

**ANEXO 2: CÁLCULO DE ESTRUCTURA**

## CIMENTACIONES

### Estudio Geotécnico

El estudio geotécnico ha sido elaborado por la Consultoría Técnica Enmacosa y ha consistido en la realización de tres ensayos de penetración dinámica y un sondeo a rotación con recuperación de testigo, testificación y muestreo y ensayos de laboratorio (Granulometría; determinación de los Límites de Atterberg; determinación de la agresividad del agua al hormigón)

Se han identificado las siguientes unidades geotécnicas diferenciadas:

Nivel I: Relleno antrópico. Hasta 2,35 m. de profundidad.

Nivel II: Sedimentos (arena arcillosa). Espesor: 0,35 m.

Nivel III. Suelos de alteración (arena limosa). Desde 2,70 m. hasta 8,00 m. de profundidad.

Se ha detectado el nivel piezométrico a 1,50 m. de profundidad, así como agresividad débil al hormigón (tipo Qa)

En el estudio geotécnico se recomienda una cimentación profunda o bien una cimentación superficial sobre un relleno estructural controlado, garantizando la compactación y homogeneidad de los materiales utilizados que deberán ser los siguientes:

- material tipo escollera o pedraplén, que facilite el drenaje de agua. Esta capa debe prolongarse desde el cimientado del relleno (profundidad > 2,50 m. bajo el apoyo de la zapata) hasta aproximadamente 1,00-1,50 m. bajo el apoyo previsto para la cimentación y, a ser posible, 0,5 m. por encima de la cota del nivel piezométrico. En este caso, debido a que el nivel piezométrico se encuentra alto se adaptará el relleno en consecuencia.

- capa de grava seleccionada del tipo Macadam 40/63 o 40/70

- geotextil, para evitar el lavado de los materiales más finos suprayacentes

- zahorra, limpia de finos y material orgánico y químicamente neutra, compactada en tongadas de no más de 30 cms de espesor.

Siguiendo el procedimiento descrito pueden considerarse tensiones admisibles de 1,50 kg/cm<sup>2</sup>.

### Sistema de cimentación elegido

Dada la característica del mencionado terreno, se plantea una solución con cimentación superficial mediante zapatas corridas, para una tensión admisible de 0,15 N/mm<sup>2</sup> (1,50 kg/cm<sup>2</sup>).

No se descarta el empleo de técnicas de drenaje en cotas próximas a las de implantación de la cimentación.

### Métodos de cálculo de la cimentación

Se ha dimensionado según los métodos contenidos en el CTE-SE-C que se reproduce de nuevo en este anexo de cálculo.

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites. Se verifica capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud de servicio.

Las verificaciones de los Estados Límites están basadas en el uso de un modelo adecuado para el sistema de cimentación elegido y el terreno de apoyo de la misma.

Se han considerado las acciones que actúan sobre el edificio soportado según el documento DB-SE-AE y las acciones geotécnicas que transmiten o generan a través del terreno en que se apoya según el documento DB-SE. El cálculo se ha realizado mediante ordenador compatible, según se señala en el apartado correspondiente.

## SISTEMA ESTRUCTURAL

### Características de la estructura

El sistema estructural elegido se corresponde a una tipología de forjados unidireccionales de hormigón armado con canto 25+5, bovedilla de hormigón aligerado e intereje 60 cm. En todo caso se indican en planos esfuerzos a flexión y corte, por lo que es posible el cambio de esta solución por otra, siempre previa aprobación explícita por parte de la D. F., y la entrega de la documentación señalada en la EFHE. Los pórticos son de hormigón armado, salvo las mayores luces de la sala de usos múltiples que se resuelven mediante vigas y pilares metálicos.

Los forjados se han previsto para soportar una sobrecarga según la CTE-SE-AE, indicándose sus valores en el correspondiente apartado

## ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

### Métodos de Cálculo de hormigón

El diseño y el cálculo de la cimentación y la estructura se ajustan en todo momento a lo establecido en las norma EHE , y su construcción se llevará a cabo de acuerdo con lo especificado la misma.

La determinación de las solicitaciones se ha realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad.

De acuerdo con la Norma EHE, el proceso general de cálculo empleado es el de los "estados límites", en el que se trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad de que se alcancen aquellos estados límites que ponen la estructura fuera de servicio.

Las comprobaciones de los estados límites últimos (equilibrio, agotamiento o rotura, inestabilidad o pandeo, anclaje y fatiga) se realizan para cada hipótesis de carga, con acciones mayoradas y propiedades resistentes de los materiales minoradas, mediante una serie de coeficientes parciales de seguridad. Para el caso de encepados se emplea el método de las bielas.

Las comprobaciones de los estados límites de utilización (fisuración y deformación) se realizan para cada hipótesis de carga con acciones de servicio (sin mayorar) y propiedades resistentes de los materiales de servicio (sin minorar).

### Cálculos por ordenador.

El cálculo de la estructura se ha realizado con ayuda de ordenador, empleando un programa informático de cálculo. Los datos del ordenador y del programa empleados son los siguientes:

- Tipo de ordenador: PC Compatible PENTIUM III
- Programa utilizado: Cypecad (Cype Ingenieros, Alicante)
- Versión y fecha: 2010

El programa realiza un cálculo de emparrillado plano para la armadura de cada planta, y un cálculo matricial en 3 dimensiones (asumiendo la hipótesis de diafragma rígido para cada planta) para el cálculo de los pilares.

En este cálculo en tres dimensiones se introducen las acciones de viento así como una comprobación de los efectos de segundo orden que se pueden producir en los pilares.

El programa realiza el armado de vigas, pilares y forjado. Dicho armado ha sido postprocesado por los autores del presente proyecto para que resultara operativo, cómodo y económico en la fase de obra.

CYPECAD ha sido concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas diseñado con forjados unidireccionales, reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales. Las vigas de forjados pueden ser de hormigón y metálicas. Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de

hormigón armado con o sin empujes horizontales y muros de fábrica. La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (mediante vigas y losas de cimentación).

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 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 (3 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.

Cuando en una misma planta existan 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 comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático, (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral), y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

La estructura se discretiza en elementos tipo barra, emparrillados de barras y nudos, y elementos finitos triangulares de la siguiente manera:

**Pilares:** Son barras verticales entre cada planta, definiendo un nudo en arranque de cimentación o en otro elemento, como una viga o forjado, y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal. Se consideran las excentricidades debidas a la variación de dimensiones en altura. La longitud de la barra es la altura o distancia libre a cara de otros elementos.

**Vigas:** Se definen en planta fijando nudos en la intersección con las caras de soportes (pilares, pantallas o muros), así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales y, análogamente, en las puntas de voladizos y extremos libres o en contacto con otros elementos de los forjados. Por tanto, una viga entre dos pilares está formada por varias barras consecutivas, cuyos nudos son las intersecciones con las barras de forjados. Siempre poseen tres grados de libertad, manteniendo la hipótesis de diafragma rígido entre todos los elementos que se encuentren en contacto. Por ejemplo, una viga continua que se apoya en varios pilares, aunque no tenga forjado, conserva la hipótesis de diafragma rígido. Pueden ser de hormigón armado o metálicas en perfiles seleccionados de biblioteca.

**Losas macizas:** La discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.

**Pantallas H.A.:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos múltiples entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado es constante en altura, pudiendo disminuirse su espesor. En una pared (o pantalla) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar como elemento lineal. Tanto vigas como forjados se unen a las paredes a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección, mediante una viga que tiene como ancho el espesor del tramo y canto constante de 25 cm. No coinciden los nudos con los nudos de la viga.

**Muros de hormigón armado y muros de sótano:** Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidas por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado puede ser diferente en cada planta, pudiendo disminuirse su espesor en cada

planta. En una pared (o muro) una de las dimensiones transversales de cada lado debe ser mayor que cinco veces la otra dimensión, ya que si no se verifica esta condición, no es adecuada su discretización como elemento finito, y realmente se puede considerar un pilar, u otro elemento en función de sus dimensiones. Tanto vigas como forjados y pilares se unen a las paredes del muro a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección.

CEMENTO: Los cementos que se emplearán en la ejecución de los elementos estructurales cumplirán lo especificado en la "Instrucción para la recepción de cementos RC-07".

## **ESTRUCTURA METÁLICA**

Se ha dimensionado según los métodos contenidos en el CTE-SE-EA que se reproducen de nuevo en este anexo de cálculo

### **Criterios de verificación**

La verificación de los elementos estructurales de acero se ha realizado mediante programa informático

Nombre del programa: CYPE Ingenieros METAL 3D

Programa matricial de cálculo de estructuras.

Se ha utilizado para la obtención de esfuerzos y la evaluación de las deformaciones, así como para la comprobación de los perfiles.

En el dimensionado de los perfiles, el factor clave ha sido la limitación de deformación del conjunto, estando los distintos elementos bastante holgados en cuanto a resistencia.

Se han seguido los criterios indicados en el Código Técnico para realizar la verificación de la estructura en base a los siguientes estados límites:

Estado límite último:

Se comprueba los estados relacionados con fallos estructurales como son la estabilidad y la resistencia.

Estado límite de servicio:

Se comprueba los estados relacionados con el comportamiento estructural en servicio.

### **Bases de cálculo:**

La determinación de tensiones y deformaciones, y las comprobaciones de la estabilidad estática y elástica de la estructura, se han realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad, aunque admitiéndose ocasionalmente estados plásticos locales. Empleando estos métodos de cálculo, suponiendo la estructura sometida a las acciones ponderadas de acuerdo con la norma CTE DB SE-A y eligiendo en cada caso la combinación de acciones más desfavorable, se ha comprobado que el conjunto estructural y cada uno de sus elementos son estáticamente estables, y que las tensiones así calculadas no sobrepasan las condiciones de agotamiento fijadas en la misma norma. En el cálculo de los elementos comprimidos se ha tenido en cuenta el pandeo. También se ha comprobado que, sometida la estructura a las acciones características de servicio (coeficiente de ponderación igual a 1) y eligiendo las combinaciones de acciones más desfavorables, no se sobrepasan las deformaciones máximas previamente establecidas.

### **Modelado y análisis**

El análisis de la estructura se ha basado en un modelo que proporciona una previsión suficientemente precisa del comportamiento de la misma.

ANEXO 2: CÁLCULO DE ESTRUCTURA  
PROYECTO REFORMADO DE BÁSICO Y PROYECTO DE EJECUCIÓN FASE I  
AMPLIACIÓN CEIP RAMÓN OTERO PEDRAYO. A LARACHA. A CORUÑA

Las condiciones de apoyo que se consideran en los cálculos corresponden con las disposiciones constructivas previstas.

Se consideran a su vez los incrementos producidos en los esfuerzos por causa de las deformaciones (efectos de 2º orden) allí donde no resulten despreciables.

Las vigas principales de la estructura en planta se consideran articuladas en uno de sus extremos, y con apoyo deslizando en el opuesto.

En el análisis estructural se han tenido en cuenta las diferentes fases de la construcción.

Durante el proceso constructivo no se producen solicitaciones que aumenten las inicialmente previstas para la entrada en servicio del edificio

### Geometría

En la dimensión de la geometría de los elementos estructurales se ha utilizado como valor de cálculo el valor nominal de proyecto.

### Durabilidad

Se han considerado las estipulaciones del apartado “3 Durabilidad” del “Documento Básico SE-A. Seguridad estructural. Estructuras de acero”,

### Materiales

ESTRUCTURA DE ACERO. CUADRO DE CARACTERISTICAS ADECUADO AL CTE DB SE-A		
DESCRIPCION DEL ELEMENTO		Toda la obra
ELEMENTOS DE ACERO LAMINADO		
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S275JR
	Límite elástico (N/mm <sup>2</sup> )	26
Acero en Chapas	Clase y Designación	S275JR
	Límite elástico (N/mm <sup>2</sup> )	26
ELEMENTOS DE ACERO CONFORMADO		
Acero en Perfiles	Clase y Designación	S275JR
	Límite elástico (N/mm <sup>2</sup> )	26

Módulo de elasticidad longitudinal: 2100000 Kg / cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad transversal: 810000 Kg / cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Poisson: 0.30

Coefficiente de dilatación térmica: 0.000012 m / m °C

### Control de ejecución

Durante la ejecución de la estructura, tanto en su elaboración en taller como en los trabajos de obra, será necesario llevar a cabo controles de calidad que garanticen la correcta ejecución.

Estos controles serán realizados por un laboratorio homologado y se ajustarán a lo establecido en el documento de control de calidad que se adjunta anexo a esta memoria.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES, NIVELES DE CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

Los materiales que se emplearán en la estructura y sus características más importantes, así como los niveles de control previstos y sus coeficientes de seguridad correspondientes, son los que se expresan en planos de estructura- (en caso de datos contradictorios es válido lo contenido en planos, ante cualquier otro documento –memoria o mediciones-)

### Módulo de elasticidad

Para tener en cuenta la variación del módulo de elasticidad con el tiempo se ha considerado la siguiente expresión:

$$E_c(t) = E_{c,28} \sqrt[3]{e^{s \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right)}}$$

Siendo:

$E_c(t)$  módulo de elasticidad en el instante  $t$

$E_{c,28}$  módulo de elasticidad a los 28 días

$T$  instante considerado, expresado en días, a partir de la fecha de hormigonado

$s$  parámetro función del tipo de cemento:

0,20 para cementos de alta resistencia con endurecimiento rápido

0,25 para cementos de resistencia normal con endurecimiento normal

Para  $E_{c,28}$  se toma el valor:

$$E_{c,28} = 10.000 \sqrt[3]{f_{ck} + 8}$$

con  $f_{ck}$  y  $E_{c,28}$  en  $[N/mm^2]$

### Coeficiente de dilatación térmica

Se considera un valor de  $\alpha = 1,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

### Acero de armar

Resistencia y designación

Para todos los casos se considera acero B 400 S.

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de  $E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ .

### Acero estructural

Resistencia y designación

Se ha adoptado el acero S-275-JR para perfiles laminados y para chapas. El límite elástico garantizado es de  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ .

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de  $E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ .

### Niveles de control

El control de calidad de los elementos abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

### Elementos de hormigón armado

#### Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero de armar se efectuará según lo establecido en la "Instrucción de Hormigón Estructural EHE".

El control de los hormigones de proyecto es "Estadístico"

#### Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la Instrucción EHE.

El control de ejecución adoptado en proyecto es "normal"

### Coeficientes parciales de seguridad para la resistencia

Los controles anteriormente definidos están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia, adoptados en los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia adoptados son:

Hormigón	$\gamma_c = 1,50$
Acero de armar	$\gamma_s = 1,15$
Acero estructural	$\gamma_s = 1,05$

### ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITES DE DEFORMACION.

#### Asientos admisibles de la cimentación.

De acuerdo con la Norma DB-SE-C, en función del tipo de terreno y de las características del edificio, se acepta como asiento general máximo admisible de la cimentación, el valor de 50 mm

#### Límites de deformación de la estructura.

El cálculo de las deformaciones se ha realizado para condiciones de servicio, estimando coeficientes de minoración de resistencias de valor 1, coeficientes de mayoración de acciones desfavorables (o favorables permanentes) de valor 1, y de valor nulo para acciones favorables no permanentes.

#### Hormigón armado/madera

Para el cálculo de las flechas de los elementos sometidos a flexión, se han tenido en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, y se han considerado los momentos de inercia equivalentes de las secciones fisuradas.

Para cálculos de deformación se han considerado las mejoras del módulo de elasticidad para árido granítico y para su edad real, así como su grado de humedad y temperatura.

FLECHAS MAXIMAS RELATIVAS Y ABSOLUTAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGON ARMADO		
Estructura no solidaria con otros elementos  FLECHAS TOTALES MAXIMAS	Estructura solidaria con otros elementos FLECHAS ACTIVAS MAXIMAS	
	Elementos flexibles	Elementos rígidos
$\delta/L < 1/250$ y $L/500 + 1\text{cm}$	$\delta/L < 1/400$ y $L/800 + 0,6\text{cm}$	$\delta/L < 1/500$ y $L/1000 + 0,5\text{cm}$



## ACCIONES ADOPTADAS EN CÁLCULO

### Valores representativos de las acciones

Las acciones se definen, en su magnitud, por sus valores representativos.

Una misma acción puede tener un único o varios valores representativos, según se indica a continuación, en función del tipo de acción.

#### Acciones permanentes (G)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico  $G_k$ .

#### Acciones permanentes de valor no constante ( $G^*$ )

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico  $G_k^*$ .

#### Acciones variables (Q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

- Valor característico  $Q_k$ : Valor de la acción cuando actúa aisladamente.
- Valor de combinación  $\psi_0 Q_k$ : Valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.
- Valor frecuente  $\psi_1 Q_k$ : Valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- Valor casi-permanente  $\psi_2 Q_k$ : Valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Los valores de los coeficientes  $\psi$  son los siguientes:

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga de uso (calzadas y garajes)	0,7	0,7	0,6
Sobrecarga de nieve	0,6	0,2	0,0
Acción eólica	0,6	0,5	0,0

#### Acciones accidentales (A)

Para las acciones accidentales se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico  $A_k$ .

### Valores de cálculo de las acciones

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad  $\gamma$  a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

### Estados Límites Últimos (E.L.U.)

Para los coeficientes parciales de seguridad  $\gamma_F$  se tomarán los siguientes valores básicos:

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
		Efecto favorable	Efecto desfav.	Efecto favorable	Efecto desfav.
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes de valor no constante	Reológicas	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G G^* = 1,35$	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,0$
	Acciones del terreno	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,50$	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,0$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$
Acciones accidentales		--	--	$\gamma_A = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$

### Estados Límites de Servicio (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad  $\gamma$  se tomarán los siguientes valores:

Concepto	Situaciones persistentes y transitorias	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes de valor de constante	$\gamma_G^* = 1,0$	$\gamma_G^* = 1,0$
Acciones variables	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$

### Combinación de acciones

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

### Estados Límites Últimos

#### Situaciones persistentes y transitorias

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Donde:

$G_{k,j}$  valor representativo de cada acción permanente

$G^*_{k,i}$  valor representativo de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$  valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$  valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

### Situaciones accidentales

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} + \gamma_A A_k$$

Donde:

$G_{k,j}$ ;  $G^*_{k,i}$  valores representativos.

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$  valor representativo (valor frecuente) de la acción variable dominante

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$  valores representativos (valores casi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental

$A_k$  valor representativo (valor característico) de la acción accidental

En este caso se consideran las combinaciones derivadas de la acción sísmica accidental.

### Estados Límites de Servicio

Para estos estados se consideran únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

### ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO

Los valores de las acciones sobre el edificio se han determinado para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio establecidos en el DB-SE

ACCIONES GRAVITATORIAS PESO DE LA OBRA	
FORJADO SANITARIO	
Peso propio forjado unidireccional (25+5 cm):	3,50 KN/m2
Cargas muertas	1,20 KN/m2
Uso público	5,00 KN/m2
<b>TOTAL:</b>	<b>9,70 KN/m2</b>

ANEXO 2: CÁLCULO DE ESTRUCTURA  
PROYECTO REFORMADO DE BÁSICO Y PROYECTO DE EJECUCIÓN FASE I  
AMPLIACIÓN CEIP RAMÓN OTERO PEDRAYO. A LARACHA. A CORUÑA

CUBIERTA	
Peso propio forjado unidireccional (25+5 cm):	3,50 KN/m <sup>2</sup>
Cargas muertas	0,80 KN/m <sup>2</sup>
Uso cubrición + nieve (no simultánea)	1,00 KN/m <sup>2</sup>
<b>TOTAL:</b>	<b>5,30 KN/m<sup>2</sup></b>
FACHADA	<b>TOTAL: 10,00 KN/m</b>
PARTICIONES PESADAS	<b>TOTAL: 5,00 KN/m</b>
No se considera ninguna reducción de sobrecargas	
<b>ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS</b>	
<p>De acuerdo con DB-SE, estas acciones se han tenido en cuenta a la hora de tomar la decisión de disponer juntas de dilatación, para lo que se ha recurrido a distancias inferiores aproximadamente a 50 metros.</p> <p>Para el cálculo de las deformaciones térmicas, se ha adoptado para la estructura un Coeficiente de Dilatación Térmica de valor <math>11 \times 10^{-6}</math> m/m °C en hormigón.</p> <p>Con el fin de evitar problemas de retracción, el plan de hormigonado de forjados debe ser explícitamente aprobado por la Dirección Facultativa. Como referencia pueden tomarse unas dimensiones de 20 m. De longitud, para que no existan mayores problemas.</p>	
<b>ACCIONES EÓLICAS</b>	
Consideradas según DB-SE-AE, para una zona C en situación normal y entorno urbano, considerando el viento actuando perpendicular a las fachadas.	
<b>ACCIONES SÍSMICAS</b>	
Se han considerado, con una aceleración básica de 0.04 g, una amortiguación del 5%, con ductilidad baja y un tipo de terreno 2. Se mantienen los criterios de diseño de dicha normativa (NCSE-02), sobre todo en cuanto arriostramiento horizontal de pórticos y de cimentación	
<b>ACCIONES DEL TERRENO</b>	
<p>En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno, sobre los elementos de la estructura en contacto con él, fundamentalmente: muros de contención y cimentaciones.</p> <p>La acción del terreno sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.</p> <p>El peso se determinará aplicando al volumen de terreno que gravita sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del relleno vertido y compactado.</p> <p>El empuje es función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura, de acuerdo con la formulación que se describe más adelante.</p> <p>En ningún caso, en que su actuación sea desfavorable para el efecto estudiado, el valor del empuje será inferior al equivalente empuje hidrostático de un fluido de peso específico igual a 0,5 t/m<sup>3</sup>.</p> <p>En el caso en que exista una incertidumbre sobre la posible actuación del empuje de tierras, deberá no considerarse en los casos en que su actuación sea favorable para el efecto en estudio.</p> <p><u>Empuje activo</u></p>	

A efectos del cálculo de estabilidad y tensiones en el terreno, se considera una ley triangular, actuando sobre un plano vertical desde la parte final del talón. La ley de empujes es efectiva desde la superficie del terreno. Los coeficientes de empuje considerados han sido los que proporciona el Estado de Rankine:

$$\lambda_h = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

$$\lambda_v = \sin \beta \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje vertical}$$

Siendo:

$\varphi$  ángulo de rozamiento interno del relleno

$\beta$  ángulo que forma el talud de coronación con la horizontal

A efectos del cálculo estructural del alzado del muro, se considera una ley triangular actuando desde la sección inferior del mismo hasta su coronación. Se admite que el relleno del trasdós es de la suficiente calidad como para suponer que el empuje es el correspondiente al Estado de Coulomb, con un ángulo de rozamiento tierras-muro de  $\delta$ .

$$\lambda_h = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

siendo:

$\delta$  ángulo de rozamiento tierras-muro

$\alpha$  ángulo que forma el trasdós con la horizontal

#### Empuje pasivo

Para la evaluación del empuje pasivo se supone una ley triangular actuando desde la parte superior de la puntera, sin tener en cuenta, por tanto, el relleno situado sobre la misma.

$$\lambda_h = 0,5 \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

Se considera un coeficiente parcial de seguridad de 0,5 en la formulación de Rankine, para tener en cuenta la incertidumbre en el valor de esta acción.

Se considerarán las mismas características que las indicadas en el estudio geotécnico, a las que se remite el presente apartado.

A efectos de cálculos de empujes de terreno se han considerado:

Peso específico aparente: 1.80 tn/m<sup>2</sup>

Ángulo de rozamiento interno 30°

Ángulo de rozamiento terreno/muro 0°

Empuje pasivo no considerado

Cohesión 0 kg/cm<sup>2</sup>

Para el cálculo de empujes se considera la teoría de Coulomb.

ANEXO 2: CÁLCULO DE ESTRUCTURA  
PROYECTO REFORMADO DE BÁSICO Y PROYECTO DE EJECUCIÓN FASE I  
AMPLIACIÓN CEIP RAMÓN OTERO PEDRAYO. A LARACHA. A CORUÑA

En Santiago de Compostela, a 13 de octubre de 2014

FIRMA REDACTOR PROYECTO:

Fdo.: Miguel VARELA DE UGARTE, Arquitecto C.O.A.G. nº 2.832