R90	250/30	140/15 ⁽³⁾	160/25
R120	250/40	160/25 ⁽³⁾	180/35
R180	350/45	200/40 ⁽³⁾	250/45
R240	400/50	250/50 ⁽³⁾	300/50

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

⁽³⁾ La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI.

Para el caso más desfavorable se cumple al menos esta situación de *resistencia al fuego*.

Vigas.

La *resistencia al fuego* de las secciones de vigas con tres caras expuestas al fuego, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada, se obtiene de la siguiente tabla:

Vigas con tres caras expuestas al fuego ⁽¹⁾

Resistencia al fuego normalizado	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm)				Anchura mínima ⁽²⁾ del alma $b_{o,min}$ (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
R 30	80/20	120/15	200/10	-	80
R 60	100/30	150/25	200/20	-	100
R 90	150/40	200/35	250/30	400/25	100
R 120	200/50	250/45	300/40	500/35	120
R 180	300/75	350/65	400/60	600/50	140
R 240	400/75	500/70	700/60	-	160

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

⁽²⁾ Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación de la viga.

Para el caso más desfavorable se cumple al menos esta situación de *resistencia al fuego*.

Losas macizas.

La *resistencia al fuego* de las secciones de losas macizas, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada, se obtiene de la siguiente tabla:

Losas macizas

Resistencia al fuego	Espesor h_{min} (mm)	mínimo	Distancia mínima equivalente al eje a_{mm} (mm) ⁽¹⁾	
			Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones L_y/L_x ⁽²⁾ $\leq 1,5$ / $1,5 < L_y/L_x$ ⁽²⁾ ≤ 2
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

⁽²⁾ L_x y L_y son las luces de la losa, siendo $L_y > L_x$.

Para el caso más desfavorable se cumple al menos esta situación de *resistencia al fuego*.

Si la losa cumple una función de compartimentación de incendios (criterios R, E, I) su espesor será al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R) basta con que el espesor sea el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente.

Capas protectoras.

La resistencia al fuego requerida se puede alcanzar mediante la aplicación de capas protectoras cuya contribución a la resistencia al fuego del elemento estructural protegido se determinará de acuerdo con la norma UNE ENV 13381-3:2004.

Para resistencias al fuego R 120 como máximo, los revestimientos de yeso pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a 1,8 veces su espesor real. Cuando estén aplicados en techos, para resistencias al fuego R90 como máximo se recomienda que se su puesta en obra se realice por proyección, mientras que para valores R 120 o mayores resulta necesario, debiendo además disponerse un armado interno no combustible firmemente unido a la vigueta. Estas especificaciones no son válidas para revestimientos de placas de yeso.

f.2. Combinaciones efectuadas.

f.2.1. Situación persistente o transitoria.

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

f.2.2. Situación extraordinaria.

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

f.2.3. Casos en que la acción accidental es la sísmica.

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

f.3. Coeficientes de seguridad.

Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones. Situación persistente o transitoria

Tipo de verificación	Tipo de acción	desfavorable	Favorable
Resistencia	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión de agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0,00
Estabilidad		desestabiliz.	estabilizadora
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión de agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0,00

Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones. Verificación del terreno

Situación de dimensionado	Tipo de acción	Materiales		Acciones		
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F	
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,00	1,00	1,00	1,00	
	Deslizamiento	1,50	1,00	1,00	1,00	
	Vuelco. Acciones estabilizadoras	1,00	1,00	0,90	1,00	
	Vuelco. Acciones desestabilizadoras	1,00	1,00	1,80	1,00	
	Estabilidad global	1,00	1,80	1,00	1,00	
	Capacidad estructural	-	-	1,60	1,00	
	Pilotes. Arrancamiento	3,50	1,00	1,00	1,00	
	Pilotes. Rotura horizontal	3,50	1,00	1,00	1,00	
	Pantallas. Estabilidad fondo escav.	1,00	2,50	1,00	1,00	
	Pantallas. Sifonamiento.	1,00	2,00	1,00	1,00	
	Pantallas rotación o traslación	Equilibrio límite	1,00	1,00	0,60	1,00
		Modelo Winkler	1,00	1,00	0,60	1,00
		Elem. finitos	1,00	1,50	1,00	1,00
Extraordinaria	Hundimiento	2,00	1,00	1,00	1,00	
	Deslizamiento	1,10	1,00	1,00	1,00	
	Vuelco. Acciones estabilizadoras	1,00	1,00	0,90	1,00	
	Vuelco. Acciones desestabilizadoras	1,00	1,00	1,20	1,00	
	Estabilidad global	1,00	1,20	1,00	1,00	
	Capacidad estructural	-	-	1,00	1,00	
	Pilotes. Arrancamiento	2,30	1,00	1,00	1,00	
	Pilotes. Rotura horizontal	2,30	1,00	1,00	1,00	
	Pantallas rotación o traslación	Equilibrio límite	1,00	1,00	0,80	1,00
		Modelo Winkler	1,00	1,00	0,80	1,00
		Elem. finitos	1,00	1,20	1,00	1,00

Coefficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso			
Zonas residenciales	0,70	0,50	0,30
Zonas administrativas	0,70	0,50	0,30
Zonas destinadas al público	0,70	0,70	0,60
Zonas comerciales	0,70	0,70	0,60
Zonas de tráfico y aparcamiento de vehículos ligeros con peso total <30 kN	0,70	0,70	0,60
Cubiertas transitables	Valor del uso desde el que se accede		
Cubiertas accesibles (mantenimiento)	0,00	0,00	0,00
Nieve			
Para altitudes > 1.000 m	0,70	0,50	0,20
Para altitudes < 1.000 m	0,50	0,20	0,00
Viento	0,60	0,50	0,00
Temperatura	0,60	0,50	0,00
Acciones variables del terreno	0,70	0,70	0,70

g. Modalidad de análisis efectuado y métodos de cálculo empleados.

g.1 Descripción del análisis efectuado.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3 dimensiones, por métodos matriciales de rigidez.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático.

g.2 Discretización de la estructura.

PILARES: Son barras verticales entre cada planta. Se consideran las excentricidades debidas a la variación en altura.

VIGAS: Se definen en planta fijando nudos en la intersección con el eje de pilares y / o sus caras, así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas.

FORJADOS UNIDIRECCIONALES: Las viguetas son barras que se definen en los huecos entre vigas, y que crean nudos en las intersecciones de borde y eje correspondientes a la viga que intersecan.

LOSAS MACIZAS: La discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos finitos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm. y se efectúa una condensación estática de todos los grados de libertad.

PANTALLAS H.A. Son elementos transversales de sección transversal cualquiera formada por rectángulos múltiples entre cada planta, y definidos por un nivel inicial y un nivel final.

MUROS DE H.A. Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidos por un nivel inicial y un nivel final.

La discretización efectuada es por elementos finitos, tipo lamina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante.

g.3 Redondeo de las leyes de esfuerzos en apoyos.

Se considera el Código Modelo CEB-FIP 1990.

Dentro del soporte se supone una respuesta lineal como reacción de las cargas transmitidas por el dintel y las aplicadas en el nudo, transmitidas por el resto de la estructura.

g.4 Redistribuciones consideradas.

COEFICIENTES DE REDISTRIBUCION DE NEGATIVOS: Se acepta una redistribución de momentos negativos en vigas de un 15% y en viguetas de un 25%.

COEFICIENTE DE EMPOTRAMIENTO EN ULTIMA PLANTA: Se considera en la unión de la cabeza del ultimo tramo del pilar con el extremo de la viga que el coeficiente de empotramiento es 0,3, siendo 0 articulado y 1 empotrado.

g.5 Rigideces consideradas.

Para la obtención de los términos de la matriz de rigidez se consideran todos los elementos de hormigón en su sección bruta.

g.6 Método de cálculo.

Se emplea el método de los estados límite, de manera que a partir de las acciones adoptadas para el cálculo y de las hipótesis de carga se definen las cargas a las que está sometida la estructura. Se mayoran las cargas con el coeficiente de mayoración y se alcanzan las cargas de cálculo, definidas las hipótesis simples básicas que intervienen en el cálculo se comprueban los siguientes estados:

HORMIGÓN: Dimensionado de secciones y verificación de equilibrio.

CIMENTACIÓN, TENSIONES DEL TERRENO: Comprobación de que las tensiones no superan las máximas admisibles en el terreno.

DESPLAZAMIENTOS: Obtención de los desplazamientos máximos de la estructura.

Se definen los estados límite últimos para la comprobación y dimensionado de secciones, y los estados límite de utilización para la comprobación de deformaciones y desplazamientos. Como estados límite últimos se consideran los debidos a fallos por deformaciones plásticas excesivas, rotura o pérdida de la estabilidad de la estructura o parte de ella; pérdida del equilibrio de la estructura o parte de ella, considerada como un sólido rígido; fallo por acumulación de deformaciones o fisuración progresiva bajo cargas repetidas.

Como estados límite de servicio se incluyen todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de durabilidad de comodidad o de aspectos requeridos. Los estados límite de servicio son: estado límite de deformación, estado límite de vibraciones y estado límite de fisuración.

g.7 Dimensionado y armado de secciones.

Una vez introducidos los datos se procede al cálculo. El programa genera las estructuras geométricas de todos los elementos, formando la matriz de rigidez de la estructura. Después invierte la matriz de rigidez por métodos frontales, y se obtienen los desplazamientos de todas las hipótesis definidas. A continuación, se obtienen las envolventes de todas las combinaciones definidas, para cada elemento. Después se procede al dimensionamiento y armado de todos los elementos definidos.

Para el dimensionado de las secciones de hormigón armado en estados límites últimos se emplean el método de la parábola-rectángulo y el diagrama rectangular. Se utilizan los límites exigidos por las cuantías mínimas y máximas definidas en la norma, así como las disposiciones indicadas referentes a número mínimo de redondos, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas.

Se considera el proceso constructivo de la estructura, en el que se realiza el acopio de los materiales de cerramiento y divisiones interiores, sobre las vigas, teniéndose en cuenta este proceso constructivo a la hora de definir los coeficientes de fluencia según indica el Código Estructural.

h. Modalidad de control de calidad previsto.

Será de tipo normal, los lotes y ensayos a realizar se detallan en el correspondiente anejo de control de calidad del presente proyecto.

3. CALCULOS CON ORDENADOR.

a. Programa de cálculo empleado.

CYPECAD de CYPE. Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Versión 2023.e

b. Objeto y campo de aplicación del programa.

CYPECAD ha sido concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas diseñadas con forjados de viguetas, placas aligeradas, losas mixtas, reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales. Las vigas de los forjados pueden ser de hormigón, metálicas y mixtas. Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de hormigón armado y muros de fábrica. La cimentación puede ser fija o flotante.

Con el se pueden obtener los planos de dimensiones y armado de las plantas, vigas, pilares, pantallas y muros, así como los listados de datos y resultados del cálculo.

4. NORMATIVA APLICADA.

ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

Código Técnico de la Edificación DB SE AE Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación.
Real decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006

Norma de construcción sismorresistente. Parte General y Edificación NCSR-02.
Real Decreto 997/2002, de 27-SEP, del Ministerio de Fomento.
B.O.E. 11-OCT-02

CEMENTOS

Cementos. RC-16
Real Decreto 256/2016 del Ministerio de Fomento, de 10 de Junio.
B.O.E. 25.06.2016

Obligatoriedad de Homologación de los Cementos para la Fabricación de Hormigones y Morteros.
Real Decreto 1313/1988, de 28-OCT, del Ministerio de Industria y Energía
B.O.E. 4-NOV-88

Modificación de las Normas del Anexo al R.D.1313/1988, de 28 de Octubre, sobre la Obligatoriedad de Homologación de Cementos.
ORDEN de 28-JUN-89, del Ministerio de Relaciones con las Cortes v con la Secretaría del Gobierno
B.O.E. 30-JUN-89

Modificación de la Orden Anterior (28-JUN-89).
ORDEN de 28-DIC-89, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y con la Secretaría del Gobierno
B.O.E. 29-DIC-89

Modificación del Anexo del R. D. 1313/1988 Anterior.
ORDEN de 4-FEB-92, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y con la Secretaría del Gobierno
B.O.E. 11-FEB-92

CIMENTACIONES

Código Técnico de la Edificación DB SE C Seguridad Estructural, Cimientos.
Real Decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006

Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras
Ministerio de Fomento. 30 de septiembre de 2002

Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias. ROM 0.5-05
Ministerio de Fomento. 2005

Norma UNE-EN 12699:2016

Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes de desplazamiento
02 de noviembre de 2016

ESTRUCTURAS DE ACERO

Código Técnico de la Edificación DB SE A Seguridad Estructural, Acero.
Real Decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006

ESTRUCTURAS DE FÁBRICA

Código Técnico de la Edificación DB SE-F Seguridad Estructural, Fábrica.
Real Decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006

Pliego de Condiciones Técnicas Generales para la Recepción de Bloques en Obras RB-90.
ORDEN de 04-JUL-90.
B.O.E. 11-JUL-90

ESTRUCTURAS FORJADOS

Alambres Trefilados Lisos y Corrugados para Construcción de Mallas Electrosoldadas y Viguetas Semirresistentes de Hormigón Armado para la Construcción.
Real Decreto 2702/1985, de 18-DIC, del Ministerio de Industria y Energía.
B.O.E. 28-FEB-86

Actualización de las Fichas de Autorización de Uso de Sistemas de Forjados.
RESOLUCION DE 30-ENE-97 del Mº de Fomento.
B.O.E. 6-MAR-97

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Código Estructural.
Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021,
del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática
B.O.E. 10 de agosto de 2021

Armaduras Activas de Acero Para Hormigón Pretensado.
Real Decreto 2365/1985. de 20-NOV, del Ministerio de Industria y Energía
B.O.E. 21-DIC-85

Norma UNE-EN 13369:2013
Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón
09 de octubre de 2013

Norma UNE-EN 12794:2006+A1:2008
Productos prefabricados de hormigón. Pilotes de cimentación
20 de febrero de 2008

ESTRUCTURAS DE MADERA

Código Técnico de la Edificación DB SE-M Seguridad Estructural, Madera.
Real Decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Código Técnico de la Edificación DB SI Seguridad en Caso de Incendio.
Real Decreto 314/2006, del Ministerio de la Vivienda del 17 de marzo de 2006
B.O.E. 28 de marzo de 2006