

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

1.- MÉTODOS DE CÁLCULO

Los cálculos efectuados para la definición de la estructura satisfacen las especificaciones del CTE, RD 314/2006 de 17 de marzo, y en particular los Documentos Básicos siguientes:

Acciones: CTE DB SE-AE

Viento : CTE DB SE-AE

Hormigón: EHE, EFHE

Acero : CTE DB SE-A

Otras : CTE DB SE-C, CTE DB SI

, salvo en lo que se refiere a los valores de algunos límites de deformación, caso en el que se satisfacen las especificaciones del Eurocódigo 3, por considerar que éstas son más adecuadas para el proyecto de estructuras de acero de naves industriales y que, además, no disminuyen el nivel de seguridad establecido en el CTE.

1.2.- LÍMITES DE DEFORMACIÓN

ESTRUCTURA SECUNDARIA:

a) En dinteles de cierre frontal: $L/300$, siendo L la separación de cálculo (a ejes) entre los soportes del cierre frontal (NBE-EA-95).

b) En soportes de cierre frontal: $H/150$, siendo H la longitud del soporte.

c) En correas de cubierta y fachada: $M/250$; siendo M la modulación.

1.3.- COEFICIENTES DE PONDERACIÓN, DEFORMACIÓN Y RESISTENCIA

a) Para la comprobación de las condiciones de resistencia, y según el criterio del CTE, han de utilizarse los siguientes coeficientes de ponderación:

-Para las acciones permanentes que originen una situación persistente o transitoria:

1. desfavorable:

- Peso propio, peso del terreno: 1.35

- Empuje del terreno: 1.35

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

- Presión del agua: 1.20

2. favorable:

- Peso propio, peso del terreno: 0.80

- Empuje del terreno: 0.70

- Presión del agua: 0.90

-Para cada acción variable:

1. desfavorable: 1.50

2. favorable: 0

b) Para la comprobación de las condiciones de estabilidad según el criterio del CTE, han de utilizarse los siguientes coeficientes:

-Para las acciones permanentes que originen una situación persistente o transitoria:

1. desestabilizadora:

- Peso propio, peso del terreno: 1.10

- Empuje del terreno: 1.35

- Presión del agua: 1.05

2. estabilizadora:

- Peso propio, peso del terreno: 0.90

- Empuje del terreno: 0.80

- Presión del agua: 0.95

-Para cada acción variable:

1. desfavorable: 1.50

2. favorable: 0

c) En la resistencia de cálculo de los aceros, se han utilizado minoración según el tipo de material y mecanismo de rotura considerados. En nuestro caso, tendremos:

- $\gamma_{M0}=1.05$, coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

- $\gamma_{M1}=1.05$, coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.
- $\gamma_{M2}=1.25$, coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección y a la resistencia de los medios de unión.

En el caso particular que nos ocupa, y según los datos obtenidos del programa de cálculo utilizado (TRICALC 7.5 de la casa Arktec con licencia nº 76971999), tendremos lo siguiente:

MÉTODO DEL CÁLCULO DE ESFUERZOS

Método avanzado

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN

Cargas permanentes:

Hipótesis 0 1,50 1,35

Cargas variables:

Hipótesis 1/ 2 1,60;1,60 1,50;1,50

Hipótesis 7/ 8 1,60;1,60 1,50;1,50

Hipótesis 9/10 1,60;1,60 1,50;1,50

Cargas de viento no simultáneas:

Hipótesis 3/ 4 1,60;1,60 1,50;1,50

Hipótesis 25/26 1,60;1,60 1,50;1,50

Cargas móviles:

Hipótesis 11 1,60 1,50

Hipótesis 12 1,60 1,50

Hipótesis 13 1,60 1,50

Hipótesis 14 1,60 1,50

Hipótesis 15 1,60 1,50

Hipótesis 16 1,60 1,50

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

Cargas de temperatura:

Hipótesis 21 1,60 1,50

Cargas de nieve:

Hipótesis 22 1,60 1,50

Carga accidental:

Hipótesis 23 1,00 1,00

OPCIONES DE CARGAS

Viento activo Sentido+- deshabilitado

Sismo no activo

Se considera el Peso propio de las barras

MATERIALES DE ESTRUCTURA

Acero S275JR en perfiles laminados y conformados, utilizados en vigas, placas de anclaje y correas, según planos y cálculos de proyecto para formación de cubierta del aula 3, zona ampliada.

Acero laminado S275

Límite elástico 2804 Kg/cm²

Coefficiente de minoración 1,05; 1,05; 1,25

MATERIALES DE CIMENTACIÓN

Hormigón HA25 255 Kg/cm²

Acero corrugado B 500 S 5098 Kg/cm² Dureza Natural

Nivel de control:

Acero: Normal 1,15

Hormigón: 1,50

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

COEFICIENTES DE COMBINACIÓN

Hormigón/ Eurocódigo / Código Técnico de la Edificación

Gravitatorias 0,70 0,50 0,30

Móviles 0,70 0,50 0,30

Viento 0,60 0,50 0,00

Nieve 0,50 0,20 0,00

Temperatura 0,60 0,50 0,00

OPCIONES DE CARGAS DE VIENTO

Presión global del viento $q_b \cdot c_e$ (kg/m²) 50

Dirección 1

Vector dirección 1,00; 0,00; 0,00

Hipótesis 3

Dirección 2

Vector dirección 0,00; 0,00; -1,00

Hipótesis 4

Dirección 3

Vector dirección -1,00; 0,00; 0,00

Hipótesis 3

Dirección 4

Vector dirección 0,00; 0,00; -1,00

Hipótesis 26

Modo de reparto continuo en barras

Superficie actuante: Fachada

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

2.- OBTENCIÓN DE SOLICITACIONES

2.1.- DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA LA BÚSQUEDA DEL MODELO DE ANÁLISIS.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando las barras los elementos que definen la estructura: muros de fachada de carga, vigas, brochales y viguetas.

Para la realización del cálculo se ha empleado el programa Tricalc 7.5 de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales, de la empresa ARKTEC.

La estructura de la cubierta se ha definido como una malla tridimensional compuesta por barras y nudos. Se considera barra al elemento que une dos nudos. Las barras son de directriz recta, de sección constante entre sus nudos, y de longitud igual a la distancia entre el origen de los ejes locales de sus nudos extremos.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático 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 diseña de la siguiente manera:

- 1. Los **muros de carga** que apoyan sobre los muros de hormigón armado de la cimentación y que sirven de cerramiento de las fachadas además de servir de soporte de la cubierta.
- 2. Las **vigas y brochales** se definen en planta fijando nudos en la intersección de los muros de fachada y el forjado existente que forma el techo de la planta baja, así como en los puntos de corte de las viguetas con las vigas. Así se crean nudos en el eje y en los bordes laterales.
- 3. Las **vigas inclinadas** se definen entre dos puntos que están en diferente nivel o planta, creándose dos nudos en dichas intersecciones, en el nivel inferior se apoyan y anclan sobre los muros que forman el cerramiento y en el nivel superior se anclan a la placa existente mediante las correspondientes placas de anclaje.

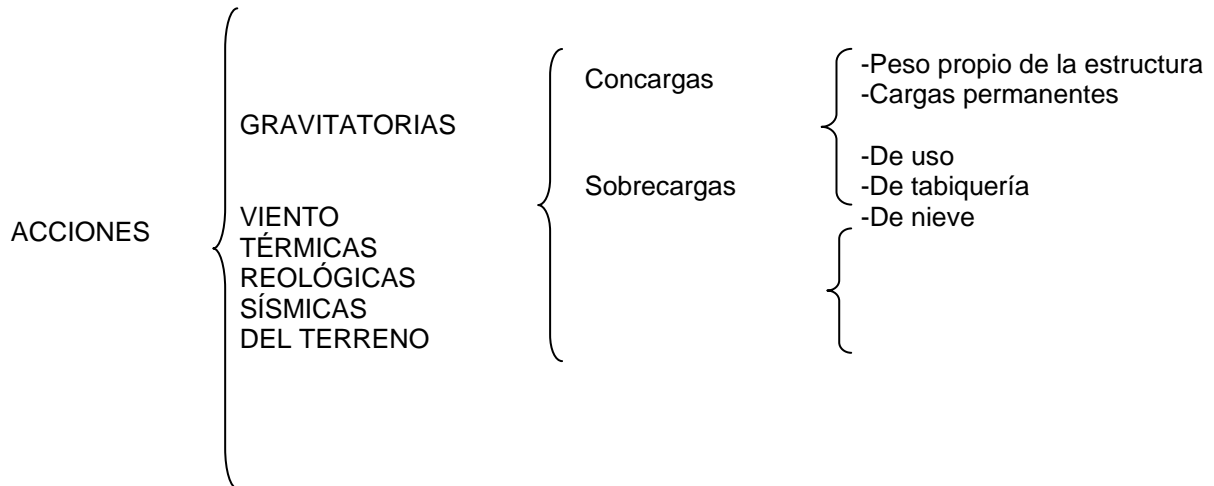
Se crea por tanto un conjunto de nudos generales de dimensión finita en los muros de carga del cerramiento y vigas cuyos nudos asociados son los definidos en las intersecciones entre ellos.

Dado que están relacionados entre sí por la compatibilidad de deformaciones podemos resolver la matriz de rigidez general y las asociadas y obtener los desplazamientos y los esfuerzos en todos los elementos.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

3.- ACCIONES EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.

Las acciones que actúan sobre la edificación se resumen en el siguiente sinóptico:



Las acciones consideradas para el cálculo de la estructura metálica han sido las siguientes:

3.1.- ACCIONES GRAVITATORIAS:

a) Peso propio de la estructura:

Se considera un peso específico para el acero laminado de 7.850Kg/m^3 .

b) Cargas cubierta:

-Peso panel de cubierta + correas: 20 Kg/m^2

-Sobrecarga de nieve: 60Kg/m^2 .

3.2.- VIENTO

-Según el CTE DB SE-AE, se considera una carga de viento, expresada por su presión global $q_b(52\text{kg/m}^2)$.

Los coeficientes eólicos correspondientes para cada edificación se han determinado en función de la dirección relativa del viento con respecto a las mismas, de la forma de cada edificio, de la exposición del elemento considerado y de su área de influencia.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

3.3.- ACCIONES SÍSMICAS

La aceleración sísmica básica, a_b , expresada en relación al valor de la gravedad, g , viene indicada en el mapa de peligrosidad sísmica del Territorio Nacional. Este es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, necesario para la obtención de la aceleración sísmica de cálculo, que queda de finida como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_b = aceleración sísmica básica, valor característico de la aceleración horizontal de la superficie.

ρ = coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de la vida para la que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

Construcciones de importancia normal $\rho=1,0$

Construcciones de importancia especial $\rho=1,3$

S = Coeficiente de ampliación del terreno, que toma el valor:

$$\text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g \quad \Rightarrow S = C/1,25$$

$$\text{Para } 0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g \quad \Rightarrow S = C/1,25 + 3,33 \cdot (\rho \cdot (a_b/g) - 0,1) \cdot (1 - (C/1,25))$$

$$\text{Para } 0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b \quad \Rightarrow S = 1,0$$

C = Coeficiente del terreno que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación, y se clasifica en los cuatro tipos siguientes:

Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso.

Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s > 750 \text{ m/s}$.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750\text{m/s} \geq V_s > 400\text{m/s}$.

Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme o muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400\text{m/s} \geq V_s > 200\text{m/s}$.

Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s \leq 200\text{m/s}$.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna un valor del coeficiente C indicado en la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Aceleración sísmica de cálculo

De acuerdo a la Norma de Construcción sismorresistente (NCSE-02), la aceleración sísmica básica en la zona donde se construirá la nave es $a_b < 0,04\text{g}$, por lo que no es necesaria la aplicación de cargas sísmicas en el cálculo de la estructura y cimentación.

4.- TIPO DE ANÁLISIS EFECTUADO

El análisis realizado es de tipo estático lineal de primer orden.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

5.- DIMENSIONAMIENTO DE SECCIONES

Modelo de comportamiento de los materiales estructurales:

Diagrama Tensión-Deformación adoptado:

- Madera
- Hormigón PARABOLA-RECTANGULO
- Ladrillo
- Acero

Modelo de dimensionamiento utilizado:

Estados límites ☐ Tensiones admisibles ☒

6.- TERRENO Y CIMENTACION

6.- PRESIONES DEL TERRENO DE CIMENTACION:

Se ha adoptado como presión admisible del terreno de cimentación, para cota de apoyo de la misma el valor de:

$$T_{adm.} = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$$

6.1.- EMPUJE DE TERRENOS

En los elementos estructurales sometidos a empuje de terrenos, tales como muros de cimentación de tierras, se tendrían en cuenta las previsiones del capítulo 9º de la Norma NBE-AE-88 referentes a las características del terreno según la tabla 9.1. y las consideraciones del CTE.

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

7.- CARACTERISTICAS RESISTENTES DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES

7.1.- ESTRUCTURAS DE ACERO

Clase de acero S-275-JR

Limite elástico garantizado

- espesores ≤ 40 mm 2.750 kp/cm²

- espesores > 40 mm 2.650 kp/cm²

Coeficiente de dilatación térmica 0,000012 m/m°C

Módulo de elasticidad $E=2.100.000$ kg/cm²

Módulo de elasticidad transversal $G=810.000$ kg/cm²

Coeficiente de poisson $\nu = 0,30$

Ensayos y controles EA-95

Coeficiente de minoración de resistencias 1,0 EA-95

7.2.- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

COMPONENTES

• ACERO

- BARRAS

Tipo (EHE) barras corrugadas

Limite elástico

- B 400 S $f_{yk} = 4.100$ kp/cm²

- B 500 S $f_{yk} = 5.100$ kp/cm²

Nivel de control (EHE) NORMAL

Coeficiente de minoración (γ_s) 1,15

- MALLAS

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

Tipo (EHE) barras corrugadas

Límite elástico

- B 500 S $f_{yk} = 5.100 \text{ kp/cm}^2$

Nivel de control (EHE) NORMAL

Coeficiente de minoración (γ_S) 1,15

• HORMIGÓN

Resistencia de proyecto: f_{ck}

- pilares, muros $0,9 \times 250 \text{ kp/cm}^2$

- vigas, zunchos y losas 250 kp/cm^2

- zapatas de cimentación 250 kp/cm^2

Diagrama Tensión-Deformación PARABOLA-RECTANGULO

Módulo de deformación longitudinal $E = 19.000 \sqrt{f_{ck}} \text{ kp/cm}^2$

Coeficiente de dilatación térmica $0,000011 \text{ m/m}^\circ\text{C}$

Coeficiente de retracción $0,25 \text{ mm/m}$

Coeficiente de Poisson $\nu = 0,20$

Nivel de control NORMAL

Coeficiente de minoración (γ_C) 1,5

8.- ENSAYOS A EFECTUAR.

8.1.- HORMIGÓN ARMADO

Los ensayos de control que se efectuarán durante la obra sobre los materiales, serán los que especifica la norma EHE-08, según los niveles de control establecidos en el punto anterior.

9.- ASIENTOS ADMISIBLES Y LÍMITES DE DEFORMACION.

Asientos admisibles de la cimentación.- 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 1".

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

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.

Las flechas máximas admisibles para la estructura metálica serán las indicadas en la norma CTE.

10.- COMBINACIONES DE ACCIONES

Los elementos resistentes se han calculado teniendo en cuenta las solicitaciones correspondientes a las combinaciones de acciones más desfavorables.

11.- REDUCCION DE SOBRECARGAS

No se han aplicado.

12.- CARACTERISTICAS DE LA CIMENTACIÓN

El terreno donde se va a cimentar la obra, a la profundidad prevista para cimentar se encuentra bastante compacto.

El nivel freático se encuentra a mayor profundidad que la prevista para la cimentación.

De todo lo visto y de la experiencia de obra realizada el año 2014 en el mismo lugar adosado al mismo edificio, (el porche cubierto) se ha llegado a la conclusión de que la cimentación mas adecuada es una cimentación superficial a base de zapata corrida de hormigón armado, con una presión máxima admisible sobre el terreno de dos kilogramos por centímetro cuadrado (2.0 kg/cm²).

En todo caso se deberá comprobar durante la ejecución de las obras que las premisas de partida son realmente validas y que por tanto lo es también la cimentación prevista.

12.1.- Tipo de materiales de cimentación

Los materiales utilizados en la cimentación son los siguientes:

Estructura de cubierta de ampliación aula 3 - Memoria de cálculo

- Cemento del tipo medio, con una resistencia mínima a compresión a los 28 días de 350 kp/cm².
- Agua y áridos cumpliendo lo establecido en la EHE-99
- Barras de acero corrugadas de calidad B-500 S.
- Mallas electrosoldadas de acero corrugado B-500 S.
- Hormigón H-250

Todos los materiales cumplirán con lo establecido en el pliego de condiciones y la EHE-99.

12.2.- Tipología de la cimentación

La cimentación, como se puede ver en los planos se resuelve de la siguiente manera:

En la ampliación del aula 3, se realiza la cimentación mediante zapata corrida de hormigón armado sobre la que se realiza un murete de H.A. que sirve de base para realizar el cerramiento de la fachada del aula que está previsto mediante fábrica de ladrillo perforado colocado a ½ pie y un segundo tabique de ladrillo hueco doble, que transmiten los esfuerzos de la estructura de la cubierta al terreno.

La tipología y configuración de cimentaciones se encuentra representada en el plano de cimentación.

13.- CROQUIS Y LISTADOS DE CÁLCULO

Se adjuntan planos generales y de detalle en el proyecto como justificación a la solución adoptada para la ejecución de la estructura metálica de la cubierta, los muros del cerramiento y su correspondiente cimentación.

Chantada, marzo de 2.015

El Arquitecto
Fdo. Jesús Regal Vázquez