



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos

# **DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE DEPÓSITO PARA REGADÍO UBICADO EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)**

## **ANEJO I CÁLCULO DE ESTRUCTURAS**

**Alumno: RAFAEL CRESPO ASUNCIÓN**

**Dirigido por: CARLOS MIGUEL GISBERT DOMENECH**

**(Depto. Ingeniería de la construcción, UPV)**

**Grado en Ingeniería de Obras Públicas  
Curso 2016/17**

**Fecha: 05/2017**



# ÍNDICE

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | INTRODUCCIÓN                                    | 8  |
| 2       | DATOS DE PARTIDA                                | 8  |
| 3       | DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS                        | 9  |
| 4       | MODELOS FISICO-MATEMÁTICOS                      | 10 |
| 5       | BASES DE CALCULO                                | 11 |
| 5.1     | NORMATIVA UTILIZADA                             | 11 |
| 5.2     | MATERIALES                                      | 11 |
| 5.2.1   | Tipo de ambiente                                | 12 |
| 5.2.1.1 | Agresividad del suelo                           | 12 |
| 5.2.1.2 | Agresividad del agua freática                   | 12 |
| 5.2.1.3 | Agresividad por utilización                     | 13 |
| 5.2.2   | Hormigón  | 15 |
| 5.2.2.1 | Relación agua/cemento                           | 15 |
| 5.2.2.2 | Tamaño máximo del árido                         | 16 |
| 5.2.2.3 | Tipo de árido                                   | 17 |
| 5.2.2.4 | Consistencia                                    | 18 |
| 5.2.2.5 | Cemento   | 18 |
| 5.2.2.6 | Recubrimiento mínimo                            | 22 |
| 5.2.3   | Acero   | 23 |
| 5.2.4   | Otros materiales                                | 24 |
| 5.2.4.1 | Hormigón de limpieza                            | 24 |
| 5.2.4.2 | Materiales para drenaje e impermeabilización    | 24 |
| 5.3     | ACCIONES  | 25 |
| 5.3.1   | Acciones permanentes (G)                        | 25 |
| 5.3.2   | Acciones permanentes de valor no constante (G*) | 26 |
| 5.3.3   | Acciones variables (Q)                          | 29 |
| 5.3.4   | Acciones accidentales (A)                       | 29 |
| 5.4     | COMBINACIÓN DE ACCIONES                         | 34 |
| 5.5     | HIPÓTESIS DE CARGA                              | 35 |
| 6       | CALCULO DE LAS ACCIONES                         | 37 |
| 6.1     | EMPUJES DEL TERRENO                             | 37 |





|         |  |    |
|---------|--|----|
| 6.1.1   | Empuje activo ( $E_a$ )  | 37 |
| 6.1.2   | Empuje al reposo ( $E_0$ )   | 41 |
| 6.1.3   | Empuje pasivo ( $E_p$ )  | 42 |
| 6.1.4   | Empuje incremental por sismo ( $\Delta E_a$ )  | 42 |
| 6.1.5   | Empuje debido a la sobrecarga de uso (SCU)   | 47 |
| 6.2     | EMPUJE HIDROESTÁTICO   | 47 |
| 7       | MODELO EXCEL   | 48 |
| 7.1     | MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMO<br>PLACA TRIEMPOTRADA. TABLAS DE BARES (1970)           | 48 |
| 7.1.1   | Sistemática de cálculo para el método de las<br>Tablas de Bares (1970)                     | 48 |
| 7.1.2   | Flectores verticales y horizontales en ELU y ELS   | 55 |
| 7.1.3   | Tracciones en ELU  | 62 |
| 7.1.4   | Cortantes en ELU   | 63 |
| 7.1.5   | Envoltentes de momentos flectores  | 64 |
| 7.2     | MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMO<br>MÉNSULA EMPOTRADA EN SU BASE                         | 67 |
| 7.2.1   | Sistemática de cálculo para el modelo de<br>ménsula empotrada                              | 67 |
| 7.2.2   | Flectores verticales y horizontales  | 69 |
| 7.2.3   | Cortantes en ELU   | 70 |
| 7.2.4   | Envoltentes de flectores   | 71 |
| 7.3     | SISTEMÁTICA DE CÁLCULO PARA EL<br>DIMENSIONAMIENTO SECCIONAL                               | 72 |
| 7.3.1   | Modelo resistente en rotura  | 72 |
| 7.3.1.1 | Hipótesis básicas  | 72 |
| 7.3.1.2 | Esfuerzos de agotamiento de la sección   | 74 |
| 7.3.2   | Proceso de dimensionamiento  | 75 |
| 7.3.3   | Resultados del dimensionamiento seccional  | 78 |
| 7.3.3.1 | Cuantías mínimas mecánicas   | 78 |
| 7.3.3.2 | Ejemplo de cálculo en Estado Límite<br>Último de flexión en la sección de<br>empotramiento | 81 |
| 7.3.3.3 | Resultados del dimensionamiento<br>seccional: Armado vertical de los<br>muros perimetrales | 83 |
| 7.3.3.4 | Resultados del dimensionamiento  |    |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
|         | seccional: Armado horizontal de los muros perimetrales  | 86  |
| 7.3.3.5 | Resultados del dimensionamiento seccional: Armado vertical del muro divisorio                     | 87  |
| 7.3.3.6 | Resultados del dimensionamiento seccional: Armado horizontal del muro divisorio                   | 88  |
| 7.4     | DIMENSIONAMIENTO SECCIONAL DEBIDO A LAS TRACCIONES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)                  | 89  |
| 8       | MODELO SAP2000  | 91  |
| 8.1     | MÉTODO DE CÁLCULO DEL MODELO SAP2000. MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)                       | 91  |
| 8.2     | DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS DE DILATACIÓN   | 92  |
| 8.3     | IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN DEL EMPUJE AL REPOSO                                     | 93  |
| 8.4     | COMBINACIÓN DE CARGAS   | 97  |
| 8.5     | ANÁLISIS DE CÁLCULO DE LOS FLECTORES VERTICALES Y HORIZONTALES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)      | 98  |
| 8.5.1   | Combinación Nº1: Empuje de tierras con sobrecarga de terreno en situación de depósito vacío       | 98  |
| 8.5.2   | Combinación Nº2: Depósito lleno sin empuje de tierras   | 99  |
| 8.5.3   | Combinación Nº3: Combinación sísmica  | 100 |
| 8.6     | ANÁLISIS DE CÁLCULO DE LOS FLECTORES VERTICALES Y HORIZONTALES EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS) | 101 |
| 8.6.1   | Combinación Nº5: Empuje de tierras en depósito lleno  | 101 |
| 8.6.2   | Combinación Nº6.a: Celda 1 llena-Celda 2 vacía  | 102 |
| 8.6.3   | Combinación Nº6.b: Celda 1 vacía-Celda 2 llena  | 103 |
| 8.7     | ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LAS TRACCIONES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)                                | 104 |
| 8.8     | ENVOLVENTE DE MOMENTOS FLECTORES  | 105 |
| 8.8.1   | Envolvente de flectores en ELU  | 105 |
| 8.8.2   | Envolvente de flectores en ELS  | 107 |



|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 8.9        | CUANTÍA DE ARMADURA PROPUESTA POR SAP2000 (ELU)   | 108 |
| 9          | COMPARACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS<br>RESULTADOS OBTENIDOS ENTRE EL MODELO<br>EXCEL Y EL MODELO SAP2000                            | 110 |
| 10         | ARMADO MÍNIMO GEOMÉTRICO  | 113 |
| 11         | ARMADO DEL ALZADO (ELU)   | 114 |
| 11.1       | ZONAS DE ARMADO   | 114 |
| 11.2       | ARMADO PROPUESTO  | 119 |
| 12         | COMPROBACIONES  | 119 |
| 12.1       | COMPROBACIÓN DEL ELS DE FISURACIÓN  | 119 |
| 12.1.1     | Resultados de la comprobación del ELS<br>de Fisuración  | 122 |
| 12.1.2     | Modificación del armado por consideraciones<br>de fisuración. Propuesta y valoración de<br>alternativas                               | 125 |
| 12.2       | COMPROBACIÓN DEL ELU DE CORTANTE  | 127 |
| 12.2.1     | Comprobaciones a realizar   | 127 |
| 12.2.2     | Resultados de la comprobación   | 131 |
| 13         | ARMADO A DISPONER   | 134 |
| 13.1       | ZONAS DE ARMADO   | 134 |
| 14         | SOLUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN  | 139 |
| 14.1       | ZAPATA PERIMETRAL   | 139 |
| 14.1.1     | Explicación y bases de cálculo de la<br>sistemática de dimensionamiento<br>diseñada. Consideraciones y simplificaciones<br>realizadas | 142 |
| 14.1.1.1   | Estabilidad   | 142 |
| 14.1.1.1.1 | Comprobación a hundimiento  | 142 |
| 14.1.1.1.2 | Comprobación a vuelco   | 145 |
| 14.1.1.1.3 | Comprobación a deslizamiento  | 145 |
| 14.1.1.2   | Dimensionamiento estructural  | 146 |
| 14.1.1.3   | Acciones a considerar   | 146 |
| 14.1.2     | Resultados  | 147 |
| 14.1.2.1   | Gráficas de estabilidad   | 147 |
| 14.1.2.1.1 | Seguridad frente a vuelco   | 147 |
| 14.1.2.1.2 | Seguridad frente a hundimiento  | 148 |



|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 14.1.2.2   | Gráficas para el dimensionamiento  | 150 |
|            | por criterios estructurales  | 150 |
| 14.1.2.2.1 | Fisuración   | 150 |
| 14.1.2.2.2 | Armado   | 151 |
| 14.1.2.2.3 | Cortante   | 154 |
| 14.1.3     | Geometría de la zapata perimetral  | 156 |
| 14.2       | ZAPATA DEL MURO DIVISORIO  | 158 |
| 14.2.1     | Resultados   | 159 |
| 14.2.1.1   | Gráficas de estabilidad  | 159 |
| 14.2.1.1.1 | Seguridad frente a vuelco  | 159 |
| 14.2.1.1.2 | Seguridad frente a hundimiento   | 159 |
| 14.2.1.2   | Gráficas para el dimensionamiento  | 160 |
|            | por criterios estructurales  | 160 |
| 14.2.1.2.1 | Fisuración   | 160 |
| 14.2.1.2.2 | Armado   | 161 |
| 14.2.1.2.3 | Cortante   | 161 |
| 14.2.2     | Geometría de la zapata del muro divisorio                                  | 163 |
| 14.3       | LOSA DE IMPERMEABILIZACIÓN   | 164 |
| 14.3.1     | Resultados del modelo Sap2000  | 166 |
| 14.3.1.1   | Esfuerzos en ELU   | 166 |
| 14.3.1.1.1 | Momentos (1-1)   | 166 |
| 14.3.1.1.2 | Momentos (2-2)   | 168 |
| 14.3.1.2   | Armado (ELU)   | 168 |
| 14.3.1.3   | Esfuerzos en ELS   | 169 |
| 14.3.1.3.1 | Momentos (1-1)   | 169 |
| 14.3.1.3.2 | Momentos (2-2)   | 170 |
| 14.3.1.4   | Armado por fisuración (ELS)  | 170 |
| 14.3.2     | Resultados del modelo Excel  | 171 |
| 15         | LONGITUDES DE ANCLAJE Y SOLAPE   | 172 |
| 16         | JUNTAS DE DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN   | 176 |
| 17         | DRENAJE  | 178 |
| 18         | MEDICIONES   | 180 |
| 19         | LISTADO DE CÁLCULOS  | 181 |
| 19.1       | CÁLCULOS RELATIVOS AL DIMENSIONAMIENTO FRENTE<br>A SOLICITACIONES NORMALES | 182 |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 19.1.1  | Zona R. ( $N_{MAX}-V_{MAX}-M_{MAX}$ )  | 182 |
| 19.1.2  | Zona R. ( $N_{MAX}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )  | 203 |
| 19.1.3  | Zona R. ( $N_{MIN}-V_{MAX}-M_{MAX}$ )  | 222 |
| 19.1.4  | Zona R. ( $N_{MIN}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )  | 242 |
| 19.1.5  | Zona A. ( $N_{MAX}-V_{MAX}-M_{MAX}$ )  | 262 |
| 19.1.6  | Zona A. ( $N_{MAX}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )  | 282 |
| 19.1.7  | Zona A. ( $N_{MIN}-V_{MAX}-M_{MAX}$ )  | 302 |
| 19.1.8  | Zona A. ( $N_{MIN}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )  | 322 |
| 19.1.9  | Muro divisorio. ( $N_{MAX}-V_{MAX}-M_{MAX}/N_{MAX}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )                              | 342 |
| 19.1.10 | Muro divisorio. ( $N_{MIN}-V_{MAX}-M_{MAX}/N_{MIN}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )                              | 362 |
| 19.2    | CÁLCULOS RELATIVOS A LA COMPROBACIÓN DEL ESTADO  |     |
|         | LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN   | 382 |
| 19.2.1  | Hipótesis de depósito vacío en zona R  | 382 |
| 19.2.2  | Hipótesis de empuje de tierras más sobrecarga de<br>Terreno en situación de depósito lleno. Zona A | 383 |
| 19.2.3  | Hipótesis de vaso vacío en zona A  | 384 |
| 19.2.4  | Hipótesis de vaso vacío en muro divisorio  | 385 |
| 19.2.5  | Resultados de las modificaciones   | 386 |
| 19.3    | CÁLCULOS RELATIVOS A LA COMPROBACIÓN DEL ESTADO  |     |
|         | LÍMITE ÚLTIMO DE CORTANTE  | 388 |

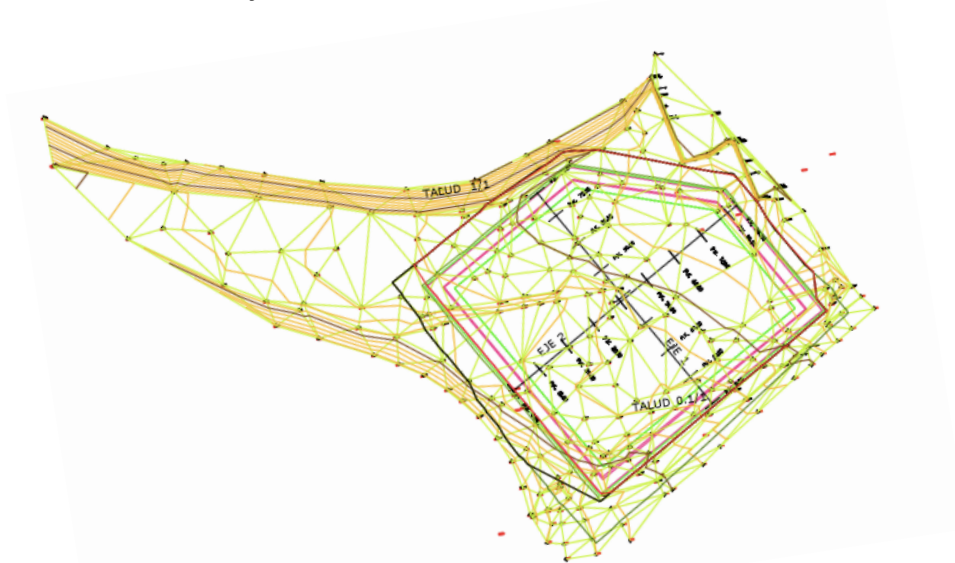


## 1-INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se realiza el análisis y diseño de la estructura de depósito para regadío ubicado en el término municipal de Picassent (Valencia). Se pretende la explicación detallada y sistemática de los modelos físico-matemáticos empleados para el cálculo de la estructura, de las hipótesis simplificativas que permitan abordar estos cálculos así como la presentación y valoración de los resultados del cálculo encaminados a la justificación de las decisiones adoptadas y el diseño óptimo de la estructura.

Se incorpora a este Anejo un estudio de soluciones para la cimentación de la obra junto con el desarrollo de un método de optimización de ésta que garantice la eficiencia de los recursos empleados.

Así mismo, en el documento Planos, se incluyen los planos constructivos en los cuales se ha tenido en cuenta las consideraciones propuestas en el desarrollo de este Anejo.



## 2-DATOS DE PARTIDA

En la redacción del presente anejo se ha contado con la siguiente información proporcionada por el peticionario:

- Informe geotécnico de la zona afectada.
- Geometría básica de la estructura.

### 3-DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Se pretende la realización de una balsa de agua para regadío situada en el término municipal de Picassent (Valencia), en la parcela 294 del polígono 34 (Realón), junto al canal Júcar-Turia.

La parcela tiene unas dimensiones totales de  $13.483 \text{ m}^2$  y contorno irregular. En proyecto, la balsa tiene una superficie de  $6.500 \text{ m}^2$  y forma cuadrada (con su esquina NE en chaflán), de 80 metros de lado, si bien esta disposición viene impuesta, quedando fuera del alcance del presente trabajo su determinación y avalando su posibilidad de realización el informe geotécnico pertinente. La capacidad del depósito se establece en  $31.100 \text{ m}^3$ , admitiendo un resguardo de 0,5 m.

Siendo el objeto de esta actuación el almacenamiento de agua para regadío se ejecutará un depósito sin cubierta, puesto que los requerimientos de calidad de agua destinada a este uso son menos restrictivos que los requerimientos para aguas potables.

Por condicionantes externos se impone la ejecución de un depósito cuasi enterrado, cuya pequeña variabilidad en el nivel de tierras permite considerarlo a efectos de cálculo, y así se hará en el presente anejo, como un depósito enterrado, quedando del lado de la seguridad y no existiendo condicionantes geotécnicos que desaconsejen esta disposición según el informe geotécnico de partida.

Se considera dividir el vaso del depósito en dos compartimentos para no interrumpir el servicio en caso de limpieza o reparación del mismo.



## 4-MODELOS FISICO-MATEMÁTICOS

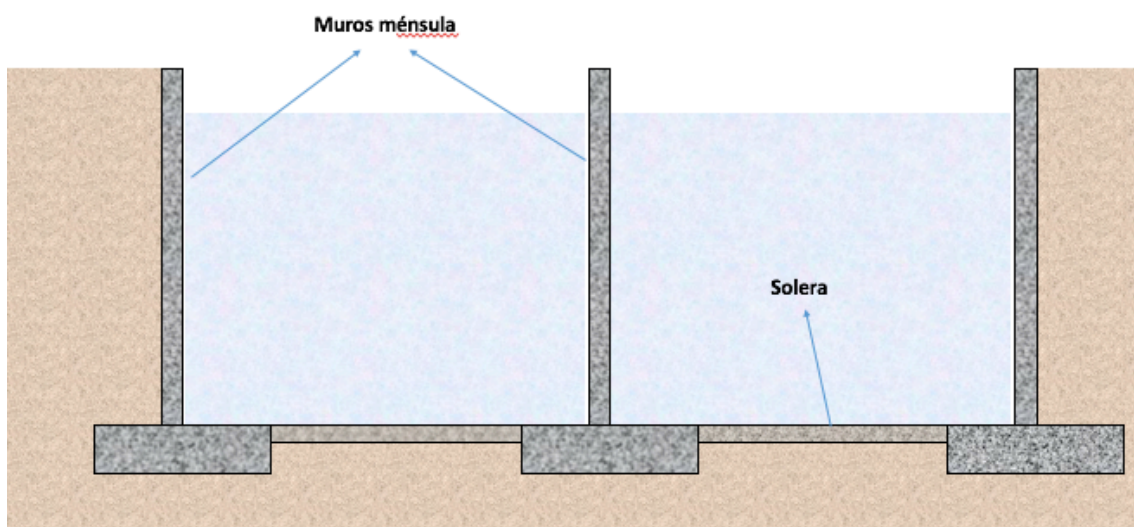
El diseño del depósito se realizará dividiendo éste en diferentes elementos estructurales, cada uno de los cuales va a ser modelizado en función del comportamiento esperado frente a las solicitaciones actuantes.

El alzado de los muros perimetrales y el del muro divisorio del depósito se idealizan como ménsula empotrada en cimentación para las zonas centrales de éstos, empleando para las zonas de nudos y esquinas el modelo de placas triempotradas.

Para la cimentación de los muros se desarrolla un método de predimensionamiento de ésta, atendiendo a los condicionantes de partida y a los criterios de diseño elegidos.

El fondo del depósito se materializará mediante una losa apoyada sobre el terreno y encajada entre los paramentos laterales de las zapatas.

Se emplearán varios modelos de cálculo simplificado, que se describirán en los capítulos posteriores. El modelo Excel nos permitirá establecer una aproximación al armado final del elemento, para su posterior comparación con los resultados, obtenidos mediante el empleo del programa comercial de cálculo de estructuras, SAP2000, de un modelo espacial de placas triempotradas, minimizando de esta forma los posibles errores cometidos en el empleo de dicho software, y se argumentarán las diferencias encontradas entre modelos.



## 5-BASES DE CÁLCULO

### 5.1-NORMATIVA UTILIZADA

A continuación se dispone la normativa que se ha seguido para la elaboración del presente anejo:

- Ministerio de Fomento. “EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural”, de 2008.
- Ministerio de Fomento. “Documentos CTE. Código Técnico de la Edificación”, Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural de Acciones en la edificación, de Abril 2009.
- Ministerio de Fomento. “Documentos CTE. Código Técnico de la Edificación”, Documento Básico SE-C. Seguridad estructural en Cimientos, de 2007.
- Ministerio de Fomento. Dirección general de Carreteras. “Guía de cimentaciones en obras de carretera” de 2009.
- Ministerio de Fomento. “NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación” de 2009.
- Eurocódigo – 2. 2004

### 5.2-MATERIALES

Para satisfacer la exigencia de durabilidad durante la vida útil de la estructura, fijada en 50 años, se ha establecido una estrategia de durabilidad que incluye los siguientes aspectos:

- Determinación de las características adecuadas del hormigón para la consecución de la calidad exigida.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado.
- Control del valor máximo de la abertura de fisura.
- Disposición de protecciones superficiales.

### 5.2.1-Tipo de ambiente

El conjunto de condiciones físicas y químicas a la que va a estar expuesta la estructura que pueden provocar su degradación determinará el tipo de ambiente al que va a estar sometida.

#### 5.2.1.1-Agresividad del suelo

Los resultados presentados en el informe geotécnico realizado indican un valor máximo de 128,68 mg/kg de  $\text{SO}_4^{2-}$  que, de acuerdo con la instrucción de Hormigón Estructural EHE, Art 8.2.3, la agresividad del suelo hacia el hormigón queda por debajo de los límites establecidos. El suelo no presenta acidez Baumann-Gully.

| Parámetros                              | Qa            | Qb             | Qc            | Valores obtenidos |
|---|---------------|----------------|---------------|-------------------|
|   | Ataque Débil  | Ataque Medio   | Ataque Fuerte |                   |
| Acidez Baumann-Gully                    | > 20          | -              | -             | -                 |
| Ión sulfato (mg $\text{SO}_4^{2-}$ /kg) | 2.000 – 3.000 | 3.000 – 12.000 | > 12.000      | 128,626           |

#### 5.2.1.2-Agresividad del agua freática

No se ha detectado la presencia de agua freática en el reconocimiento del terreno, estimándose ésta a una profundidad de 20 metros para esta localización, según el Instituto Geológico y Minero de España (hoja 722 (Valencia) del Mapa de Orientación al Vertido de Residuos sólidos Urbanos).





### 5.2.1.3-Agresividad por requerimientos de utilización

**Tabla. 8.2.2 Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras**

| CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN                       |                   |             |   | DESCRIPCIÓN  | EJEMPLOS  |
|---|-------------------|-------------|---|--|---|
| Clase   | Subclase          | Designación | Tipo de proceso                               |  |   |
| no agresiva                                       |                   | I           | ninguno                                       | -interiores de edificios, no sometidos a condensaciones<br>-elementos de hormigón en masa  | -interiores de edificios, protegidos de la intemperie   |
| normal  | Humedad alta      | Ila         | corrosión de origen diferente de los cloruros | -interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones<br>-exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm<br>-elementos enterrados o sumergidos | - sótanos no ventilados<br>- cimentaciones<br>- tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm<br>- elementos de hormigón en cubiertas de edificios       |
|   | humedad media     | Ilb         | corrosión de origen diferente de los cloruros | -exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm  | - construcciones exteriores protegidas de la lluvia<br>- tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm   |
| marina  | aérea             | IIla        | corrosión por cloruros                        | -elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar<br>-elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)   | -edificaciones en las proximidades de la costa<br>-puentes en las proximidades de la costa<br>-zonas aéreas de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral<br>-instalaciones portuarias |
|   | sumergida         | IIlb        | corrosión por cloruros                        | -elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar   | -zonas sumergidas de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral<br>-cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar   |
|   | en zona de mareas | IIlc        | corrosión por cloruros                        | -elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas   | -zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral<br>-zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea                   |
| Con cloruros de origen diferente del medio marino |                   | IV          | corrosión por cloruros                        | -instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino<br>-superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas                              | -piscinas<br>-pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve<br>-estaciones de tratamiento de agua   |

(Reproducción de la tabla 8.2.2 de la EHE Instrucción de Hormigón Estructural)

**Tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión**

| CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN |                     |             |                            | DESCRIPCIÓN  | EJEMPLOS   |
|-----------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|--|--|
| Clase                       | Subclase            | Designación | Tipo de proceso            |  |  |
| Química agresiva            | débil               | Ca          | ataque químico             | -elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver Tabla 8.2.3.b)  | -instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b<br>-construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b   |
|                             | media               | Cb          | ataque químico             | -elementos en contacto con agua de mar<br>-elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver Tabla 8.2.3.b)  | -dolos, bloques y otros elementos para diques<br>-estructuras marinas, en general<br>-instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b<br>-construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b<br>-instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b |
|                             | fuerte              | Cc          | ataque químico             | -elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver Tabla 8.2.3.b)   | -instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b<br>-instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b  |
| Con heladas                 | sin sales fundentes | H           | ataque hielo-deshielo      | -elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C | -construcciones en zonas de alta montaña<br>-estaciones invernales   |
|                             | con sales fundentes | F           | ataque por sales fundentes | -elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C  | -tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña  |
| erosión                     |                     | E           | Abrazión Centación         | -elementos sometidos a desgaste superficial<br>-elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua  | -pilas de puente en cauces muy torrenciales<br>-elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes<br>-pavimentos de hormigón<br>-tuberías de alta presión   |

(Reproducción de la tabla 8.2.3.a de la EHE Instrucción de Hormigón Estructural)

**Tabla 8.2.3.b. Clasificación de la agresividad química**

| TIPO DE MEDIO AGRESIVO | PARAMETROS  | TIPO DE EXPOSICIÓN |              |               |
|------------------------|---|--------------------|--------------|---------------|
|                        |   | Qa                 | Qb           | Qc            |
|                        |   | ATAQUE DÉBIL       | ATAQUE MEDIO | ATAQUE FUERTE |
| AGUA                   | VALOR DEL pH  | 6,5 - 5,5          | 5,5 - 4,5    | < 4,5         |
|                        | CO <sub>2</sub> AGRESIVO (mg CO <sub>2</sub> /l)                  | 15 - 40            | 40 - 100     | > 100         |
|                        | IÓN AMONIO (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / l)                  | 15 - 30            | 30 - 60      | > 60          |
|                        | IÓN MAGNESIO (mg Mg <sup>2+</sup> / l)                            | 300 - 1000         | 1000 - 3000  | > 3000        |
|                        | IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / l)                | 200 - 600          | 600 - 3000   | > 3000        |
|                        | RESIDUO SECO (mg / l)   | >150               | 50-150       | <50           |
| SUELO                  | GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY                                     | > 20               | (*)          | (*)           |
|                        | IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / kg de suelo seco) | 2000 - 3000        | 3000-12000   | > 12000       |

(\*) Estas condiciones no se dan en la práctica

(Reproducción de la tabla 8.2.3.b de la EHE Instrucción de Hormigón Estructural)

La contención y el almacenamiento de agua es el objeto de esta actuación, por lo tanto, la estructura va a estar sometida a un ambiente con alta humedad y corrosivo con cloruros de origen no marino.

Con los parámetros analizados establecemos el tipo de ambiente general IV correspondiente a la tabla 8.2.2 (Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras). Se muestra un resumen de los resultados en forma de tabla:

| TIPO DE AMBIENTE  |           |            |        |         |             |
|---|-----------|------------|--------|---------|-------------|
| Agresividad del suelo   |           |            |        |         |             |
| Parametros  | Qa        | Qb         | Qc     | Valor   | Valoración  |
| Acidez Bauman Gully   | >20       | -          | -      |         | Sin acidez  |
| Íon sulfato (mg SO <sub>4</sub> /kg)  | 2000-3000 | 3000-12000 | >12000 | 128,626 | No agresivo |
| Agresividad del agua frática  |           |            |        |         |             |
| Sin presencia de agua freática  |           |            |        |         |             |
| Tipología estructural   |           |            |        |         |             |
| Elemento no impermeabilizado en contacto con agua que presenta un contenido de cloruros, no relacionados con el ambiente marino |           |            |        |         |             |
| AMBIENTE  |           |            |        | IV      |             |

### 5.2.2-Hormigón

Se considera un hormigón de calidad adecuada aquel que cumpla las siguientes condiciones:

- Selección de las materias primas acorde con lo indicado en los Artículos 26° al 35° de la EHE.
- Dosificación adecuada según Art.37 (EHE).
- Puesta en obra correcta y curado adecuado (Art.71).
- Resistencia acorde con el comportamiento estructural esperado y congruente con los requisitos de durabilidad.
- Comportamiento conforme a los requisitos del punto 37.3.1 (EHE).

#### 5.2.2.1-Relación agua/cemento

Aunque la durabilidad del hormigón es tanto mayor cuanto mayor es su resistencia, la resistencia a compresión, por sí sola, no puede considerarse como una medida de durabilidad, ya que ésta depende de otros muchos factores y, en particular, de las propiedades de las capas exteriores de recubrimiento de la pieza de hormigón.

La durabilidad del hormigón está ligada a su compacidad, es decir, a su impermeabilidad. Por esta razón el Código Modelo CEB-FIP, la Norma europea ENV-206 y la Instrucción española (E.H.E), recomiendan limitar la relación agua/cemento y el contenido de cemento a los valores Indicados en la tabla 37.3.2.a de la EHE, con objeto de proteger al hormigón frente a las acciones físicas y al ataque químico, además de servir como protección ante la corrosión de las armaduras. Se establece una relación agua/cemento = 0,5 con una resistencia mínima del hormigón de  $30 \text{ N/mm}^2$  y un contenido mínimo de cemento de  $325 \text{ Kg/m}^3$ , determinados estos valores a partir de las tablas que aparecen a continuación (EHE):

Tabla 37.3.2.a Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento

| Parámetro de dosificación                        | Tipo de hormigón | CLASE DE EXPOSICIÓN |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  |                  | I                   | Ila  | Ilb  | IIla | IIlb | IIlc | IV   | Qa   | Qb   | Qc   | H    | F    | E    |
| Máxima   | masa             | 0,65                | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,50 |
| Relación a/c                                     | armado           | 0,65                | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,50 |
|  | pretensado       | 0,60                | 0,60 | 0,55 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,50 |
| Mínimo contenido de cemento (kg/m <sup>3</sup> ) | masa             | 200                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 275  | 300  | 325  | 275  | 300  | 275  |
|  | armado           | 250                 | 275  | 300  | 300  | 325  | 350  | 325  | 325  | 350  | 350  | 300  | 325  | 300  |
|  | pretensado       | 275                 | 300  | 300  | 300  | 325  | 350  | 325  | 325  | 350  | 350  | 300  | 325  | 300  |

Tabla 37.3.2.b Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (\*)

| Parámetro de dosificación   | Tipo de hormigón | CLASE DE EXPOSICIÓN |     |     |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|------------------|---------------------|-----|-----|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|
|                             |                  | I                   | Ila | Ilb | IIla | IIlb | IIlc | IV | Qa | Qb | Qc | H  | F  | E  |
| resistencia                 | masa             | 20                  | -   | -   | -    | -    | -    | -  | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| Mínima (N/mm <sup>2</sup> ) | armado           | 25                  | 25  | 30  | 30   | 30   | 35   | 30 | 30 | 30 | 35 | 30 | 30 | 30 |
|                             | pretensado       | 25                  | 25  | 30  | 30   | 35   | 35   | 35 | 30 | 35 | 35 | 30 | 30 | 30 |

(\*) Estos valores reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en esta Instrucción. Se trata de una tabla meramente orientativa, al objeto de fomentar la deseable coherencia entre las especificaciones de durabilidad y las especificaciones de resistencia. En este sentido, se recuerda que en algunas zonas geográficas en las que los áridos sólo pueden cumplir estrictamente las especificaciones definidos para ellos en esta Instrucción, puede ser complicado obtener estos valores.

### 5.2.2.2-Tamaño máximo del árido

Las exigencias de puesta en obra imponen que el tamaño máximo del árido no exceda el menor de los dos límites siguientes, según la Instrucción española:

- La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza entre encofrados; la tercera parte si se encofra únicamente por una cara o se trata de elementos prefabricados en taller; o los dos quintos en caso de losas superiores de forjados.
- Los cuatro quintos de la distancia horizontal libre entre barras que no formen grupo o entre éstas y el encofrado, en el caso de barras horizontales o inclinadas a menos de 45° respecto a la horizontal;

- o los cinco cuartos, en el caso de barras verticales o inclinadas a más de  $45^\circ$  respecto a la horizontal.

Aunque en los planos de la geometría básica el espesor del alzado del muro se establece en 0,45 metros, se considera variar dicho espesor hasta los 0,6 metros, ya que realizando una aproximación del cortante resistido por la sección representada en los planos de partida supone disponer de armadura de corte para resistir el cortante de cálculo. Con el espesor establecido se determina, en un principio, que dicha armadura no será necesaria.

La cuarta parte de este espesor es igual a 0,15 metros, valor ampliamente superior a los tamaños máximos de árido para hormigones convencionales, no siendo este punto un factor restrictivo en la elección del mismo.

Siguiendo las recomendaciones de Jiménez Montoya, adoptaremos un tamaño máximo de árido de 20 milímetros como puede observarse en la siguiente tabla para el elemento muro armado.

#### VALORES RECOMENDADOS PARA EL TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO

| Dimensión mínima<br>de la sección<br>del elemento | Tipo de elemento y tamaño máximo del árido |                    |                      |                                   |
|---|--|--------------------|----------------------|-----------------------------------|
|   | Vigas, pilares<br>y muros armados          | Muros<br>sin armar | Losas<br>muy armadas | Losas poco armadas<br>o sin armar |
| De 5 a 10 cm                                      | De 10 a 20 mm                              | 20 mm              | De 15 a 25 mm        | De 20 a 40 mm                     |
| De 15 a 30 cm                                     | De 20 a 40 mm                              | 40 mm              | 40 mm                | De 40 a 80 mm                     |
| De 40 a 80 cm                                     | De 40 a 80 mm                              | 80 mm              | De 40 a 80 mm        | 80 mm                             |
| Más de 80 cm                                      | De 40 a 80 mm                              | 160 mm             | De 40 a 80 mm        | De 80 a 160 mm                    |

El coeficiente de forma de tal árido no será inferior a 0,20.

#### 5.2.2.3-Tipo de árido

Con el objetivo de minimizar la fisuración inicial por retracción del elemento en fase de ejecución, se empleará un árido de tipo calizo.



#### 5.2.2.4-Consistencia

En función del tipo de elemento y sus características y teniendo en cuenta que la forma de compactación prevista es mediante picado con barra, se determina, siguiendo las indicaciones de la tabla siguiente junto con la indicaciones del CTE, DBSE-C apartado 6.4.1.2.3.2 (Propiedades del hormigón), que el hormigón presente una consistencia fluida.

| <i>Consistencias</i> | <i>Asiento en cono de Abrams (cm)</i> | <i>Forma de compactación</i>         |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Seca                 | 0 a 2                                 | Vibrado energético en taller         |
| Plástica             | 3 a 5                                 | Vibrado energético en obra           |
| Blanda               | 6 a 9                                 | Vibrado o apisonado                  |
| Fluida               | 10 a 15                               | Picado con barra                     |
| Líquida              | $\geq 16$                             | (No apta para elementos resistentes) |

Se pretende con esta consistencia eliminar el riesgo de coqueas que pudieran formarse en los muros con elevada densidad de armaduras.

#### 5.2.2.5-Cemento

La selección del tipo de cemento se efectúa considerando los siguientes criterios:

- La aplicación del hormigón
- Las circunstancias de hormigonado
- Las condiciones de agresividad ambiental

Tipo de cemento en función de las circunstancias de hormigonado

| CIRCUNSTANCIAS DE HORMIGONADO  | CEMENTOS RECOMENDADOS  |
|--|--|
| Hormigonado en tiempo frío (*)<br>(**)   | Los cementos comunes tipo CEM I, CEM II/A y CEM IV/A             |
| Hormigonado en ambientes secos y sometidos al viento y, en general, en condiciones que favorecen la desecación del hormigón (**) | Cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A                           |
| Insolación fuerte u hormigonado en tiempo caluroso (**)  | Los cementos comunes tipo CEM II, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A, |

(\*) En estas circunstancias, no conviene emplear la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH)

(\*\*) En estas circunstancias, resulta determinante tomar, durante el proceso de ejecución o puesta en obra, las medidas adecuadas especificadas en la reglamentación correspondiente y, en su caso, en esta Instrucción.

## Tipos de cemento en función de la aplicación del hormigón

| APLICACIÓN  | CEMENTOS RECOMENDADOS   |
|---|---|
| Hormigón en masa  | Todos los cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C<br>Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*)  |
| Hormigón armado   | Todos los cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, CEM V/B   |
| Hormigón pretensado incluidos los prefabricados estructurales | Cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) (***)   |
| Elementos estructurales prefabricados de hormigón armado      | Resultan muy adecuados los cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A y adecuado el cemento común tipo CEM IV/A cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.  |
| Hormigón en masa y armado en grandes volúmenes                | Resultan muy adecuados los cementos comunes CEM III/B y CEM IV/B y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A, Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*)<br>Es muy recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH) y de muy bajo calor de hidratación (VLH), según los casos |
| Hormigón de alta resistencia                                  | Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/A-D y CEM II/A 42,5 R.<br>El resto de cementos comunes tipo CEM II/A pueden resultar adecuados cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.  |
| Hormigones para reparaciones rápidas de urgencia              | Los cementos comunes tipo CEM I, CEM II/A-D, y el cemento de aluminato de calcio (CAC),   |
| Hormigones para desencofrado y descimbrado rápido             | Los cementos comunes (**) tipo CEM I, y CEM II,   |
| Hormigón proyectado   | Los cementos comunes tipo CEM I, y CEM II/A   |
| Hormigones con áridos potencialmente reactivos (****)         | Resultan muy adecuados los cementos comunes tipo CEM III, CEM IV, CEM V, CEM II/A-D, CEM II/B-S y CEM II/B-V, y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B-P y CEM II/B-M   |

(\*) En el caso de grandes volúmenes de hormigón en masa

(\*\*) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial

(\*\*\*) La inclusión de los cementos CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) como utilizables para la aplicación de hormigón pretensado, es coherente con la posibilidad, contemplada en el articulado de esta Instrucción, de utilización de adición al hormigón pretensado de cenizas volantes en una cantidad no mayor del 20 % del peso de cemento

(\*\*\*\*) Para esta aplicación son recomendables los cementos con bajo contenido en alcalinos o aquellos citados en la tabla

## Recomendados para obras portuarias y marítimas

| APLICACIÓN                   | TIPO DE HORMIGÓN | CEMENTOS RECOMENDADOS   |
|------------------------------|------------------|---|
| Obras portuarias y marítimas | En masa          | Cementos comunes, excepto los tipos CEM III/C, CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T,          |
|                              | Armado           | Cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B |
|                              | Pretensado       | Cementos comunes(*) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II/A-V y CEM II/A-M(V-P)                                    |

(\*) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial

## Recomendados para cimentaciones

| APLICACIÓN                        | CEMENTOS RECOMENDADOS  |
|-----------------------------------|--|
| Cimentaciones de hormigón en masa | <p>Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM IV/B, siendo adecuados el resto de cementos comunes, excepto los CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T y CEM II/B-T</p> <p>En todos los casos es recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH).</p> <p>Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR) o al agua de mar (MR) cuando corresponda</p> |
| Cimentaciones de hormigón armado  | <p>Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A, siendo adecuados el resto de cementos comunes a excepción de los CEM III/B, CEM IV/B CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T y CEM II/B-T</p> <p>Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR) o al agua de mar (MR) cuando corresponda</p>  |

## Recomendados para presas

| APLICACIÓN                    | CEMENTOS RECOMENDADOS  |
|-------------------------------|--|
| Presas de hormigón vibrado    | Cementos comunes de los tipos CEM II/A, CEM III/A, CEM III/B y CEM IV/A  |
| Presas de hormigón compactado | <p>Cementos comunes de los tipos CEM III, CEM IV y CEM V;</p> <p>Cementos para usos especiales ESP VI-1;</p> <p>Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación VLH III, VLH IV y VLH V; y</p> <p>Cementos de escoria de horno alto de baja resistencia inicial L</p> |

## Recomendados para obras hidráulicas distintas de presas

| APLICACIÓN  | TIPO DE HORMIGÓN | CEMENTOS RECOMENDADOS   |
|---|------------------|---|
| Tubos de hormigón, canales y otras aplicaciones hidráulicas | En masa          | Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C            |
|   | Armado           | Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, y CEM V/B |
|   | Pretensado       | Cementos comunes de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P)                                      |

## Tipo de cemento en función de la clase de exposición

| CLASE DE EXPOSICIÓN | TIPO DE PROCESO (agresividad debida a)   | CEMENTOS RECOMENDADOS   |
|---------------------|--|---|
| I                   | Ninguno  | Todos los recomendados según la aplicación prevista   |
| II                  | Corrosión de las armaduras de origen diferente de los cloruros                   | CEM I, cualquier CEM II (preferentemente CEM II/A), CEM III/A, CEM IV/A.  |
| III (*)             | Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino                         | Muy adecuados los cementos CEM II/S, CEM II/V (preferentemente los CEM II/B-V), CEM II/P (preferentemente los CEM II/B-P), CEM II/A-D, CEM III, CEM IV (preferentemente los CEM IV/A) y CEM V/A |
| IV                  | Corrosión de las armaduras por cloruros de origen no marino                      | Preferentemente, los CEM I y CEM II/A y, además, los mismos que para la clase de exposición III.  |
| Q (**)              | Ataque al hormigón por sulfatos  | Los mismos que para la exposición III   |
| Q                   | Lixiviación del hormigón por aguas puras, ácidas, o con CO <sub>2</sub> agresivo | Los cementos comunes de los tipos CEM II/P, CEM II/V, CEM II/A-D, CEM II/S, CEM III, CEM IV y CEM V   |
| Q                   | Reactividad álcali-árido   | Cementos de bajo contenido en alcalinos (***) (óxidos de sodio y de potasio) en los que $(Na_2O)_{eq} = Na_2O (\%) + 0,658 K_2O (\%) < 0,60$  |

(\*) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR), tal y como establece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

(\*\*) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a los sulfatos (SR), en el caso de la clase específica Qb o Qc, tal y como establece el articulado de esta Instrucción. En los casos en que el elemento esté en contacto con agua de mar será necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR).

(\*\*\*) También son recomendables los cementos citados en la tabla A4.2. para hormigones con áridos potencialmente reactivos (que necesitarían cementos con bajo contenido en alcalinos)

Se escoge el tipo de cemento CEM IV/A el cual cumple con las indicaciones que se indican en las tablas anteriores para las circunstancias de hormigonado y exposición ambiental. Se empleará el mismo tipo de cemento tanto en alzado de muro como en cimentación.

| HORMIGÓN                     |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| CEMENTO                      |                       |
| Máxima relación AGUA/CEMENTO | 0,5                   |
| Mínimo contenido de CEMENTO  | 325 Kg/m <sup>3</sup> |
| Máximo contenido de CEMENTO  | 500 Kg/m <sup>3</sup> |
| Tipo de CEMENTO              | CEM IV/A              |
| ÁRIDO                        |                       |
| Tamaño máximo del ÁRIDO      | 20 mm                 |
| Tipo de ÁRIDO                | CALIZO                |
| CONSISTENCIA                 |                       |
| FLUIDA                       |                       |
| DESIGNACIÓN                  |                       |
| HA-30/F/20/IV                |                       |



### 5.2.2.6-Recubrimiento mínimo

Una de las medidas más determinantes para hacer frente a la corrosión de las armaduras y asegurar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, establecida en 50 años, consiste en la disposición de un adecuado recubrimiento de compacidad adecuada al tipo de ambiente expuesto.

La Instrucción española establece un recubrimiento mínimo o recubrimiento nominal cuya formulación es la siguiente:

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{min}} + \Delta r$$

Siendo:

$r_{\text{nom}}$  : Recubrimiento nominal

$r_{\text{min}}$  : Recubrimiento mínimo

$\Delta r$  : Margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución, y cuyo valor será:

- 0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución.
- 5 mm en caso de elementos ejecutados in situ con nivel intenso de control de ejecución, y
- 10 mm en el resto de casos.

Recubrimiento mínimo (mm) para las clases generales de exposición III y IV

| Hormigón   | Cemento  | Vida útil de proyecto ( $t_p$ ) (años) | Clase general de exposición |      |      |    |
|------------|--|--|-----------------------------|------|------|----|
|            |  |  | IIIa                        | IIIb | IIIc | IV |
| Armado     | CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20% | 50                                     | 25                          | 30   | 35   | 35 |
|            |  | 100                                    | 30                          | 35   | 40   | 40 |
|            | Resto de cementos utilizables  | 50                                     | 45                          | 40   | *    | *  |
|            |  | 100                                    | 65                          | *    | *    | *  |
| Pretensado | CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%   | 50                                     | 30                          | 35   | 40   | 40 |
|            |  | 100                                    | 35                          | 40   | 45   | 45 |
|            | Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º   | 50                                     | 65                          | 45   | *    | *  |
|            |  | 100                                    | *                           | *    | *    | *  |

\* Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo nº 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el Pliego de prescripciones técnicas del proyecto.



Recubrimientos mínimos para las clases específicas de exposición

| Clase de exposición | Tipo de cemento   | Resistencia característica del hormigón [ $f_{ck}$ ] [ $N/mm^2$ ] | Vida útil de proyecto ( $t_p$ ), (años) |     |
|---------------------|---|---|---|-----|
|                     |   |   | 50                                      | 100 |
| H                   | CEM III   | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 25                                      | 50  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 15                                      | 25  |
|                     | Otros tipos de cemento  | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 20                                      | 35  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 10                                      | 20  |
| F                   | CEM I I/A-D   | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 25                                      | 50  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 15                                      | 35  |
|                     | CEM III   | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 40                                      | 75  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 20                                      | 40  |
|                     | Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón   | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 20                                      | 40  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 10                                      | 20  |
| E <sup>(1)</sup>    | Cualquiera  | $25 \leq f_{ck} < 40$   | 40                                      | 80  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$  | 20                                      | 35  |
| Qa                  | CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20% | —   | 40                                      | 55  |
|                     | Resto de cementos utilizables   | —   | *                                       | *   |
| Qb, Qc              | Cualquiera  | —   | (2)                                     | (2) |

(\*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos.

<sup>(1)</sup> Estos valores corresponden a condiciones moderadamente duras de abrasión. En el caso de que se prevea una fuerte abrasión, será necesario realizar un estudio detallado.<sup>(2)</sup> El Autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate.

En la construcción de depósitos de hormigón armado es muy posible que sean contratados constructores locales, adoptaremos un control de ejecución de nivel normal, y siendo el ambiente de exposición del tipo IV, el recubrimiento nominal será:

$$r_{\min} = 35 \text{ mm} \quad \Delta r = 10 \text{ mm} \quad r_{\text{nom}} = 45 \text{ mm}$$

El recubrimiento nominal de elementos hormigonados contra el terreno (Zapatatas) será de 70 mm.

Por facilidad de montaje, la armadura horizontal será la que se disponga más cerca de la superficie del alzado, y considerando que se emplearán diámetros de 10 mm para ésta, el recubrimiento mecánico de la armadura vertical aproximado se establece en 60 mm (considerando armar verticalmente con diámetros de 20 mm).

### 5.2.3-Acero

La Instrucción española recomienda utilizar, para estructuras sometidas a acciones sísmicas, un acero soldable de características especiales de ductilidad. Las armaduras pasivas a utilizar serán del tipo B500 S, siendo las

más fáciles de encontrar en el mercado y considerándose que cumplen con los requisitos de ductilidad necesarios frente a acciones sísmicas.

### 5.2.4-Otros materiales

#### 5.2.4.1-Hormigón de limpieza

El hormigón utilizable para esta aplicación, se tipifica de la siguiente manera: HL-150/F/20

Como se indica en la identificación, la dosificación mínima de cemento será de  $150 \text{ kg/m}^3$ .

#### 5.2.4.2-Materiales para el sistema de drenaje e impermeabilización

La presencia de agua en el terreno produce un incremento de la presión sobre el paramento del muro, incrementando los esfuerzos al que éste se verá sometido, pudiendo provocar su rotura ya que esta situación no se contempla en las hipótesis de cálculo por encontrarse el nivel freático muy por debajo de la cimentación.

Sin embargo, la infiltración del agua de lluvia puede acarrear la presencia de ésta en el terreno y originar dicho problema. Por esta razón se dispondrá de un sistema drenante con el fin de evacuar esta agua y evitar dicha situación.

Este sistema se describirá y justificará en el capítulo 17, contenido en este Anejo.

Se muestran a continuación los materiales empleados para la ejecución del sistema de drenaje:

| MATERIALES SISTEMA DE DRENAJE |                               |              |  |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--|
| FUNCIÓN                       | Tipo de material              | Producto     | Descripción  |
| Impermeabilización            | Pintura Bituminosa            | Sika Icol®-A | emulsión bituminosa preparada con agentes emulsionantes químicos de carácter aniónico y sin cargas, de muy alta fluidez.   |
| Drenaje                       | Grava filtrante sin calificar |              | Grava filtrante sin calificar  |
|                               | Tubo poroso polietileno       | Dicon        | Tubo doble capa $\phi 100 \text{ mm}$ .<br>Temperatura de trabajo: desde $-15^\circ \text{ C}$ hasta $90^\circ \text{ C}$ .<br>Perforaciones en todo su perímetro. |

### 5.3-ACCIONES

En el presente subcapítulo va a describirse el tipo de acciones que afectarán a la estructura clasificándolas conforme a los grupos establecidos por la Instrucción española atendiendo a la intensidad de actuación, a la variación en el espacio y a la variación en el tiempo.

#### 5.3.1-Acciones permanentes (G)

Son aquellas que actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Dentro de este grupo se engloban el peso propio de la estructura, de los elementos embebidos, accesorios y del equipamiento fijo.

- **Peso propio de la estructura** : Estructura ejecutada en hormigón armado. La densidad del material es de  $2500 \text{ Kg/m}^3$ , siendo el peso propio de los elementos constituyentes de ésta de  $25 \text{ KN/m}^3$ .

$$\text{Peso Propio } (\gamma_c) = 25 \text{ KN/m}^3$$

- **Empuje hidrostático** : Se considera una acción permanente dado que se admite un valor constante en el nivel de líquido, siendo conocida la magnitud máxima de este empuje. Yges (1991) aconseja adoptar la carga hidrostática en toda la altura de muro, suponiendo que por fallos en el sistema de aliviaderos nos quedamos sin resguardo (que en general, será del orden de 0,5 m.). Aunque en realidad esta hipótesis al tener un carácter accidental y estar acompañada de un coeficiente de mayoración de las acciones unitario, en general será menos desfavorable que tener el nivel de agua en la posición normal.

El empuje hidrostático responde a la fórmula :

$$E_H = \gamma_w * H_w$$

siendo:

$E_H$  : empuje hidrostático.

$\gamma_w$  : peso específico del agua igual a  $10 \text{ KN/m}^3$ .

$H_w$  : nivel del agua.

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

Son aquellas que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante. Dentro de este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación es función del tiempo transcurrido y se producen en un único sentido tendiendo a un valor límite, tales como las acciones reológicas, etc.

- **Acciones reológicas. Fluencia, retracción y dilatación :** La estructura y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición de la estructura, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos.

Siendo el depósito de tipología enterrada, la presencia de tierra en su trasdós mitigará notablemente la variación de temperatura, pero en cambio, la variación en la temperatura del agua a almacenar puede provocar dichas deformaciones que inducen esfuerzos indirectos sobre la estructura.

Para hacer frente a estos esfuerzos inducidos se dispondrán juntas de contracción y dilatación siguiendo las disposiciones de la legislación vigente junto con las recomendaciones de Calavera (2001).

En el subcapítulo 8.2 se presenta la disposición de dichas juntas, mientras la tipología de éstas se describe en el capítulo 16.

- **Empuje del terreno :** La presión del terreno sobre el muro está fundamentalmente condicionada por la deformabilidad de éste. Para la evaluación del empuje de tierras deben tomarse en cuenta diferentes factores como la configuración y las características de deformabilidad del muro, las propiedades del relleno, las condiciones de fricción suelo-muro, de la compactación del relleno, del drenaje así como la posición del nivel freático. En todos los casos se debe procurar que el material de relleno sea granular y de drenaje libre para evitar empujes hidrostáticos que pueden originar fuerzas

adicionales no deseables.

Se ha seleccionado como material de relleno grava con las siguientes características:

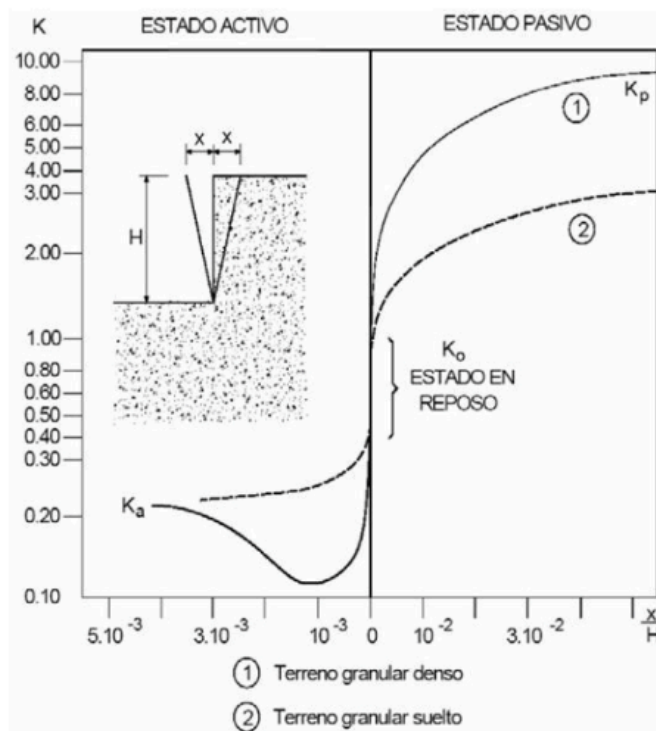
- Peso específico de las gravas tras compactación:  $\gamma_{\text{Gravas}} = 22 \text{ KN/m}^3$ .
- Ángulo de rozamiento interno :  $\phi = 30^\circ$ .
- Cohesión :  $c = 0$ .

La magnitud del empuje de tierras varía ampliamente entre el estado activo y el pasivo dependiendo de la de la movilidad relativa entre la estructura y las partículas del suelo.

Básicamente podemos hablar de tres tipos de empujes:

- *Empuje activo*
- *Empuje al reposo*
- *Empuje pasivo*

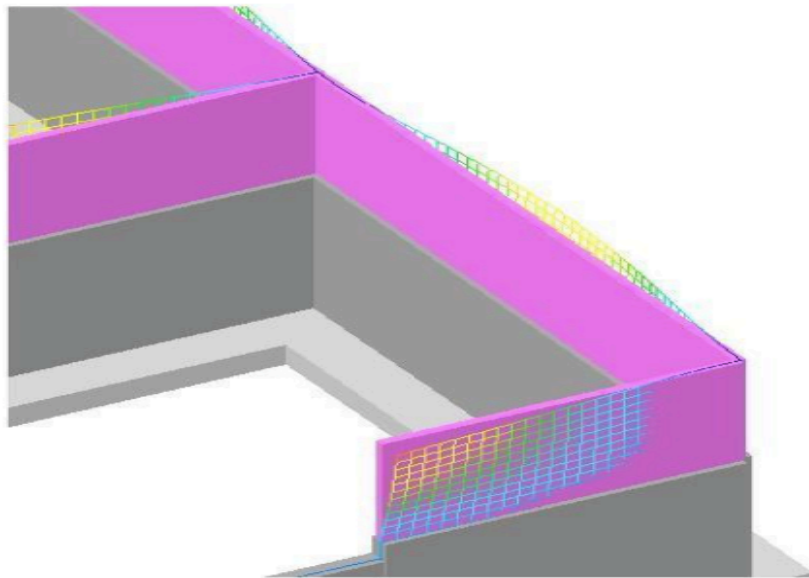
con un valor creciente según bajamos en la lista, como se puede apreciar en el gráfico siguiente.





A priori, calcularíamos la estructuras con el empuje activo, ya que se puede mover libremente en cabeza, pero podríamos estar cometiendo un error.

La estructura posee muros ortogonales que limitan los desplazamientos en cabeza. En la siguiente figura podemos ver un ejemplo donde se grafican los desplazamientos horizontales de un muro con estas características.



Podemos comprobar que, cuando el muro del fondo se encuentra con los ortogonales, el movimiento es nulo, sin embargo, conforme nos alejamos del empotramiento, el muro comienza a comportarse como un muro en ménsula.

Esto significa que en la zona cercana a los muros ortogonales al no producirse movimiento, el terreno no se descomprime y por lo tanto no se movilizará el empuje activo. El terreno empujará más que el previsto empuje activo, ya que lo hará con el empuje al reposo. Por tanto estaríamos del lado de la inseguridad.

En el capítulo de dimensionamiento del alzado mediante Excel se explicará y determinará el valor de dichos empujes, así como los métodos empleados para su obtención y su consideración en función de la modelización empleada.

### 5.3.3-Acciones variables (Q)

Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura. Dentro de este grupo se incluyen sobrecargas de uso, acciones debidas al proceso constructivo, etc.

- **Sobrecarga de tráfico en trasdós de muro** : El Código Técnico de la Edificación establece que se adopte una sobrecarga de  $1 \text{ KN/m}^2$  en espacios de tránsito situados sobre un elemento portante o sobre un terreno que desarrolla empujes sobre otro elemento estructural, si se trata de accesos privados, y de  $3 \text{ KN/m}^2$  si son de acceso público.

Se considera que el acceso al depósito presentará un vallado perimetral, lo cual establece que se trata de un recinto con acceso privado, por tanto :

$$SCU = 1 \text{ KN/m}^2$$

Puesto que se ha establecido el nivel de tierras hasta coronación de muro para el cálculo estructural, siendo esta hipótesis conservadora, no se considerará la sobrecarga debida al tránsito de la maquinaria de compactación en las proximidades del muro.

- **Sobrecarga por mantenimiento del depósito**: Se considerará una sobrecarga puntual en la solera por requerimientos de mantenimiento debido al peso de la maquinaria empleada para tal fin de:

$$SCU_{\text{solera}} = 100 \text{ KN}$$

### 5.3.4-Acciones accidentales (A)

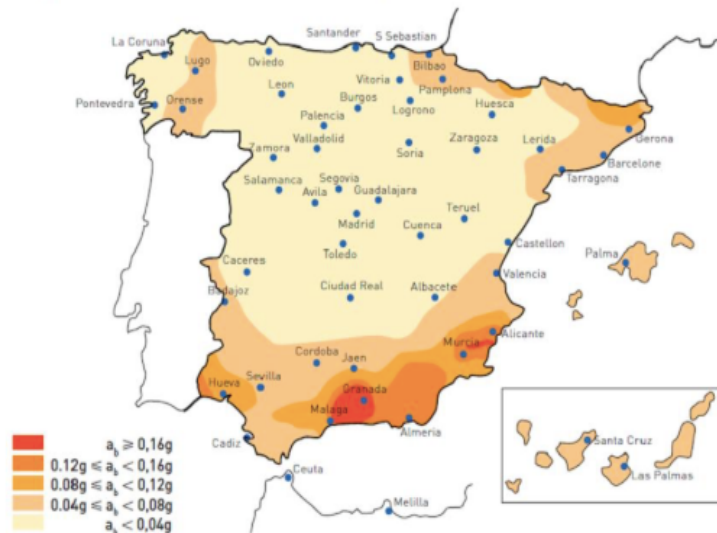
Son aquellas cuya posibilidad de actuación es pequeña pero de gran importancia. En este grupo se incluyen las acciones debidas a impactos, explosiones, etc. Los efectos sísmicos pueden considerarse de este tipo.

- **Sismo** : La Norma de Construcción Sismoresistente (NCSE-02) establece la obligatoriedad de su uso para construcciones de importancia normal cuando la aceleración básica  $a_b$  sea superior a  $0,04g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad.

La construcción se clasifica como de importancia normal, al quedar englobada dentro del grupo de construcciones cuya destrucción por terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos según Art.1.2.2 de la NCSE-02.

La aceleración básica de cálculo para la localidad de Picassent es de  $0,07g$  como se puede observar en el mapa de peligrosidad sísmica. El coeficiente de contribución  $K$  es igual a 1 (lista Anejo 1 (NSCE-02)).

Mapa sísmico de la norma sismorresistente



Para el cálculo de la estructura mediante el programa SAP2000, se determinará el espectro de respuesta elástica correspondiente, para su posterior introducción como dato en el software de cálculo de estructuras empleado.

No se consideran los efectos debidos al movimiento ondulatorio de la masa de agua producidos por el sismo al entenderse que, al estar el tanque enterrado, dichos efectos serán mitigados (mas no anulados) por la presión pasiva del terreno, no considerando esta situación como crítica.

Para el cálculo de la estructura mediante el modelo en Excel, se empleará el método de Mononobe-Okabe (MO), explicado en el capítulo 7 ( Modelo Excel).

A continuación se obtiene el espectro de respuesta elástica.

#### **Método del espectro de respuesta elástica**

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica anteriormente expuesto, mediante el cual y junto a la lista del anejo 1 de la NCSE-02 se han determinado los datos siguientes :

- $a_b$ -aceleración sísmica básica (valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) igual a 0,07g.
- K-coeficiente de distribución, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremoto esperados en la peligrosidad sísmica de cada localización, igual a 1.

La aceleración sísmica de cálculo,  $a_c$ , se define:

$$a_c = S a_b \rho$$

donde :

- $\rho$ -Coeficiente adimensional de riesgo. Para construcciones de importancia normal,  $\rho=1$ .
- C-Coeficiente del terreno. Tenemos un suelo tipo 1.



| Tipo de terreno |  | Coefficiente |
|-----------------|--|--------------|
| I               | Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso.                                   | 1,0          |
| II              | Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros.                       | 1,3          |
| III             | Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. | 1,6          |
| IV              | Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando.   | 2,0          |

Con un coeficiente de suelo recomendado de 1,2 como se indica en el informe geotécnico de partida.

- S-Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

$S = C/1,25$  para valores de  $\rho^* a_b \leq 0,1g$ , obteniéndose un valor de S igual a 0,96.

$$a_c = S a_b \rho = 0,96 * 0,07g * 1 = 0,0672g$$

La Norma establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie libre del terreno, para aceleraciones horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico, definido por los siguientes valores:

- Si  $T < T_A$        $\alpha(T) = 1 + 1,5 * (T/T_A)$

- Si  $T_A \leq T \leq T_B$        $\alpha(T) = 2,5$

- Si  $T > T_B$        $\alpha(T) = K * C/T$

Siendo:

$\alpha$  : valor del espectro normalizado de respuesta elástica.

T: Periodo propio del oscilador en segundos.

K: Coeficiente de contribución.

C: Coeficiente del terreno.

$T_A, T_B$ : Periodos característicos del espectro de respuesta, de valores :



$$T_A = K \cdot C / 10$$

$$T_B = K \cdot C / 2'5$$

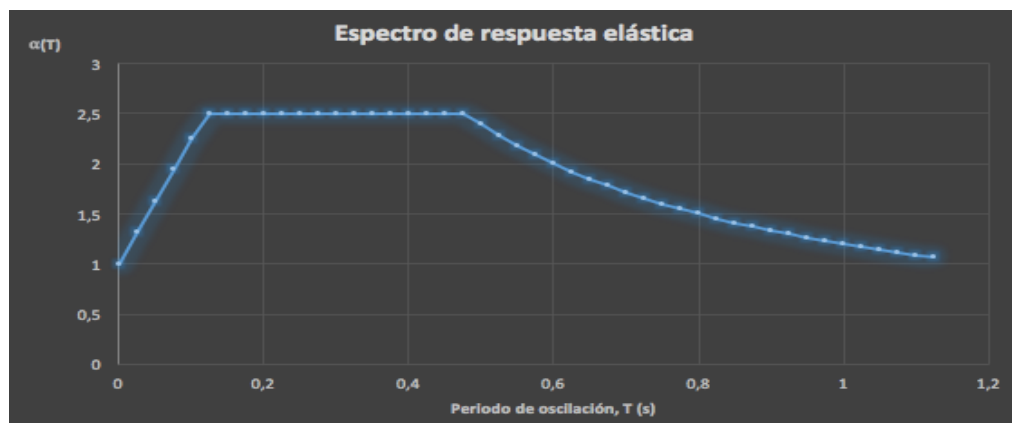
Resolviendo obtenemos :

$$T_A = 0'12$$

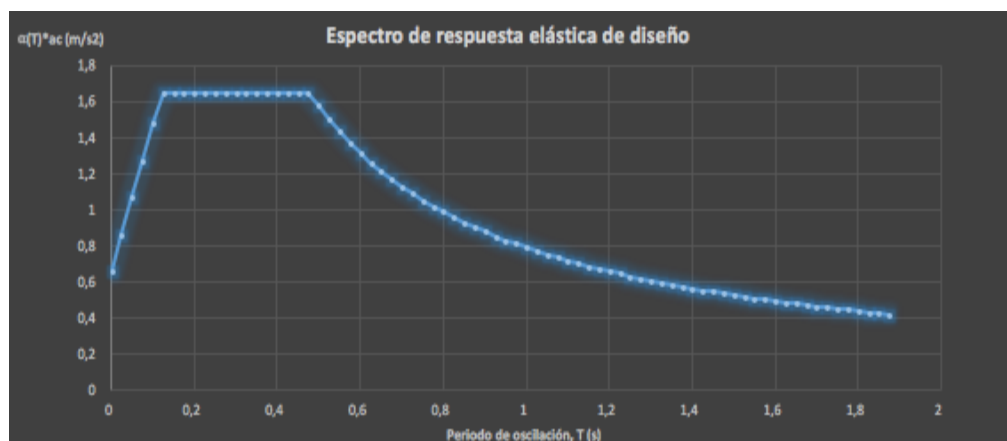
$$T_B = 0'48$$

El espectro elástico de respuesta se ha calculado para un amortiguamiento del 5% del crítico, puesto que no se ha podido establecer el estudio vibratorio de la estructura y obtener el amortiguamiento mediante algún método, como pudiera ser el método del decremento logarítmico, mantenemos el amortiguamiento del 5% del crítico.

Se supone el elemento sin capacidad de absorción de energía, esto es, sin ductilidad ( $\mu=1$ ).



Particularizando para la localidad de Picassent obtenemos el espectro de diseño :



## 5.4-COMBINACIÓN DE ACCIONES

La combinación de acciones se establecerá de acuerdo a los artículos 13.2 para ELU y 13.3 para ELS de la Instrucción del Hormigón Estructural.

A continuación se muestran las combinaciones establecidas por dicha instrucción así como los coeficientes de seguridad a adoptar.

### Estado Límite Último (ELU)

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

*Situación persistente o transitoria:*

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

*Situaciones accidentales:*

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

*Situaciones sísmicas:*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

|                      |   |
|----------------------|---|
| $G_{k,j}$            | Valor característico de las acciones permanentes.   |
| $G_{k,j}^*$          | Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.   |
| $P_k$                | Valor característico de la acción del pretensado.   |
| $Q_{k,1}$            | Valor característico de la acción variable determinante.  |
| $\Psi_{0,i} Q_{k,i}$ | Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes   |
| $\Psi_{1,1} Q_{k,1}$ | Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.  |
| $\Psi_{2,i} Q_{k,i}$ | Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental. |
| $A_k$                | Valor característico de la acción accidental.   |
| $A_{E,k}$            | Valor característico de la acción sísmica.  |

**Coefficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados  
Límite Últimos**

| TIPO DE ACCIÓN                   | Situación persistente o transitoria |                       | Situación accidental  |                       |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                  | Efecto favorable                    | Efecto desfavorable   | Efecto favorable      | Efecto desfavorable   |
| Permanente                       | $\gamma_G = 1,00$                   | $\gamma_G = 1,35$     | $\gamma_G = 1,00$     | $\gamma_G = 1,00$     |
| Pretensado                       | $\gamma_P = 1,00$                   | $\gamma_P = 1,00$     | $\gamma_P = 1,00$     | $\gamma_P = 1,00$     |
| Permanente de valor no constante | $\gamma_{G^*} = 1,00$               | $\gamma_{G^*} = 1,50$ | $\gamma_{G^*} = 1,00$ | $\gamma_{G^*} = 1,00$ |
| Variable                         | $\gamma_Q = 0,00$                   | $\gamma_Q = 1,50$     | $\gamma_Q = 0,00$     | $\gamma_Q = 1,00$     |
| Accidental                       | —                                   | —                     | $\gamma_A = 1,00$     | $\gamma_A = 1,00$     |

Los coeficientes parciales de seguridad para acciones, definidos en la tabla anterior, deberán corregirse en función del nivel de control de ejecución adoptado, por lo que cuando se trate de una situación persistente o transitoria con efecto desfavorable, los valores a adoptar deberán ser los que se muestran en la tabla del Artículo 95.5 de la EHE :

| TIPO DE ACCIÓN                   | Nivel de control de ejecución |                       |                       |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                  | Intenso                       | Normal                | Reducido              |
| Permanente                       | $\gamma_G = 1,35$             | $\gamma_G = 1,50$     | $\gamma_G = 1,60$     |
| Pretensado                       | $\gamma_P = 1,00$             | $\gamma_P = 1,00$     | —                     |
| Permanente de valor no constante | $\gamma_{G^*} = 1,50$         | $\gamma_{G^*} = 1,60$ | $\gamma_{G^*} = 1,80$ |
| Variable                         | $\gamma_Q = 1,50$             | $\gamma_Q = 1,60$     | $\gamma_Q = 1,80$     |

### 5.5- HIPÓTESIS DE CARGA

Se establecen a continuación las hipótesis de carga a considerar que permiten establecer los esfuerzos pésimos a la que se someterá el elemento durante su vida útil, empleando las combinaciones de acciones anteriormente expuestas, junto con los coeficientes de seguridad correspondientes a dichas situaciones.

| HIPÓTESIS DE CARGAS                   |                           |                           |                 |     |     |         |       |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----|-----|---------|-------|
| ELU de flexión y de esfuerzo cortante |                           |                           |                 |     |     |         |       |
| Nº                                    | SITUACIÓN                 | DESCRIPCIÓN               | ELEMENTO        | ET  | SCT | E.HIDRO | SISMO |
| 1                                     | Persistente o transitoria | Emp. tierras-Dep.vacío    | Muro Perimetral | 1,6 | 1,6 | -       | -     |
| 2                                     | Persistente o transitoria | Dep.lleno-Sin emp.tierras | Todos los muros | -   | -   | 1,5     | -     |
| 3                                     | Accidental                | Dep.lleno-Emp. Tierras    | Todos los muros | 1   | 0,6 | 1       | 1     |
| ELU de tracción simple                |                           |                           |                 |     |     |         |       |
| 4                                     | Persistente o transitoria | Dep.lleno-Sin emp.tierras | Todos los muros | -   | -   | 1       | -     |
| ELS de fisuración                     |                           |                           |                 |     |     |         |       |
| 5                                     | Persistente o transitoria | Emp. tierras-Dep.lleno    | MURO Perimetral | 1   | 1   | 1       | -     |
| 6                                     | Persistente o transitoria | Vaso lleno-Vaso vacío     | Todos los muros | 1   | 1   | 1       | -     |

*\*NOTA: Los valores de los recuadros hacen referencia a los coeficientes totales a aplicar a la acción característica para la obtención del valor de cálculo de la acción.*

*Las siglas del cuadro anterior hacen referencia a:*

*ET: Empuje de tierras.*

*SCT: Sobrecarga del terreno.*

*E.HIDRO: Presencia de agua en el depósito. Puesto que el resguardo de 0,5 metros supone en torno a un 9% de la altura del depósito, no se considerarán estos metros correspondientes a dicho resguardo. Al tomarse el empuje hidrostático como acción permanente (nivel de control normal con un coeficiente de seguridad de 1,5) se obtiene un incremento de la magnitud máxima del empuje del agua del 2,65% con respecto a la hipótesis de considerar el empuje hidrostático como acción variable (1,6) y tener en cuenta dicho resguardo. Hipótesis prácticamente equivalentes, siendo la elegida más conservadora.*

*SISMO: Cuando actúe la acción sísmica, ésta lo hará en forma de empuje incremental del terreno cuando el modelo de cálculo se realice mediante Excel, y en forma de espectro de respuesta elástica cuando se utilice el programa de elementos finitos SAP2000.*

*Los coeficientes parciales de seguridad para el Estado Límite Último de Tracción Simple tendrán un valor unitario puesto que se adoptara una tensión del acero de  $130 \text{ N/mm}^2$ . Estamos considerando que con el depósito lleno de agua no actúa el empuje de tierras (ELU), lo cual nos deja en una posición conservadora, pero en la misma línea propuesta por Jiménez Montoya et al (1987) y la norma británica BS 8007 (1987).*

## 6-CÁLCULO DE LAS ACCIONES

### 6.1-EMPUJES DEL TERRENO

Como se apuntó anteriormente el empuje del terreno a considerar es función del desplazamiento relativo entre muro y terreno a contener, pudiéndose discriminar dos zonas en donde actuará o el empuje activo (Zona A) o el empuje al reposo (Zona R).

El terreno en contacto con el trasdós del muro corresponde a las gravas con función drenante, por tanto, para determinar los coeficientes de empuje se emplearán las características de ésta, que figuran en la siguiente tabla:

| Características del suelo |                      |                      |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
|                           | Terreno natural      | Gravas para drenaje  |
| $\phi$                    | 35°                  | 30°                  |
| c                         | 10 KN/m <sup>2</sup> | 0 KN/m <sup>2</sup>  |
| $\gamma_T$                | 19 KN/m <sup>3</sup> | 22 KN/m <sup>3</sup> |

Para la determinación del empuje de tierra se utilizará el método del fluido equivalente, con expresiones del tipo:

$$E = (0,5 \gamma H^2) K$$

siendo :

E : empuje del terreno.

K : coeficiente de empuje.

$\gamma$  : peso específico efectivo del terreno.

H : altura del muro en contacto con las tierras.

#### 6.1.1-Empuje activo (Ea)

El coeficiente de presión activa se determinará con la teoría de Coulomb



para suelos granulares; en donde se establecen hipótesis que simplifican el problema y conducen a valores de empuje que están dentro de los márgenes de seguridad aceptables.

Dichas hipótesis se enuncian a continuación:

- El suelo es una masa homogénea e isotrópica y se encuentra adecuadamente drenado como para no considerar presiones intersticiales en él.
- La superficie de falla es plana.
- El suelo posee fricción, siendo  $\phi$  el ángulo de fricción interna del suelo, la fricción interna se distribuye uniformemente a lo largo del plano de falla.
- La cuña de falla se comporta como un cuerpo rígido.
- La falla es un problema de deformación plana (bidimensional), y se considera una longitud unitaria de un muro infinitamente largo.
- La cuña de falla se mueve a lo largo de la pared interna del muro, produciendo fricción entre éste y el suelo,  $\delta$  es el ángulo de fricción entre el suelo y el muro.
- La reacción  $E_a$  de la pared interna del muro sobre el terreno, formará un ángulo  $\delta$  con la normal al muro, que es el ángulo de rozamiento entre el muro y el terreno, si la pared interna del muro es muy lisa ( $\delta = 0^\circ$ ), el empuje activo actúa perpendicular a ella.
- La reacción de la masa de suelo sobre la cuña forma un ángulo  $\phi$  con la normal al plano de falla.

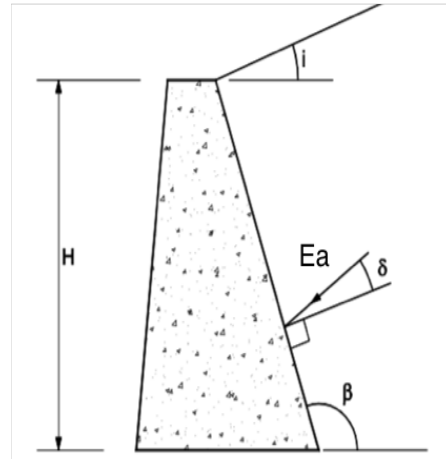
El coeficiente  $K_A$  según Coulomb es:

$$K_A = \left[ \frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \operatorname{sen} (\beta - \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen} (\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\operatorname{sen} (\delta + \phi') \cdot \operatorname{sen} (\phi' - i)}{\operatorname{sen} (\beta - i)}}} \right]^2$$

siendo:

$\beta$  : ángulo que forma el trasdós del muro con la horizontal

$i$  : ángulo de las tierras en coronación como se puede observar en la figura.



El rozamiento entre el terreno y el muro influye sobre la magnitud del movimiento necesario para la movilización total de los empujes por lo que, según el CTE, salvo una justificación especial, se tendrán en cuenta las estimaciones siguientes del ángulo de rozamiento  $\delta$  entre el terreno y el muro:

- a) Para muro rugoso,  $\delta \leq (2/3)\phi$
- b) Para muro poco rugoso,  $\delta \leq \phi/3$
- c) Para muro liso,  $\delta = 0$

Teniendo en cuenta que el alzado del muro se realiza con encofrado, nos encontraremos en la “situación b”, y por tanto se adopta como ángulo de rozamiento muro-terreno un tercio del ángulo de rozamiento interno del material de relleno.

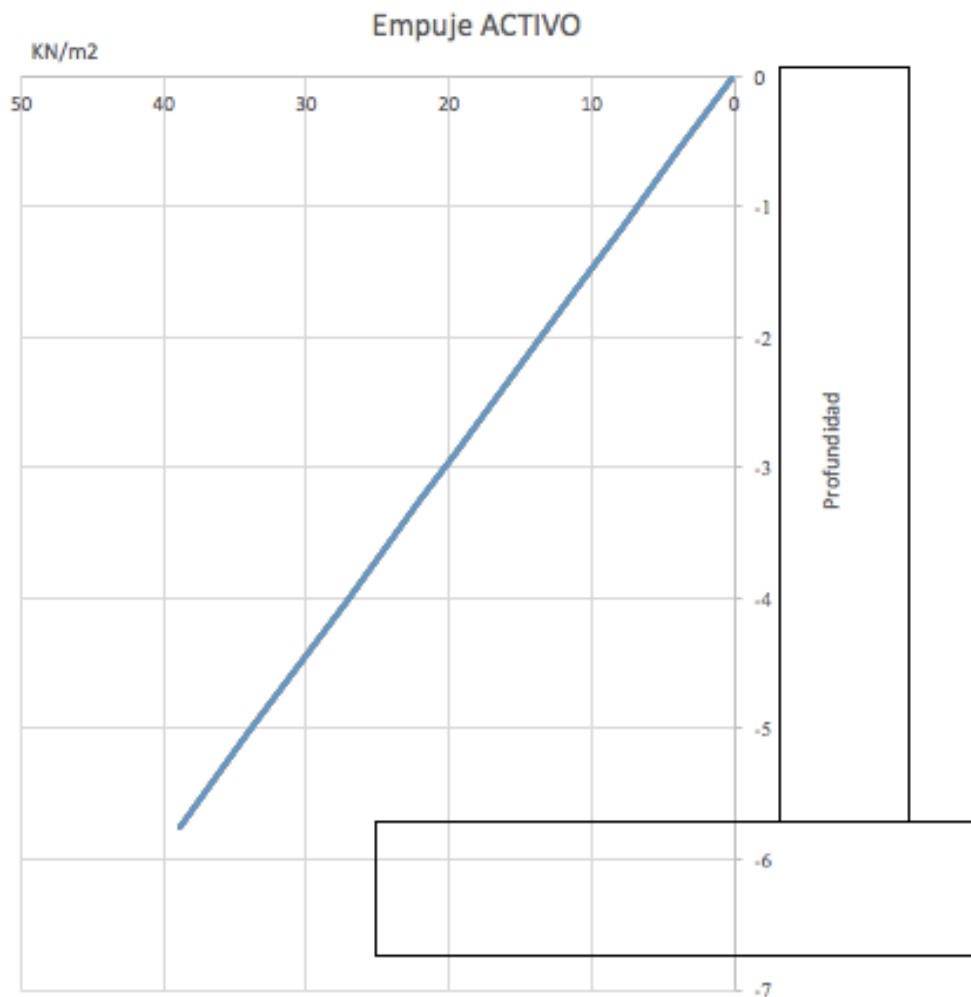
Los resultados del cálculo del empuje activo junto con los datos necesarios para su cálculo se muestran a continuación.

**EMPUJE ACTIVO POR COULOMB****Datos**

|   |                      |
|---|----------------------|
| Altura del muro, $H$  | 5,75 m               |
| Ángulo en coronación del terreno, $i$                           | 0°                   |
| Ángulo de rozamiento interno del terreno, $\phi$                | 30°                  |
| Ángulo de rozamiento muro-terreno, $\delta$                     | 10°                  |
| Ángulo trasdós con horizontal, $\beta$                          | 90°                  |
| Peso específico correspondiente al terreno de relleno, $\gamma$ | 22 KN/m <sup>3</sup> |

**Resultados**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Coeficiente de empuje activo, $K_A$               | <b>0,308</b>        |
| Coeficiente de empuje activo horizontal, $K_{AH}$ | <b>0,304</b>        |
| Coeficiente de empuje activo vertical, $K_{AV}$   | <b>0,054</b>        |
| Componente horizontal del empuje activo, $E_{AH}$ | <b>110,481 KN/m</b> |
| Componente vertical del empuje activo, $E_{AV}$   | <b>19,481 KN/m</b>  |
| Empuje activo, $E_A$                              | <b>112,185 KN/m</b> |
| Altura de aplicación desde cimentación, $h$       | <b>1,917 m</b>      |



### 6.1.2-Empuje al reposo ( $E_0$ )

Su dependencia de los esfuerzos tectónicos a los que haya estado sometido el terreno durante su historia geológica, del grado de consolidación y de compacidad alcanzada por este, hace difícil su determinación.

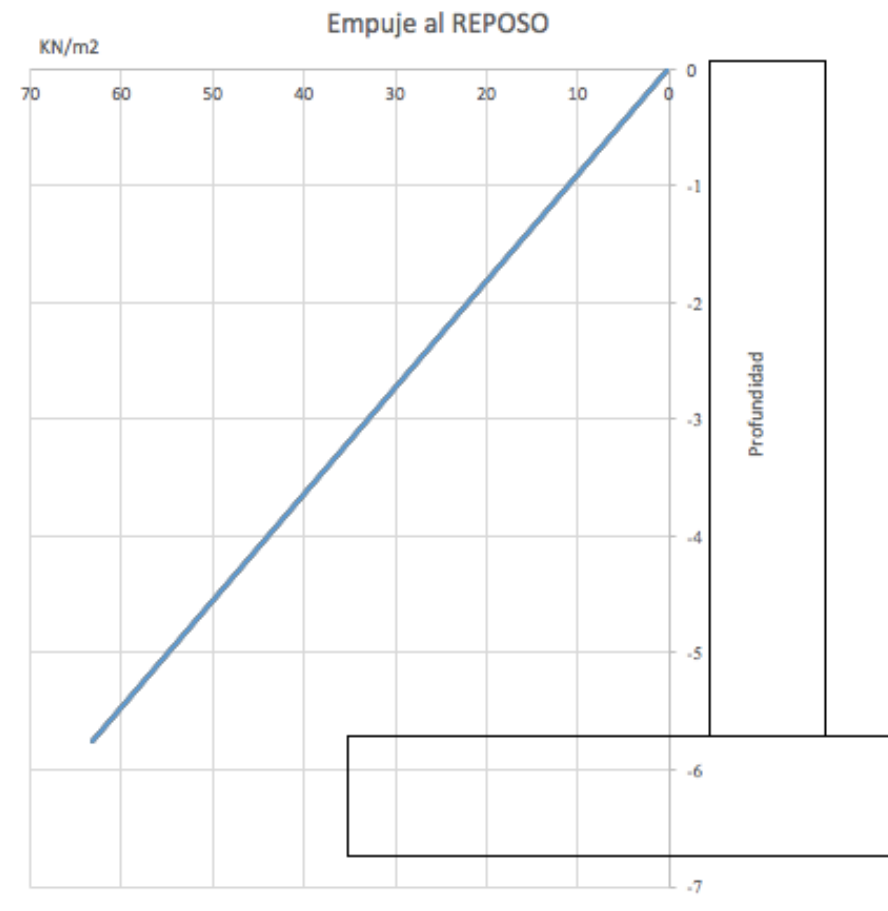
El Código Técnico de la Edificación y las ROM (Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias) recomiendan tomar para la determinación del coeficiente de empuje pasivo:

$$K_0 = (1 - \sin \phi) * (OCR)^{0,5}$$

siendo OCR la razón de preconsolidación del terreno, es decir, la relación entre la tensión de preconsolidación y la tensión a la que está sometido en la actualidad. Por tanto, se determina que la razón de preconsolidación del terreno en contacto con el trasdós del muro (gravas) es igual a la unidad, por alcanzar la tensión máxima a la que se ha sometido éste conforme vayan transcurriendo los trabajos de compactación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del cálculo del empuje al reposo:

| EMPUJE AL REPOSO                                 |                      |
|--|----------------------|
| Datos  |                      |
| Peso específico del terreno de relleno, $\gamma$ | 22 KN/m <sup>3</sup> |
| Ángulo de rozamiento interno del terreno, $\phi$ | 30°                  |
| Razón de preconsolidación, OCR                   | 1                    |
| Resultados                                       |                      |
| Coeficiente de empuje pasivo, $K_0$              | 0,5                  |
| Empuje al reposo, $E_0$                          | 181,84 KN/m          |



### 6.1.3-Empuje pasivo ( $E_p$ )

Para el cálculo de los esfuerzos solicitantes del alzado de los muros no se contempla su movilización puesto que para lograrlo se requieren de movimientos del elemento no compatibles con la funcionalidad prevista para éste. Sólo en caso de acción sísmica se considera su movilización para mitigar las fuerzas inerciales y sobrepresiones hidráulicas inducidas por el sismo. También se considerará en el dimensionamiento de la cimentación justificadamente.

### 6.1.4-Empuje incremental por sismo ( $\Delta E_a$ ) (Para método Excel)

Anteriormente se calculó el espectro de respuesta elástica a emplear en el modelo SAP200 para la acción sísmica. Para el modelo Excel, los efectos



dinámicos producidos por los sismos se simularán mediante empujes de tierra debidos a las fuerzas de inercia de las masas del muro y del relleno. Las fuerzas de inercia se determinarán teniendo en cuenta la masa de tierra apoyada directamente sobre la cara interior y zapata del muro con adición de las masas propias de la estructura de retención. El empuje sísmico generado por el relleno depende del nivel de desplazamiento que experimente el muro. Se considerará un estado activo de presión de tierras cuando el desplazamiento resultante permita el desarrollo de la resistencia al corte del relleno. Si el desplazamiento de la corona del muro está restringido, el empuje sísmico debería calcularse con la condición de tierras en reposo, pero, la estructura puede llegar a ser demasiado grande. En tal caso, es preferible diseñar admitiendo un pequeño desplazamiento lateral admisible, con tal de obtener una estructura más económica. De este modo sólo se considerará el empuje incremental activo por efecto sísmico en todo el paramento del muro (tanto en Zona R, como en Zona A).

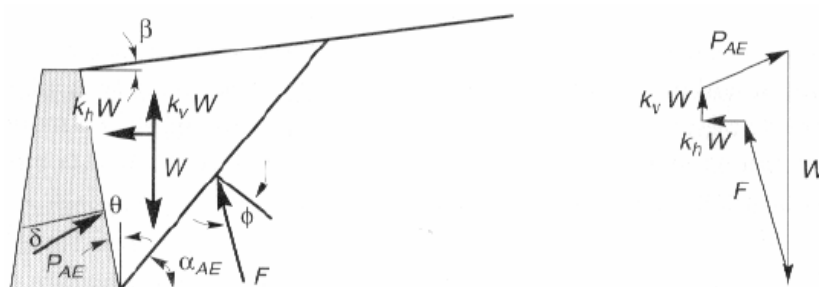
Se ha seguido el método de Mononobe-Okabe (M-O) para la determinación del incremento dinámico del empuje activo. No se consideran los efectos debidos al movimiento ondulatorio de la masa de agua producidos por el sismo al entenderse que, al estar el tanque enterrado, dichos efectos serán mitigados (mas no anulados) por la presión pasiva del terreno, no considerando esta situación como crítica.

### *Método de Mononobe-Okabe Modificado*

Este método considera la aplicación de aceleraciones pseudo-estáticas, tanto horizontales como verticales, a la cuña activa de Coulomb.

El empuje de suelos pseudo-estático se obtiene entonces a partir del equilibrio de la cuña.

Las fuerzas actuando sobre una cuña activa, en el caso de un suelo seco sin cohesión, se muestra en la imagen siguiente:



Por tanto, coexisten en la cuña las fuerzas estáticas con fuerzas pseudo-estáticas horizontales y verticales cuyas magnitudes se pueden determinar con las siguientes fórmulas :

$$a_h = k_h \cdot g \quad \text{y} \quad a_v = k_v \cdot g .$$

Particularizando para el empuje activo, el empuje activo total puede ser expresado de forma similar al desarrollado para las condiciones estáticas, es decir:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 - k_v)$$

el coeficiente dinámico de presión de suelo activo,  $K_{AE}$ , se determina mediante:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \psi)}{\cos \psi \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \psi) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)}} \right]^2}$$

donde :  $\phi - \beta \geq \psi$ ,

$$\gamma = \gamma_d ,$$

$$\psi = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{(1 - k_v)} \right]$$

resultados experimentales sugieren que, bajo condiciones de carga dinámica, el empuje activo total actúa en un punto superior a  $H/3$  sobre la base del muro de altura  $H$ .

En el método modificado, el empuje activo total,  $P_{AE}$ , puede ser dividido en un componente estático,  $P_A$ , y un componente dinámico,  $\Delta P_{AE}$ :

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{AE}$$

actuando el empuje total activo a la altura :

$$h = \frac{P_A \cdot \frac{H}{3} + \Delta P_{AE} \cdot (0.6H)}{P_{AE}}$$

Según recomendación de Seed y Whitman (1970).

Para realizar los cálculos pertinentes se ha programado una hoja Excel basada en el método anteriormente expuesto con las siguientes consideraciones:

Los valores de la presión horizontal y vertical en un punto del trasdós situado a una profundidad  $z$  se calculan como:

$$p_h = \gamma z \lambda_h ; \quad p_v = \gamma z \lambda_v$$

Siendo:

$$\lambda_h = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\lambda_v = \lambda_h \cot g(\alpha - \delta)$$

$z$ : profundidad

$\alpha$ : ángulo del paramento del muro con la horizontal

$\delta$ : ángulo de rozamiento muro-terreno

$\phi$ : ángulo de rozamiento interno del terreno

$\beta$ : ángulo de talud del terreno  $\gamma$ : peso específico del terreno

El coeficiente de empuje activo en condiciones dinámicas es el siguiente:

$$K_{ad} = \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos \theta \cos \alpha} K_a^*$$

siendo:

$\theta$ : ángulo definido por la expresión siguiente:

$$\theta = \arctg \left( \frac{a_h}{g - a_v} \right)$$

donde:

$g$ : aceleración de la gravedad.

$a_h$ : aceleración de cálculo horizontal.

$a_v$ : aceleración de cálculo vertical, tomada como la mitad de la horizontal.

$K_a^*$ : coeficiente de empuje activo en condiciones estáticas, pero en cuyo cálculo en el lugar donde aparezca  $\alpha$  se introducirá  $(\alpha+\theta)$ , y donde aparezca  $\beta$  se introducirá  $(\beta+\theta)$ .

El ángulo de rozamiento tierras-muro puede disminuir notablemente durante el sismo. Esto significa un aumento adicional del empuje activo. Por tanto, considerar este ángulo 0 queda del lado de la seguridad.

Se han obtenido los siguientes resultados :

#### DATOS:

|  |         |
|--|---------|
| $h$ (altura de tierras)                      | 5,75    |
| $\alpha$ (ángulo del muro con la horizontal) | 90      |
| $\delta$ (ángulo de rozamiento muro-terreno) | 10      |
| $\beta$ (ángulo de talud del terreno)        | 0       |
| $\gamma$ (peso específico del terreno)       | 22      |
| $\phi$ (ángulo interno del terreno)          | 30      |
| $a_c$ (aceleración de calculo)               | 0,0672g |

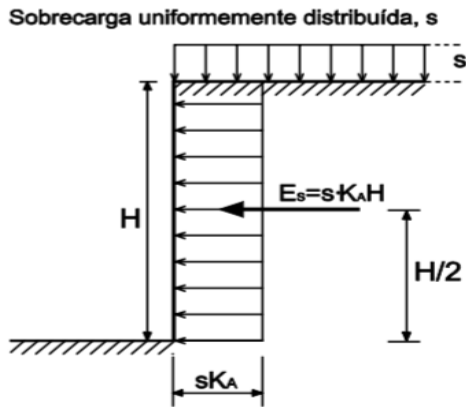
#### RESULTADOS OBTENIDOS:

|   |             |
|---|-------------|
| Coeficiente de empuje activo estático, $K_A$                    | 0,303779498 |
| Empuje activo estático $E_A$<br>(KN/m)                          | 110,4808062 |
| Coeficiente de empuje activo dinámico, $K_{AD}$                 | 0,331594523 |
| Empuje activo dinámico, $E_{AD}$ (KN/m)                         | 120,5967831 |
| Incremento del empuje activo por sismo,<br>$\Delta_{EA}$ (KN/m) | 10,11597686 |
| Porcentaje del incremento                                       | 9,16%       |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| Punto de aplicación (m) | 2,045 |
|-------------------------|-------|

### 6.1.5-Empuje debido a la sobrecarga de uso (SCU)

Para la determinación del empuje debido a la sobrecarga por tráfico se emplea la simplificación del CTE que aparece en la siguiente figura :



Con :

$$s = \text{SCU} = 1 \text{ kN/m}^2.$$

$K_a$ ;  $K_o$  : empuje activo o pasivo.

$E_s$  : empuje debido a la sobrecarga.

### 6.2-EMPUJE HIDROESTÁTICO

La distribución de empujes unitarios debidos al agua responde a la siguiente formulación:

$$e_w = \gamma_w \cdot x$$

Siendo :

$\gamma_w$  = Peso específico del agua.

$x$  = profundidad del agua.

La resultante de empuje es :  $E_w = 0,5 \cdot \gamma_w \cdot x^2$

Dicha resultante estará aplicada a 1/3 de la altura desde la base del muro.

## 7-MODELO EXCEL

Trataremos las paredes del depósito como una placa triempotrada, en la cimentación y en las dos paredes laterales, y con el borde superior libre. Aparecen momentos flectores en las direcciones vertical y horizontal, y para determinar sus leyes proponemos hacer uso de las tablas de placas de Bares (1970) que se adjuntan al final de este apartado.

Además, debido a las dimensiones de la estructura, los flectores verticales también se obtendrán idealizando ésta como una ménsula empotrada en su base, funcionamiento similar al que presentaran los muros en sus zonas centrales, al desprejarse el efecto esquina.

### 7.1-MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMO PLACA TRIEMPOTRADA. TABLAS DE BARES (1970)

#### 7.1.1-Sistemática de cálculo para el método de las Tablas de Bares (1970)

Para resolver cada una de las combinaciones de acciones propuestas, se hará uso de las Tablas de Bares que se mostrarán seguidamente, y procederemos así:

- Hallar el valor de  $\gamma$  función de los lados de la placa.
- Calcular el valor de la máxima carga mayorada en la base
- Buscar en la tabla los momentos flectores horizontales, tanto los máximos negativos, como los máximos positivos.
- Buscar en las tablas los momentos flectores verticales, tanto los máximos negativos como los máximos positivos.

*NOTA: No se ha variado el criterio de signos empleado en las Tablas para facilitar el correcto uso de éstas.*

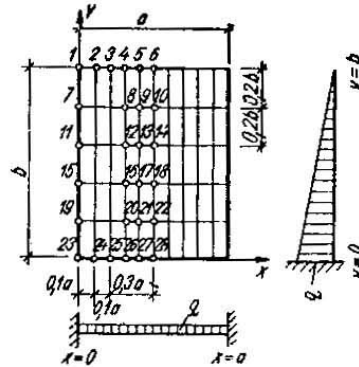
A continuación se muestran las Tablas de Bares para placas empotradas:



$$\mu = 0,20$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{yb} = -\mu M_{xb}$$



| $\gamma$  | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5     | 2        | 3        | F. m.  |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|
| $M_{x1}$  | -0,0064 | -0,0088 | -0,0148 | -0,0151 | -0,0180 | -0,01610 | -0,00952 | $qa^2$ |
| $M_{x4}$  | +0,0016 | +0,0024 | +0,0045 | +0,0046 | +0,0051 | +0,00430 | +0,00221 |        |
| $M_{x5}$  | +0,0032 | +0,0048 | +0,0088 | +0,0084 | +0,0084 | +0,00630 | +0,00258 |        |
| $M_{x6}$  | +0,0032 | +0,0056 | +0,0101 | +0,0097 | +0,0095 | +0,00690 | +0,00264 |        |
| $M_{x7}$  | -0,0176 | -0,0184 | -0,0263 | -0,0216 | -0,0192 | -0,01502 | -0,00811 |        |
| $M_{x8}$  | +0,0048 | +0,0048 | +0,0070 | +0,0059 | +0,0053 | +0,00402 | +0,00191 |        |
| $M_{x9}$  | +0,0080 | +0,0084 | +0,0121 | +0,0099 | +0,0082 | +0,00565 | +0,00215 |        |
| $M_{x10}$ | +0,0080 | +0,0096 | +0,0139 | +0,0112 | +0,0091 | +0,00612 | +0,00220 |        |
| $M_{x11}$ | -0,0336 | -0,0332 | -0,0396 | -0,0273 | -0,0189 | -0,01288 | -0,00622 |        |
| $M_{x12}$ | +0,0096 | +0,0092 | +0,0110 | +0,0079 | +0,0055 | +0,00382 | +0,00149 |        |
| $M_{x13}$ | +0,0144 | +0,0152 | +0,0178 | +0,0119 | +0,0077 | +0,00472 | +0,00158 |        |
| $M_{x14}$ | +0,0176 | +0,0168 | +0,0198 | +0,0132 | +0,0084 | +0,00502 | +0,00157 |        |
| $M_{x15}$ | -0,0496 | -0,0456 | -0,0468 | -0,0277 | -0,0155 | -0,00930 | -0,00399 |        |
| $M_{x16}$ | +0,0128 | +0,0128 | +0,0137 | +0,0082 | +0,0045 | +0,00250 | +0,00072 |        |
| $M_{x17}$ | +0,0224 | +0,0204 | +0,0202 | +0,0115 | +0,0058 | +0,00295 | +0,00063 |        |
| $M_{x18}$ | +0,0256 | +0,0228 | +0,0223 | +0,0125 | +0,0061 | +0,00305 | +0,00059 |        |
| $M_{x19}$ | -0,0608 | -0,0408 | -0,0326 | -0,0160 | -0,0072 | -0,00385 | -0,00147 |        |
| $M_{x20}$ | +0,0160 | +0,0120 | +0,0094 | +0,0044 | +0,0014 | +0,00015 | -0,00055 |        |
| $M_{x21}$ | +0,0272 | +0,0172 | +0,0128 | +0,0055 | +0,0015 | 0        | -0,00077 |        |
| $M_{x22}$ | +0,0304 | +0,0188 | +0,0137 | +0,0058 | +0,0015 | -0,00008 | -0,00084 |        |
| $M_{y8}$  | 0       | 0       | +0,0002 | +0,0011 | +0,0042 | +0,0065  | +0,0072  | $qb^2$ |
| $M_{y9}$  | +0,0001 | +0,0002 | +0,0005 | +0,0019 | +0,0061 | +0,0088  | +0,0082  |        |
| $M_{y10}$ | +0,0001 | +0,0002 | +0,0007 | +0,0022 | +0,0067 | +0,0095  | +0,0085  |        |
| $M_{y12}$ | +0,0001 | +0,0005 | +0,0020 | +0,0047 | +0,0102 | +0,0125  | +0,0096  |        |





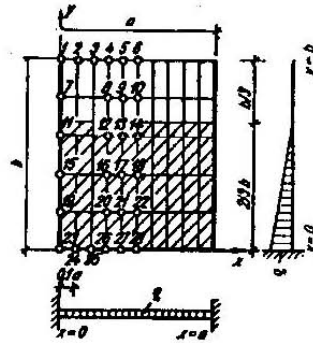
| $\nu$     | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5     | 2       | 3       | F. m.  |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| $M_{y13}$ | +0,0002 | +0,0009 | +0,0029 | +0,0064 | +0,0130 | +0,0151 | +0,0096 | $qb^2$ |
| $M_{y14}$ | +0,0002 | +0,0010 | +0,0032 | +0,0070 | +0,0139 | +0,0159 | +0,0094 |        |
| $M_{y16}$ | +0,0002 | +0,0013 | +0,0042 | +0,0076 | +0,0115 | +0,0099 | -0,0012 |        |
| $M_{y17}$ | +0,0003 | +0,0019 | +0,0056 | +0,0097 | +0,0137 | +0,0106 | -0,0046 |        |
| $M_{y18}$ | +0,0003 | +0,0021 | +0,0061 | +0,0104 | +0,0143 | +0,0107 | -0,0059 |        |
| $M_{y20}$ | +0,0003 | +0,0022 | +0,0039 | +0,0039 | +0,0014 | -0,0116 | -0,0356 |        |
| $M_{y21}$ | +0,0005 | +0,0029 | +0,0048 | +0,0044 | +0,0029 | -0,0160 | -0,0444 |        |
| $M_{y22}$ | +0,0005 | +0,0031 | +0,0051 | +0,0046 | +0,0035 | -0,0175 | -0,0474 |        |
| $M_{y26}$ | -0,0023 | -0,0081 | -0,0152 | -0,0252 | -0,0465 | -0,0683 | -0,1062 |        |
| $M_{y27}$ | -0,0028 | -0,0100 | -0,0188 | -0,0307 | -0,0554 | -0,0804 | -0,1214 |        |
| $M_{y28}$ | -0,0030 | -0,0107 | -0,0200 | -0,0325 | -0,0584 | -0,0845 | -0,1262 |        |
| $R_{x1}$  | +0,0328 | +0,0294 | +0,0283 | +0,0326 | +0,0707 | +0,0992 | +0,1041 | $qa$   |
| $R_{x7}$  | +0,1004 | +0,1046 | +0,1328 | +0,1315 | +0,1383 | +0,1282 | +0,0975 |        |
| $R_{x11}$ | +0,1984 | +0,2030 | +0,2310 | +0,1972 | +0,1604 | +0,1242 | +0,0784 |        |
| $R_{x15}$ | +0,3004 | +0,3028 | +0,3160 | +0,2421 | +0,1695 | +0,1205 | +0,0715 |        |
| $R_{x19}$ | +0,3768 | +0,2988 | +0,2537 | +0,1607 | +0,0891 | +0,0554 | +0,0299 |        |
| $R_{x23}$ | +0,1840 | +0,0608 | +0,0153 | -0,0045 | -0,0131 | -0,0120 | -0,0068 | $qb$   |
| $R_{y23}$ | +0,0460 | +0,0304 | +0,0102 | -0,0045 | -0,0196 | -0,0241 | -0,0204 |        |
| $R_{y24}$ | +0,0136 | +0,0309 | +0,0474 | +0,0744 | +0,1256 | +0,1691 | +0,2452 |        |
| $R_{y25}$ | +0,0543 | +0,1052 | +0,1488 | +0,1942 | +0,2666 | +0,3199 | +0,3964 |        |
| $R_{y26}$ | +0,0839 | +0,1563 | +0,2154 | +0,2699 | +0,3496 | +0,4038 | +0,4668 |        |
| $R_{y27}$ | +0,1004 | +0,1856 | +0,2526 | +0,3108 | +0,3923 | +0,4457 | +0,4966 |        |
| $R_{y28}$ | +0,1056 | +0,0336 | +0,2645 | +0,3236 | +0,4055 | +0,4584 | +0,5047 |        |



$$\mu = 0,20$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{yb} = -\mu M_{xb}$$



| $\gamma$  | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5      | 2        | 3        | Fact.<br>de<br>mult. |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------------|
| $M_{x1}$  | 0       | 0       | -0,0011 | -0,0025 | -0,00479 | -0,00477 | -0,00300 | $qa^2$               |
| $M_{x4}$  | 0       | 0       | +0,0004 | +0,0009 | +0,00151 | +0,00137 | +0,00073 |                      |
| $M_{x5}$  | 0       | +0,0004 | +0,0013 | +0,0021 | +0,00266 | +0,00210 | +0,00087 |                      |
| $M_{x6}$  | 0       | +0,0004 | +0,0018 | +0,0025 | +0,00306 | +0,00232 | +0,00089 |                      |
| $M_{x7}$  | 0       | -0,0024 | -0,0061 | -0,0063 | -0,00635 | -0,00505 | -0,00276 |                      |
| $M_{x8}$  | 0       | +0,0004 | +0,0016 | +0,0017 | +0,00178 | +0,00137 | +0,00067 |                      |
| $M_{x9}$  | 0       | +0,0012 | +0,0032 | +0,0031 | +0,00284 | +0,00197 | +0,00074 |                      |
| $M_{x10}$ | 0       | +0,0016 | +0,0036 | +0,0036 | +0,00320 | +0,00215 | +0,00075 |                      |
| $M_{x11}$ | -0,0096 | -0,0124 | -0,0167 | -0,0118 | -0,00790 | -0,00520 | -0,00241 |                      |
| $M_{x12}$ | +0,0032 | +0,0032 | +0,0045 | +0,0034 | +0,00235 | +0,00150 | +0,00061 |                      |
| $M_{x13}$ | +0,0048 | +0,0036 | +0,0076 | +0,0052 | +0,00320 | +0,00187 | +0,00062 |                      |
| $M_{x14}$ | +0,0048 | +0,0068 | +0,0085 | +0,0058 | +0,00346 | +0,00197 | +0,00061 |                      |
| $M_{x15}$ | -0,0336 | -0,0300 | -0,0295 | -0,0165 | -0,00843 | -0,00472 | -0,00186 |                      |
| $M_{x16}$ | +0,0096 | +0,0084 | +0,0088 | +0,0050 | +0,00257 | +0,00137 | +0,00043 |                      |
| $M_{x17}$ | +0,0144 | +0,0132 | +0,0126 | +0,0067 | +0,00302 | +0,00150 | +0,00039 |                      |
| $M_{x18}$ | +0,0176 | +0,0148 | +0,0137 | +0,0072 | +0,00315 | +0,00152 | +0,00037 |                      |
| $M_{x19}$ | -0,0512 | -0,0336 | -0,0256 | -0,0119 | -0,00492 | -0,00245 | -0,00083 |                      |
| $M_{x20}$ | +0,0144 | +0,0100 | +0,0076 | +0,0034 | +0,00115 | +0,00035 | +0,00010 |                      |
| $M_{x21}$ | +0,0224 | +0,0140 | +0,0097 | +0,0040 | +0,00111 | +0,00025 | +0,00018 |                      |
| $M_{x22}$ | +0,0256 | +0,0152 | +0,0103 | +0,0041 | +0,00106 | +0,00020 | +0,00021 |                      |
| $M_{y8}$  | 0       | -0,0002 | -0,0006 | -0,0005 | +0,0008  | +0,0019  | +0,0025  | $qb^2$               |
| $M_{y9}$  | 0       | -0,0003 | -0,0006 | -0,0003 | +0,0014  | +0,0028  | +0,0030  |                      |
| $M_{y10}$ | 0       | -0,0003 | -0,0006 | -0,0003 | +0,0017  | +0,0031  | +0,0031  |                      |
| $M_{y12}$ | 0       | -0,0001 | +0,0004 | +0,0016 | +0,0046  | +0,0063  | +0,0062  |                      |



| $\gamma$  | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5     | 2       | 3       | Fact.<br>de<br>mult. |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| $M_{y13}$ | 0       | 0       | +0,0007 | +0,0024 | +0,0060 | +0,0076 | +0,0064 | $qb^2$               |
| $M_{y14}$ | 0       | 0       | +0,0008 | +0,0026 | +0,0065 | +0,0081 | +0,0064 |                      |
| $M_{y16}$ | +0,0001 | +0,0010 | +0,0031 | +0,0056 | +0,0089 | +0,0094 | +0,0065 |                      |
| $M_{y17}$ | +0,0002 | +0,0014 | +0,0041 | +0,0071 | +0,0104 | +0,0102 | +0,0055 |                      |
| $M_{y18}$ | +0,0002 | +0,0015 | +0,0044 | +0,0075 | +0,0109 | +0,0104 | +0,0051 |                      |
| $M_{y20}$ | +0,0003 | +0,0020 | +0,0038 | +0,0045 | +0,0031 | -0,0004 | -0,0087 |                      |
| $M_{y21}$ | +0,0004 | +0,0027 | +0,0047 | +0,0052 | +0,0028 | -0,0020 | -0,0118 |                      |
| $M_{y22}$ | +0,0005 | +0,0029 | +0,0050 | +0,0054 | +0,0026 | -0,0026 | -0,0129 |                      |
| $M_{y26}$ | -0,0021 | -0,0071 | -0,0122 | -0,0187 | -0,0300 | -0,0393 | -0,0536 |                      |
| $M_{y27}$ | -0,0026 | -0,0088 | -0,0149 | -0,0223 | -0,0345 | -0,0445 | -0,0591 |                      |
| $M_{y28}$ | -0,0028 | -0,0093 | -0,0158 | -0,0235 | -0,0359 | -0,0461 | -0,0608 |                      |
| $R_{x1}$  | 0       | -0,0052 | -0,0156 | -0,0155 | -0,0003 | +0,0142 | +0,0224 | $qa$                 |
| $R_{x7}$  | +0,0008 | +0,0038 | +0,0160 | +0,0258 | +0,0362 | +0,0359 | +0,0281 |                      |
| $R_{x11}$ | +0,0568 | +0,0646 | +0,0837 | +0,0763 | +0,0641 | +0,0495 | +0,0307 |                      |
| $R_{x15}$ | +0,1996 | +0,2022 | +0,2082 | +0,1567 | +0,1089 | +0,0785 | +0,0487 |                      |
| $R_{x19}$ | +0,3272 | +0,2572 | +0,2185 | +0,1409 | +0,0852 | +0,0595 | +0,0394 |                      |
| $R_{x23}$ | +0,1748 | +0,0616 | +0,0233 | +0,0062 | -0,0002 | +0,0005 | +0,0037 | $qb$                 |
| $R_{y23}$ | +0,0437 | +0,0308 | +0,0155 | +0,0062 | -0,0003 | +0,0011 | +0,0110 |                      |
| $R_{y24}$ | +0,0145 | +0,0345 | +0,0549 | +0,0833 | +0,1334 | +0,1712 | +0,2226 |                      |
| $R_{y25}$ | +0,0537 | +0,1011 | +0,1389 | +0,1758 | +0,2277 | +0,2595 | +0,2954 |                      |
| $R_{y26}$ | +0,0810 | +0,1450 | +0,1907 | +0,2283 | +0,2736 | +0,2983 | +0,3224 |                      |
| $R_{y27}$ | +0,0959 | +0,1695 | +0,2183 | +0,2546 | +0,2945 | +0,3153 | +0,3329 |                      |
| $R_{y28}$ | +0,1015 | +0,1773 | +0,2269 | +0,2625 | +0,3005 | +0,3202 | +0,3356 |                      |

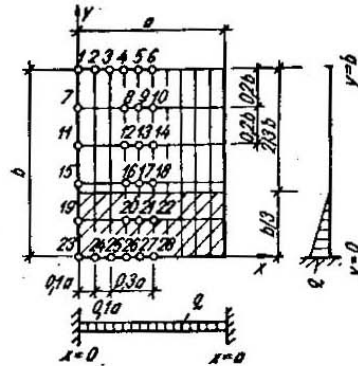




$$\mu = 0,20$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{yb} = -\mu M_{xb}$$



| $\gamma$  | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5      | 2        | 3        | Fact. de mult. |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------|
| $M_{x1}$  | 0       | 0       | 0       | -0,0002 | -0,00058 | -0,00065 | -0,00042 | $qa^2$         |
| $M_{x4}$  | 0       | 0       | 0       | +0,0001 | +0,00018 | +0,00021 | +0,00011 |                |
| $M_{x5}$  | 0       | 0       | 0       | +0,0002 | +0,00040 | +0,00031 | +0,00012 |                |
| $M_{x6}$  | 0       | 0       | +0,0002 | +0,0003 | +0,00044 | +0,00036 | +0,00013 |                |
| $M_{x7}$  | 0       | 0       | -0,0007 | -0,0008 | -0,00093 | -0,00078 | -0,00041 |                |
| $M_{x8}$  | 0       | 0       | +0,0002 | +0,0002 | +0,00027 | +0,00021 | +0,00010 |                |
| $M_{x9}$  | 0       | 0       | +0,0004 | +0,0004 | +0,00044 | +0,00031 | +0,00011 |                |
| $M_{x10}$ | 0       | 0       | +0,0004 | +0,0005 | +0,00049 | +0,00034 | +0,00011 |                |
| $M_{x11}$ | 0       | -0,0008 | -0,0022 | -0,0018 | -0,00129 | -0,00088 | -0,00039 |                |
| $M_{x12}$ | 0       | +0,0004 | +0,0004 | +0,0005 | +0,00035 | +0,00025 | +0,00009 |                |
| $M_{x13}$ | 0       | +0,0004 | +0,0010 | +0,0008 | +0,00053 | +0,00031 | +0,00009 |                |
| $M_{x14}$ | 0       | +0,0008 | +0,0012 | +0,0009 | +0,00058 | +0,00031 | +0,00009 |                |
| $M_{x15}$ | -0,0032 | -0,0056 | -0,0063 | -0,0036 | -0,00178 | -0,00101 | -0,00037 |                |
| $M_{x16}$ | +0,0016 | +0,0016 | +0,0018 | +0,0010 | +0,00053 | +0,00029 | +0,00009 |                |
| $M_{x17}$ | +0,0016 | +0,0024 | +0,0027 | +0,0014 | +0,00058 | +0,00029 | +0,00007 |                |
| $M_{x18}$ | +0,0016 | +0,0028 | +0,0029 | +0,0015 | +0,00062 | +0,00029 | +0,00006 |                |
| $M_{x19}$ | -0,0272 | -0,0160 | -0,0115 | -0,0050 | -0,00187 | -0,00088 | -0,00025 |                |
| $M_{x20}$ | +0,0080 | +0,0048 | +0,0036 | +0,0015 | +0,00053 | +0,00021 | +0,00004 |                |
| $M_{x21}$ | +0,0112 | +0,0064 | +0,0040 | +0,0016 | +0,00044 | +0,00018 | +0,00003 |                |
| $M_{x22}$ | +0,0128 | +0,0072 | +0,0043 | +0,0015 | +0,00044 | +0,00018 | +0,00002 |                |
| $M_{y8}$  | 0       | 0       | -0,0001 | -0,0002 | 0        | +0,0002  | +0,0003  | $qb^2$         |
| $M_{y9}$  | 0       | 0       | -0,0002 | -0,0002 | +0,0001  | +0,0003  | +0,0004  |                |
| $M_{y10}$ | 0       | 0       | -0,0002 | -0,0002 | +0,0001  | +0,0004  | +0,0004  |                |
| $M_{y12}$ | 0       | -0,0001 | -0,0002 | -0,0001 | +0,0004  | +0,0008  | +0,0008  |                |
| $M_{y13}$ | 0       | -0,0001 | -0,0002 | 0       | +0,0007  | +0,0010  | +0,0009  |                |



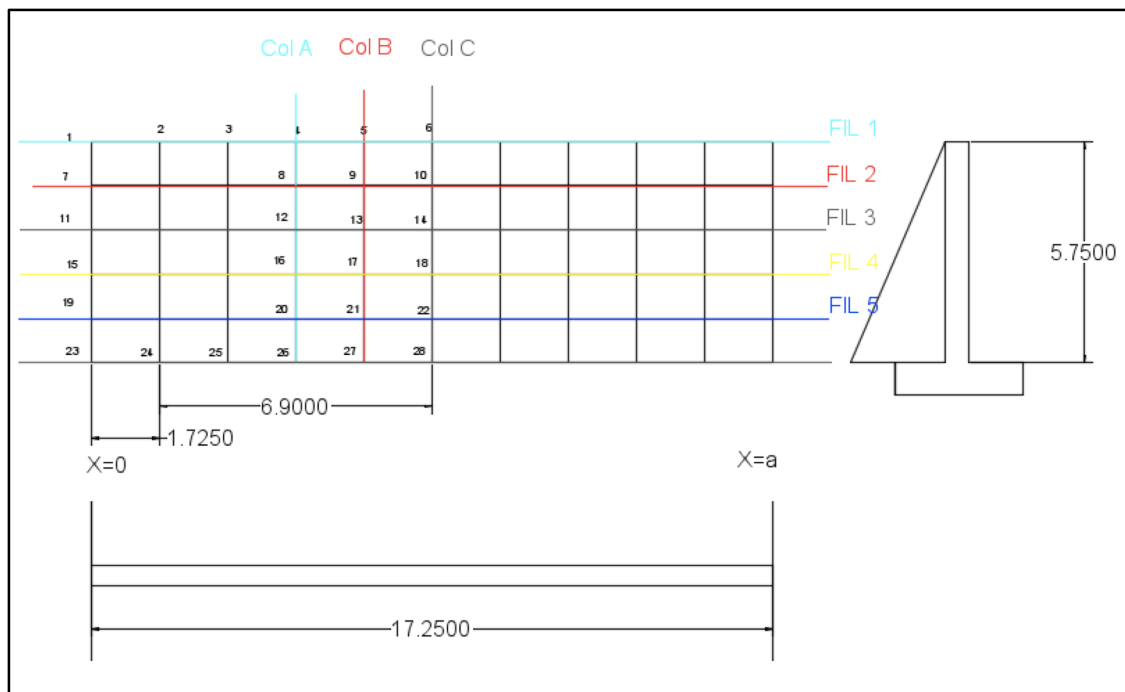
| $\gamma$  | 0,25    | 0,5     | 0,75    | 1       | 1,5     | 2       | 3       | Fact.<br>de<br>mult. |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| $M_{y14}$ | 0       | -0,0001 | -0,0002 | 0       | +0,0007 | +0,0011 | +0,0009 | $qb^2$               |
| $M_{y16}$ | 0       | -0,0001 | +0,0003 | +0,0008 | +0,0016 | +0,0019 | +0,0016 |                      |
| $M_{y17}$ | 0       | 0       | +0,0005 | +0,0012 | +0,0020 | +0,0021 | +0,0015 |                      |
| $M_{y18}$ | 0       | 0       | +0,0005 | +0,0013 | +0,0021 | +0,0021 | +0,0014 |                      |
| $M_{y20}$ | +0,0001 | +0,0012 | +0,0022 | +0,0028 | +0,0029 | +0,0025 | +0,0012 |                      |
| $M_{y21}$ | +0,0002 | +0,0015 | +0,0027 | +0,0032 | +0,0030 | +0,0022 | +0,0008 |                      |
| $M_{y22}$ | +0,0002 | +0,0016 | +0,0029 | +0,0033 | +0,0030 | +0,0022 | +0,0006 |                      |
| $M_{y26}$ | -0,0018 | -0,0046 | -0,0063 | -0,0085 | -0,0113 | -0,0132 | -0,0155 |                      |
| $M_{y27}$ | -0,0022 | -0,0055 | -0,0075 | -0,0097 | -0,0124 | -0,0141 | -0,0164 |                      |
| $M_{y28}$ | -0,0033 | -0,0058 | -0,0078 | -0,0101 | -0,0127 | -0,0144 | -0,0166 |                      |
| $R_{x1}$  | 0       | -0,0006 | -0,0033 | -0,0041 | -0,0021 | +0,0003 | +0,0021 | $qa$                 |
| $R_{x7}$  | 0       | -0,0008 | +0,0003 | +0,0024 | +0,0045 | +0,0048 | +0,0039 |                      |
| $R_{x11}$ | -0,0012 | +0,0008 | +0,0054 | +0,0074 | +0,0075 | +0,0060 | +0,0036 |                      |
| $R_{x15}$ | +0,0152 | +0,0254 | +0,0324 | +0,0258 | +0,0180 | +0,0127 | +0,0072 |                      |
| $R_{x19}$ | +0,1832 | +0,1386 | +0,1182 | +0,0769 | +0,0489 | +0,0363 | +0,0263 |                      |
| $R_{x23}$ | +0,1480 | +0,0594 | +0,0342 | +0,0203 | +0,0143 | +0,0129 | +0,0117 |                      |
| $R_{y23}$ | +0,0370 | +0,0297 | +0,0228 | +0,0203 | +0,0214 | +0,0257 | +0,0352 | $qb$                 |
| $R_{y24}$ | +0,0173 | +0,0415 | +0,0615 | +0,0811 | +0,1090 | +0,1258 | +0,1434 |                      |
| $R_{y25}$ | +0,0509 | +0,0868 | +0,1076 | +0,1252 | +0,1446 | +0,1535 | +0,1609 |                      |
| $R_{y26}$ | +0,0719 | +0,1127 | +0,1314 | +0,1449 | +0,1568 | +0,1615 | +0,1653 |                      |
| $R_{y27}$ | +0,0838 | +0,1256 | +0,1428 | +0,1532 | +0,1612 | +0,1643 | +0,1668 |                      |
| $R_{y28}$ | +0,0883 | +0,1296 | +0,1461 | +0,1555 | +0,1623 | +0,1651 | +0,1671 |                      |

### 7.1.2-Flectores verticales y horizontales en ELU y ELS

Se van a calcular los flectores verticales y horizontales para cada una de las hipótesis de carga planteadas.

Se tomará para el cálculo:

- Longitud de muros de 17.250 metros (Juntas de dilatación-aplicabilidad del método).
- $\gamma=3$ ; Puesto que las longitudes de los muros en general son superiores a 3 veces la altura de éstos.  $a=b=5.75*3=17.25$ .
- Empuje hidrostático mayorado en la base ( $q_{Wd}$ );  $q_{Wd} = \gamma_f * 57500$  ( $N/m^2$ ).
- Empuje de Tierras mayorado en la base ( $q_{Td}$ );  $q_{Td} = \gamma_f \gamma_t * \tan^2(45^\circ - \phi/2) * H_t = \gamma_f * 42166,7$  ( $N/m^2$ ).
- Se tomarán los siguientes puntos de análisis graficados en la siguiente imagen.



Para agilizar los cálculos se ha programado una hoja Excel implementando el procedimiento anteriormente expuesto con las consideraciones ya mencionadas.

### Combinación N°1 (ELU). EMPUJE DE TIERRAS EN DEPÓSITO VACÍO

\*Se desprecia el empuje del terreno debido a la sobrecarga.

$$q_T = 0,5 * 5,75 * 22000 = 63250 \text{ N/m}^2$$

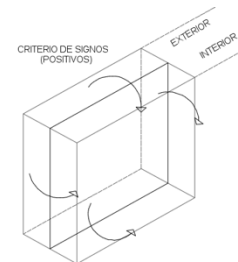
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

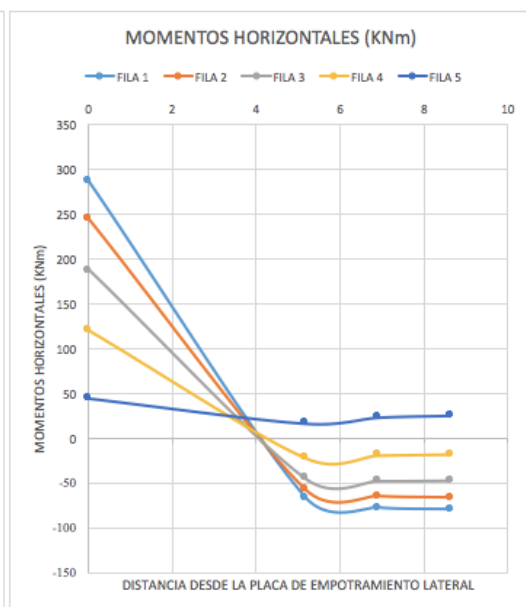
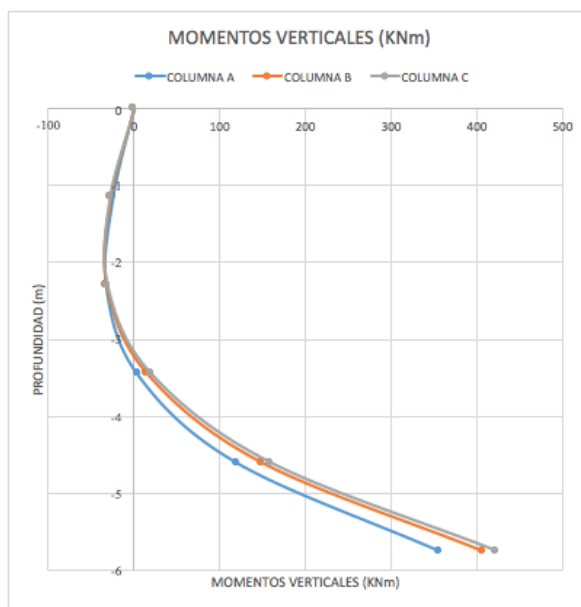
$$\gamma_F = 1,6$$

#### RESULTADOS OBTENIDOS:

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | -24,09066  | My9       | -27,436585 | My10      | -28,440363 |
| -2,3        | My12                         | -32,12088  | My13      | -32,12088  | My14      | -31,451695 |
| -3,45       | My16                         | 4,01511    | My17      | 15,391255  | My18      | 19,7409575 |
| -4,6        | My20                         | 119,11493  | My21      | 148,55907  | My22      | 158,596845 |
| -5,75       | My26                         | 355,337235 | My27      | 406,195295 | My28      | 422,255735 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | 286,678854 | Mx7  | 244,219066 | Mx11 | 187,304882 | Mx15 | 120,152167 | Mx19 | 44,2665878 |
| 5,175          | Mx4                            | -66,550448 | Mx8  | -57,516451 | Mx12 | -44,868854 | Mx16 | -21,681594 | Mx20 | 16,5623288 |
| 6,9            | Mx5                            | -77,692379 | Mx9  | -64,743649 | Mx13 | -47,579054 | Mx17 | -18,971395 | Mx21 | 23,1872603 |
| 8,625          | Mx6                            | -79,499178 | Mx10 | -66,249315 | Mx14 | -47,27792  | Mx18 | -17,766862 | Mx22 | 25,295193  |





**Combinación N°2 (ELU). DEPÓSITO LLENO SIN EMPUJE DE TIERRAS**

$$q_w = 5,75 \cdot 10000 = 57500 \text{ N/m}^2$$

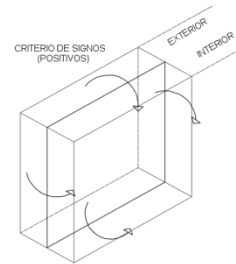
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

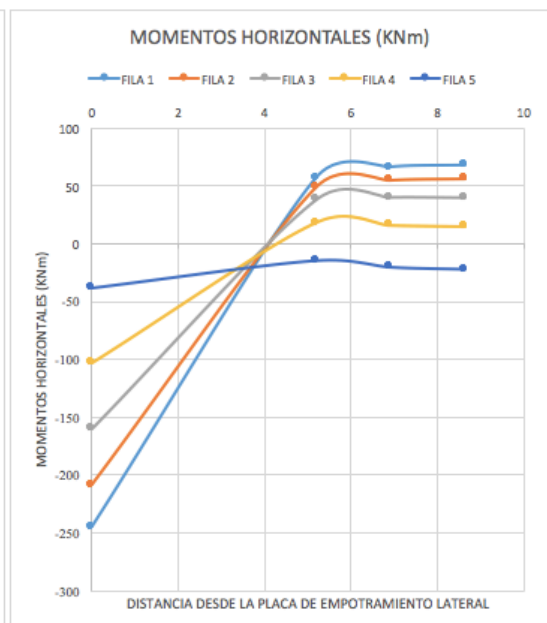
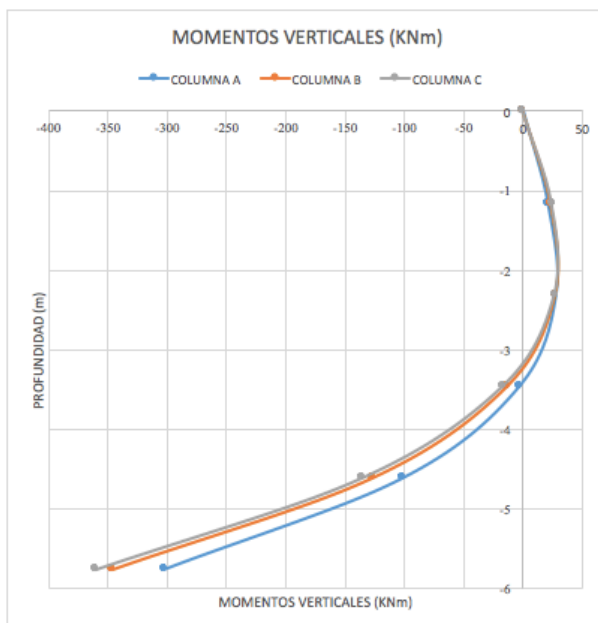
$$\gamma_F = 1,5$$

**RESULTADOS OBTENIDOS:**

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | 20,5318125 | My9       | 23,3834531 | My10      | 24,2389453 |
| -2,3        | My12                         | 27,37575   | My13      | 27,37575   | My14      | 26,8054219 |
| -3,45       | My16                         | -3,4219688 | My17      | -13,117547 | My18      | -16,82468  |
| -4,6        | My20                         | -101,51841 | My21      | -126,61284 | My22      | -135,16777 |
| -5,75       | My26                         | -302,84423 | My27      | -346,18917 | My28      | -359,87705 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | -244,32857 | Mx7  | -208,14125 | Mx11 | -159,63484 | Mx15 | -102,40241 | Mx19 | -37,727205 |
| 5,175          | Mx4                            | 56,719132  | Mx8  | 49,0197023 | Mx12 | 38,2405008 | Mx16 | 18,4786313 | Mx20 | -14,115621 |
| 6,9            | Mx5                            | 66,2150953 | Mx9  | 55,1792461 | Mx13 | 40,5503297 | Mx17 | 16,1688023 | Mx21 | -19,76187  |
| 8,625          | Mx6                            | 67,7549813 | Mx10 | 56,4624844 | Mx14 | 40,293682  | Mx18 | 15,1422117 | Mx22 | -21,558403 |



### Combinación N°3 (ELU). DEPÓSITO LLENO CON EMPUJE DE TIERRAS EN SITUACIÓN SÍSMICA ( $E_{AD}$ )

$$q_W = 5,75 \cdot 10000 = 57500 \text{ N/m}^2 ; q_{T(\text{sismo})} = 22 \cdot 5,75 \cdot 0,3316 = 41950 \text{ N/m}^2$$

$$q = q_W - q_{T(\text{sismo})} = 15550 \text{ N/m}^2$$

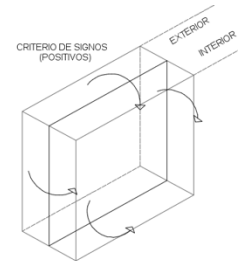
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

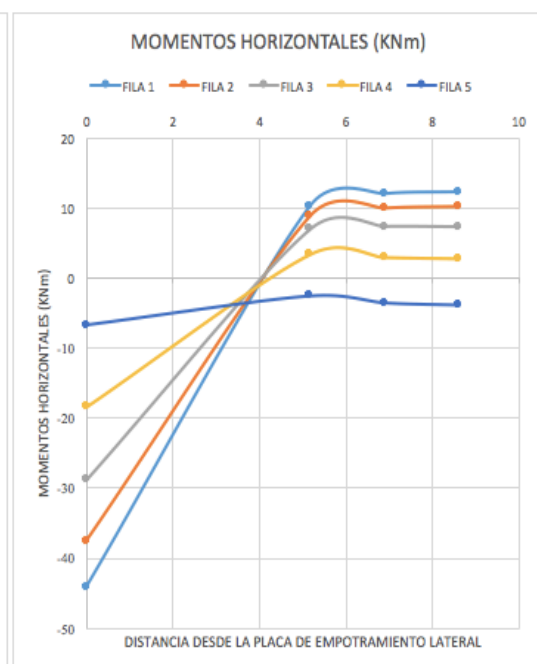
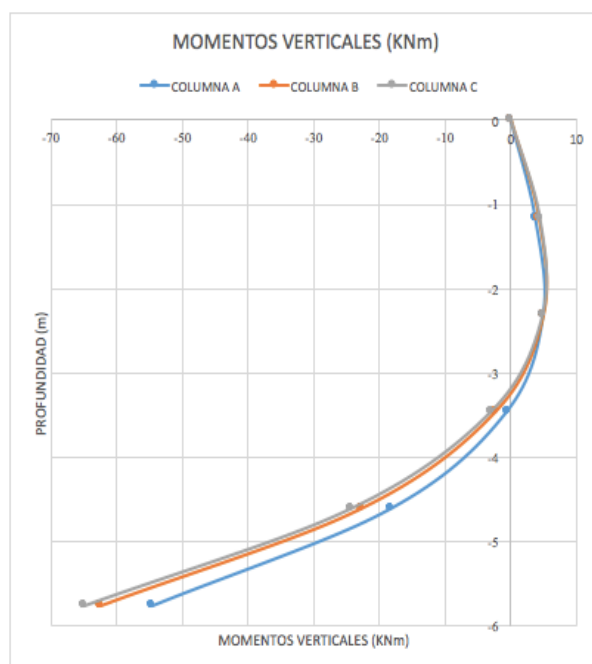
$$\gamma_F = 1$$

RESULTADOS OBTENIDOS:

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | 3,7016775  | My9       | 4,21579938 | My10      | 4,37003594 |
| -2,3        | My12                         | 4,93557    | My13      | 4,93557    | My14      | 4,83274563 |
| -3,45       | My16                         | -0,6169463 | My17      | -2,3649606 | My18      | -3,0333191 |
| -4,6        | My20                         | -18,302739 | My21      | -22,827011 | My22      | -24,369377 |
| -5,75       | My26                         | -54,599743 | My27      | -62,414396 | My28      | -64,882181 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | -44,049962 | Mx7  | -37,525756 | Mx11 | -28,780543 | Mx15 | -18,462117 | Mx19 | -6,8018324 |
| 5,175          | Mx4                            | 10,2258841 | Mx8  | 8,83775503 | Mx12 | 6,89437434 | Mx16 | 3,33150975 | Mx20 | -2,5449033 |
| 6,9            | Mx5                            | 11,9379099 | Mx9  | 9,94825828 | Mx13 | 7,31081306 | Mx17 | 2,91507103 | Mx21 | -3,5628646 |
| 8,625          | Mx6                            | 12,2155358 | Mx10 | 10,1796131 | Mx14 | 7,26454209 | Mx18 | 2,72998716 | Mx22 | -3,8867614 |



**Combinación N°5 (ELS). DEPÓSITO LLENO CON EMPUJE DE TIERRAS**

*\*Se considera el empuje activo en esta situación*

$$q_W = 5,75 \cdot 10000 = 57500 \text{ N/m}^2; q_T = \text{tg}^2(45-30/2) \cdot 5,75 \cdot 22000 = 42166,6 \text{ N/m}^2$$

$$q = q_W - q_{T(\text{sismo})} = 15334 \text{ N/m}^2$$

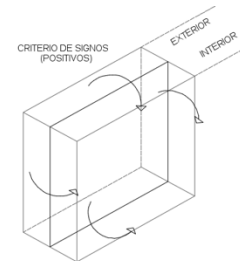
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

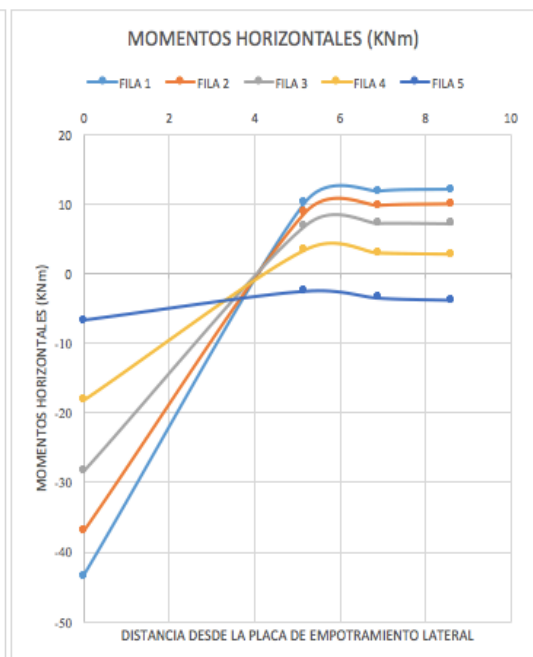
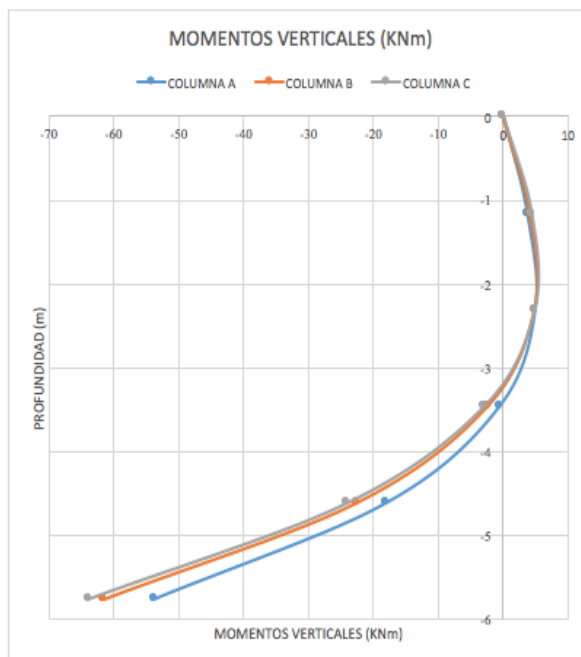
$$\gamma_F = 1$$

**RESULTADOS OBTENIDOS:**

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | 3,6502587  | My9       | 4,15723908 | My10      | 4,30933319 |
| -2,3        | My12                         | 4,8670116  | My13      | 4,8670116  | My14      | 4,76561553 |
| -3,45       | My16                         | -0,6083765 | My17      | -2,3321097 | My18      | -2,9911842 |
| -4,6        | My20                         | -18,048501 | My21      | -22,509929 | My22      | -24,03087  |
| -5,75       | My26                         | -53,841316 | My27      | -61,547418 | My28      | -63,980923 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | -43,438079 | Mx7  | -37,004498 | Mx11 | -28,380761 | Mx15 | -18,205665 | Mx19 | -6,7073504 |
| 5,175          | Mx4                            | 10,0838397 | Mx8  | 8,71499265 | Mx12 | 6,79860683 | Mx16 | 3,28523283 | Mx20 | -2,5095529 |
| 6,9            | Mx5                            | 11,7720843 | Mx9  | 9,81007026 | Mx13 | 7,20926093 | Mx17 | 2,87457873 | Mx21 | -3,513374  |
| 8,625          | Mx6                            | 12,0458537 | Mx10 | 10,0382114 | Mx14 | 7,1636327  | Mx18 | 2,69206579 | Mx22 | -3,8327716 |



### Combinación N°6.a (ELS). VASO LLENO-VASO VACÍO (Muros perimetrales)

$$q_T = 0,5 \cdot 5,75 \cdot 22000 = 63250 \text{ N/m}^2$$

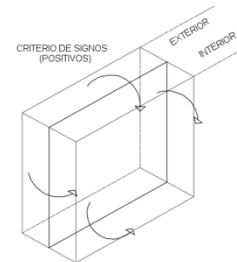
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

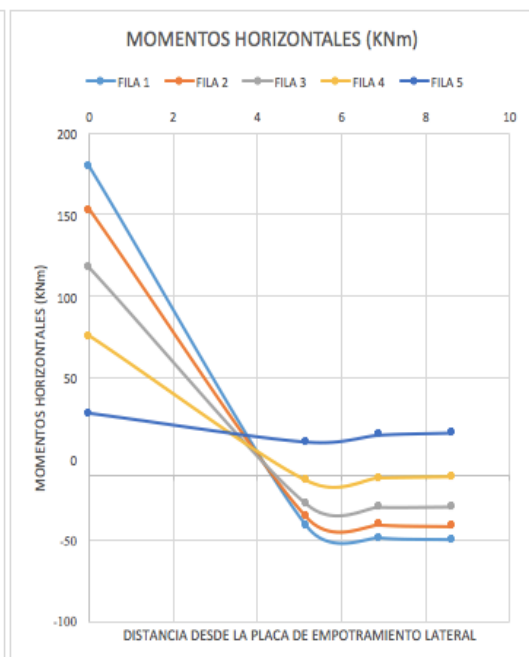
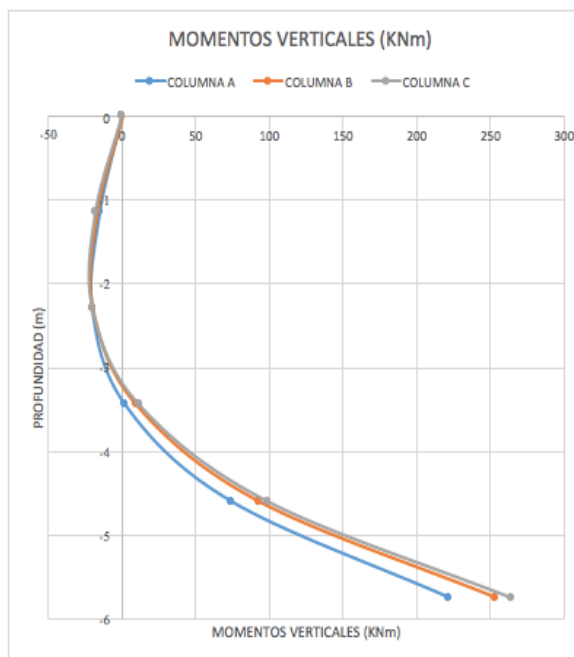
$$\gamma_F = 1$$

#### RESULTADOS OBTENIDOS:

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | -15,056663 | My9       | -17,147866 | My10      | -17,775227 |
| -2,3        | My12                         | -20,07555  | My13      | -20,07555  | My14      | -19,657309 |
| -3,45       | My16                         | 2,50944375 | My17      | 9,61953438 | My18      | 12,3380984 |
| -4,6        | My20                         | 74,4468313 | My21      | 92,8494188 | My22      | 99,1230281 |
| -5,75       | My26                         | 222,085772 | My27      | 253,872059 | My28      | 263,909834 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | 179,174284 | Mx7  | 152,636916 | Mx11 | 117,065551 | Mx15 | 75,0951042 | Mx19 | 27,6666173 |
| 5,175          | Mx4                            | -41,59403  | Mx8  | -35,947782 | Mx12 | -28,043034 | Mx16 | -13,550996 | Mx20 | 10,3514555 |
| 6,9            | Mx5                            | -48,557737 | Mx9  | -40,46478  | Mx13 | -29,736908 | Mx17 | -11,857122 | Mx21 | 14,4920377 |
| 8,625          | Mx6                            | -49,686986 | Mx10 | -41,405822 | Mx14 | -29,5487   | Mx18 | -11,104289 | Mx22 | 15,8094956 |



### Combinación N°6.b (ELS). VASO LLENO-VASO VACÍO (Muro divisorio)

\*Los esfuerzos serán simétricos. Se calculará solamente una cara del muro

$$q_w = 5,75 \cdot 10000 = 57500 \text{ N/m}^2$$

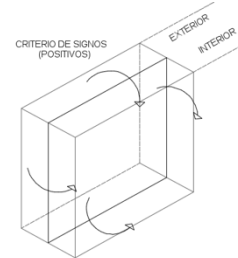
$$a = 17,25 \text{ m}$$

$$b = 5,75 \text{ m}$$

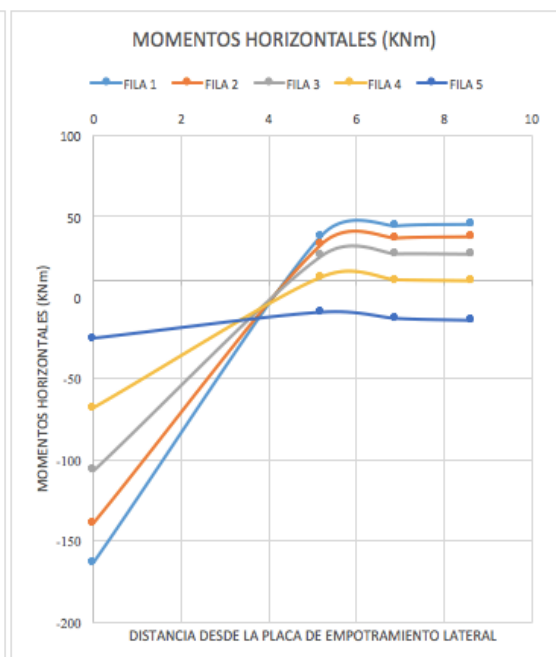
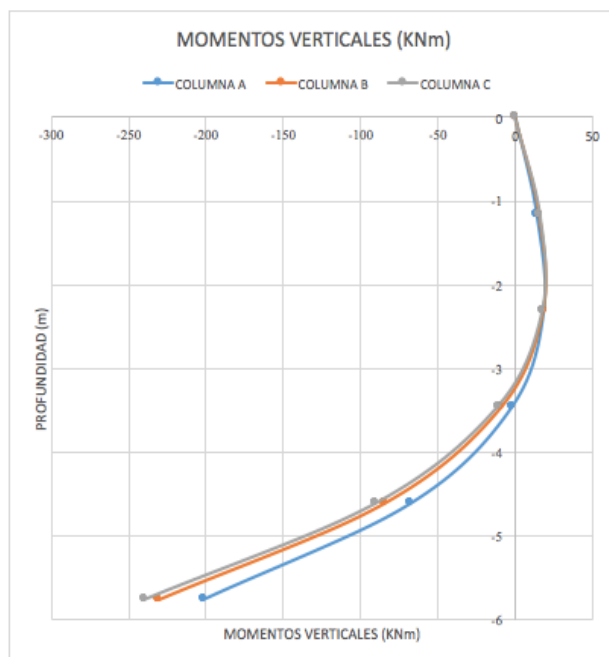
$$\gamma_F = 1$$

RESULTADOS OBTENIDOS:

| Profundidad | MOMENTOS VERTICALES EN KNm/m |            |           |            |           |            |
|-------------|------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|             | COLUMNA A                    |            | COLUMNA B |            | COLUMNA C |            |
| 0           | My4                          | 0          | My5       | 0          | My6       | 0          |
| -1,15       | My8                          | 13,687875  | My9       | 15,5889688 | My10      | 16,1592969 |
| -2,3        | My12                         | 18,2505    | My13      | 18,2505    | My14      | 17,8702813 |
| -3,45       | My16                         | -2,2813125 | My17      | -8,7450313 | My18      | -11,216453 |
| -4,6        | My20                         | -67,678938 | My21      | -84,408563 | My22      | -90,111844 |
| -5,75       | My26                         | -201,89616 | My27      | -230,79278 | My28      | -239,91803 |



| Dist. hor. emp | MOMENTOS HORIZONTALES EN KNm/m |            |      |            |      |            |      |            |      |            |
|----------------|--------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                | F1                             |            | F2   |            | F3   |            | F4   |            | F5   |            |
| 0              | Mx1                            | -162,88571 | Mx7  | -138,76083 | Mx11 | -106,42323 | Mx15 | -68,268277 | Mx19 | -25,15147  |
| 5,175          | Mx4                            | 37,8127547 | Mx8  | 32,6798016 | Mx12 | 25,4936672 | Mx16 | 12,3190875 | Mx20 | -9,4104141 |
| 6,9            | Mx5                            | 44,1433969 | Mx9  | 36,7861641 | Mx13 | 27,0335531 | Mx17 | 10,7792016 | Mx21 | -13,17458  |
| 8,625          | Mx6                            | 45,1699875 | Mx10 | 37,6416563 | Mx14 | 26,8624547 | Mx18 | 10,0948078 | Mx22 | -14,37269  |



### 7.1.3-Tracciones en ELU

La peculiaridad en el tratamiento de los depósitos de hormigón armado es buscar de manera independiente las armaduras de flexión y de tracción por caminos totalmente diferentes para al final sumarlas, en concordancia con la norma Británica BS8007.

Se resuelve el Estado Límite de Tracción Simple, recogido en la combinación N°4: 1.00x(Empuje hidrostático).

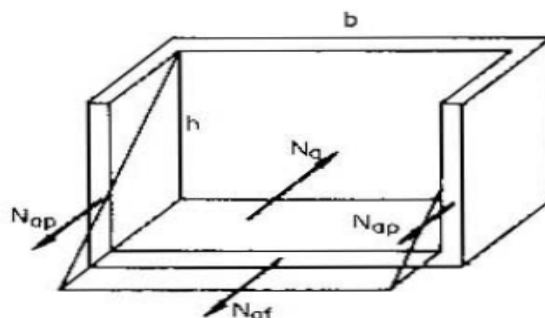
De una forma simplificada puede admitirse que los esfuerzos de tracción que se originan en las paredes del depósito, como consecuencia de la presión hidrostática son:

$N_{apd} = \beta_p \cdot 0,5 \cdot \gamma_w \cdot H_w \cdot b$ , en la pared del lado a.

$N_{bpd} = \beta_p \cdot 0,5 \cdot \gamma_w \cdot H_w \cdot a$ , en la pared del lado b.

y se distribuyen según los porcentajes  $\beta_p$  indicados en la tabla siguiente propuesta por Jiménez Montoya et al (1987).

| Armadura<br>paralela<br>al lado b<br>↓ | Esfuerzo total                             |      |      | Esfuerzo pared  |      |       | Esfuerzo fondo  |      |  |
|--|--|------|------|---|------|-------|---|------|--|
|  | $N_b = \frac{a \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |      | $N_{bp} = \frac{\beta_p \cdot a \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |       | $N_{bf} = \frac{\beta_f \cdot a \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |  |
| $h/a \rightarrow$                      | 0,30                                       | 0,40 | 0,50 | 0,60  | 0,70 | 0,80  | 0,90  | 1,00 |  |
| Fondo $\beta_f =$                      | 0,80                                       | 0,70 | 0,60 | 0,54  | 0,48 | 0,45  | 0,42  | 0,40 |  |
| Pared $\beta_p =$                      | 0,10                                       | 0,15 | 0,20 | 0,23  | 0,26 | 0,275 | 0,29  | 0,30 |  |
| $h/b \rightarrow$                      | 0,30                                       | 0,40 | 0,50 | 0,60  | 0,70 | 0,80  | 0,90  | 1,00 |  |
| ↑<br>Armadura<br>paralela<br>al lado a | $N_a = \frac{b \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |      | $N_{ap} = \frac{\beta_p \cdot b \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |       | $N_{af} = \frac{\beta_f \cdot b \cdot h^2 \cdot \delta}{2}$ |      |  |
|  | Esfuerzo total                             |      |      | Esfuerzo pared  |      |       | Esfuerzo fondo  |      |  |



Como podemos observar, Jiménez Montoya distribuye las tracciones entre las paredes laterales y la losa de fondo. Sin embargo, las uniones de las paredes con la losa de impermeabilización se consideran interrumpidas, ya que ésta se ejecutará encajada entre las zapatas de cimentación de la estructura analizada.

Siendo  $h/b < 0.30$ , se considera que el porcentaje de distribución  $\beta_p$  de las paredes del depósito será de 0,50. Así, la losa de fondo-zapata no contribuirá a soportar las tracciones. Se puede observar que se eligen valores inversos (relativamente) a los propuestos en la tabla anterior por la singularidad de esta estructura. Esta hipótesis nos deja del lado de la seguridad.

Resolviendo:

$$\beta_p = 0,4$$

$$b = a = 17,25 \text{ m (en la línea seguida en la obtención de los flectores)}$$

$$h = 5,75 \text{ m}$$

$$\gamma_w = 10.000 \text{ N/m}^3$$

$$N_{apd} = N_{bpd} = 1,00 * 0,5 * 0,5 * 5,75^2 * 10000 * 17,25 = 1425820,313 \text{ N}$$

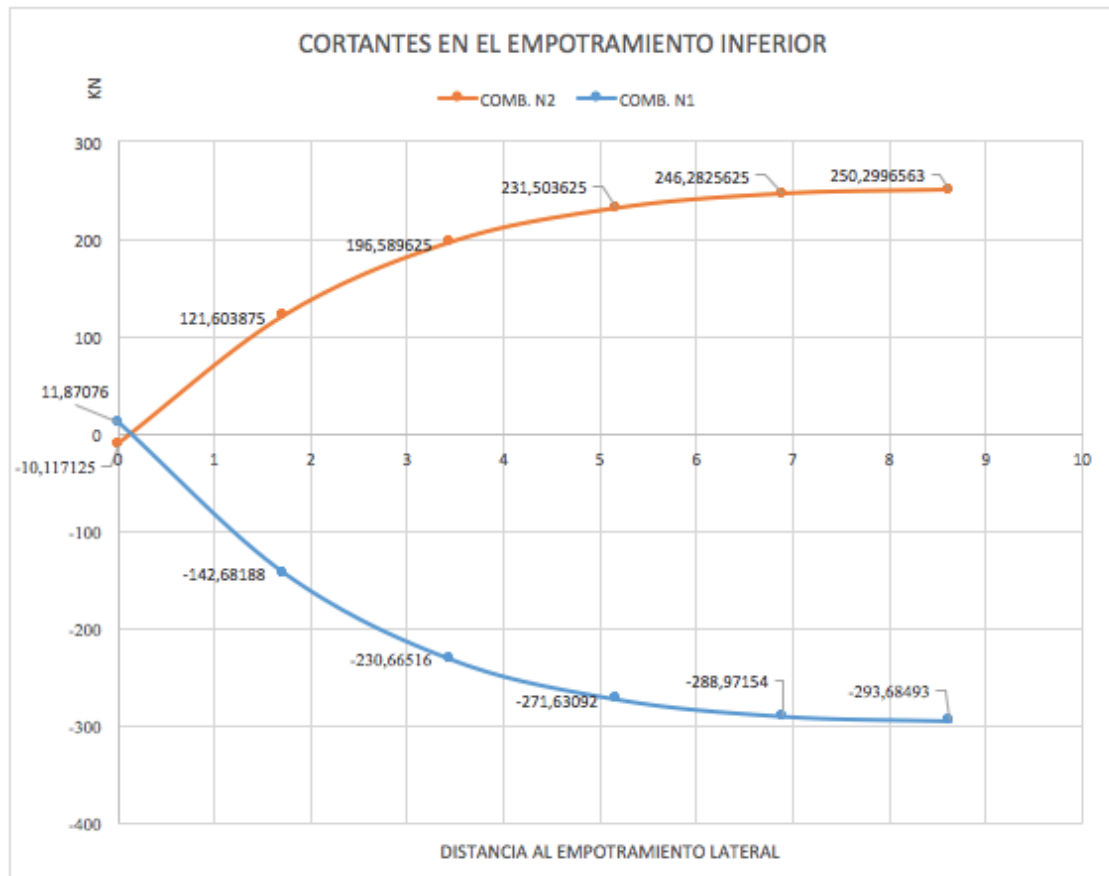
#### 7.1.4-Cortantes en ELU

Aplicaremos los mismos criterios y Tablas de Bares (1970) del caso de flectores, buscando, en este caso, los valores máximos  $R_{yd}$  (que serán los más desfavorables).

Realizando el análisis para las combinaciones de acciones críticas desprendidas del análisis de flectores, esto es para la combinación N°1 y N°2, se obtienen los siguientes resultados:

| distancia emp. | Comb N2-Lleno sin tierras |            |            | distancia emp. | Comb N1-Empuje de tierras en dep.vacio |            |            |
|----------------|---------------------------|------------|------------|----------------|--|------------|------------|
|                | Punto                     | N          | KN         |                | Punto                                  | N          | KN         |
| 0              | Ry23                      | -10117,125 | -10,117125 | 0              | Ry23                                   | 11870,76   | 11,87076   |
| 1,725          | Ry24                      | 121603,875 | 121,603875 | 1,725          | Ry24                                   | -142681,88 | -142,68188 |
| 3,45           | Ry25                      | 196589,625 | 196,589625 | 3,45           | Ry25                                   | -230665,16 | -230,66516 |
| 5,175          | Ry26                      | 231503,625 | 231,503625 | 5,175          | Ry26                                   | -271630,92 | -271,63092 |
| 6,9            | Ry27                      | 246282,563 | 246,282563 | 6,9            | Ry27                                   | -288971,54 | -288,97154 |
| 8,625          | Ry28                      | 250299,656 | 250,299656 | 8,625          | Ry28                                   | -293684,93 | -293,68493 |

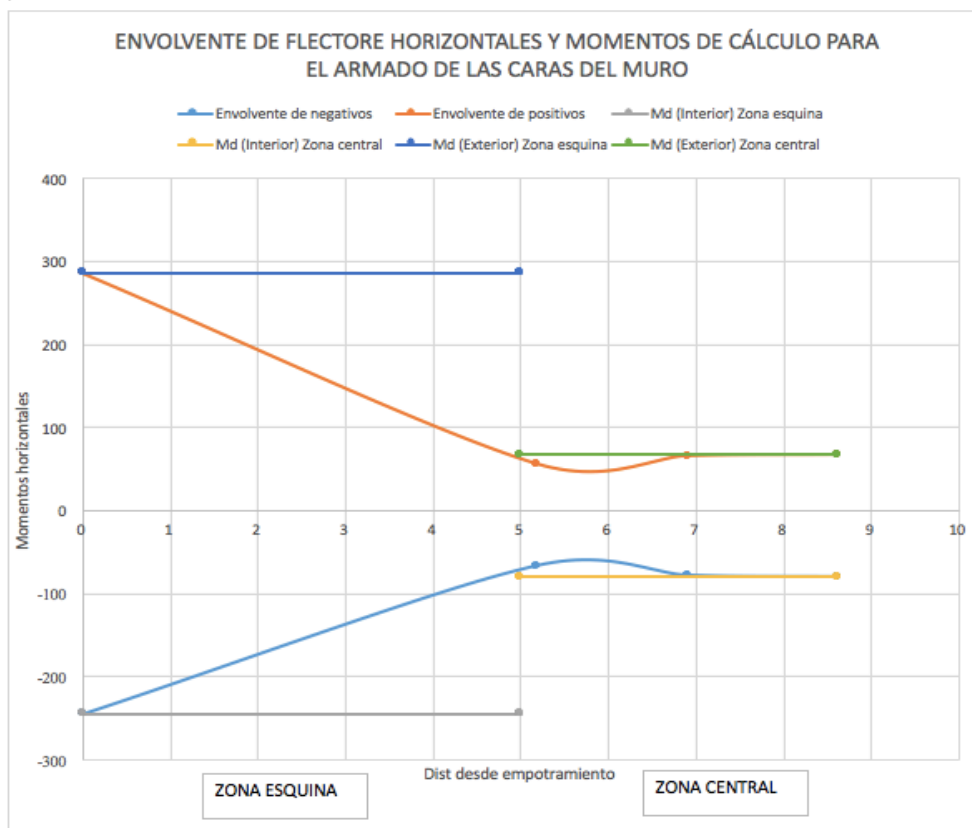
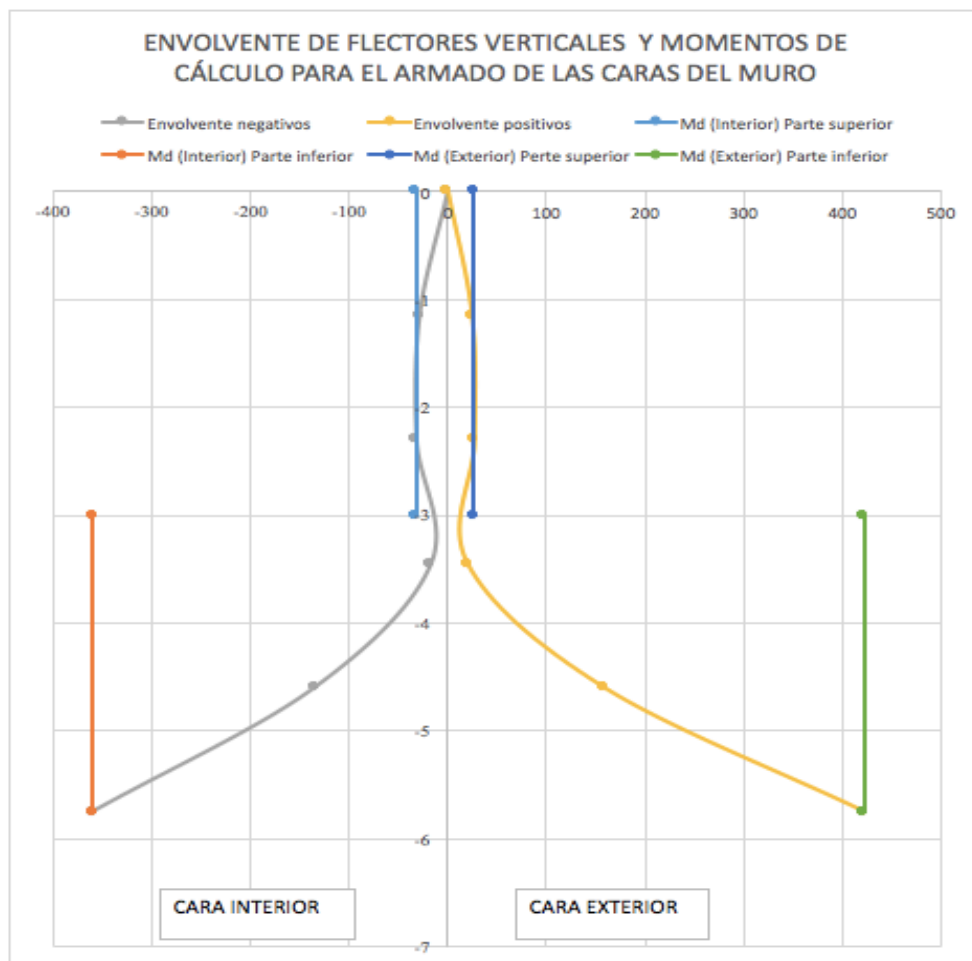




### 7.1.5-Envoltentes de momentos flectores

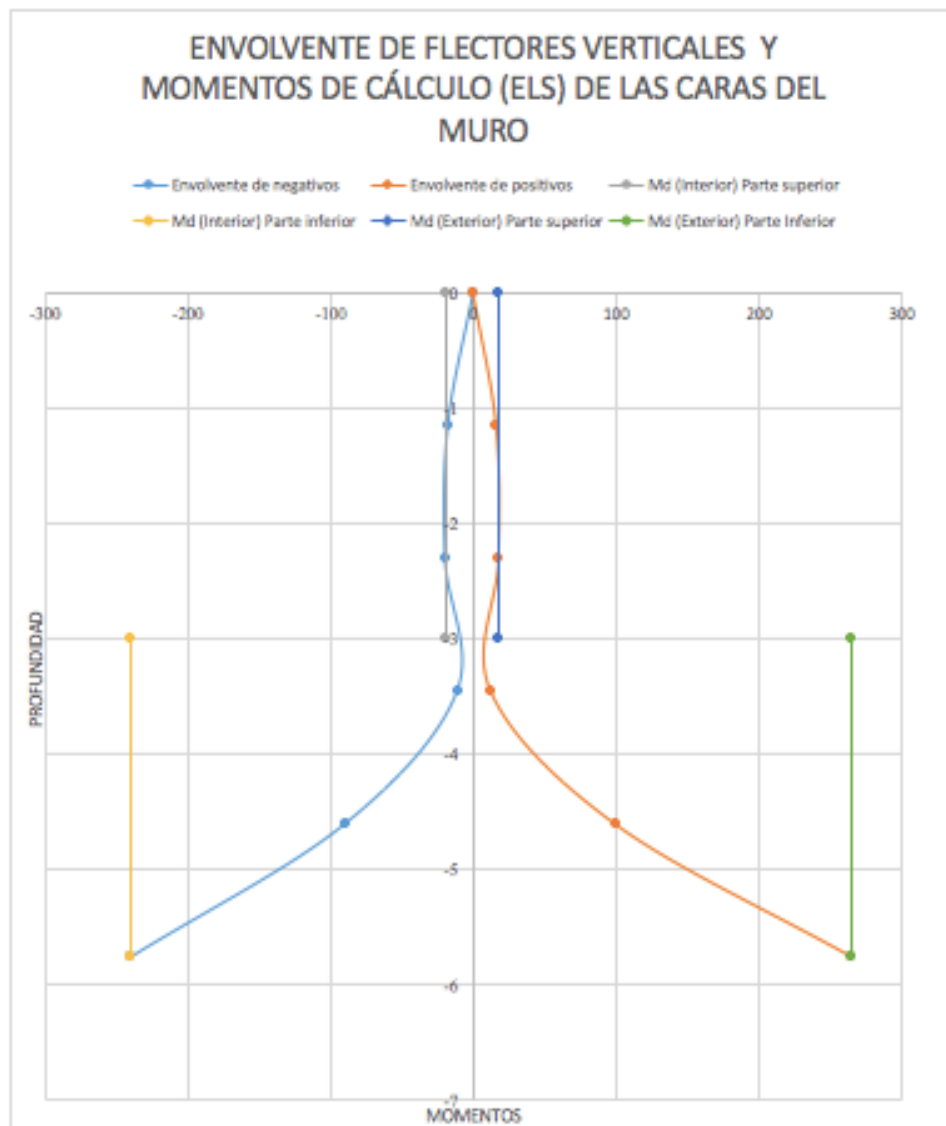
Para la obtención de la envolvente de flectores en Estado Límite Último se analiza la unión de la combinación N° 1 y la combinación N° 2, por ser las más desfavorables.

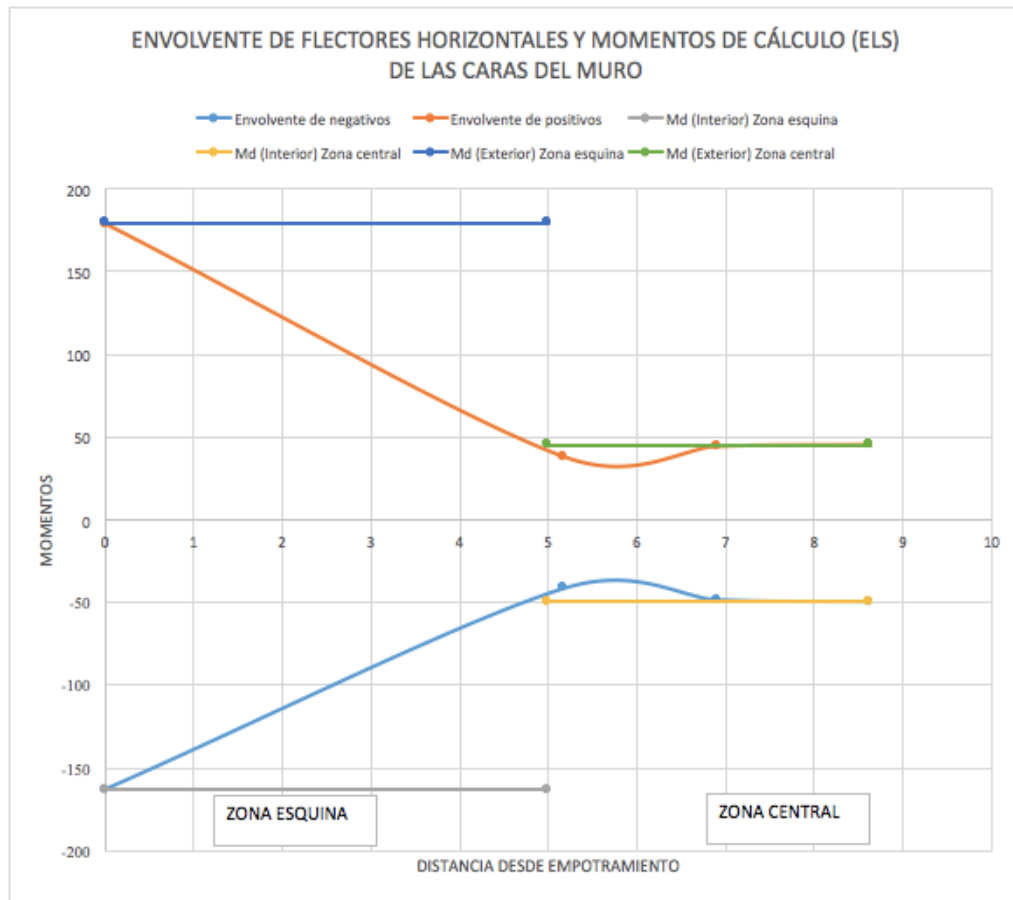
| ENVOLVENTE DE FLECTORES VERTICALES   |       |               |                                     |
|--------------------------------------|-------|---------------|-------------------------------------|
| Combinación                          | Punto | Momento (KNm) | Posición de la armadura traccionada |
| N1                                   | My14  | -31,45        | VERTICAL INTERIOR                   |
| N1                                   | My28  | 422,255       | VERTICAL EXTERIOR                   |
| N2                                   | My14  | 26,8          | VERTICAL EXTERIOR                   |
| N2                                   | My28  | -359,87       | VERTICAL INTERIOR                   |
| ENVOLVENTE DE FLECTORES HORIZONTALES |       |               |                                     |
| Combinación                          | Punto | Momento (KNm) | Posición de la armadura traccionada |
| N1                                   | MX1   | 286,7         | HORIZONTAL EXTERIOR                 |
| N1                                   | MX6   | -79,5         | HORIZONTAL INTERIOR                 |
| N2                                   | MX1   | -244,32       | HORIZONTAL INTERIOR                 |
| N2                                   | MX6   | 67,75         | HORIZONTAL EXTERIOR                 |



Para la obtención de la envolvente de flectores en Estado Límite de Servicio se analiza la unión de la combinación N° 6.a y la combinación N° 6.b, por ser las más desfavorables.

| ENVOLVENTE DE FLECTORES VERTICALES   |       |               |                                     |
|--------------------------------------|-------|---------------|-------------------------------------|
| Combinación                          | Punto | Momento (KNm) | Posición de la armadura traccionada |
| N6.a                                 | My14  | -20           | VERTICAL INTERIOR                   |
| N6.a                                 | My28  | 263,91        | VERTICAL EXTERIOR                   |
| N6.b                                 | My14  | 18,23         | VERTICAL EXTERIOR                   |
| N6.b                                 | My28  | -239,92       | VERTICAL INTERIOR                   |
| ENVOLVENTE DE FLECTORES HORIZONTALES |       |               |                                     |
| Combinación                          | Punto | Momento (KNm) | Posición de la armadura traccionada |
| N6.a                                 | MX1   | 179,17        | HORIZONTAL EXTERIOR                 |
| N6.a                                 | MX6   | -49,7         | HORIZONTAL INTERIOR                 |
| N6.b                                 | MX1   | -162,88       | HORIZONTAL INTERIOR                 |
| N6.b                                 | MX6   | 45,17         | HORIZONTAL EXTERIOR                 |



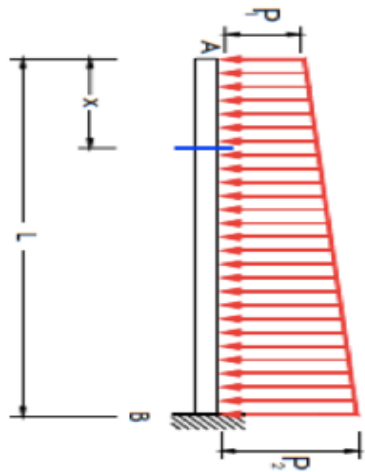


## 7.2-MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMO MÉNSULA EMPOTRADA EN SU BASE.

El comportamiento en las zonas centrales de los muros distará del estudiado anteriormente, pues las longitudes de éstos son tales, que en dichas zonas el efecto del empotramiento lateral es despreciable, tendiendo el elemento a comportarse de forma similar al de una ménsula empotrada en su base. Además, las juntas de dilatación que se dispondrán independizarán los movimientos de las zonas divididas, ratificándose aún con más ahínco el despreciar dichos efectos.

### 7.2.1-Sistemática de cálculo para el modelo de ménsula empotrada

Se empleará para la determinación de los esfuerzos sobre la estructura la siguiente formulación en función de la profundidad del terreno, o en su caso, del agua (x) :

**ESFUERZOS CORTANTES**

$$Q_x = -\frac{p_2 - p_1}{2} \cdot \frac{x^2}{L} - p_1 \cdot x ; \quad Q_B = -\frac{L}{2}(p_1 + p_2)$$

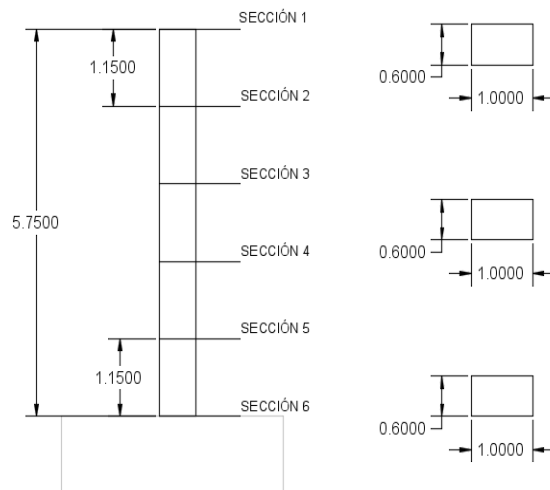
**MOMENTOS FLECTORES**

$$M_x = -\frac{x^2}{6 \cdot L} \cdot [(p_2 - p_1) \cdot x + 3 \cdot L \cdot p_1] ; \quad M_B = -\frac{L^2}{6} \cdot (p_2 + 2 \cdot p_1)$$

En concordancia con la discretización realizada en el método anterior (método de Bares (1970)), el alzado del muro se dividirá en 5 tramos de igual longitud, estableciéndose 6 secciones de análisis separadas 1,15 metros entre ellas. La sección 1 corresponderá a la de coronación de muro mientras que la sección 6 corresponderá a la sección de empotramiento.

Para agilizar los cálculos se ha programado una hoja Excel en la que se han implementado las ecuaciones expuestas anteriormente.

El empuje del terreno a considerar en este modelo de análisis corresponderá al empuje activo, ya que los desplazamientos relativos esperables entre la estructura y el terreno permiten el desarrollo de la cuña de rotura activa.

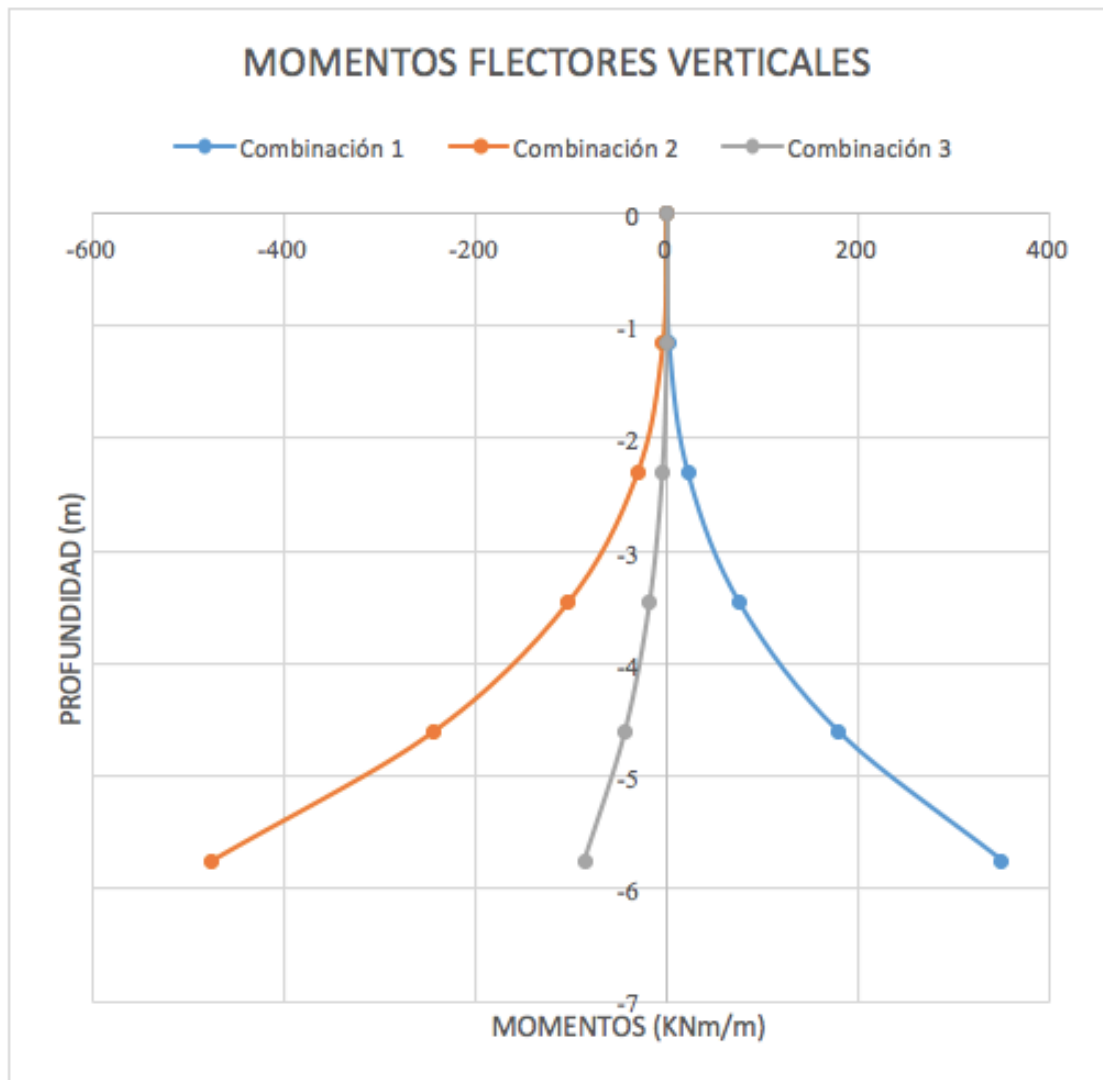


## 7.2.2-Flectores verticales y horizontales

### Flectores verticales (ELU)

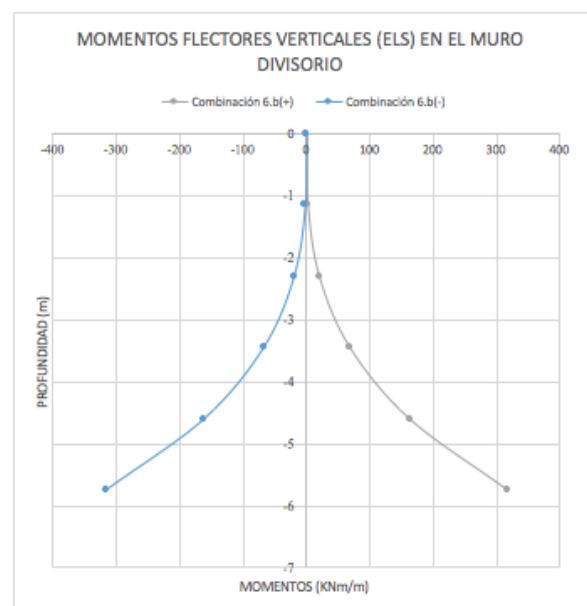
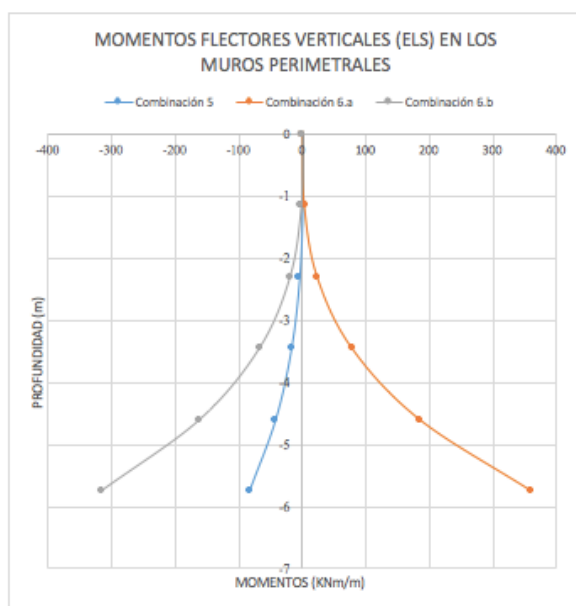
\*Se desprecia la sobrecarga del terreno.

| SECCIÓN  | PROFUNDIDAD (x) | COMBINACIÓN N1   | COMBINACIÓN N2   | COMBINACIÓN N3   |
|----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|          |                 | MOMENTOS (KNm/m) | MOMENTOS (KNm/m) | MOMENTOS (KNm/m) |
| 1        | 0               | 0                | 0                | 0                |
| 2        | -1,15           | 2,8              | -3,8             | -0,69            |
| 3 (My14) | -2,3            | 22,4             | -30,42           | -5,48            |
| 4        | -3,45           | 75,6             | -102,66          | -18,51           |
| 5        | -4,6            | 179,21           | -243,34          | -43,87           |
| 6 (My28) | -5,75           | 350,01           | -475,27          | -85,69           |



### Flectores verticales (ELS)

| SECCIÓN  | PROFUNDIDAD (x) | COMBINACIÓN N5   | COMBINACIÓN N6.a | COMBINACIÓN N6.b |
|----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|          |                 | MOMENTOS (KNm/m) | MOMENTOS (KNm/m) | MOMENTOS (KNm/m) |
| 1        | 0               | 0                | 0                | + - 0            |
| 2        | -1,15           | -0,68            | 2,88             | + - 2,53         |
| 3 (My14) | -2,3            | -5,41            | 23,03            | + - 20,28        |
| 4        | -3,45           | -18,25           | 77,72            | + - 68,44        |
| 5        | -4,6            | -43,26           | 184,22           | + - 162,23       |
| 6 (My28) | -5,75           | -84,5            | 359,8            | + - 316,85       |



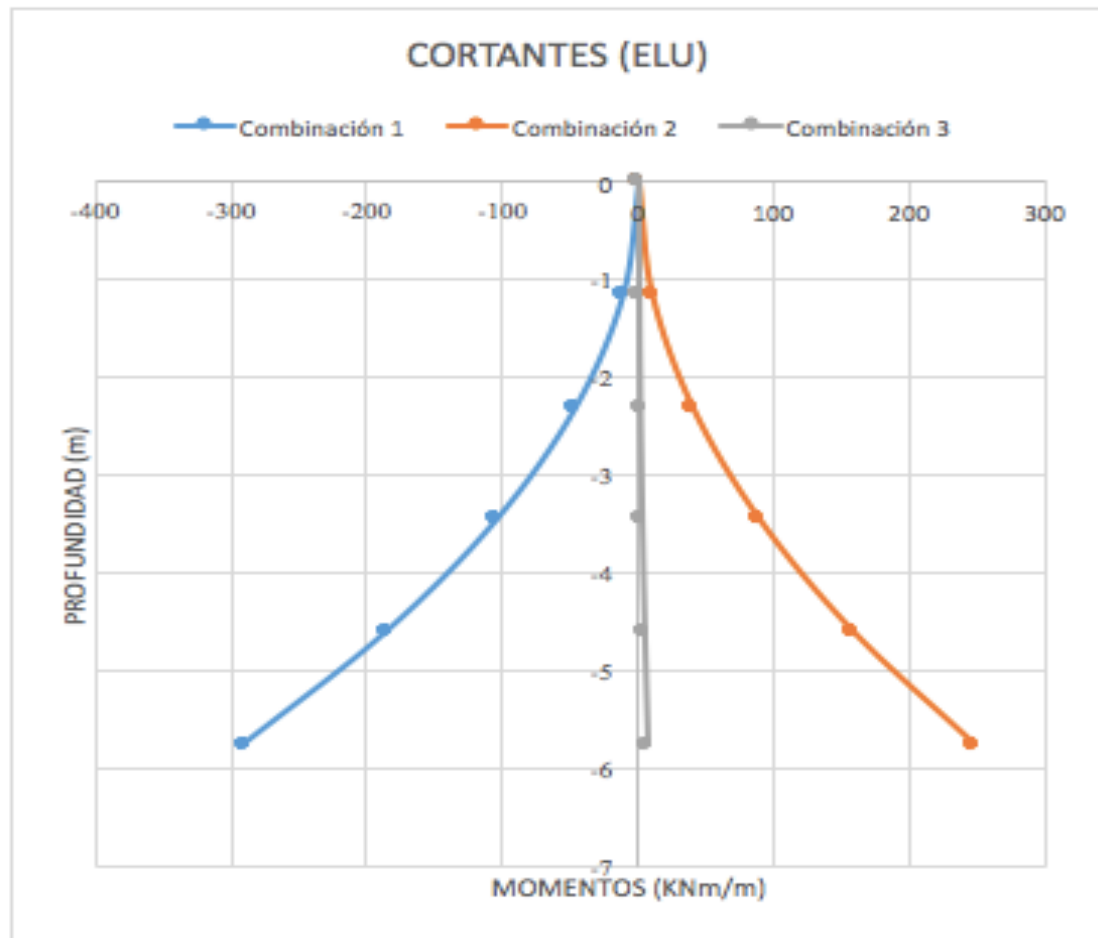
### Flectores horizontales

Se desprecian los flectores horizontales debido a la modelización realizada. La armadura horizontal a disponer en dicha zona vendrá determinada por las mínimas geométricas.

#### 7.2.3-Cortantes en ELU

| SECCIÓN  | PROFUNDIDAD (x) | COMBINACIÓN N1   | COMBINACIÓN N2   | COMBINACIÓN N3   |
|----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|          |                 | CORTANTES (KN/m) | CORTANTES (KN/m) | CORTANTES (KN/m) |
| 1        | 0               | 0                | 0                | 0                |
| 2        | -1,15           | -11,64           | 9,92             | 0,3              |
| 3 (My14) | -2,3            | -46,55           | 39,68            | 1,19             |
| 4        | -3,45           | -104,74          | 89,27            | 2,68             |
| 5        | -4,6            | -186,21          | 158,7            | 4,77             |
| 6 (My28) | -5,75           | -290,95          | 247,97           | 7,45             |





#### 7.2.4-Envolvente de flectores

Se observa que la envolvente de flectores en Estado Límite Último corresponde a la unión de la combinación N° 1 y N°2. En Estado Límite de Servicio corresponde a la unión de la combinación N°6.a y N°6.b.

### 7.3-SISTEMÁTICA DE CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO SECCIONAL

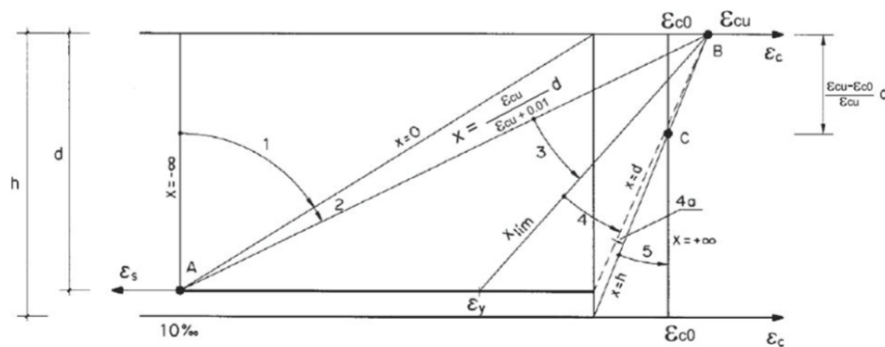
#### 7.3.1-Modelo resistente en rotura

En primer lugar se expondrá el modelo de comportamiento resistente en rotura de secciones de hormigón estructural y posteriormente se explicarán la sistemática a seguir en este proceso de dimensionamiento.

##### 7.3.1.1-Hipótesis básicas

La instrucción EHE-08 establece en el artículo 42.1.2 las hipótesis básicas del modelo:

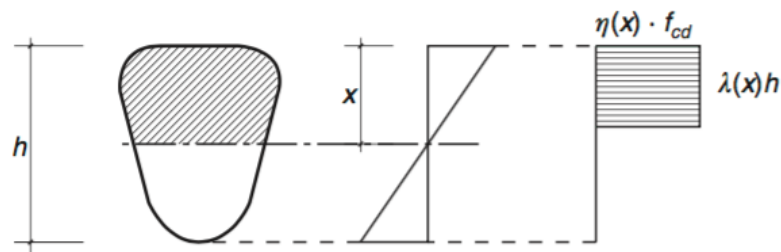
- La rotura de la sección se define mediante un diagrama de pivotes que se determina fijando los valores de agotamiento de los materiales en unas fibras concretas:



- La deformación del hormigón  $\varepsilon_c$  a cualquier cota  $z$ , la deformación de cada armadura pasiva  $\varepsilon_s$  y el incremento de deformación de cada armadura activa respecto al estado de neutralización  $\Delta\varepsilon_p$  pueden deducirse suponiendo una ley plana de deformaciones.



- Las deformaciones totales de las armaduras activas deben tener en cuenta sus respectivas deformaciones de neutralización.
- Las tensiones de cada una de las fibras del hormigón pueden obtenerse a partir de las deformaciones mediante la utilización de algunos de los diagramas tensión-deformación definidos en el artículo 39.5 de la EHE-08. Se ha adoptado en este anejo de cálculo el diagrama rectangular.



$$\eta(x) = \eta \quad \text{si } 0 < x \leq h$$

$$\eta(x) = 1 - (1 - \eta) \frac{h}{x} \quad \text{si } h \leq x < \infty$$

$$\lambda(x) = \lambda \frac{x}{h} \quad \text{si } 0 < x \leq h$$

$$\lambda(x) = 1 - (1 - \lambda) \frac{h}{x} \quad \text{si } h \leq x < \infty$$

donde:

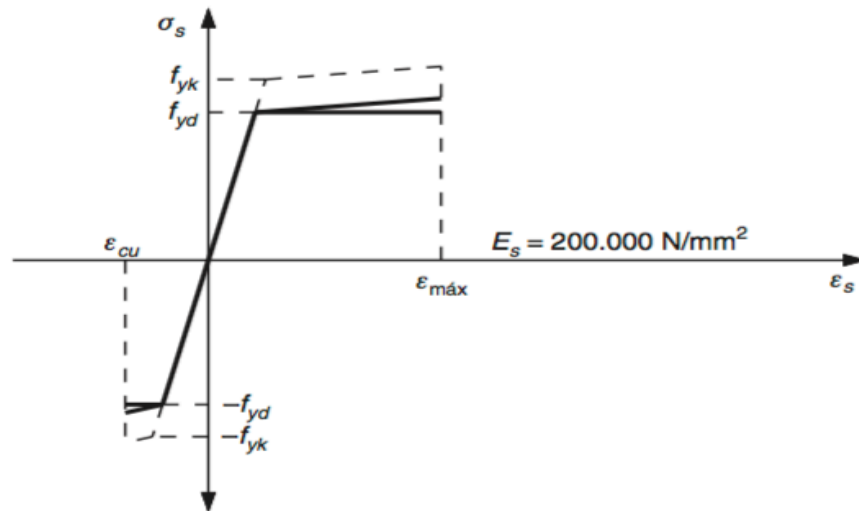
$$\eta = 1,0 \quad \text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = 1,0 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \quad \text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,8 \quad \text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

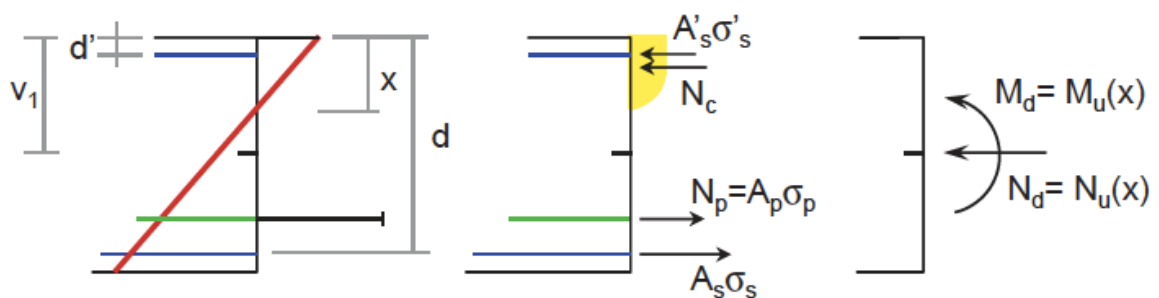
$$\lambda = 0,8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400} \quad \text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

- La tensión de cada una de las armaduras pasivas puede obtenerse a partir de su deformación utilizando el diagrama definido en el artículo 38.4 de la EHE-08. Se ha empleado el diagrama bilineal con rama horizontal.



- La tensión de cada una de las armaduras activas puede obtenerse a partir de su deformación utilizando el diagrama definido en los artículos 38.5 y 38.7 de la EHE-08.

### 7.3.1.2-Esfuerzos de agotamiento de la sección



Fijados el valor de la fibra neutra y el signo de la curvatura de la sección, el esfuerzo axial y el momento flector resistidos por la sección ( $N_u(x)$ ,  $M_u(x)$ ) se obtienen mediante la integración de los esfuerzos de cada elemento diferencial de área de la sección de hormigón y de las armaduras tanto activas como pasivas:

$$N_u(x) = \int_{A_c} \sigma_c(x) \cdot dA + \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \cdot \sigma_{si}(x)$$

$$M_u(x) = \int_{A_c} \sigma_c(x) \cdot z \cdot dA + \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \cdot \sigma_{si}(x) \cdot e_{si}$$

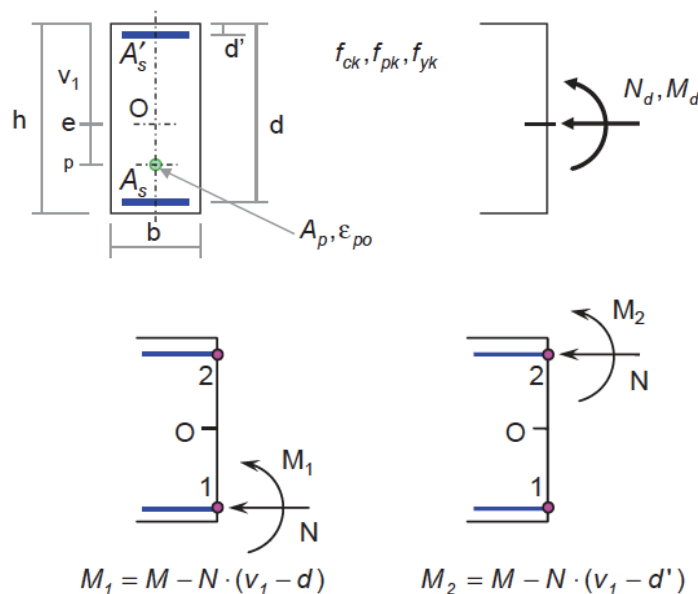
### 7.3.2-Proceso de dimensionamiento

El dimensionamiento de una sección consiste en determinar las armaduras pasivas necesarias para que la sección sometida a la solicitación de cálculo ( $N_d$ ,  $M_d$ ) resista frente a ELU de agotamiento por solicitaciones normales.

Cuando la armadura se dispone en dos capas, el dimensionamiento consiste en calcular las áreas  $A_s$  y  $A'_s$  cuyas posiciones son conocidas o supuestas, siendo la armadura estrictamente necesaria aquella que para la solicitación de cálculo actuante, haga que se verifique una situación de rotura definida por el diagrama de pivotes. En la situación en que la armadura de la sección esté definida en dos capas, la solicitación resistente se obtiene de la suma de cuatro componentes: la del hormigón, la de las armaduras activas, la de la armadura inferior y la de la armadura superior:

$$N_d = N_c(x) + N_p(x) + \sigma_s(x) \cdot A_s + \sigma'_s(x) \cdot A'_s$$

$$M_d = M_c(x) + M_p(x) + \sigma_s(x) \cdot A_s \cdot (v_1 - d) + \sigma'_s(x) \cdot A'_s \cdot (v_1 - d')$$



Estas dos ecuaciones no permiten calcular directamente las dos armaduras  $A_s$  y  $A'_s$  porque la posición de la fibra neutra no está determinada, siendo necesario formular una tercera ecuación que permita determinar las tres incógnitas,  $A_s$ ,  $A'_s$  y  $x$ . La tercera ecuación puede establecerse bien a partir de una posición de fibra neutra prefijada o bien a partir de condiciones de ductilidad y economía, siendo esta última opción la elegida en este anejo.

En la figura anterior puede observarse la formulación mediante la cual, se puede eliminar la intervención de una de las dos armaduras en el cálculo.

Habiendo elegido dimensionar la sección a partir de condiciones de ductilidad y economía, éstas conducen a que el dimensionamiento más adecuado sea aquel que, cuando actúe la sollicitación de cálculo, la sección alcance un modo de rotura con plastificación del acero en tracción. Para ello, siempre que sea posible, la profundidad de la fibra neutra del plano de deformaciones en rotura debería ser inferior a la profundidad límite ( $x_{lim}$ ) definida de la siguiente forma:

$$x_{lim} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} d$$

No siempre se podrá alcanzar un modo de rotura con  $x < x_{lim}$ , será necesario pues, adoptar en estos casos el criterio de dimensionamiento que conduzca a la menor cuantía de armadura aunque no estén plastificadas en tracción.

Según los valores de la sollicitación de cálculo, se adoptan diferentes criterios de dimensionamiento, por ello es necesario identificar las zonas del plano N-M en las que se aplica cada uno de estos criterios.

Dichas zonas se determinan como sigue:

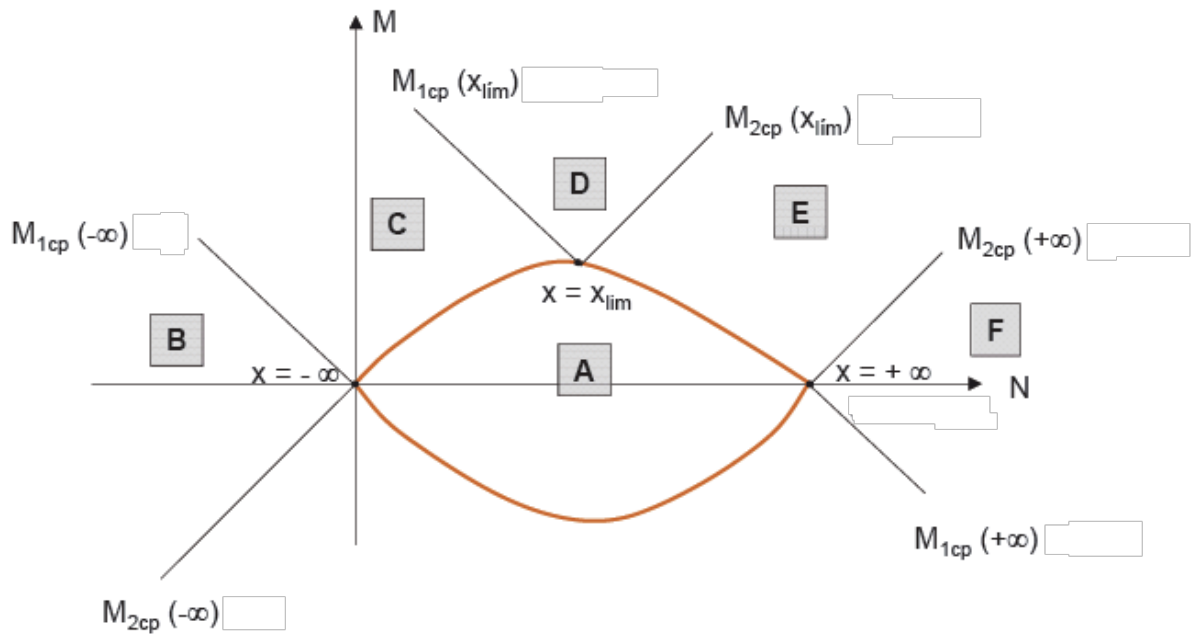
Zona B:  $M_{1d} \leq M_{1c}(-\infty)$

Zona C:  $M_{1c}(-\infty) < M_{1d} \leq M_{1c}(x_{lim})$

Zona D:  $M_{1c}(x_{lim}) < M_{1d}$  y  $M_{2d} \geq M_{2c}(x_{lim})$

Zona E:  $M_{2c}(x_{lim}) > M_{2d} \geq M_{2c}(\infty)$

Zona F:  $M_{2c}(\infty) > M_{2d}$



En función de la zona de dimensionamiento en que se sitúa el par Axil-Momento, se escoge un criterio de dimensionamiento y se determinará el área de armadura necesaria con las ecuaciones siguientes:

Zona B: Criterio de dimensionamiento

$$X = -\infty$$

$$A'_s = \frac{M_{1d} - M_{1c}(-\infty)}{-f_{yd} \cdot (d - d')}$$

$$A_s = \frac{-N_d - f_{yd} \cdot A'_s}{f_{yd}}$$

Zona C: En esta zona no es necesaria armadura comprimida. Se determina la profundidad de la fibra neutra en rotura y se comprueba que es inferior al valor de  $x_{lim}$ , aplicándose ésta para la determinación de la armadura traccionada.

Criterio de dimensionamiento

$$A'_s = 0$$

$$M_{1d} = M_{1c}(x) = f_{cd} \cdot b \cdot 0.8 \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x)$$

$$A_s = \frac{N_d - N_c(x)}{-f_{yd}}$$



Zona D: Criterio de dimensionamiento

$$X = X_{lim}$$

$$A'_s = \frac{M_b - M_t(x_{lim})}{f_{yc,d} \cdot (d - d')}$$

$$A_s = \frac{N_c(x_{lim}) + f_{yc,d} \cdot A'_s - N_d}{f_{yd}}$$

Zona E: En esta zona no es necesaria armadura traccionada. Se determina la profundidad de la fibra neutra en rotura y se comprueba que es inferior al valor de  $h$ , aplicándose ésta para la determinación de la armadura comprimida.

Criterio de dimensionamiento

$$A_s = 0$$

$$M_{2d} = M_{2c}(x) = f_{cd} \cdot b \cdot 0.8 \cdot x \cdot (d' - 0.4 \cdot x)$$

$$A'_s = \frac{N_d - f_{cd} \cdot b \cdot 0.8 \cdot x}{f_{yc,d}}$$

Zona F: Criterio de dimensionamiento

$$X = +\infty$$

$$A'_s = \frac{N_d - f_{cd} \cdot b \cdot h - f_{yc,d} \cdot A_s}{f_{yc,d}}$$

$$A_s = -\frac{M_{2d} - M_{2c}(+\infty)}{f_{yc,d} \cdot (d - d')}$$

### 7.3.3-Resultados del dimensionamiento seccional

Para realizar el dimensionamiento de las secciones del alzado de los muros se ha implementado en una hoja Excel el proceso de dimensionamiento anteriormente expuesto.

Los resultados de ésta hoja corresponden al armado a disponer por cálculo o por requerimientos de cuantía mecánica mínima especificada en la EHE, junto con otros datos que se han considerado interesantes.

#### 7.3.3.1-Cuantías mínimas mecánicas

- Flexión simple o compuesta : En todos aquellos casos en los que el agotamiento de una sección se produzca por flexión simple o compuesta,

la armadura resistente longitudinal traccionada deberá cumplir la siguiente limitación:

$$A_p \cdot f_{pd} \cdot dp/ds + A_s \cdot f_{yp} \geq (W_1/z) \cdot f_{ct,m,fl} + (P/z) \cdot (W_1/A + e)$$

donde:

$A_p$ : Área de la armadura activa adherente.

$A_s$ : Área de la armadura pasiva.

$f_{pd}$ : Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción.

$f_{ct,m,fl}$ : Resistencia media a flexo tracción del hormigón.

$W_1$ : Módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada.

$dp$ : Profundidad de la armadura activa desde la fibra más comprimida de la sección.

$ds$ : Profundidad de la armadura pasiva desde la fibra más comprimida de la sección.

$P$ : Fuerza de pretensado descontadas las pérdidas instantáneas.

$A$ : Área de la sección bruta de hormigón.

$e$ : Excentricidad del pretensado respecto del centro de gravedad de la sección bruta.

$z$ : Brazo mecánico de la sección. A falta de cálculos más precisos puede adoptarse  $z = 0,8 h$ .

En caso de que solo exista armadura activa en la sección de cálculo, se considerará  $dp/ds = 1$  en la expresión anterior.

Para secciones de hormigón armado en flexión simple cuando la resistencia característica es menor que  $50 \text{ N/mm}^2$ , se admite disponer una armadura mínima de tracción reducida  $\alpha A_s$ , donde  $\alpha$  es el factor reductor definido por:

$$\alpha = 1,5 - 1,95 \frac{A_s h f_{yd}}{f_{cd} W_1}$$

-Compresión simple o compuesta: En las secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras, principales en compresión  $A'_{s1}$  y  $A'_{s2}$  deberán cumplir las limitaciones siguientes:

$$A'_{s1} * f_{yc,d} \geq 0,05 * N_d;$$

$$A'_{s1} * f_{yc,d} \leq 0,5 * f_{cd} * A_c;$$

$$A'_{s2} * f_{yc,d} \geq 0,05 * N_d;$$

$$A'_{s2} * f_{yc,d} \leq 0,5 * f_{cd} * A_c$$

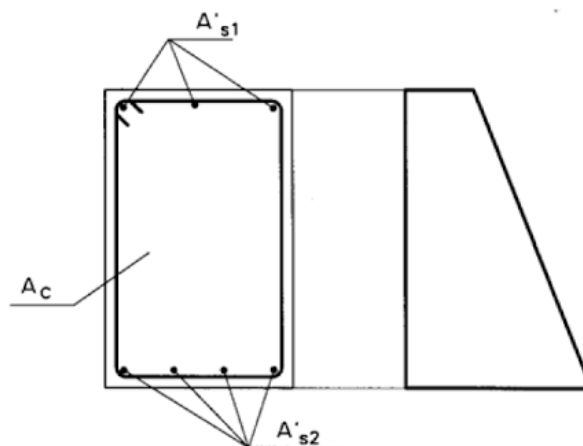
donde:

$f_{yc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión  $f_{yc,d} = f_{yd} < 400 \text{ N/mm}^2$ .

$N_d$ : Esfuerzo actuante normal mayorado de compresión.

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.

$A_c$ : Área de la sección total de hormigón.



-Tracción simple o compuesta: En el caso de secciones de hormigón sometidas a tracción simple o compuesta, provistas de dos armaduras principales, deberán cumplirse las siguientes limitaciones:

$$A_p \cdot f_{pd} + A_s \cdot f_{yd} \geq P + A_c \cdot f_{ct,m}$$

donde P es la fuerza de pretensado descontando las pérdidas instantáneas.

### 7.3.3.2-Ejemplo de cálculo de la sección de empotramiento en Estado Límite Último de Flexión (vertical)

La programación de la hoja de cálculo realizada en Excel sólo permite el dimensionamiento para solicitaciones en que el momento sea positivo. Por tanto, para dimensionamiento con momentos negativos se introducirán como positivos en dicha hoja y se interpretará las posiciones de las armaduras (traccionada y comprimida) calculadas.

A continuación se muestra el ejemplo de cálculo para flectores verticales en la sección del empotramiento con la cimentación, en hipótesis de combinación N°1. Los restantes cálculos se presentan en el capítulo 19 (“Listado de cálculos”).

**Sección: 6 (My28) Combinación N1 ZONA :Esquina**

**Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,075 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,075 \text{ m}$

**Características de los materiales:**

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

**Coef.de seguridad:**

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,525 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,075 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$$X_{lim} = 0,323851 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2049,118 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -282,606 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5181,61 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2700 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2700 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 86,25   | 422,25   |

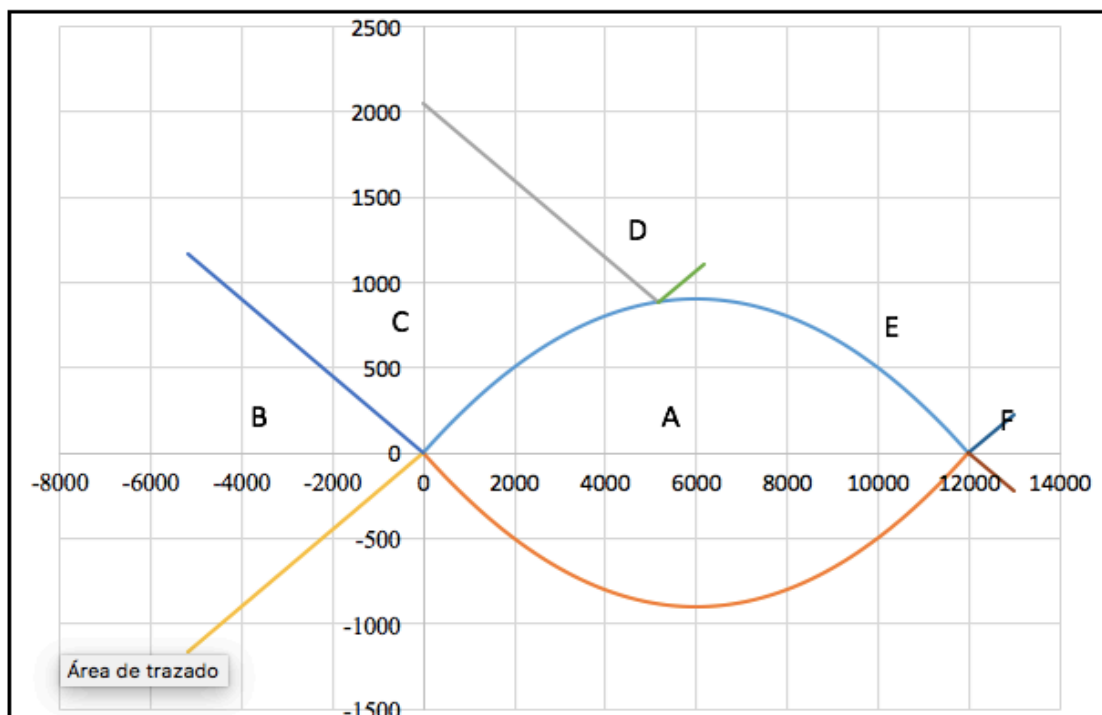
**FLEXIÓN COMPUESTA**Excentricidad  $e_0 = 4,89565 \text{ m}$ 

$$M_{1D} = 441,65625 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 402,84375 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M_{1c}(-\infty) < M_{1D} \leq M_{1c}(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO : CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO: 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 18,21 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 18,21 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0548721874416217 m

Canto útil (d) = 0,525 m      d' = 0,075 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fis</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

### 7.3.3.3-Resultados del dimensionamiento seccional: Armado vertical de los muros perimetrales

Puesto que la magnitud de la variación de los esfuerzos entre secciones consecutivas no resulta determinante para el armado del muro, se considera calcular las secciones siguientes :

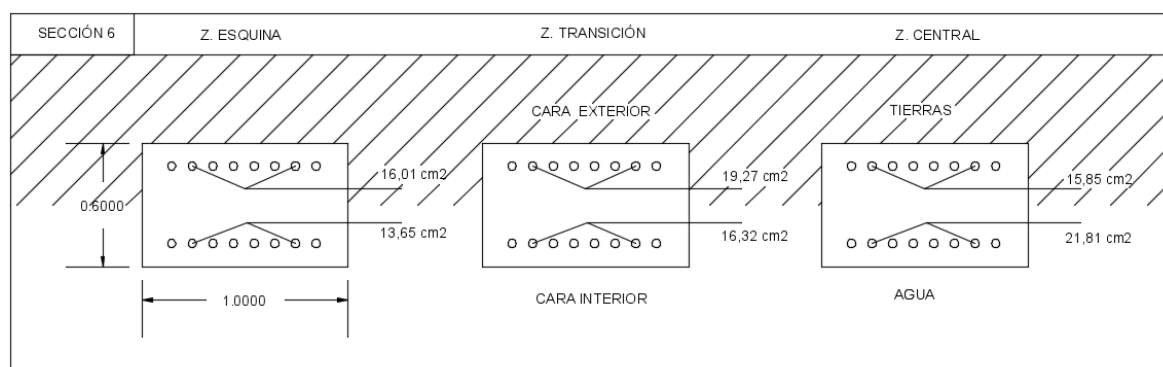
| SECCIÓN | ZONA       | PUNTO | PROFUNDIDAD |
|---------|------------|-------|-------------|
| 3       | ESQUINA    | My12  | 2.3 metros  |
| 3       | TRANSICIÓN | My14  | 2.3 metros  |
| 3       | CENTRAL    | -     | 2.3 metros  |
| 5       | ESQUINA    | My20  | 4.6 metros  |
| 5       | TRANSICIÓN | My22  | 4.6 metros  |
| 5       | CENTRAL    | -     | 4.6 metros  |
| 6       | ESQUINA    | My26  | 5.75 metros |
| 6       | TRANSICIÓN | My28  | 5.75 metros |
| 6       | CENTRAL    | -     | 5.75 metros |

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos en el dimensionamiento seccional en función de la zona considerada (zona de esquinas, zona de transición y zona de comportamiento similar al de una ménsula empotrada que denominaremos zona central).

| COMBINACIÓN | SECCIÓN | ZONA       | PROFUNDIDAD (m) | MOMENTO (KNm) | ARMADO NECESARIO (cm <sup>2</sup> ) |                   |
|-------------|---------|------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|-------------------|
|             |         |            |                 |               | CARA EXTERIOR (T)                   | CARA INTERIOR (A) |
| N1          | 3       | ESQUINA    | 2,3             | -32,12        | 0                                   | 1,86              |
| N2          | 3       | ESQUINA    | 2,3             | 27,37         | 1,58                                | 0                 |
| N1          | 3       | TRANSICIÓN | 2,3             | -31,45        | 0                                   | 1,82              |
| N2          | 3       | TRANSICIÓN | 2,3             | 26,8          | 1,56                                | 0                 |
| N1          | 3       | CENTRAL    | 2,3             | 22,4          | 1,29                                | 0                 |
| N2          | 3       | CENTRAL    | 2,3             | -30,42        | 0                                   | 1,77              |
|             |         |            |                 |               |                                     |                   |
| N1          | 5       | ESQUINA    | 4,6             | 119,11        | 6,97                                | 0                 |
| N2          | 5       | ESQUINA    | 4,6             | -101,52       | 0                                   | 5,93              |
| N1          | 5       | TRANSICIÓN | 4,6             | 158,6         | 9,31                                | 0                 |
| N2          | 5       | TRANSICIÓN | 4,6             | -135,2        | 0                                   | 7,92              |
| N1          | 5       | CENTRAL    | 4,6             | 179,21        | 11,04                               | 0                 |
| N2          | 5       | CENTRAL    | 4,6             | -243,34       | 0                                   | 11,04             |
|             |         |            |                 |               |                                     |                   |
| N1          | 6       | ESQUINA    | 5,75            | 355,34        | 16,01                               | 0                 |
| N2          | 6       | ESQUINA    | 5,75            | -302,89       | 0                                   | 13,65             |
| N1          | 6       | TRANSICIÓN | 5,75            | 422,25        | 19,27                               | 0                 |
| N2          | 6       | TRANSICIÓN | 5,75            | -359,88       | 0                                   | 16,32             |
| N1          | 6       | CENTRAL    | 5,75            | 350,01        | 15,85                               | 0                 |
| N2          | 6       | CENTRAL    | 5,75            | -475,27       | 0                                   | 21,81             |

| RESUMEN DE ARMADO DE LAS SECCIONES |            |                          |                          |
|------------------------------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| SECCIÓN                            | ZONA       | ARMADO CARA EXTERIOR (T) | ARMADO CARA INTERIOR (A) |
| 3                                  | ESQUINA    | 1,58                     | 1,86                     |
| 3                                  | TRANSICIÓN | 1,56                     | 1,82                     |
| 3                                  | CENTRAL    | 1,29                     | 1,77                     |
|                                    |            |                          |                          |
| 5                                  | ESQUINA    | 6,97                     | 5,93                     |
| 5                                  | TRANSICIÓN | 9,31                     | 7,92                     |
| 5                                  | CENTRAL    | 11,04                    | 11,04                    |
|                                    |            |                          |                          |
| 6                                  | ESQUINA    | 16,01                    | 13,65                    |
| 6                                  | TRANSICIÓN | 19,27                    | 16,32                    |
| 6                                  | CENTRAL    | 15,85                    | 21,81                    |

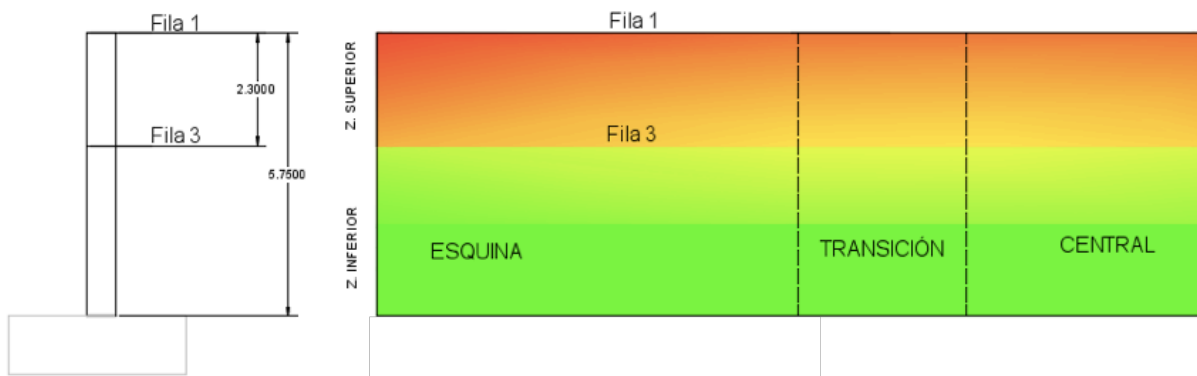




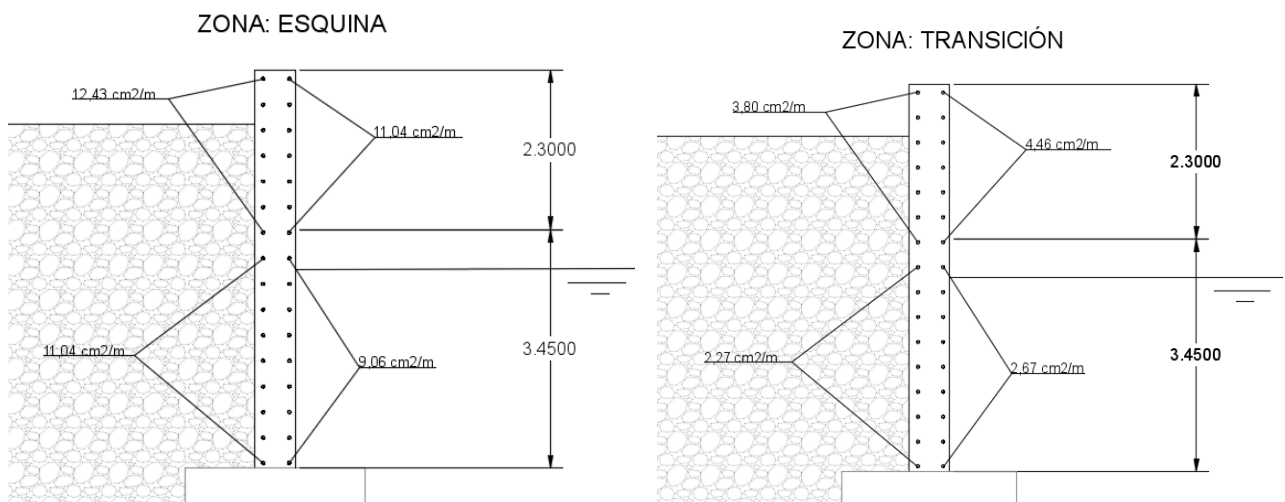
### 7.3.3.4-Resultados del dimensionamiento seccional: Armado horizontal de los muros perimetrales

Se analizarán las filas 1 y 3, por situarse esta última en las proximidades del centro del perfil del muro, habiendo observado en las gráficas correspondientes anteriormente expuestas que con dicha consideración no se despreciará ninguna zona de armado determinante.

Se discretizará el alzado del muro en tres zonas de posible variación de armado en función de los esfuerzos solicitantes, al igual que se realizó anteriormente para el armado vertical, y el perfil de éste se dividirá en zona superior y zona inferior como se puede observar en las gráficas siguientes:



| COMBINACIÓN | FILA | ZONA       | PROFUNDIDAD (m) | MOMENTO (KNm) | ARMADO NECESARIO (cm <sup>2</sup> ) |                   |
|-------------|------|------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|-------------------|
|             |      |            |                 |               | CARA EXTERIOR (T)                   | CARA INTERIOR (A) |
| N1          | 1    | ESQUINA    | 0               | 288,67        | 12,43                               | 0                 |
| N2          | 1    | ESQUINA    | 0               | -244,33       | 0                                   | 11,04             |
| N1          | 1    | TRANSICIÓN | 0               | -79,58        | 0                                   | 4,46              |
| N2          | 1    | TRANSICIÓN | 0               | 67,75         | 3,8                                 | 0                 |
| N1          | 3    | ESQUINA    | 2,3             | 187,3         | 11,04                               | 0                 |
| N2          | 3    | ESQUINA    | 2,3             | -160          | 0                                   | 9,06              |
| N1          | 3    | TRANSICIÓN | 2,3             | -47,57        | 0                                   | 2,67              |
| N2          | 3    | TRANSICIÓN | 2,3             | 40,55         | 2,27                                | 0                 |

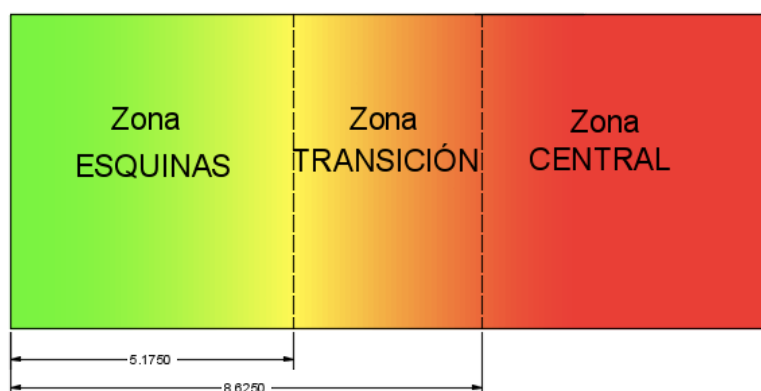
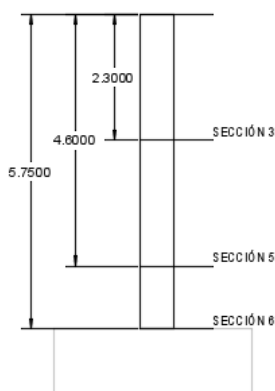


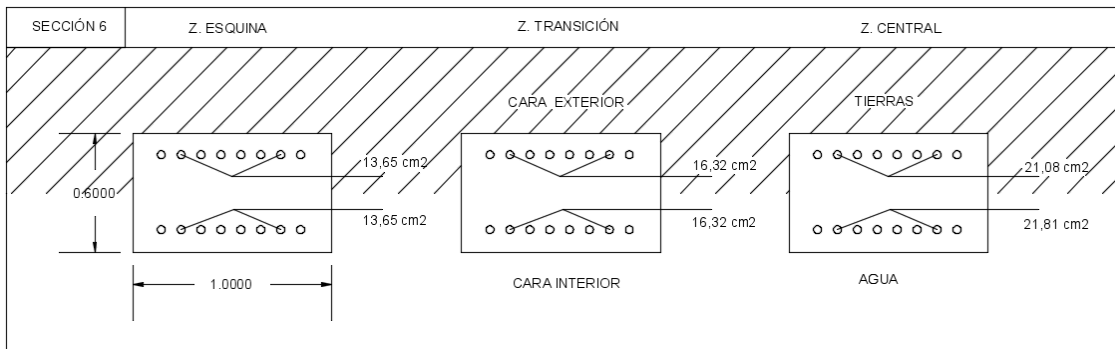
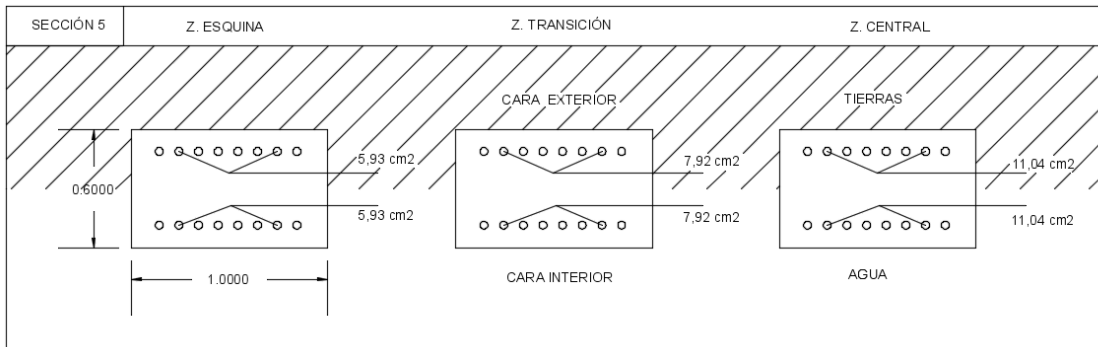
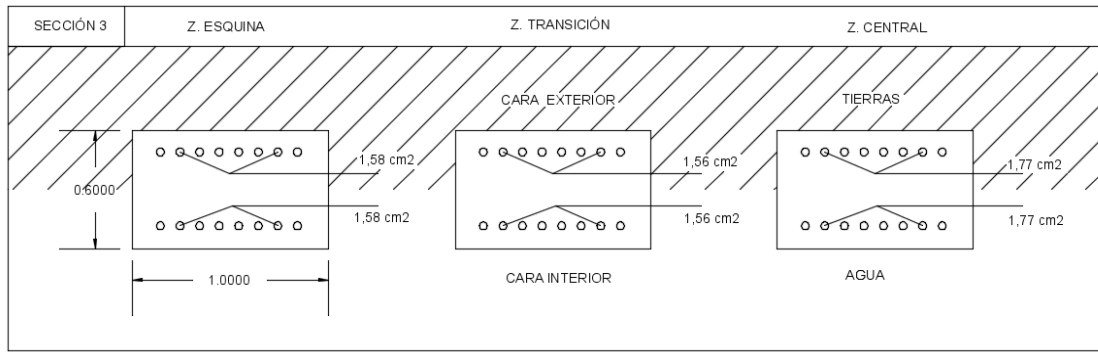
### 7.3.3.5-Resultados del dimensionamiento seccional: Armado vertical del muro divisorio

Obviamente el muro divisorio presentará un armado simétrico debido a la simetría de las cargas críticas que lo solicitan. Por tanto, éste se determinará en función de las fuerzas internas inducidas por la combinación de cargas N°2, esto es, en situación de empuje hidrostático sin ninguna carga en el paramento opuesto.

Habiéndose calculado el armado para dichos esfuerzos en los muros perimetrales anteriormente detallados, se muestra a continuación el armado vertical necesario por cálculo del muro divisorio a través de las siguientes imágenes:

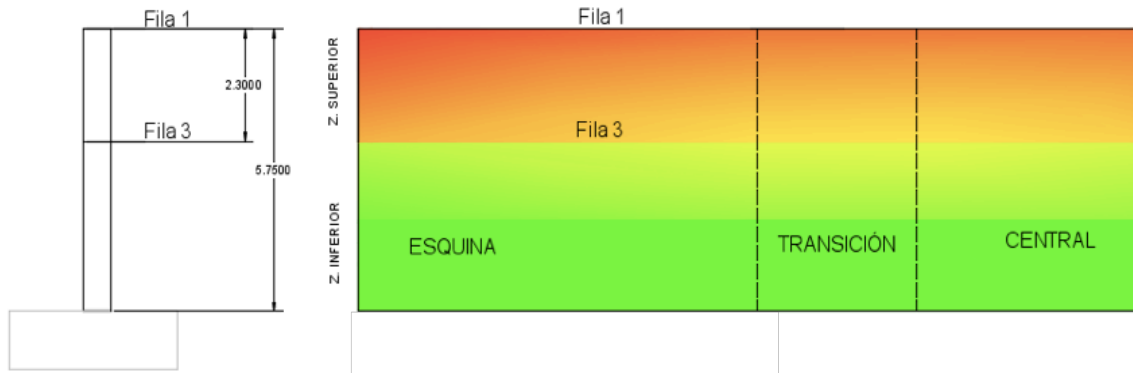
| RESUMEN DE ARMADO DE LAS SECCIONES |            |                          |                          |
|------------------------------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| SECCIÓN                            | ZONA       | ARMADO CARA EXTERIOR (T) | ARMADO CARA INTERIOR (A) |
| 3                                  | ESQUINA    | 1,58                     | 1,58                     |
| 3                                  | TRANSICIÓN | 1,56                     | 1,56                     |
| 3                                  | CENTRAL    | 1,77                     | 1,77                     |
| 5                                  | ESQUINA    | 5,93                     | 5,93                     |
| 5                                  | TRANSICIÓN | 7,92                     | 7,92                     |
| 5                                  | CENTRAL    | 11,04                    | 11,04                    |
| 6                                  | ESQUINA    | 13,65                    | 13,65                    |
| 6                                  | TRANSICIÓN | 16,32                    | 16,32                    |
| 6                                  | CENTRAL    | 21,81                    | 21,81                    |



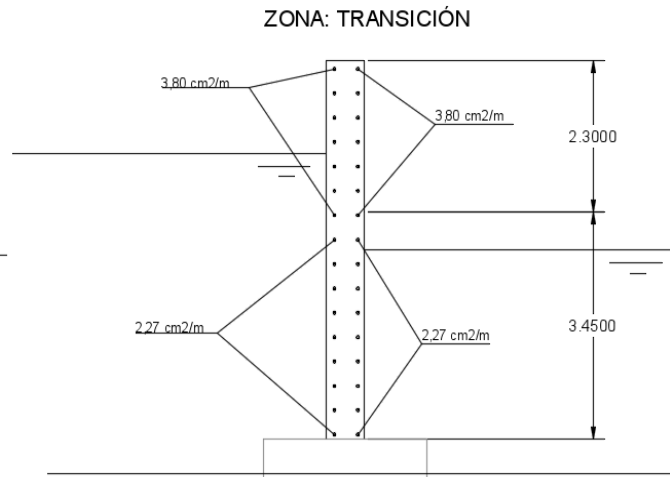
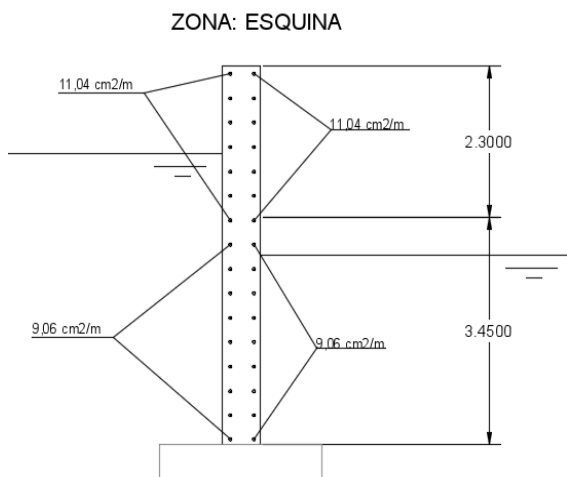


### 7.3.3.6-Resultados del dimensionamiento seccional: Armado horizontal del muro divisorio

Al igual que en el apartado anterior, el armado horizontal del muro divisorio será idéntico en ambas caras de éste por las razones ya mencionadas. Se discretizará el alzado del muro en tres zonas de posible variación de armado en función de los esfuerzos solicitantes y el perfil se dividirá en una parte superior y una parte inferior, al igual que se realizó anteriormente para el armado horizontal de los muros perimetrales. Se obtienen los siguientes resultados:



| COMBINACIÓN | FILA | ZONA       | PROFUNDIDAD (m) | ARMADO NECESARIO (cm <sup>2</sup> ) |                   |
|-------------|------|------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|
|             |      |            |                 | CARA EXTERIOR (T)                   | CARA INTERIOR (A) |
| N2          | 1    | ESQUINA    | 0               | 11,04                               | 11,04             |
| N2          | 1    | TRANSICIÓN | 0               | 3,8                                 | 3,8               |
| N2          | 3    | ESQUINA    | 2,3             | 9,06                                | 9,06              |
| N2          | 3    | TRANSICIÓN | 2,3             | 2,27                                | 2,27              |



#### 7.4-DIMENSIONAMIENTO SECCIONAL DEBIDO A LAS TRACCIONES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)

Se calculó anteriormente la fuerza de tracción que deben soportar las paredes debido al empuje hidrostático, siendo el valor de dicha tracción igual a 1425820,313 N.

Ya comentada la metodología a seguir para la obtención del armado en Estado Límite Último de Tracción Simple consistente en limitar la tensión

del acero a  $130 \text{ N/mm}^2$ , el armado requerido responderá a la siguiente formulación:

$$A_{h3} = \frac{N_{apd}}{\sigma_s \cdot H_w}$$

donde:

$A_{h3}$ ; armadura horizontal por tracción.

$N_{apd}=N_{bpd}$ ; tracción en la pared debida al empuje hidrostático.

$\sigma_s$ ; tensión del acero limitada a  $130 \text{ N/mm}^2$ .

$H_w$ ; altura de la lámina de agua.

Substituyendo valores obtenemos:

$$A_{h3} = \frac{1425820.313}{130 \cdot 5,75} \cdot \frac{1}{100} = 19,07 \text{ cm}^2$$

Correspondiendo un armado horizontal por cara de  $9,54 \text{ cm}^2$

## 8-MODELO SAP2000

Se modelizan las paredes del alzado del muro como placas triempotradas al igual que se hizo en el modelo Excel para analizar y dimensionar la zona de esquina y de transición de éstas.

### 8.1-MÉTODO DE CÁLCULO DEL MODELO SAP2000. MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)

SAP2000 es un software de cálculo estructural que nos da la posibilidad de trabajar empleando el MEF. A continuación se describe resumidamente el método de cálculo de los elementos finitos.

La idea general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos.

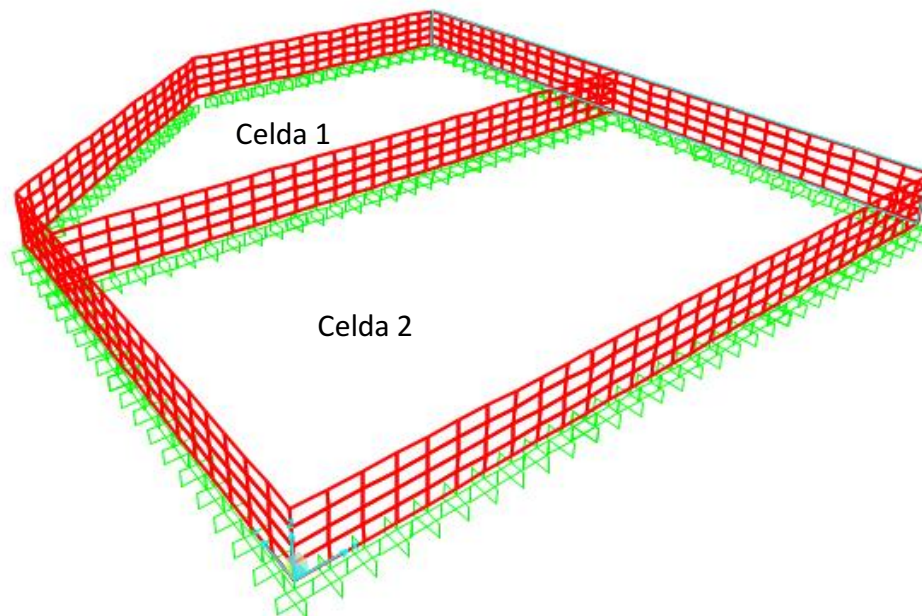
Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también el del elemento. De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo (infinitos grados de libertad), que es regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no.

El método de los elementos finitos supone, para solucionar el problema, el dominio discretizado en subdominios denominados elementos. El dominio se divide mediante puntos (en el caso lineal), mediante líneas (en el caso bidimensional) o superficies (en el tridimensional) imaginarias, de forma que el dominio total en estudio se aproxime mediante el conjunto de porciones (elementos) en que se subdivide.

Los elementos se definen por un número discreto de puntos, llamados nodos, que conectan entre si los elementos. Sobre estos nodos se materializan las incógnitas fundamentales del problema. En el caso de elementos estructurales estas incógnitas son los desplazamientos nodales, ya que a partir de éstos podemos calcular el resto de incógnitas que nos interesen: tensiones, deformaciones, etc. A estas incógnitas se les denomina grados de libertad de cada nodo del modelo. Los grados de libertad de un nodo son las variables que nos determinan el estado y/o posición del nodo.



## Geometría inicial



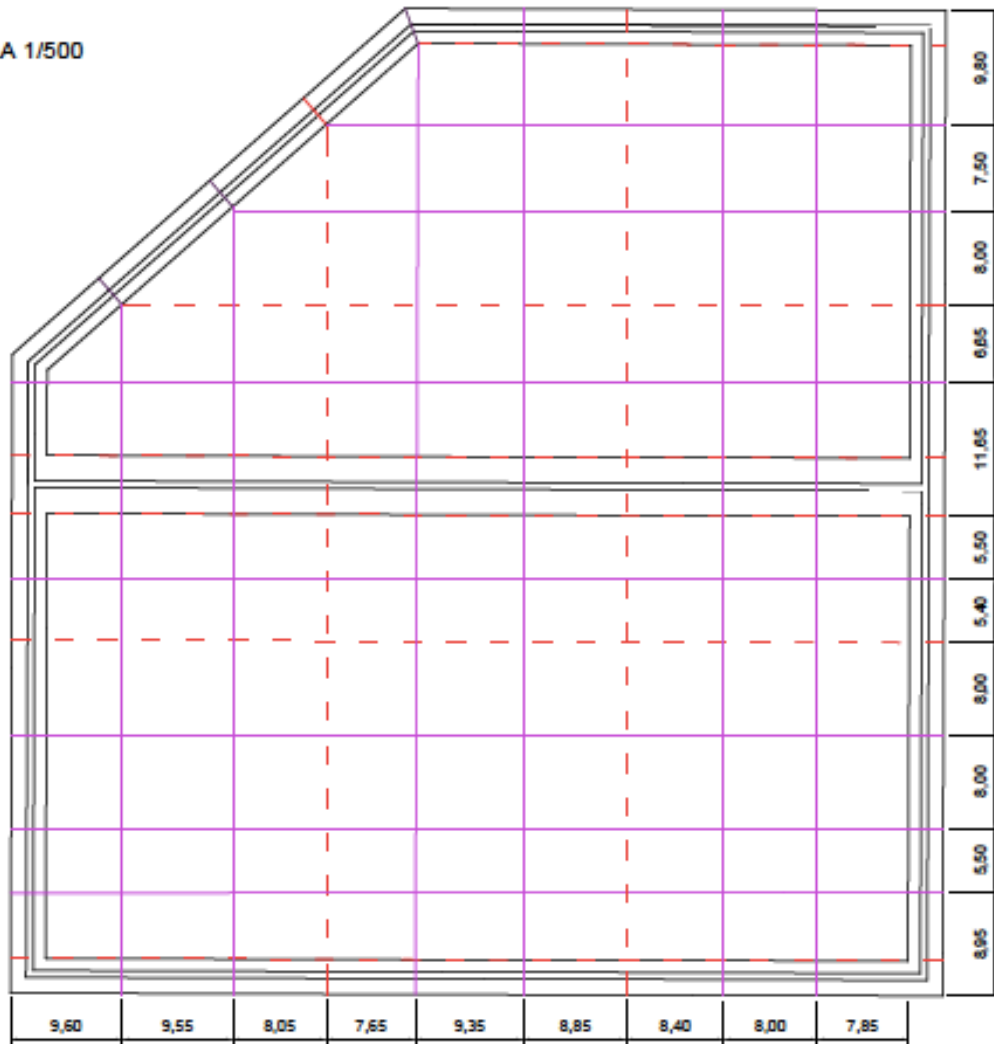
## 8.2- DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS DE DILATACIÓN

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, es necesario establecer las condiciones de contorno de los nodos de discretización de la estructura. Por ello, se ha de determinar previamente la posición de las juntas de dilatación.

A continuación se muestra la posición en que se ha optado por disponer las juntas de dilatación que ha de presentar la estructura para no considerar el cálculo debido a las acciones térmicas.

| DISTRIBUCIÓN DE JUNTAS   |                                  |             |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|
| TIPO DE DEPÓSITO         | SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS (metros) |             |
|                          | DILATACIÓN                       | CONTRACCIÓN |
| ENTERRADOS, piscinas     | 25-30                            | 7,5         |
| Apoyados, poco expuestos | 15-25                            | 7,5         |
| Apoyados, muy expuestos  | 10-15                            | 5-7         |

ESCALA 1/500



JUNTAS DE DILATACIÓN

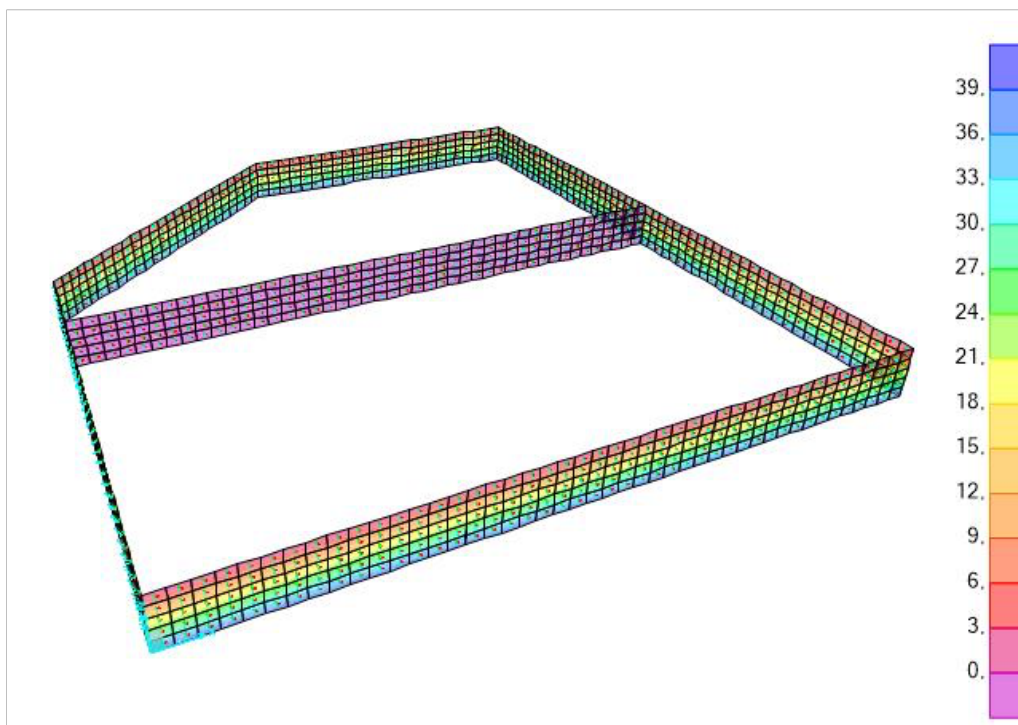


JUNTAS DE CONTRACCIÓN

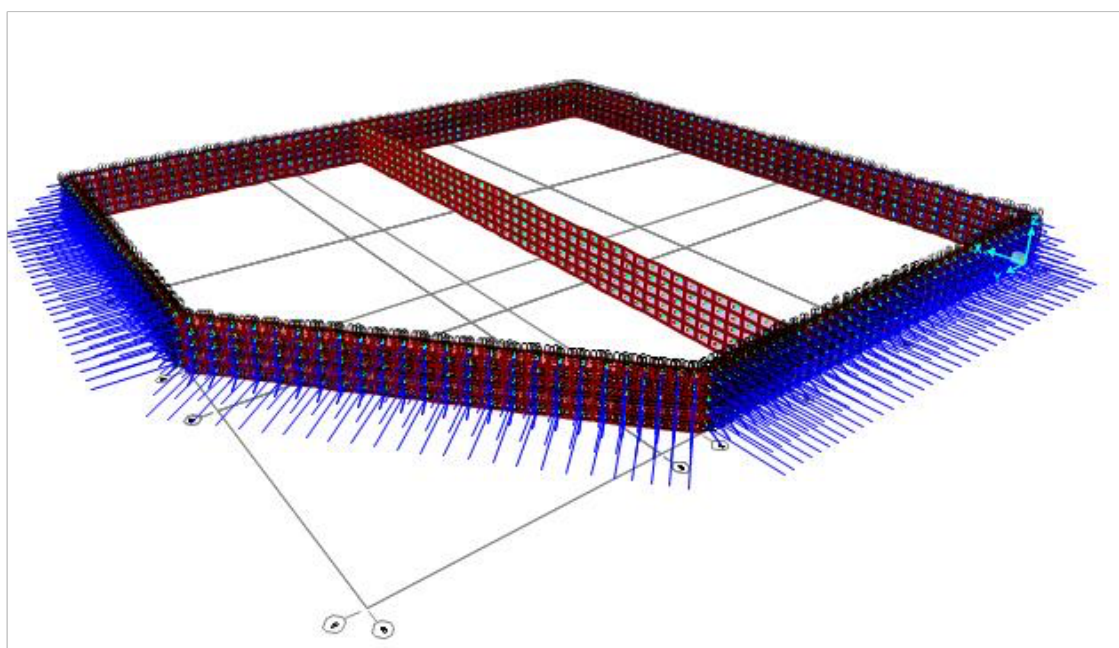
### 8.3-IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN DEL EMPUJE AL REPOSO

Para la identificación de las zonas de actuación del empuje activo y del empuje al reposo se procede a modelar la estructura en SAP2000 y se somete ésta a la carga correspondiente al empuje activo de tierras sobre los muros perimetrales de la estructura para la determinación de los movimientos del alzado del muro.

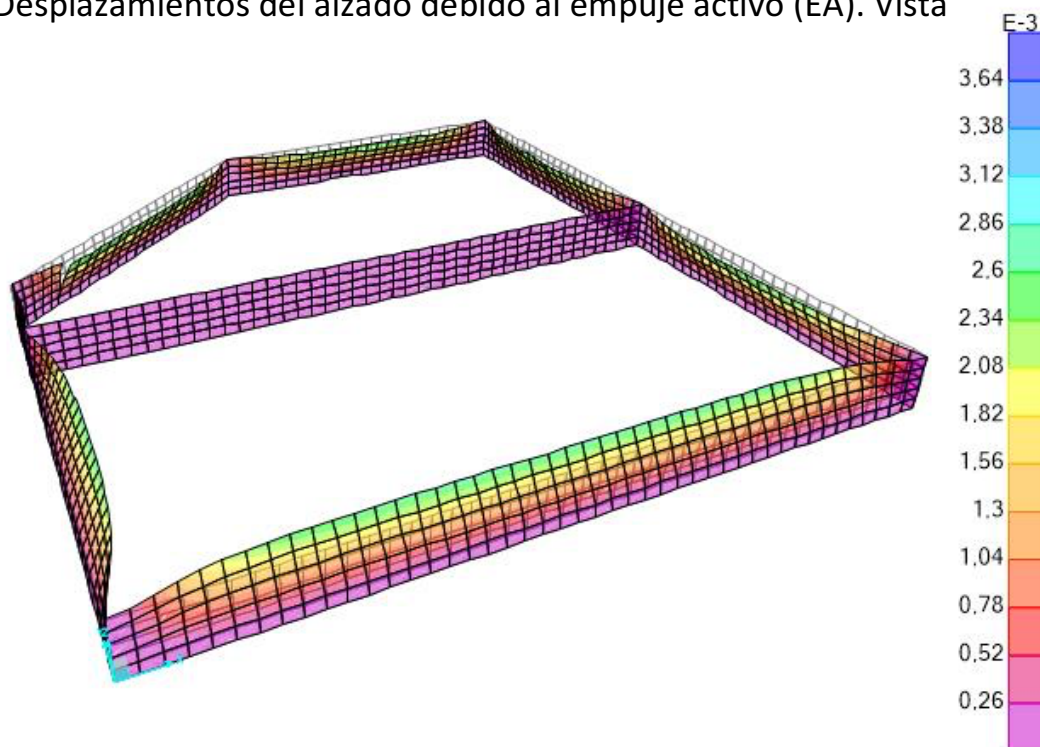
### Valor de carga (EA). Visualización mediante contorno de colores



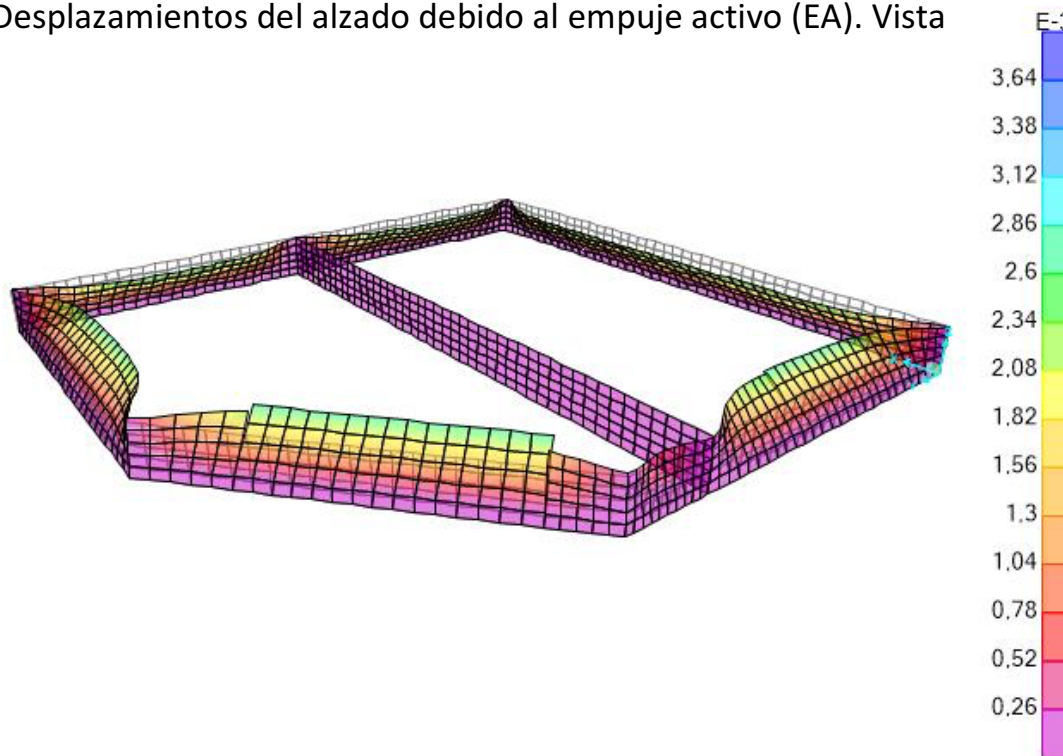
### Valor de carga (EA). Visualización mediante vectores



Desplazamientos del alzado debido al empuje activo (EA). Vista

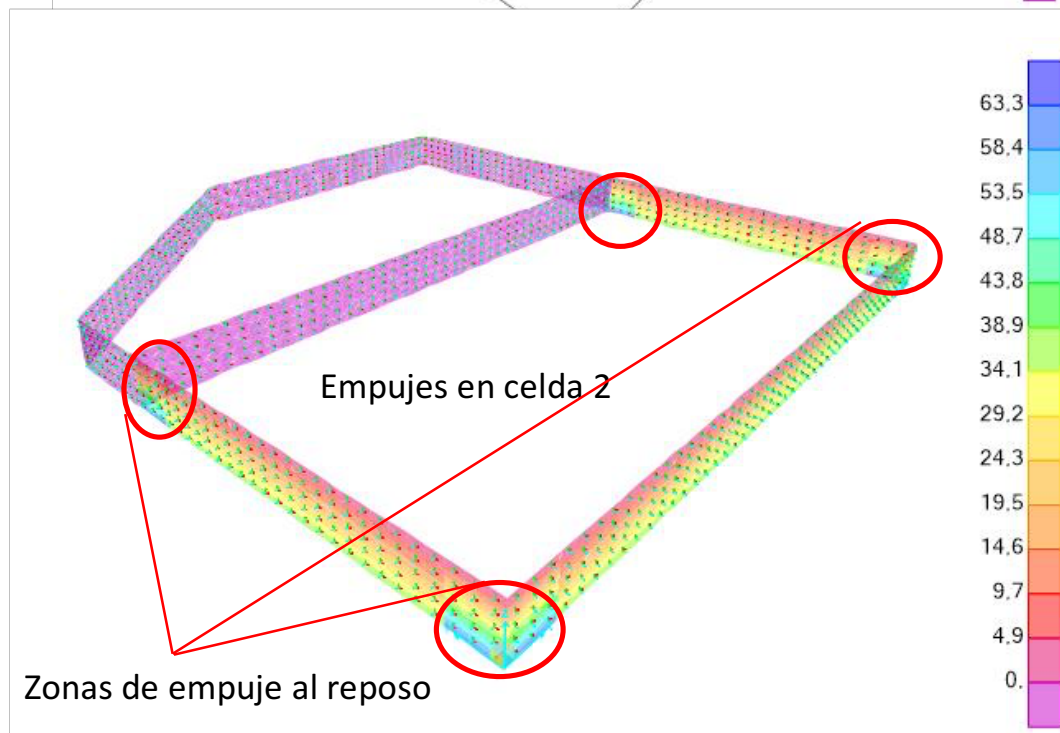
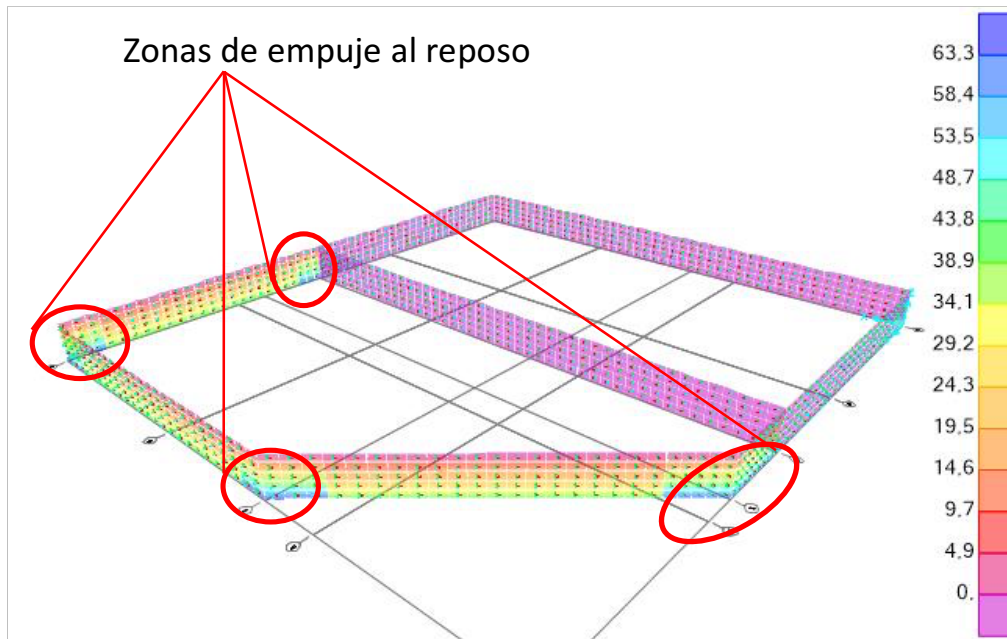


Desplazamientos del alzado debido al empuje activo (EA). Vista



A la vista de los resultados se considerarán las siguientes zonas de empujes para la situación de depósito vacío. En situación de celda llena se empleará el empuje al reposo en todo el contorno perimetral de dicha celda.

### Empujes en celda 1





## 8.4-COMBINACIÓN DE CARGAS

Para el análisis y cálculo de la estructura mediante el SAP2000 se ha elevado el número de combinaciones de carga a estudiar, que se enumerarán a continuación, corroborándose que las empleadas en el método Excel (bases de cálculo) inducen los esfuerzos pésimos para el dimensionamiento estructural.

Para el Estado Límite Último se han considerado las siguientes hipótesis de cargas:

- **Depósito lleno sin empuje de tierras**
- Depósito vacío con empuje de tierras
- **Depósito vacío con empuje de tierras más sobrecarga de terreno**
- Celda 1 llena y celda 2 vacía considerando el empuje hidrostático la acción determinante
- Celda 1 llena y celda 2 vacía considerando el empuje del terreno la acción determinante
- Celda 1 vacía y celda 2 llena considerando el empuje hidrostático la acción determinante
- Celda 1 vacía y celda 2 llena considerando el empuje del terreno la acción determinante
- **Sismo**

Para el Estado Límite de Servicio se han considerado las siguientes hipótesis de cargas:

- Depósito vacío con empuje de tierras más sobrecarga de terreno
- Depósito lleno con empuje hidrostático como acción determinante
- **Depósito lleno con empuje del terreno como acción determinante**
- **Celda 1 llena y celda 2 vacía**
- **Celda 1 vacía y celda 2 llena**

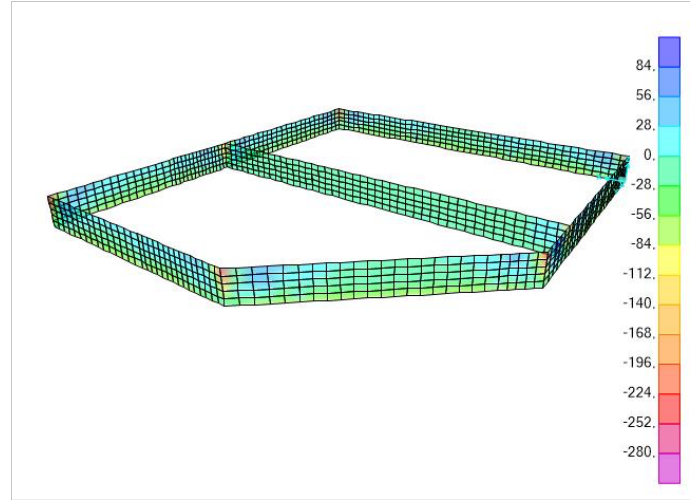
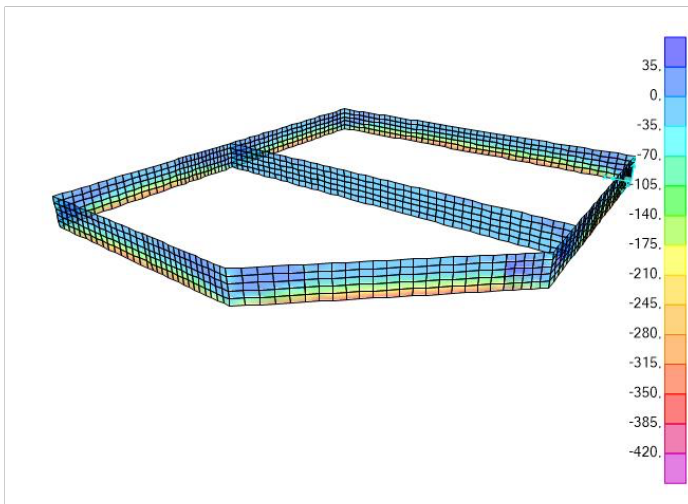
Se graficarán las combinaciones destacadas en negrita.

## 8.5-ANÁLISIS DE CÁLCULO DE LOS FLECTORES VERTICALES Y HORIZONTALES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)

### 8.5.1-Combinación N<sup>o</sup>1: Empuje de tierras con sobrecarga de terreno en situación de depósito vacío

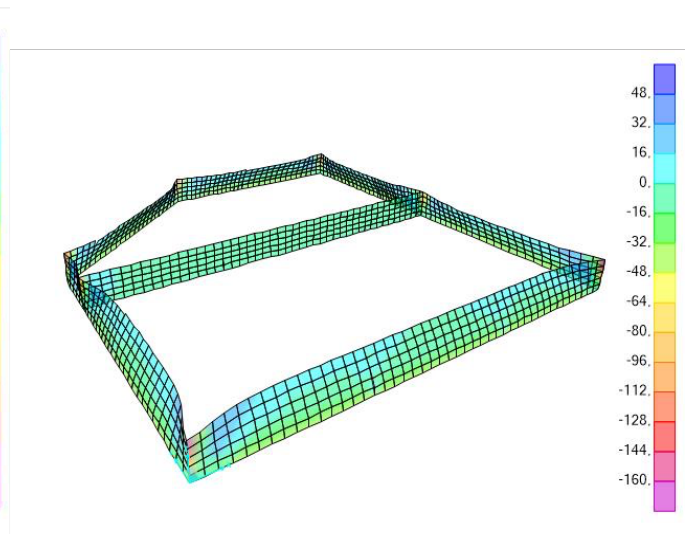
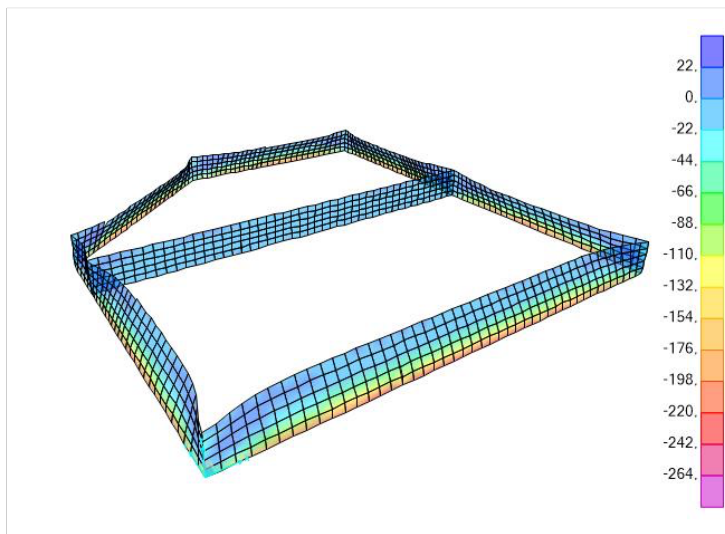
Momentos (Flexión vertical). Vista 1

Momentos (Flexión horizontal). Vista 1



Momentos (Flexión vertical). Vista 2. Deformada

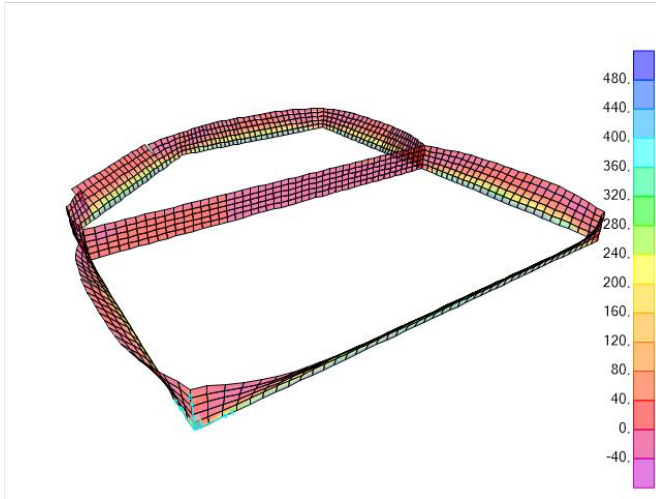
Momentos (Flexión horizontal). Vista 2. Deformada



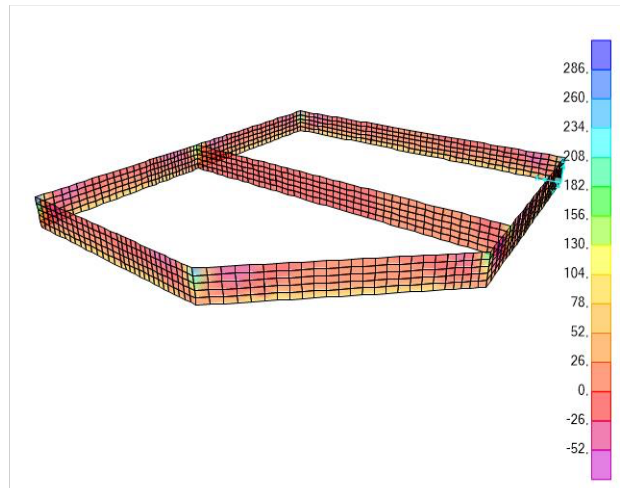


### 8.5.2-Combinación N°2: Depósito lleno sin empuje de tierras

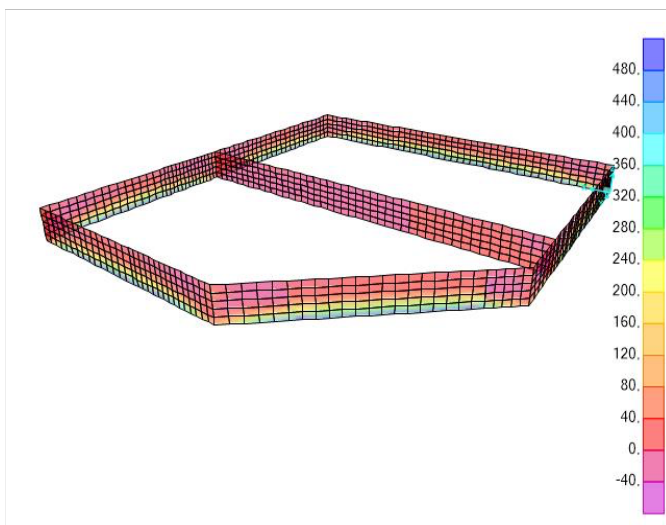
Momentos (Flexión vertical). Vista 1



Momentos (Flexión horizontal). Vista 1



Momentos (Flexión vertical). Vista 2



Momentos (Flexión horizontal). Vista 2. Deformada



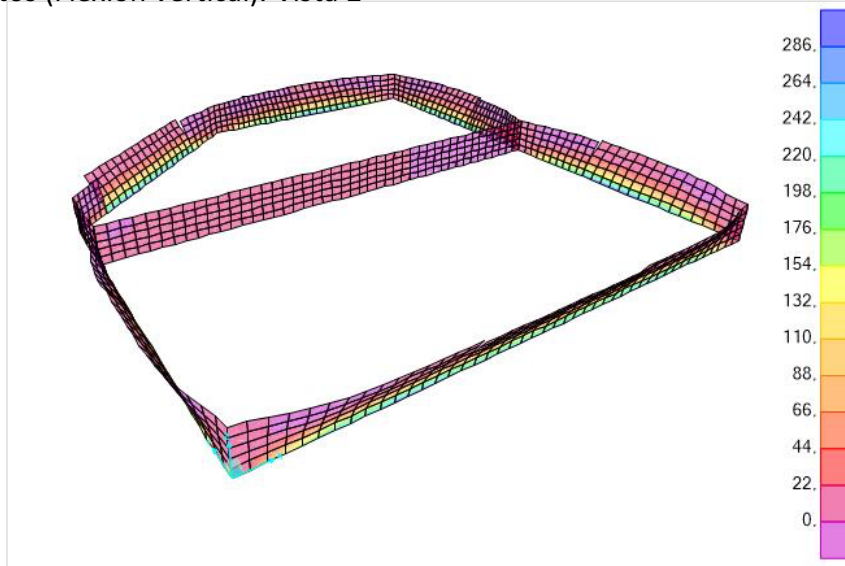
### 8.5.3-Combinación N°3: Combinación sísmica

Los esfuerzos inducidos en la combinación sísmica no serán los esfuerzos determinantes para el dimensionamiento del alzado como se estableció en el método Excel anterior, y como se puede comprobar en las siguientes imágenes:

Momentos (Flexión vertical). Vista 1



Momentos (Flexión vertical). Vista 2



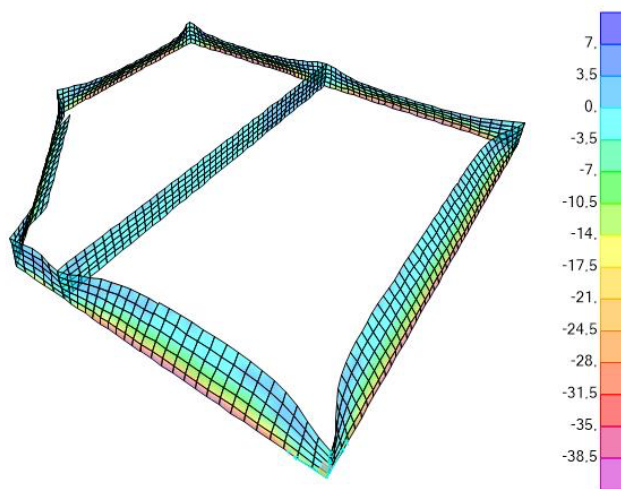
Se ha considerado un amortiguamiento del 5% del crítico, valor inferior al amortiguamiento real al tratarse de un elemento enterrado, en el que las tierras contenidas en su trasdós contribuirán al amortiguamiento.

Se puede considerar que las estructuras enterradas no presentarán vibraciones determinantes debidas al sismo. En todo caso, se ha calculado según la hipótesis planteada para descartar cualquier duda al respecto.

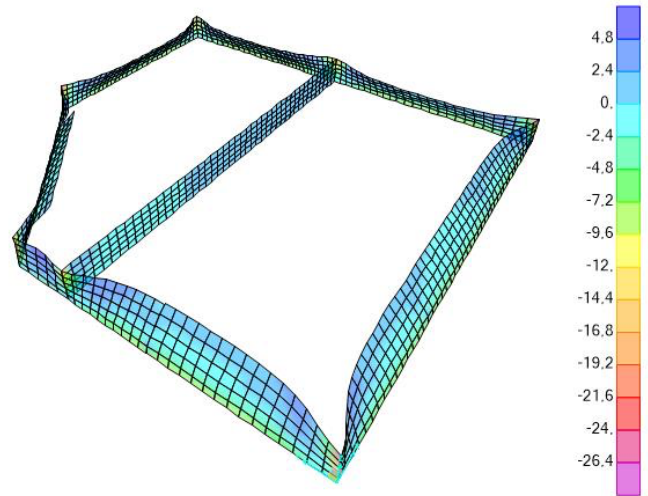
## 8.6-ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LOS FLECTORES VERTICALES Y HORIZONTALES EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

### 8.6.1-Combinación Nº5: Empuje de tierras en depósito lleno

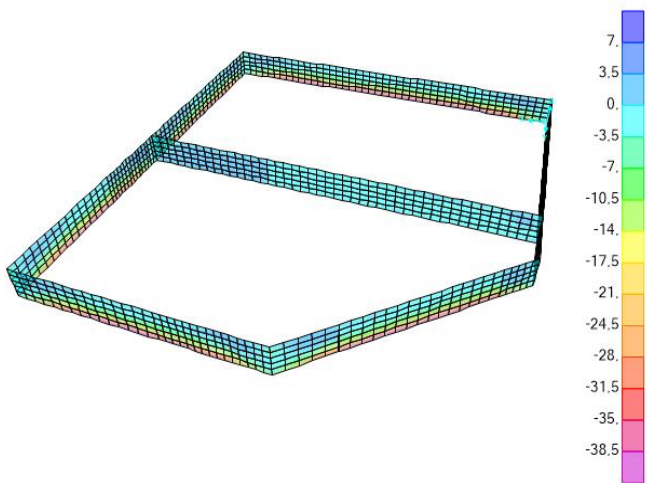
Momentos (Flexión vertical). Vista 1. Deformada



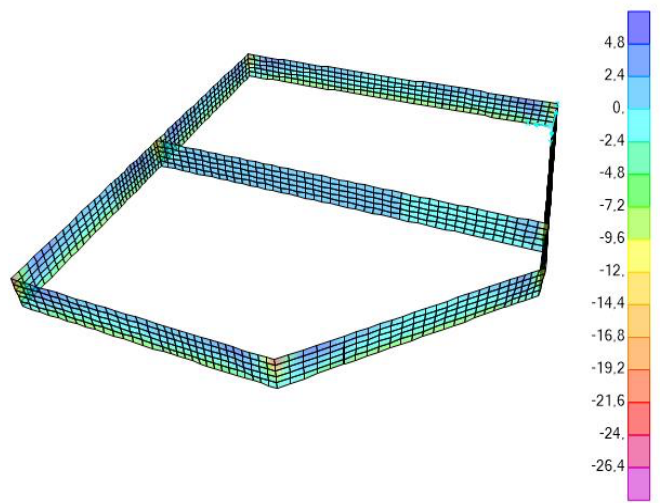
Momentos (Flexión horizontal). Vista 1. Deformada



Momentos (Flexión vertical). Vista 2.

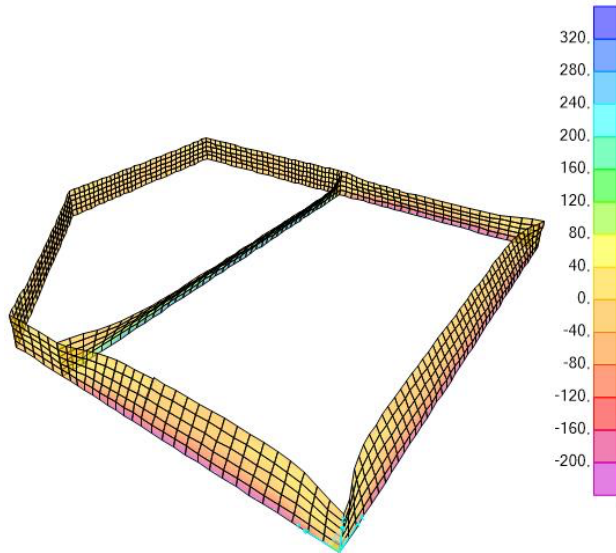


Momentos (Flexión horizontal). Vista 2.

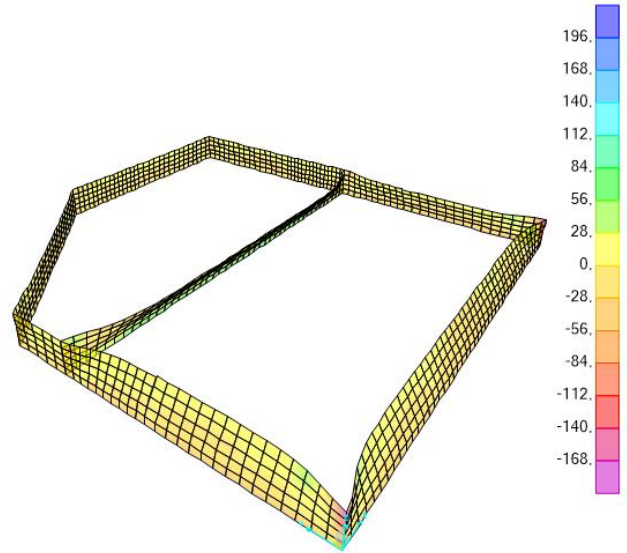


### 8.6.2-Combinación Nº6.a: Celda 1 llena-Celda 2 vacía

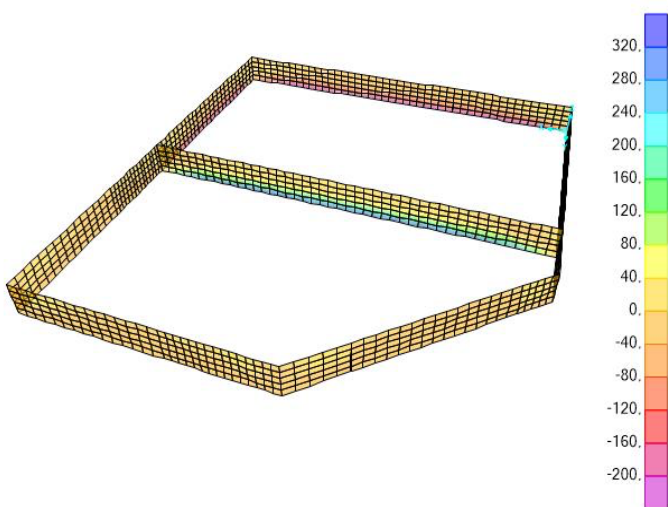
Momentos (Flexión vertical). Vista 1. Deformada



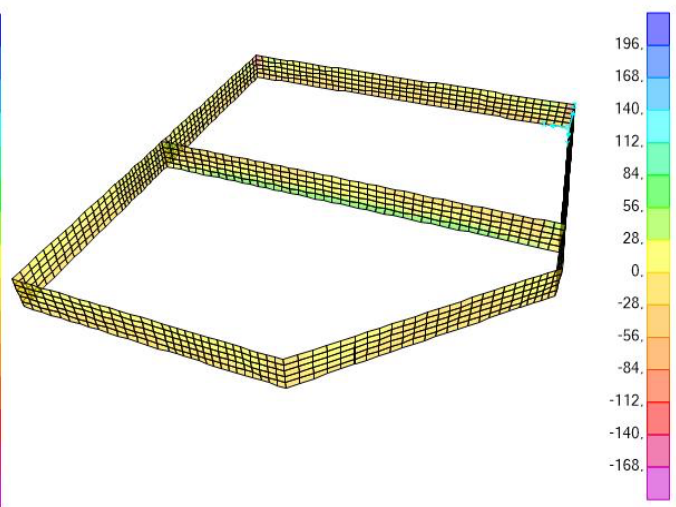
Momentos (Flexión horizontal). Vista 1. Deformada



Momentos (Flexión vertical). Vista 2.



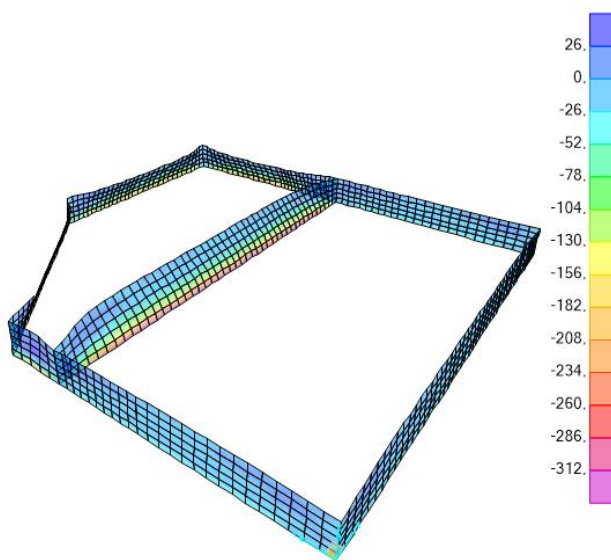
Momentos (Flexión horizontal). Vista 2.



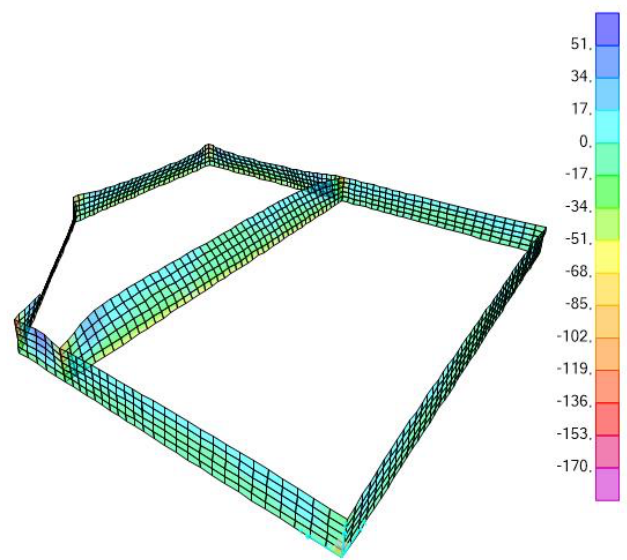


### 8.6.3-Combinación N°6.b :Celda 1 vacía-Celda 2 llena

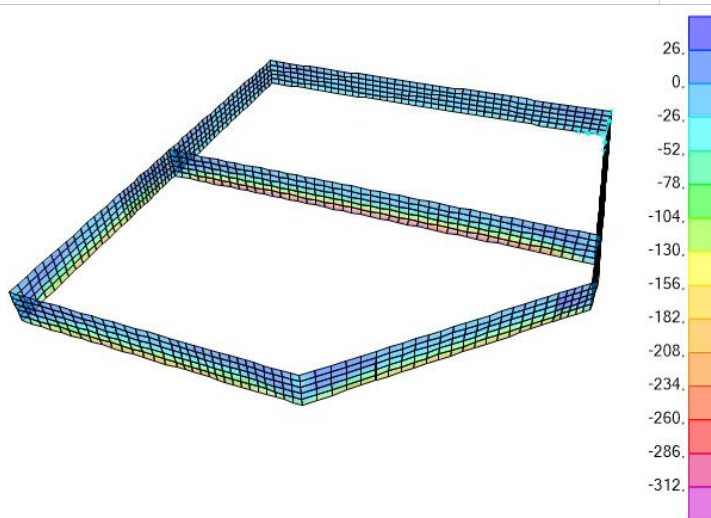
Momentos (Flexión vertical). Vista 1. Deformada



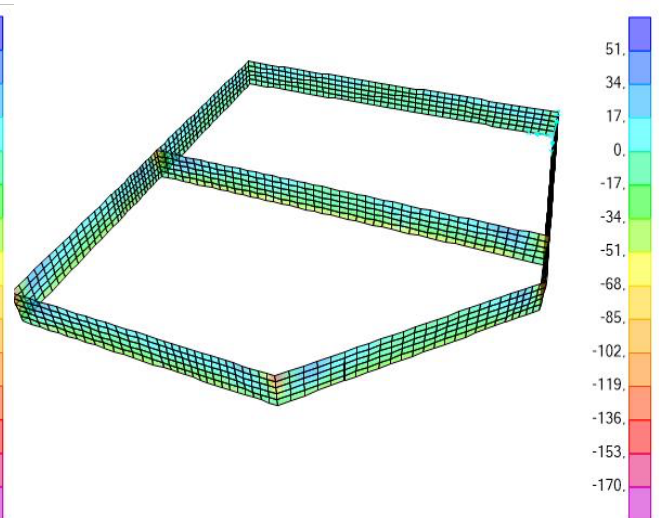
Momentos (Flexión horizontal). Vista 1. Deformada



Momentos (Flexión vertical). Vista 2.

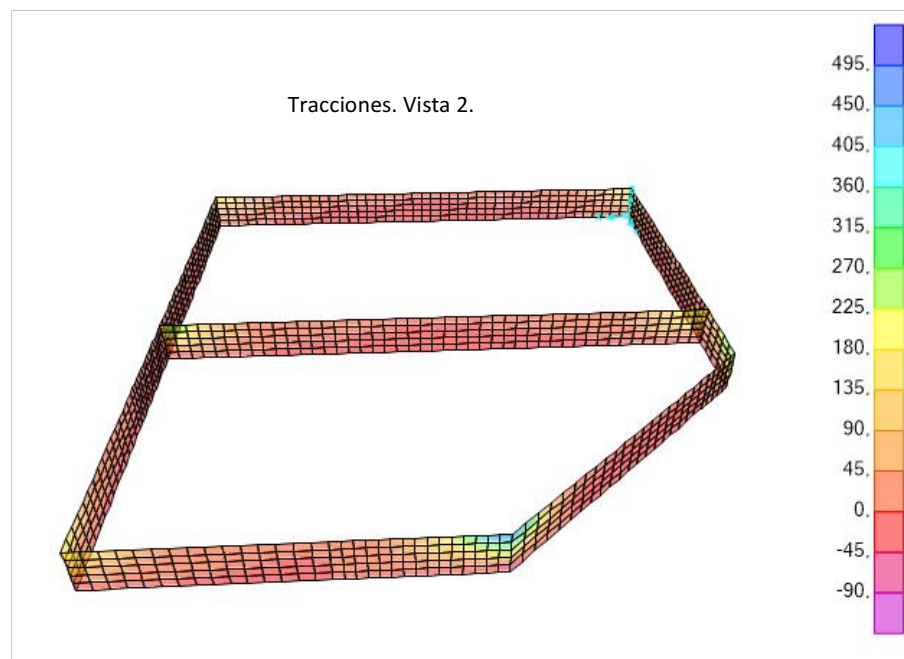


Momentos (Flexión horizontal). Vista 2.



## 8.7-ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LAS TRACCIONES EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Para realizar el cálculo de las tracciones en ELU se analiza y estudia la situación de depósito lleno sin empuje de tierras, en concordancia con las consideraciones realizadas en el método Excel.



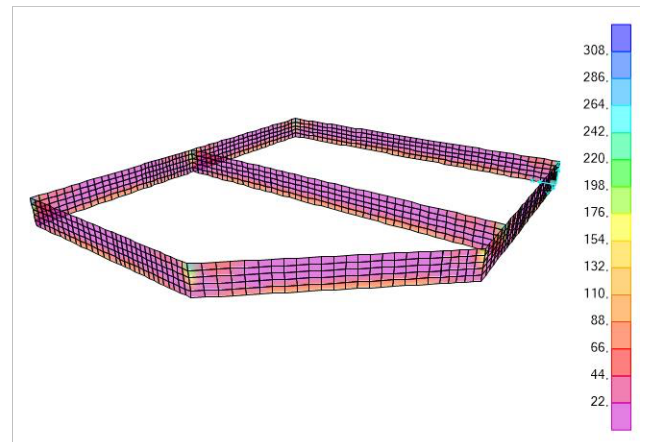
## 8.8-ENVOLVENTES DE MOMENTOS FLECTORES

### 8.8.1-Envolvente de flectores en ELU

Momentos (Envolvente máxima-Flexión vertical). Vista 1



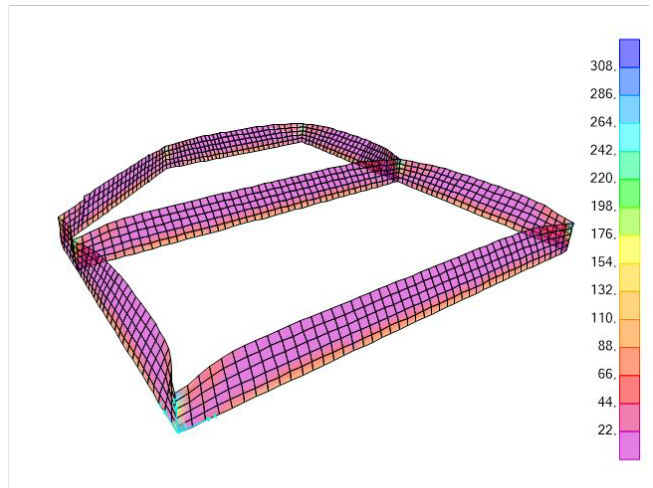
Momentos (Envolvente máxima-Flexión horizontal). Vista 1



Momentos (Envolvente máxima-Flexión vertical). Vista 2. Deformada

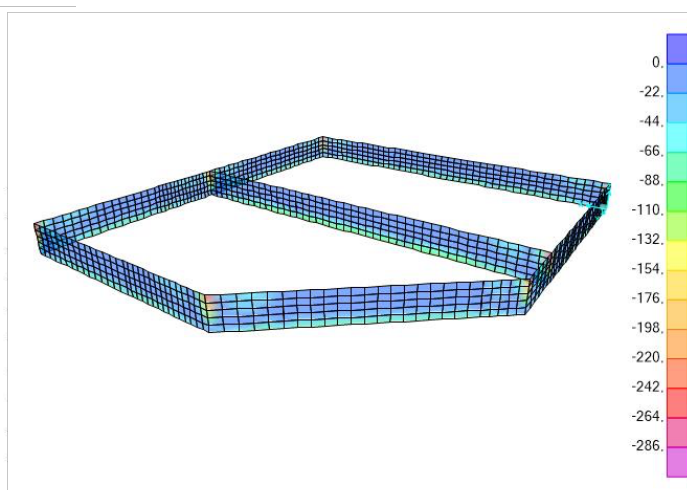
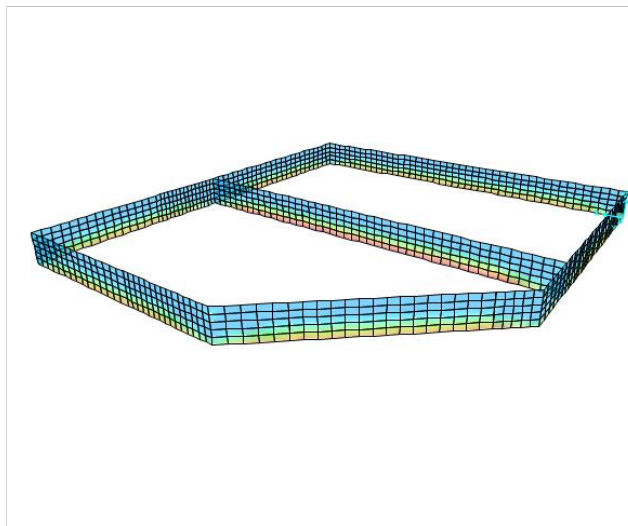
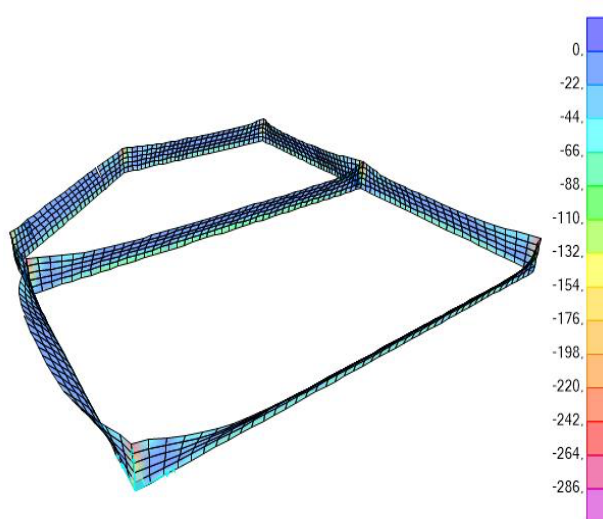
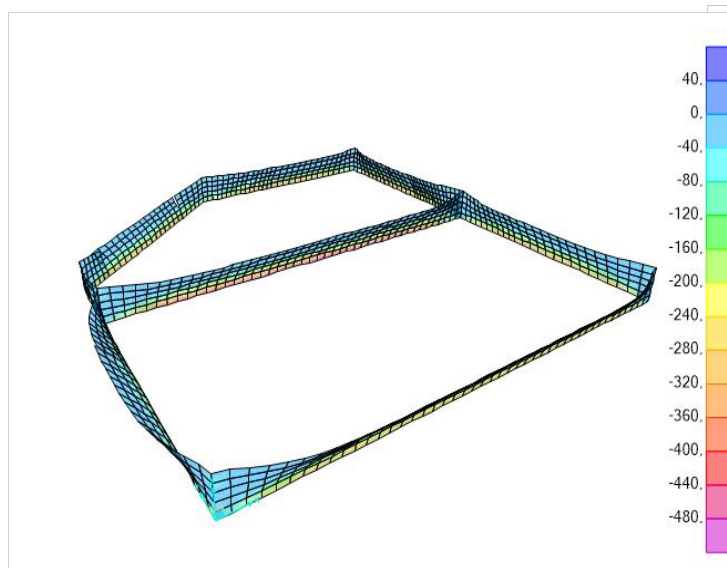


Momentos (Envolvente máxima-Flexión horizontal). Vista 2. Deformada





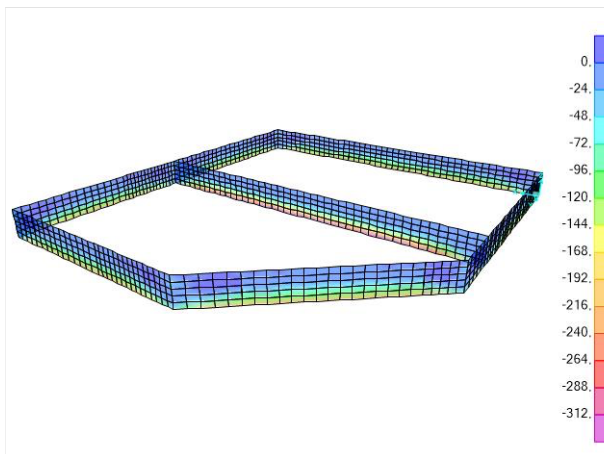
Momentos (Envolvente mínima-Flexión vertical). Vista 1.

Momentos (Envolvente mínima-Flexión horizontal). Vista 1  
1Momentos (Envolvente mínima-Flexión vertical). Vista 2.  
DeformadaMomentos (Envolvente mínima-Flexión horizontal). Vista 2.  
Deformada

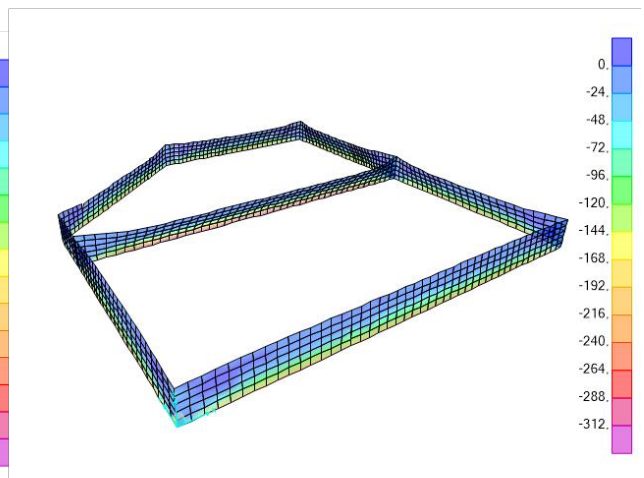
### 8.8.2-Envolvente de flectores en ELS

En las hipótesis planteadas para el cálculo de los esfuerzos en ELS, los momentos verticales resultantes son negativos para la envolvente máxima y para la envolvente mínima, por tanto, solo se mostrará la envolvente mínima.

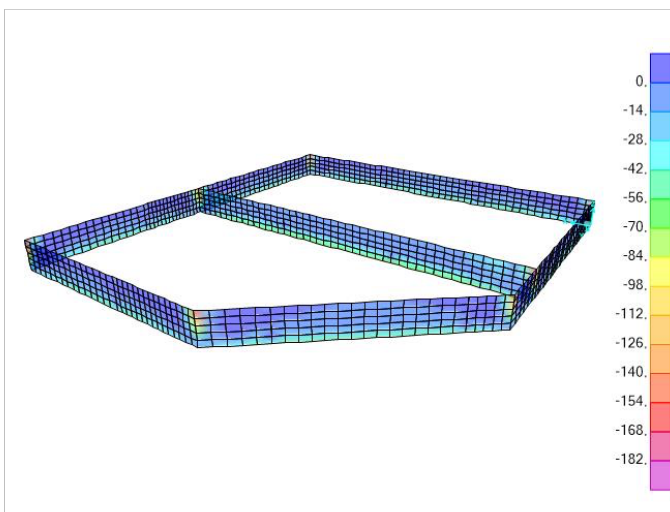
Momentos para armado vertical- Envolvente de momentos mínimos. Vista 1



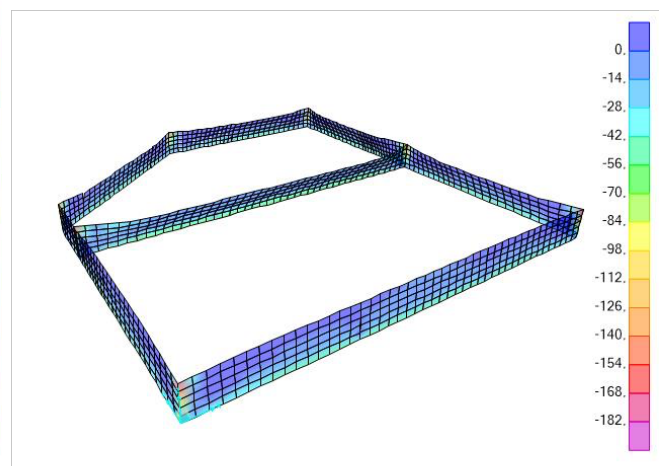
Momentos para armado vertical- Envolvente de momentos mínimos. Vista 2. Deformada



Momentos para armado horizontal- Envolvente de momentos mínimos. Vista 1

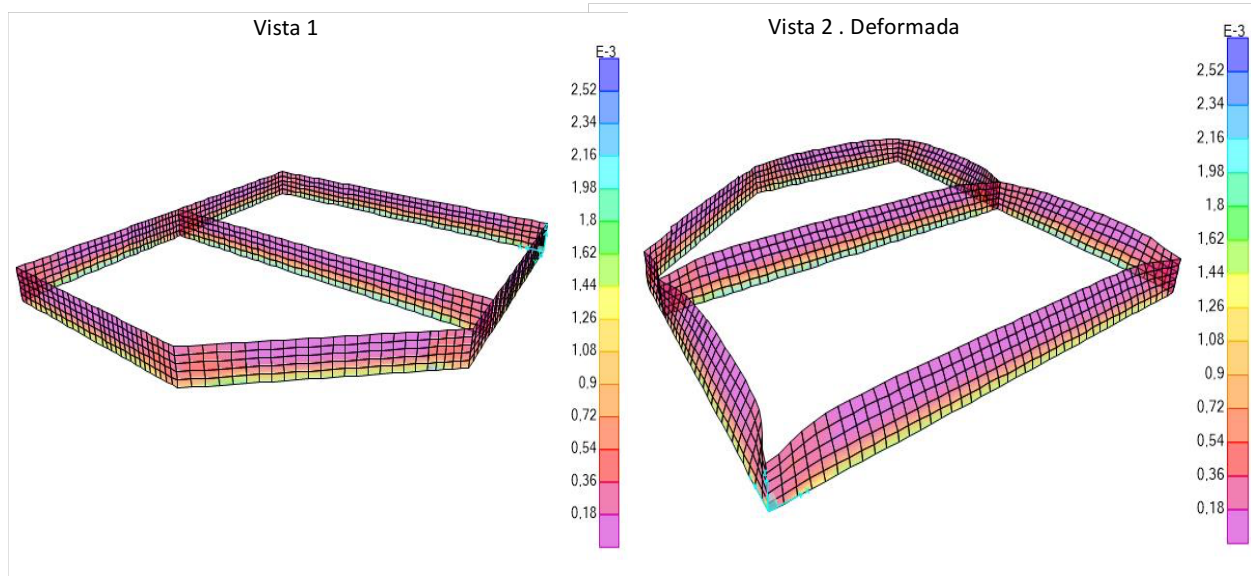


Momentos para armado horizontal- Envolvente de momentos mínimos. Vista 2. Deformada

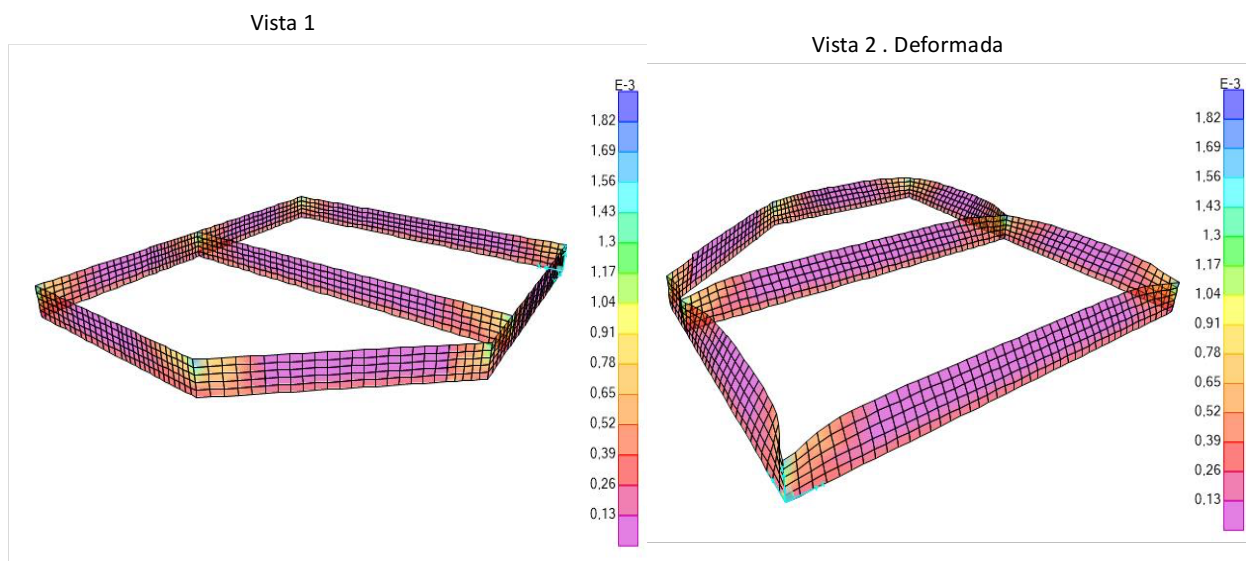


## 8.9- CUANTÍA DE ARMADURA PROPUESTA POR SAP2000 (ELU)

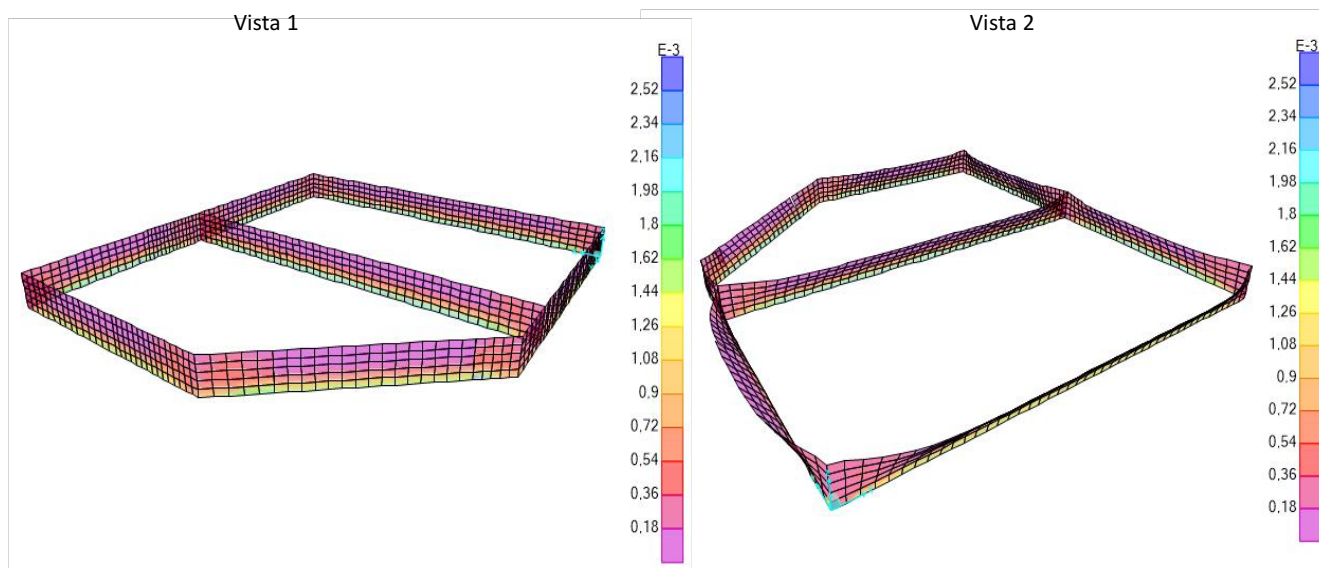
Armado vertical ( $\text{m}^2/\text{m}$ ) en las caras visibles. Envolvente máxima.



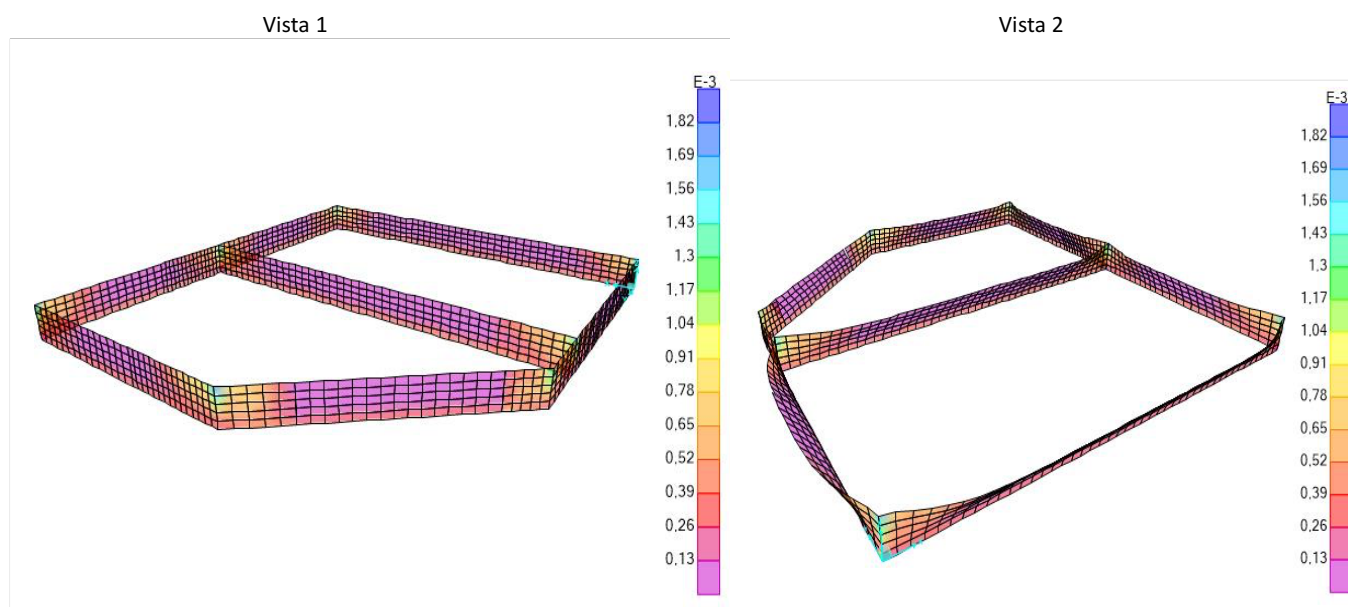
Armado horizontal ( $\text{m}^2/\text{m}$ ) en las caras visibles. Envolvente máxima.



Armado vertical ( $\text{m}^2/\text{m}$ ) en las caras visibles. Envolvente mínima.



Armado horizontal ( $\text{m}^2/\text{m}$ ) en las caras visibles. Envolvente mínima.



## 9-COMPARACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ENTRE EL MODELO EXCEL Y EL MODELO SAP2000

Se mostrará a continuación una tabla de comparación del armado obtenido en función del método empleado y de las secciones consideradas:

| COMPARACIÓN ARMADO VERTICAL  |         |            |               |               |                |               |
|--|---------|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| (Armado necesario por cálculo<br>considerando los mínimos mecánicos) |         |            | MÉTODO EXCEL  |               | MÉTODO SAP2000 |               |
|  |         |            | ARMADO cm2/m  |               |                |               |
| ELEMENTO   | SECCIÓN | ZONA       | cara EXTERIOR | cara INTERIOR | cara EXTERIOR  | cara INTERIOR |
| M.DIVISORIO  | 3       | ESQUINA    | 1,58          | 1,58          | 3,2            | 3,2           |
| M.DIVISORIO  | 3       | TRANSICIÓN | 1,56          | 1,56          | 1,59           | 1,59          |
| M.DIVISORIO  | 3       | CENTRAL    | 1,77          | 1,77          | 1,21           | 1,21          |
| M.DIVISORIO  | 5       | ESQUINA    | 5,93          | 5,93          | 7,05           | 7,05          |
| M.DIVISORIO  | 5       | TRANSICIÓN | 7,92          | 7,92          | 9,04           | 9,04          |
| M.DIVISORIO  | 5       | CENTRAL    | 11,04         | 11,04         | 10,36          | 10,36         |
| M.DIVISORIO  | 6       | ESQUINA    | 13,65         | 13,65         | 14,9           | 14,9          |
| M.DIVISORIO  | 6       | TRANSICIÓN | 16,32         | 16,32         | 18,02          | 18,02         |
| M.DIVISORIO  | 6       | CENTRAL    | 21,81         | 21,81         | 21,75          | 21,75         |
| M.PERIMETRALES   | 3       | ESQUINA    | 1,58          | 1,86          | 1,15           | 3,2           |
| M.PERIMETRALES   | 3       | TRANSICIÓN | 1,56          | 1,82          | 1,01           | 1,7           |
| M.PERIMETRALES   | 3       | CENTRAL    | 1,29          | 1,79          | 1,22           | 1,3           |
| M.PERIMETRALES   | 5       | ESQUINA    | 6,97          | 5,93          | 5,11           | 6,5           |
| M.PERIMETRALES   | 5       | TRANSICIÓN | 9,31          | 7,92          | 6,77           | 8,9           |
| M.PERIMETRALES   | 5       | CENTRAL    | 11,04         | 11,04         | 7,9            | 11,05         |
| M.PERIMETRALES   | 6       | ESQUINA    | 16,01         | 13,65         | 12,85          | 14,67         |
| M.PERIMETRALES   | 6       | TRANSICIÓN | 19,27         | 16,32         | 14,5           | 19,11         |
| M.PERIMETRALES   | 6       | CENTRAL    | 15,85         | 21,81         | 15,5           | 21,5          |

A la vista de los resultados se observa una suficiente similitud en las cuantías de armado determinadas mediante ambos métodos, lo que indica la consistencia y validación tanto de las hipótesis simplificativas empleadas como de los resultados derivados de éstas.

Se observa que la variación de dichos resultados es menor al acercarnos a la zona central de los muros, lejos de las zonas de encuentro con los muros perpendiculares, en donde el comportamiento real del alzado coincide prácticamente con la idealización realizada de ménsula empotrada en cimentación.

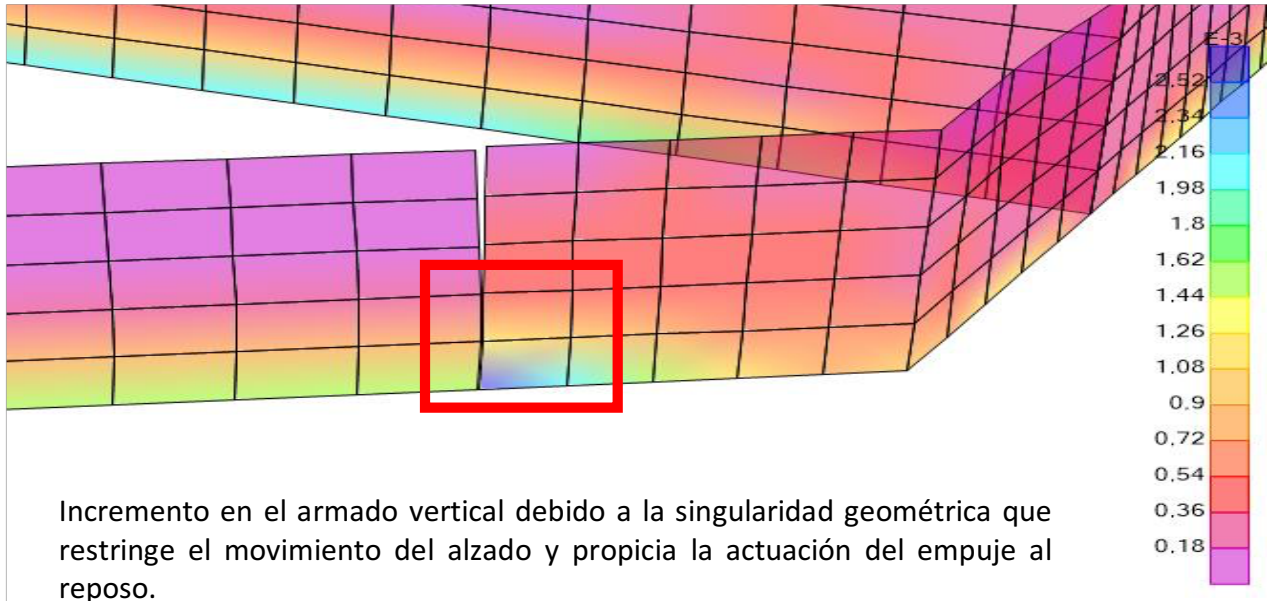
La variación de los resultados obtenidos en zona de esquinas y transición puede deberse a los motivos que se describen a continuación:



- El método de las Tablas de Bares permite la obtención de los esfuerzos en diferentes zonas de la superficie del alzado de los muros en función de la geometría de la estructura. De esta forma se obtiene un coeficiente  $\gamma$ , resultado del cociente entre la longitud del depósito y la profundidad de las aguas a contener, que permite la obtención de los factores a emplear para la determinación de los esfuerzos solicitantes. Las dimensiones de los muros perimetrales son superiores a 17,25 metros, longitud ésta última, que se ha tomado para la aplicabilidad del método de las Tablas de Bares (1980) obteniendo un coeficiente  $\gamma$  igual a 3.
- En el modelo SAP2000 no se ha despreciado el incremento del empuje del terreno debido a la sobrecarga sobre el mismo. Además, se ha considerado la actuación del empuje al reposo en función de los desplazamientos esperados del alzado del muro considerando en las restantes zonas la actuación del empuje activo, mientras que en el modelo Excel se considera únicamente la actuación del empuje al reposo en la totalidad de superficie de muro.
- Para el dimensionamiento seccional el recubrimiento mecánico empleado en el modelo Excel corresponde a el recubrimiento nominal que figura en las bases de cálculo más un incremento de éste por razones de grosores de barras empleadas y de posicionamiento de las armaduras para facilitar el montaje, mientras que en el armado propuesto por SAP2000 el recubrimiento mecánico se establece automáticamente en función del canto del elemento, cuyo valor se establece generalmente en el 10% de éste.
- En el dimensionamiento seccional mediante Excel se ha considerado las secciones trabajando en flexión simple, hecho que ha favorecido el empleo del coeficiente reductor de armado en regiones no fisuradas.

La comparación de los resultados se ha realizado para el muro divisorio y el muro perimetral 1 por no presentar éste singularidades geométricas. Las zonas de armado se determinarán en función de los resultados del modelo

SAP2000, ya que validados mediante los métodos aproximativos empleados, representa con mayor fidelidad el comportamiento real de la estructura, permitiéndonos obtener el armado requerido las zonas de singularidades geométricas etc.



Para la obtención del armado horizontal en el modelo Excel, se ha obtenido el armado requerido por tracción por un lado, y el requerido por flexión horizontal por otro, el sumatorio del cual determinará el armado horizontal a disponer (a expensas de las comprobaciones del ELS), mientras que en el modelo SAP2000, el armado horizontal volcado por el software incluye tanto el requerido por flexión como por tracción, es decir, el armado horizontal para hacer frente a solicitaciones de flexo tracción.

Ambos modelos presentan similitudes de armado en zonas de transición y centrales, mientras que en la zona de nudos y esquinas las diferencias en el armado obtenido aumentan ya que el modelo aproximativo en Excel dista del comportamiento esperado de la estructura (sobre todo en la parte inferior del perfil del muro), aun así, el armado obtenido en Excel es superior al del modelo SAP2000, el empleo del cual supondría establecernos del lado de la seguridad.



## 10-ARMADO MÍNIMO GEOMÉTRICO

La EHE establece unas cuantías mínimas geométricas de cara a satisfacer las solicitaciones inducidas por fenómenos tales como la retracción y la variación de temperaturas. Para ello, se presenta una tabla con las cuantías, en tanto por mil de la sección de hormigón, a disponer en función de la tipología del elemento y del tipo de acero empleado:

Tabla 42.3.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón <sup>(6)</sup>

| Tipo de elemento estructural |  | Tipo de acero                       |                                     |
|------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                              |  | Aceros con $f_y = 400\text{N/mm}^2$ | Aceros con $f_y = 500\text{N/mm}^2$ |
| Pilares                      |  | 4,0                                 | 4,0                                 |
| Losas <sup>(1)</sup>         |  | 2,0                                 | 1,8                                 |
| Forjados unidireccionales    | Nervios <sup>(2)</sup>   | 4,0                                 | 3,0                                 |
|                              | Armadura de reparto perpendicular a los nervios <sup>(3)</sup> | 1,4                                 | 1,1                                 |
|                              | Armadura de reparto paralela a los nervios <sup>(3)</sup>      | 0,7                                 | 0,6                                 |
| Vigas <sup>(4)</sup>         |  | 3,3                                 | 2,8                                 |
| Muros <sup>(5)</sup>         | Armadura horizontal  | 4,0                                 | 3,2                                 |
|                              | Armadura vertical  | 1,2                                 | 0,9                                 |

Nada dice la EHE acerca de las cuantías mínimas en depósitos de agua. Sin embargo la experiencia acumulada junto con rigurosos análisis muestran que muchos fallos de estanqueidad, los cuales suponen costosas impermeabilizaciones a “posteriori”, se deben a fisuras horizontales en las paredes por la no consideración en el análisis estructural de diferentes efectos que pueden llegar a producir elevados esfuerzos de flexión, como exponen Llombart y Antón (1985).

De ahí la necesidad de disponer unas cuantías mínimas de las armaduras con objeto de prevenir posibles fisuraciones debidas a la retracción del fraguado, variaciones de temperatura e incluso otras acciones que en general no serán contempladas en el cálculo del depósito.

Se siguen pues las recomendaciones expuestas por Jiménez Montoya et al (1987) para hacer la siguiente propuesta de cuantías mínimas, siempre

referidas a la sección total de hormigón :

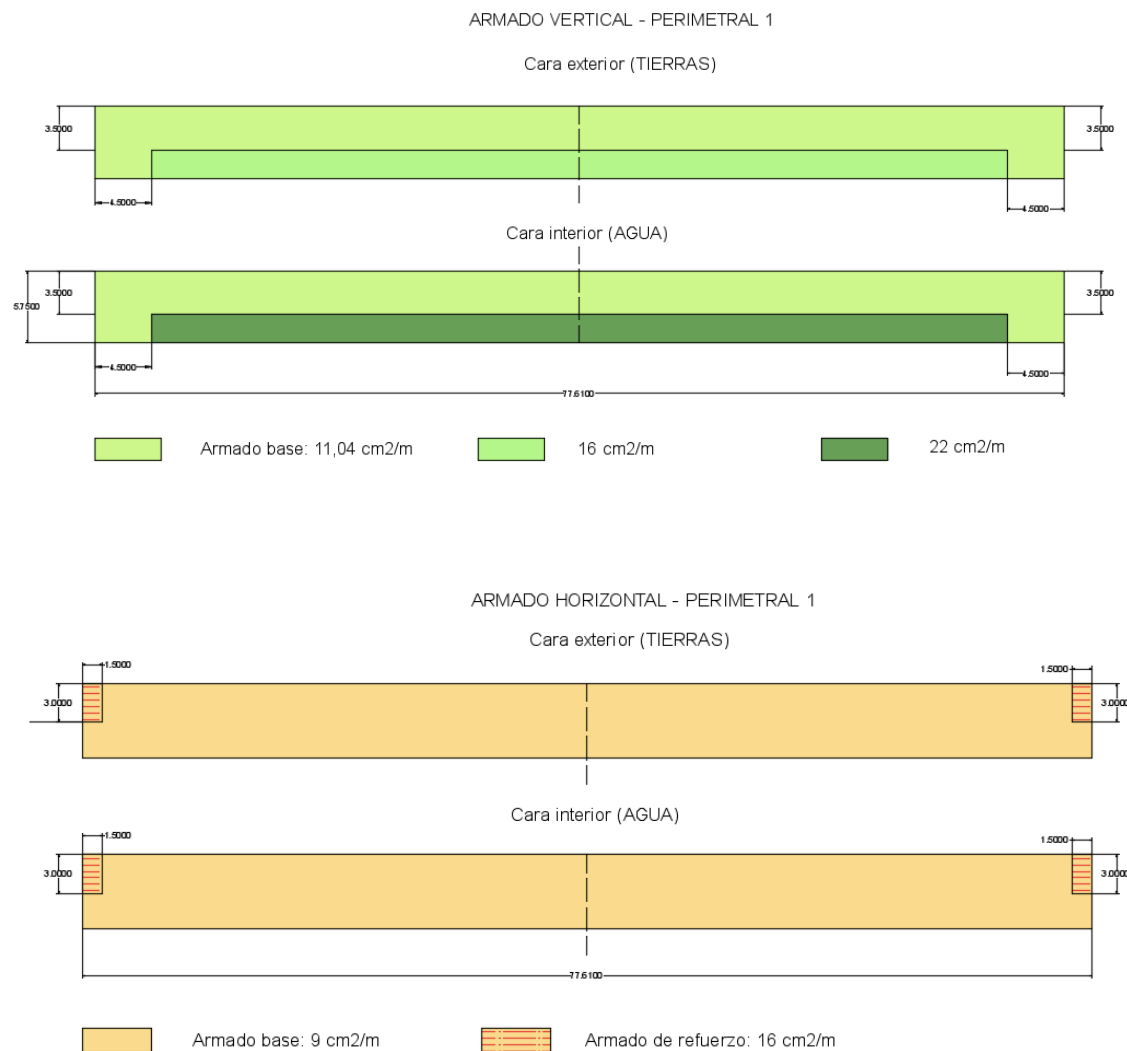
- Para armadura vertical con  $w_{\text{máx}} = 0,2 \text{ mm}$ ;  $\rho_{\text{mín,flexión}} = 0,0015$
- Para armadura horizontal con  $w_{\text{máx}} = 0,2 \text{ mm}$ ;  $\rho_{\text{mín,flexión}} = 0,0015$

Esto supone adoptar un armado vertical y horizontal mínimo geométrico de:

$$A_{s,\text{geo}} = A_c \times 0,0015 = 60 \times 100 \times 0,0015 = 9 \text{ cm/cara}$$

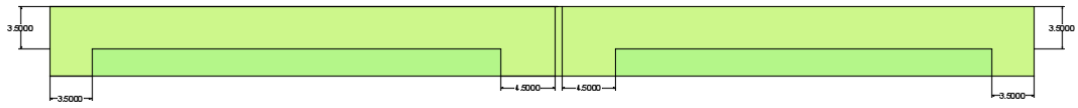
## 11-ARMADO DEL ALZADO (ELU)

### 11.1-ZONAS DE ARMADO

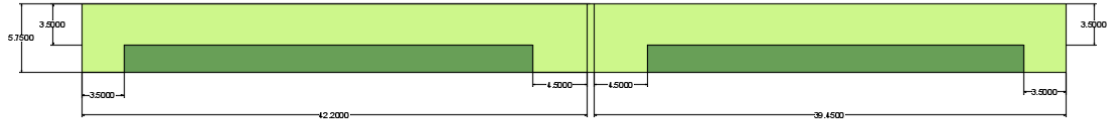


## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 2

Cara exterior (TIERRAS)



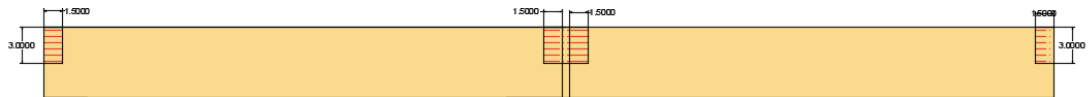
Cara interior (AGUA)



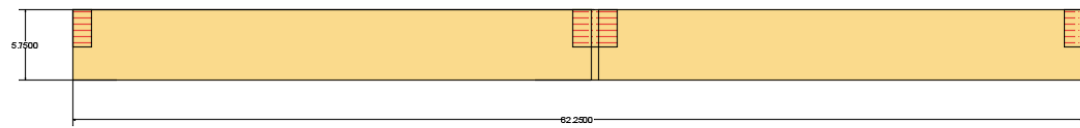
Armado base: 11,04 cm<sup>2</sup>/m      16 cm<sup>2</sup>/m      22 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 2

Cara exterior (TIERRAS)



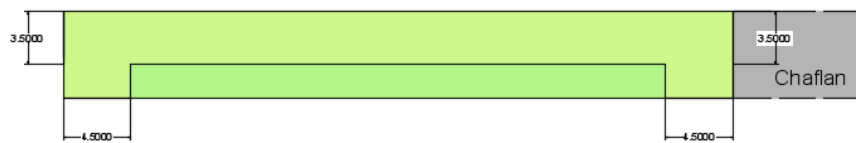
Cara interior (AGUA)



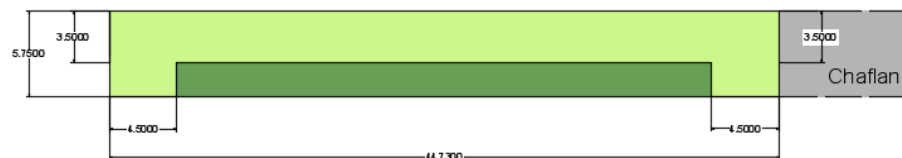
Armado base: 9 cm<sup>2</sup>/m      16 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 3

Cara exterior (TIERRAS)



Cara interior (AGUA)



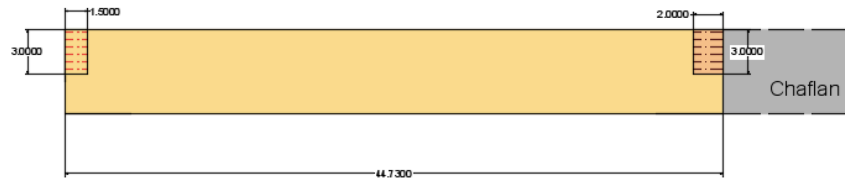
Armado base: 11,04 cm<sup>2</sup>/m      16 cm<sup>2</sup>/m      22 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 3

Cara exterior (TIERRAS)



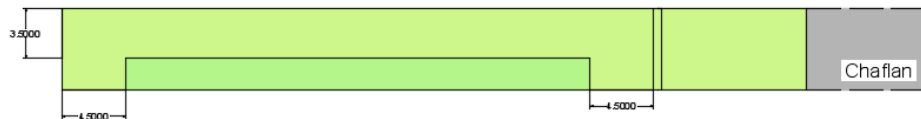
Cara interior (AGUA)



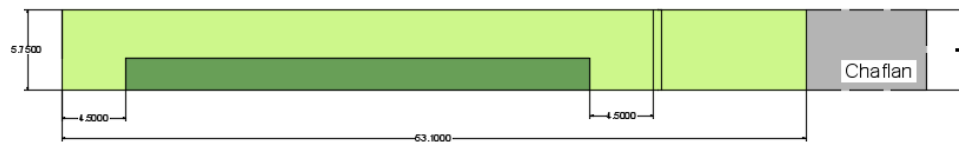
Armado base: 9 cm<sup>2</sup>/m
  16 cm<sup>2</sup>/m
  18 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 4

Cara exterior (TIERRAS)



Cara interior (AGUA)



Armado base: 11,04 cm<sup>2</sup>/m
  16 cm<sup>2</sup>/m
  22 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 4

Cara exterior (TIERRAS)



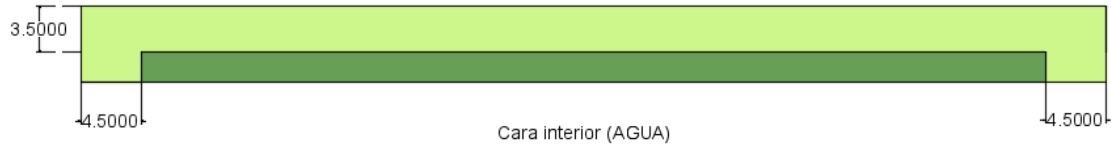
Cara interior (AGUA)



Armado base: 9 cm<sup>2</sup>/m
  16 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO VERTICAL - MURO DIVISORIO

Cara exterior (AGUA)


 Armado base: 11,04 cm<sup>2</sup>/m

 22 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO HORIZONTAL - MURO DIVISORIO

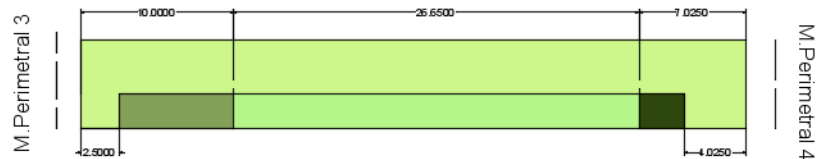
Cara exterior (TIERRAS)


 Armado base: 9 cm<sup>2</sup>/m

 16 cm<sup>2</sup>/m

## ARMADO VERTICAL - CHAFLAN

Cara exterior (TIERRAS)



M. Perimetral 3

M. Perimetral 4

 Armado base: 11,04 cm<sup>2</sup>/m

 16 cm<sup>2</sup>/m

 22 cm<sup>2</sup>/m

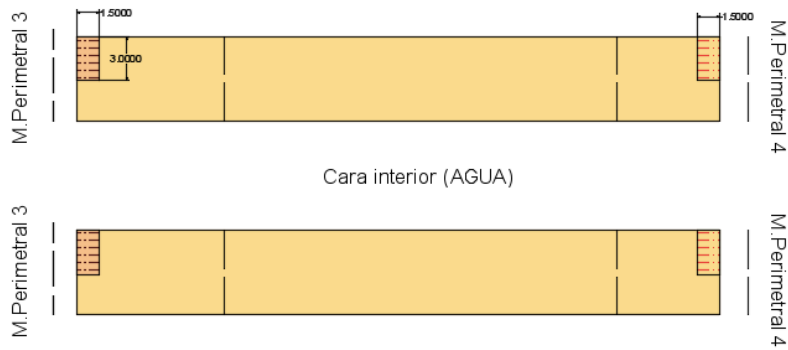
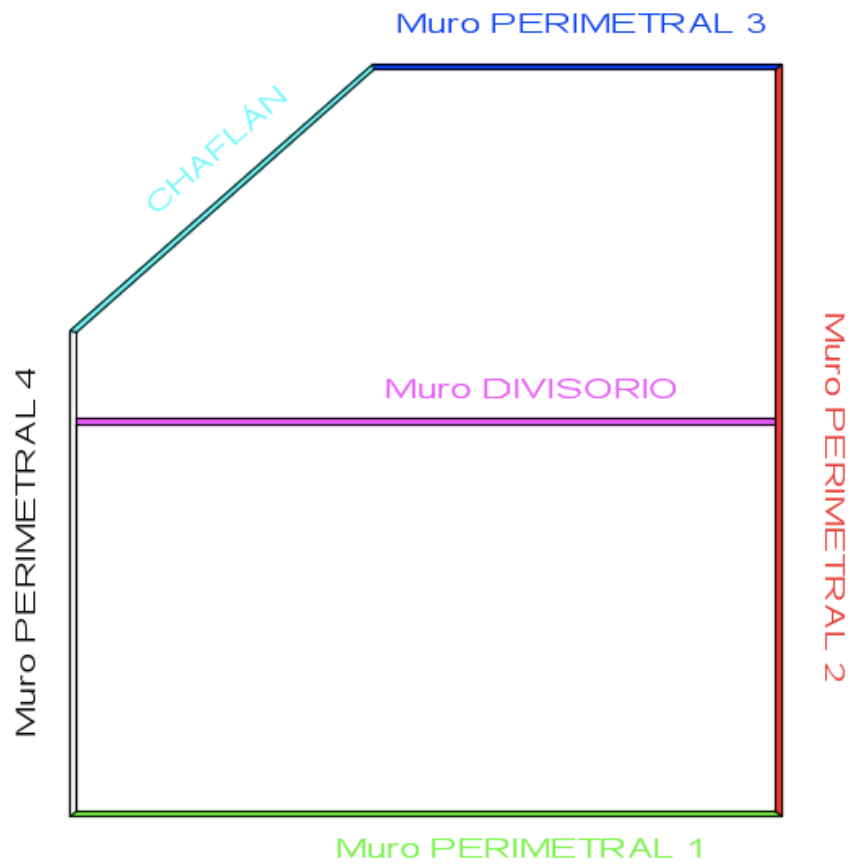
 18 cm<sup>2</sup>/m

 25 cm<sup>2</sup>/m



## ARMADO HORIZONTAL - CHAFLÁN

Cara exterior (TIERRAS)

Armado base: 9 cm<sup>2</sup>/m16 cm<sup>2</sup>/m18 cm<sup>2</sup>/m

## 11.2-ARMADO PROPUESTO

Se ha elegido la siguiente distribución de armado a disponer siguiendo los criterios siguientes:

- Mínimo número de diámetros, con el fin de disminuir las zonas de acopio y maquinaria para su tratamiento, además de minimizar los posibles errores de colocación, etc.
- Separaciones entre barras que supongan facilitar el montaje, respetando las separaciones mínimas y máximas impuestas por la EHE.
- Diámetros de barras medios que impliquen un equilibrio entre la respuesta frente a la fisuración y facilidad de montaje (separación).

| A.VERTICAL                           |               |     |                       |                                      |
|--------------------------------------|---------------|-----|-----------------------|--------------------------------------|
| Cuantía NECESARIA cm <sup>2</sup> /m | DIAMETRO (mm) | NUM | SEPARACIÓN aprox (cm) | Cuantía DISPUESTA cm <sup>2</sup> /m |
| 11,04                                | 20            | 4   | 30                    | 12,57                                |
| 16                                   | 20            | 6   | 15                    | 18,85                                |
| 18                                   | 20            | 6   | 15                    | 18,85                                |
| 22                                   | 20            | 7   | 12,5                  | 22                                   |
| 25                                   | 20            | 8   | 10                    | 25,13                                |

| A.HORIZONTAL                         |               |     |                       |                                      |
|--------------------------------------|---------------|-----|-----------------------|--------------------------------------|
| Cuantía NECESARIA cm <sup>2</sup> /m | DIAMETRO (mm) | NUM | SEPARACIÓN aprox (cm) | Cuantía DISPUESTA cm <sup>2</sup> /m |
| 9                                    | 16            | 5   | 20                    | 10,05                                |
| 16                                   | 16            | 8   | 10                    | 18,1                                 |
| 18                                   | 16            | 9   | 10                    | 18,1                                 |

## 12-COMPROBACIONES

### 12.1-COMPROBACIÓN DEL ELS DE FISURACIÓN

En el caso de los depósitos, la comprobación del ELS de Fisuración adquiere una enorme trascendencia, ya que de su correcto cumplimiento depende la funcionalidad y durabilidad del mismo, siendo generalmente el armado finalmente dispuesto el determinado para satisfacer dicho Estado Límite.

La Instrucción EHE nos impone que las tensiones de compresión en el hormigón cumplan:

$$\sigma_c \leq 0,60 f_{ckj}$$



siendo  $f_{ckj}$  la resistencia característica a  $j$  días (edad del hormigón en el momento considerado).

Respecto a la fisuración por solicitaciones de tracción, EHE nos obliga a satisfacer la inecuación:

$$w_k \leq w_{\max}$$

siendo:

$w_k$ : la abertura característica de fisura.

$w_{\max}$ : la abertura máxima de fisura permitida.

**Valores máximos de abertura de fisuras en función de la clase de exposición ambiental.**

| Clase de exposición                         | $w_{\max}$ (mm)   |  |
|---|---|--|
|   | Concreto reforzado<br>(para la combinación<br>cuasi permanente<br>de acciones). | Concreto pretensado<br>(para la combinación<br>frecuente de acciones). |
| I   | 0.4   | 0.2  |
| IIa, IIb, H                                 | 0.3   | 0.2 <sup>(1)</sup>   |
| IIIa, IIIb, IV, F, Qa <sup>(2)</sup>        | 0.2   | Descompresión  |
| IIIc, Qb <sup>(2)</sup> , Qc <sup>(2)</sup> | 0.1   |  |

(1) Adicionalmente deberá comprobarse que el acero de prefuerzo se encuentre en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasi permanente de acciones.

(2) La limitación relativa a la clase Q, sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar al refuerzo. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

La abertura característica de fisura se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \epsilon_{sm}$$

siendo:

$\beta$ : coeficiente del cuantil 95% en la distribución gaussiana de anchos de fisura, que vale 1,64

$s_m$ : separación media entre fisuras, en mm:

$$s_m = 2 \cdot c + 0,2 \cdot s + 0,4 \cdot k_1 \cdot \frac{\phi \cdot A_{c, eficaz}}{A_{s, eficaz}}$$

con:

c: espesor del recubrimiento, en mm.

s: separación entre ejes de barras, en mm. Si  $s > 15\phi$  se introduce en la fórmula  $s = 15\phi$ .

$k_1$ : coeficiente que vale 0,125 para flexión simple.

$\phi$ : diámetro de las barras en mm. Si se emplean barras de distintos diámetros, se toma el diámetro de la mayor.

$A_{c, eficaz}$ : área de hormigón allí donde las barras influyen en la abertura de fisuras:

Si  $s \leq 15\phi$ , entonces  $A_{c, eficaz} = b(\text{ancho unitario}) \cdot h/4$

Si  $s > 15\phi$ , entonces  $A_{c, eficaz} = 15\phi \cdot h/4$

$A_{s, eficaz}$ : área total de las armaduras situadas dentro del área  $A_{c, eficaz}$ .

$\varepsilon_{sm}$ : alargamiento medio de las armaduras:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - k_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \geq 0,4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con:

$$\sigma_s = \frac{M_k}{0,88 \cdot d \cdot A_s}$$

$E_s$ : módulo de deformación longitudinal de las barras de acero;  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$ .

$k_2$ : coeficiente de valor 0,5 (pues las cargas son de larga duración).

$$\sigma_{sr} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \frac{f_{ctm}}{0,9 \cdot d \cdot A_s}$$

con:

$M_k$ : momento flector por unidad de anchura bajo la combinación para la que se comprueba la fisuración.

d: canto útil de la sección;  $d = h - c - \phi/2$

$A_s$ : área total de la armadura de tracción existente en el ancho unitario de cálculo.

b: ancho unitario de la sección.

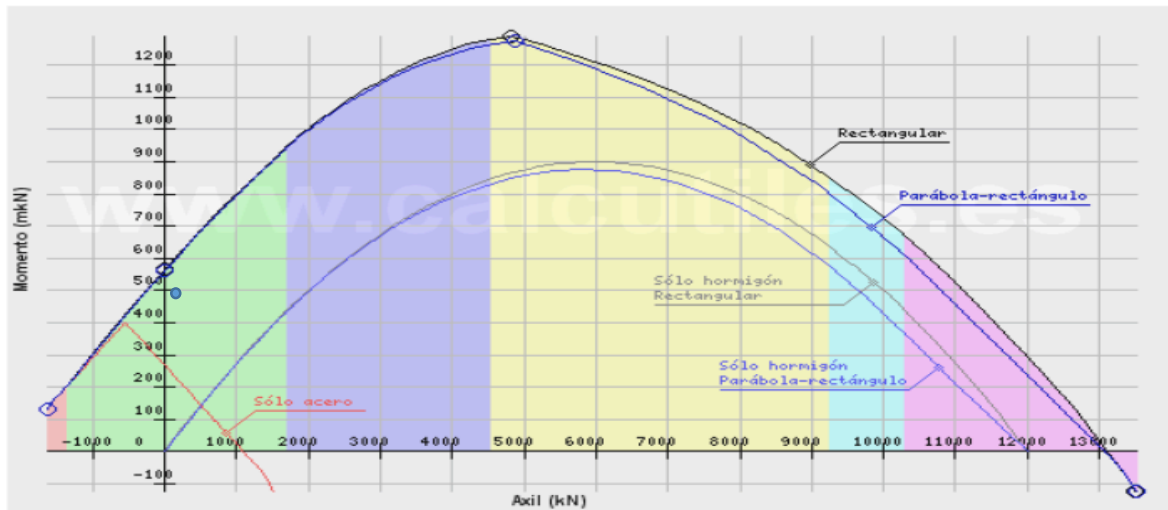
h: canto total de la sección.

$f_{ctm}$ : resistencia media a tracción del hormigón, en  $\text{N/mm}^2$ ;

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

### 12.1.1-Resultados de la comprobación del ELS de Fisuración.

A lo largo del Anejo de Cálculo no se ha despreciado el efecto del axil producido por el peso propio del alzado del muro, considerando las secciones sometidas a esfuerzos de flexión-compresión. Sin embargo, se puede observar la escasa influencia en los resultados que provocaría el no considerar el axil, como se puede comprobar en el siguiente diagrama de interacción de una sección situada en el empotramiento en cimentación del muro divisorio ( $N_d=116,43$ ;  $M_d=475,80$ ):



Dicha simplificación permite acotar las secciones determinantes para la comprobación frente a fisuración, dado que, en secciones sometidas a flexión simple y en hipótesis de sección fisurada, tanto las tensiones máximas sobre el hormigón como la abertura de fisura son aproximadamente proporcionales a la relación ( $M/A_s$ ) entre el momento flector ( $M$ ) y el área ( $A_s$ ) de la armadura traccionada. En consecuencia, es posible obtener las secciones determinantes obteniendo dicho cociente en las secciones estudiadas. Las secciones de interés se situarán en el empotramiento en cimentación y en aquellas zonas en las que exista una variación importante de cuantía de acero, siendo la cara de los muros perimetrales susceptible de modificación la del contacto con las tierras, ya que en situación de depósito lleno, el empuje de tierras contrarrestará al hidrostático minimizando los esfuerzos solicitantes. Ambas caras del muro divisorio serán susceptibles de modificación por razones obvias.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos del armado vertical:

| ZONA  | ESFUERZO       | ARMADO DISPUESTO (ELU) |             |                         | RESULTADOS |            |                |
|---|----------------|------------------------|-------------|-------------------------|------------|------------|----------------|
|   | $M_{SERVICIO}$ | # barras               | $\phi$ (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | $M_{FIS}$  | $W_K$ (mm) | $W_{MAX}$ (mm) |
| secciones medias de 11,04 cm <sup>2</sup> /m        | 50 mKN         | 4                      | 20          | 12,57                   | 173,79     | No fisura  | 0,2            |
| secciones empotramiento de 11,04 cm <sup>2</sup> /m | 165 mKN        | 4                      | 20          | 12,57                   | 173,79     | No fisura  | 0,2            |
| refuerzo de 16 cm <sup>2</sup> /m                   | 225 mKN        | 6                      | 20          | 18,85                   | 173,79     | 0,29       | 0,2            |
| refuerzo de 18 cm <sup>2</sup> /m                   | 225 mKN        | 6                      | 20          | 18,85                   | 173,79     | 0,29       | 0,2            |
| refuerzo de 25 cm <sup>2</sup> /m                   | 270 mKN        | 8                      | 20          | 25,13                   | 173,79     | 0,26       | 0,2            |
| refuerzo de 25 cm <sup>2</sup> /m en M.D            | 325 mKN        | 8                      | 20          | 25,13                   | 173,79     | 0,36       | 0,2            |

Es habitual, dado que la determinación del ancho de fisura en elementos sometidos al mismo tiempo a flexión y tracción no está resuelta de manera satisfactoria, comprobar el armado horizontal solicitado únicamente por la flexión, y al final sumarle la armadura necesaria por tracción. Sin embargo, en este anejo se va a realizar la comprobación del armado horizontal para solicitaciones de flexo-tracción por hacer uso de una herramienta que permite dicha comprobación como es el “prontuario informático del hormigón en Excel”. La condición de estructura cuasi enterrada junto a las hipótesis de cargas empleadas en situación de servicio conllevan la obtención de axiles de compresión, no apareciendo tracciones en dichas situaciones. Por tanto se realizara la comprobación frente a fisuración para un momento de servicio máximo localizado en la zona de esquinas y nudos de 185 mKN, cuyo resultados se muestra a continuación:

| ZONA                           | ESFUERZO       | ARMADO DISPUESTO (ELU) |             |                         | RESULTADOS |            |                |
|--------------------------------|----------------|------------------------|-------------|-------------------------|------------|------------|----------------|
|                                | $M_{SERVICIO}$ | # barras               | $\phi$ (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | $M_{FIS}$  | $W_K$ (mm) | $W_{MAX}$ (mm) |
| Base de 9 cm <sup>2</sup> /m   | 115 mKN        | 5                      | 16          | 10,05                   | 173,79     | No fisura  | 0,2            |
| refuerzo 16 cm <sup>2</sup> /m | 185 mKN        | 8                      | 16          | 16,08                   | 173,79     | 0,24       | 0,2            |
| refuerzo 18 cm <sup>2</sup> /m | 185 mKN        | 9                      | 16          | 18,1                    | 173,79     | 0,21       | 0,2            |

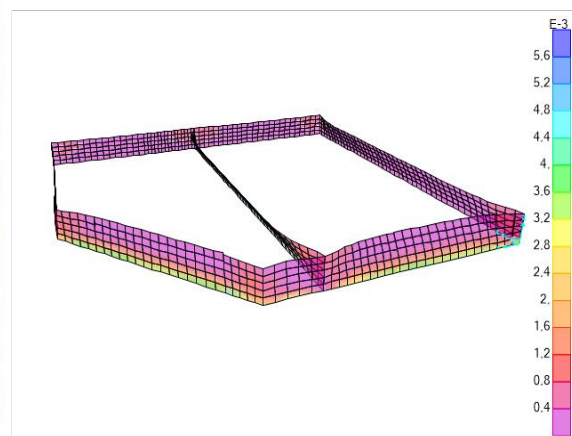
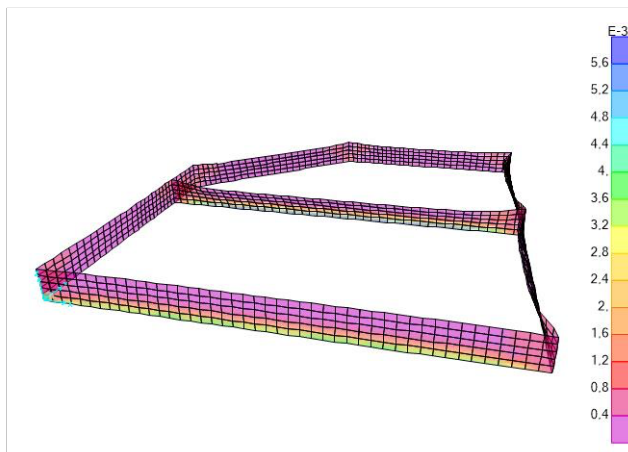
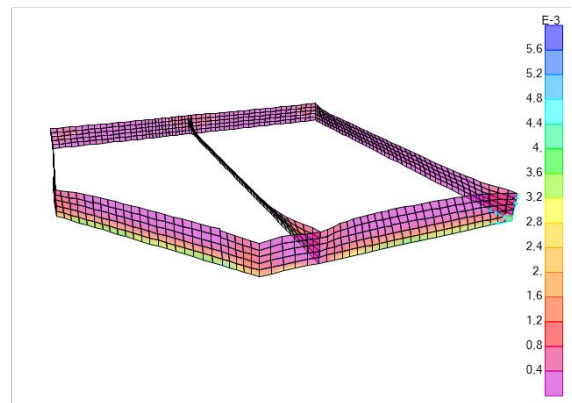
Es posible emplear el programa SAP2000 para obtener una aproximación suficiente de la cuantía de armado requerida para limitar la abertura de fisura a un valor límite máximo, es decir, para satisfacer el Estado Límite de Fisuración, y de esta forma, validar la consistencia de los resultados de fisuración obtenidos.

La formulación para la obtención de la abertura de fisura característica que presenta la EHE indica que ésta es directamente proporcional al valor del alargamiento medio de las armaduras considerando la colaboración del hormigón,  $\varepsilon_{sm}$ , el cual es función de entre otros factores de la tensión del acero de éstas. Por tanto, rebajando la tensión límite del acero a un valor

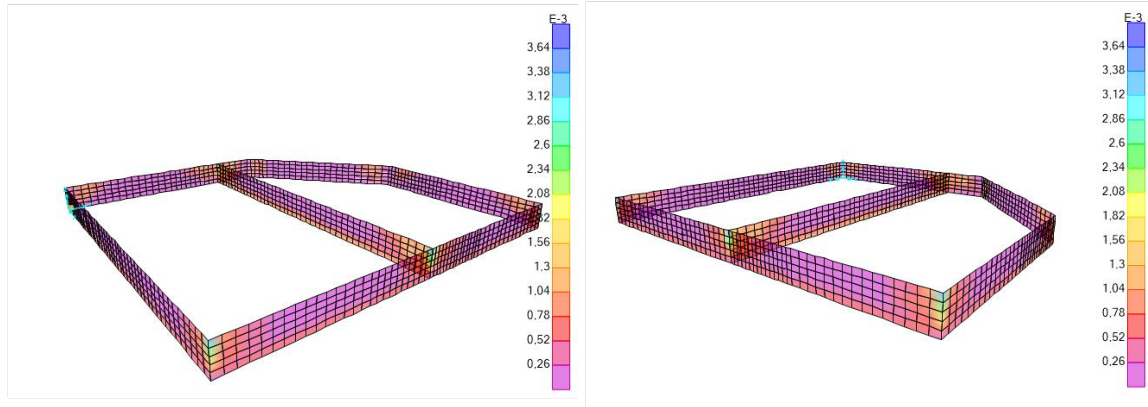
que permita considerar que el alargamiento medio sea lo suficientemente pequeño para no superar un determinado ancho de fisura, se podrá determinar la cuantía de acero requerida por consideraciones de fisuración.

Para requerimientos de estanqueidad y en ambientes moderadamente agresivos un valor sancionado por la experiencia con resultados aceptables se establece en 130 MPa.

*Armado vertical (m<sup>2</sup>/m) en las caras visibles. (Fisuración)*



*Armado horizontal (m<sup>2</sup>/m) en las caras visibles. (Fisuración)*



### ***12.1.2-Modificación del armado por condiciones de fisuración. Propuesta y valoración de alternativas.***

Se observa que ciertas secciones no cumplen los requerimientos de abertura de fisura máxima, siendo este estado límite más restrictivo que el de agotamiento por solicitaciones normales, caso frecuente en este tipo de estructuras.

Por tanto, se procederá a modificar el armado propuesto a priori por solicitaciones normales.

Las diferentes posibilidades que se nos plantean son las siguientes:

- Incrementar la cuantía de armadura, aumentando el número de barras.
- Incrementar la cuantía de armadura, aumentando el diámetro.
- Incrementar la resistencia característica del hormigón.
- Incrementar el canto de la sección.

A continuación se analizan con cálculos resumidos cada una de estas posibilidades.

| COMPARACIÓN DE POSIBILIDADES (ARMADO VERTICAL)    |              |        |          |        |                       |         |                   |           |
|---|--------------|--------|----------|--------|-----------------------|---------|-------------------|-----------|
| REFUERZO 16 cm <sup>2</sup> /m<br>6φ20            | MODIFICACIÓN | MFIS   | ARMADO   |        | AS                    | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|   |              |        | # BARRAS | φ (mm) |                       |         |                   |           |
|   | ↑ BARRAS     | 173,79 | 8        | 20     | 25,13 cm <sup>2</sup> | 0,18 mm | 10 cm             | 6,28      |
| REFUERZO 18 cm <sup>2</sup> /m<br>6φ20            | ↑ DIAMETRO   | 173,79 | 6        | 25     | 29,45 cm <sup>2</sup> | 0,16 mm | 15 cm             | 10,06     |
|   |              | MFIS   | FCK      |        |                       | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|   | ↑ RES. HORM  | 227,73 | 45 Mpa   |        |                       | No FIS  | 15 cm             | 0         |
| REFUERZO 25 cm <sup>2</sup> /m<br>8φ20            | ↑ CANTO      | h      | 0,7 m    |        |                       | No FIS  | 15 cm             | 0         |
|   | MODIFICACIÓN | MFIS   | ARMADO   |        | AS                    | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|   |              |        | # BARRAS | φ (mm) |                       |         |                   |           |
| REFUERZO 25 cm <sup>2</sup> /m<br>8φ20            | ↑ BARRAS     | 173,79 | 10       | 20     | 31,42 cm <sup>2</sup> | 0,19 mm | 10 cm             | 6,29      |
|   | ↑ DIAMETRO   | 173,79 | 8        | 25     | 39,27 cm <sup>2</sup> | 0,15 mm | 10 cm             | 14,4      |
|   |              | MFIS   | FCK      |        |                       | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
| REFUERZO 25 cm <sup>2</sup> /m<br>en M.D.<br>8φ20 | ↑ RES. HORM  | 227,73 | 50 Mpa   |        |                       | 0,18 mm | 15 cm             | 0         |
|   | ↑ CANTO      | h      | 0,7 m    |        |                       | 0,16 mm | 15 cm             | 0         |
|   | MODIFICACIÓN | MFIS   | ARMADO   |        | AS                    | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|   |              |        | # BARRAS | φ (mm) |                       |         |                   |           |
| REFUERZO 25 cm <sup>2</sup> /m<br>en M.D.<br>8φ20 | ↑ BARRAS     | 173,79 | 13       | 20     | 40,84 cm <sup>2</sup> | 0,18 mm | 6 cm              | 15,71     |
|   | ↑ DIAMETRO   | 173,79 | 9        | 25     | 44,18 cm <sup>2</sup> | 0,19 mm | 10 cm             | 19,05     |
|   |              | MFIS   | FCK      |        |                       | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
| REFUERZO 25 cm <sup>2</sup> /m<br>en M.D.<br>8φ20 | ↑ RES. HORM  | 227,73 | >50 Mpa  |        |                       | -       | 15 cm             | 0         |
|   | ↑ CANTO      | h      | 0,8 m    |        |                       | 0,15 mm | 15 cm             | 0         |

| COMPARACIÓN DE POSIBILIDADES (ARMADO HORIZONTAL) |              |        |          |        |                       |         |                   |           |
|--|--------------|--------|----------|--------|-----------------------|---------|-------------------|-----------|
| REFUERZO 16 cm <sup>2</sup> /m<br>8φ16           | MODIFICACIÓN | MFIS   | ARMADO   |        | AS                    | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|  |              |        | # BARRAS | φ (mm) |                       |         |                   |           |
|  | ↑ BARRAS     | 173,79 | 10       | 16     | 20,11 cm <sup>2</sup> | 0,18 mm | 10 cm             | 4,03      |
| REFUERZO 18 cm <sup>2</sup> /m<br>9φ16           | ↑ DIAMETRO   | 173,79 | 8        | 20     | 25,13 cm <sup>2</sup> | 0,15 mm | 12 cm             | 9,05      |
|  |              | MFIS   | FCK      |        |                       | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|  | ↑ RES. HORM  | 192,6  | 35 Mpa   |        |                       | No FIS  | 12 cm             | 0         |
| REFUERZO 18 cm <sup>2</sup> /m<br>9φ16           | ↑ CANTO      | h      | 0,65     |        |                       | No FIS  | 12 cm             | 0         |
|  | MODIFICACIÓN | MFIS   | ARMADO   |        | AS                    | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
|  |              |        | # BARRAS | φ (mm) |                       |         |                   |           |
| REFUERZO 18 cm <sup>2</sup> /m<br>9φ16           | ↑ BARRAS     | 173,79 | 10       | 16     | 20,11 cm <sup>2</sup> | 0,18 mm | 10 cm             | 2,02      |
|  | ↑ DIAMETRO   | 173,79 | 8        | 20     | 25,13 cm <sup>2</sup> | 0,15 mm | 12 cm             | 7,03      |
|  |              | MFIS   | FCK      |        |                       | WK      | Separación aprox. | ↑ CUANTIA |
| REFUERZO 18 cm <sup>2</sup> /m<br>9φ16           | ↑ RES. HORM  | 192,6  | 35 Mpa   |        |                       | No FIS  | 12 cm             | 0         |
|  | ↑ CANTO      | h      | 0,65     |        |                       | No FIS  | 12 cm             | 0         |

Por lo que al armado vertical se refiere, en los muros perimetrales se incrementará el número de barras a disponer al considerarse que la separación entre éstas no dificulta el montaje. Queda descartado incrementar la resistencia del hormigón ni aumentar el canto de la sección que además traería consigo el incremento de las cuantías mínimas. En el muro divisorio se opta por emplear barras de diámetro superior, lo que facilitará el montaje.



La armadura horizontal a disponer se verá incrementada por requerimientos de fisuración, aumentando el número de barras a disponer.

## 12.2-COMPROBACIÓN DEL ELU DE CORTANTE

Este tipo de estructuras se diseñan generalmente para la no disposición de armadura de cortante, atribuyendo la resistencia frente a este esfuerzo a la sección de hormigón mayoritariamente.

A continuación se comprobará este estado límite verificándose si el predimensionamiento empleado es admisible.

### 12.2.1-Comprobaciones a realizar.

Según el artículo 44.2.3 de la EHE-08, el Estado Límite por esfuerzo cortante se puede alcanzar, ya sea por agotarse la resistencia a compresión del alma, o por agotarse su resistencia a tracción. En consecuencia, es necesario comprobar que se cumple simultáneamente:

$$V_{rd} \leq V_{u1} \quad V_{rd} \leq V_{u2}$$

Donde:

$V_{rd}$  Esfuerzo cortante efectivo

$V_{u1}$  Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma

$V_{u2}$  Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

$$V_{u1} = K f_{1cd} b_0 d \frac{\cotg \theta + \cotg \alpha}{1 + \cotg^2 \theta}$$

Siendo:

$f_{1cd}$  Resistencia a compresión del hormigón.

$$\begin{aligned} f_{1cd} &= 0,60 f_{cd} && \text{para } f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \\ f_{1cd} &= (0,90 - f_{ck}/200) f_{cd} \geq 0,50 f_{cd} && \text{para } f_{ck} > 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$b_0$  Anchura neta mínima del elemento, definida de acuerdo con 40.3.5.

$K$  Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$K = 1,00$  para estructuras sin pretensado o sin esfuerzo axil de compresión

$K = 1 + \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}}$  para  $0 < \sigma'_{cd} \leq 0,25f_{cd}$

$K = 1,25$  para  $0,25f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0,50f_{cd}$

$K = 2,5 \left( 1 - \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}} \right)$  para  $0,50f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 1,00f_{cd}$

donde:

$\sigma'_{cd}$  Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva) que, en pilares, debe calcularse teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras comprimidas.

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s f_{yd}}{A_c}$$

$N_d$  Esfuerzo axil de cálculo (compresión positiva) incluyendo el pre- tensado con su valor de cálculo.

$A_c$  Área total de la sección de hormigón.

$A_s$  Área total de armadura comprimida. En compresión compuesta puede suponerse que toda la armadura está sometida a la tensión  $f_{yd}$

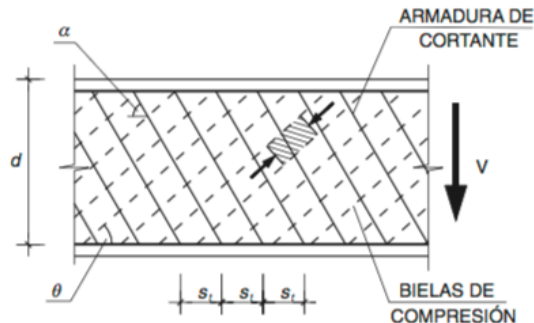
$f_{yd}$  Resistencia de cálculo de la armadura  $A'_s$

- Para armaduras pasivas  $f_{yd} = \sigma'_{sd}$

$\alpha$  Ángulo de las armaduras con el eje de la pieza

- Ø Ángulo entre las bielas de compresión de hormigón y el eje de la pieza. Se adoptará un valor que cumpla:

$$0,5 \leq \cotg \theta \leq 2,0$$



### Obtención de $V_{u2}$ . Piezas sin cortante

En piezas sin armadura de cortante (este caso) en regiones no fisuradas ( $M_{fis} > M_d$ ) la resistencia de cortante debe limitarse a :

$$V_{u2} = \frac{I \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$$

donde:

- $M_d$  Momento de cálculo de la sección.  
 $M_{fis,d}$  Momento de fisuración de la sección calculado con  $f_{ct,d} = f_{ct,k} / \gamma_c$ .  
 $I$  Momento de inercia de la sección transversal.  
 $b_0$  Ancho del alma según punto 44.2.1.  
 $S$  Momento estático de la sección transversal.  
 $f_{ct,d}$  Resistencia de cálculo a tracción del hormigón.  
 $\sigma'_{cd}$  Tensión media de compresión en el hormigón debido a la fuerza de pretensado.  
 $\alpha_l = I_x / (1,2 \cdot l_{bpt}) \leq 1$  para tendones pretensados.  
 $= 1$  para otros tipos de pretensado anclados por adherencia.  
 $I_x$  Distancia, en mm, de la sección considerada al inicio de la longitud de transferencia.  
 $l_{bpt}$  Longitud de transferencia de la armadura activa de pretensado, en mm, que puede tomarse según punto 70.2.3.

$$l_{bpt} = \phi \sigma_p / 21$$

donde:

- $\sigma_p$  Tensión de pretensado, después de las pérdidas, en  $N/mm^2$ .  
 $\phi$  Diámetro de la armadura activa, en mm.

En regiones fisuradas ( $M_d > M_{fis}$ ) el cortante de agotamiento por tracción en el alma vale:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

Con un valor mínimo:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

donde:

$f_{cv}$  Resistencia efectiva del hormigón a cortante en  $\text{N/mm}^2$  de valor  $f_{cv} = f_{ck}$  con  $f_{cv}$  no mayor que  $15 \text{ N/mm}^2$  en el caso de control indirecto de la resistencia del hormigón, siendo  $f_{ck}$  la resistencia a compresión del hormigón, que a efectos de este apartado no se considerará superior a  $60 \text{ N/mm}^2$ .

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) < 2,0 \quad \text{con } d \text{ en mm.}$$

$d$  Canto útil de la sección referido a la armadura longitudinal de flexión siempre que ésta sea capaz de resistir el incremento de tracción producido por la interacción cortante-flexión (punto 44.2.3.4.2).

$\sigma'_{cd}$  Tensión axial media en el alma de la sección (compresión positiva).

Esta limitación no aplica al apartado 44.2.3.2.1.1 «Piezas sin armadura de cortante en regiones no fisuradas ( $M_d \leq M_{fis,d}$ )».

$N_d$  Axil de cálculo incluyendo la fuerza de pretensado existente en la sección en estudio. En el caso de piezas con armaduras pretesas se podrá considerar una variación lineal de la fuerza de pretensado desde el extremo de la pieza hasta una distancia igual a 1,2 veces la longitud de transferencia,  $l_{bpt}$  (ver 44.2.3.2.1.1). En apoyos interiores de estructuras continuas con armadura activa pasante, no se considerará la contribución del axil de pretensado en el cálculo de  $N_d$ .

$\rho_l$  Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción, pasiva y activa adherente, anclada a una distancia igual o mayor que  $d$  a partir de la sección de estudio

$$\rho_l = \frac{A_s + A_p}{b_0 d} \leq 0,02$$

En hipótesis de flexión simple las formulaciones anteriormente expuestas se pueden simplificar como sigue:

$$V_{u1} = 0.30 f_{cd} b_0 d; \quad V_{u2} = 0.12 \xi (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} b_0 d$$

### 12.2.2-Resultados de la comprobación.

Puesto que la resistencia a cortante depende entre otros factores de las dimensiones de la sección y la cuantía de armadura dispuesta, se ha realizado la comprobación por cortante en aquellas secciones que presentando la misma cuantía de armado son solicitadas por esfuerzos cortantes superiores.

Esta consideración nos lleva a realizar las comprobaciones siguientes:

$$\text{ZONA } V_{rd} = 160 \text{ KN } A_s 4\phi 20 \quad A_s' 4\phi 20$$

#### Dimensiones de la sección

|                      |      |   |
|----------------------|------|---|
| h                    | 0,60 | m |
| b <sub>0</sub>       | 1,00 | m |
| r <sub>MEC,INF</sub> | 0,05 | m |
| r <sub>MEC,SUP</sub> | 0,05 | m |
| d                    | 0,55 | m |

#### Disposición de las armaduras

|                     |          |                 |
|---------------------|----------|-----------------|
| #b <sub>s</sub>     | 4        | ud.             |
| ϕ <sub>s</sub>      |          | mm              |
| A <sub>s</sub>      | 12,57    | cm <sup>2</sup> |
| #b <sub>s</sub>     | 4        | ud.             |
| ϕ <sub>s</sub>      |          | mm              |
| A <sub>s</sub>      | 12,57    | cm <sup>2</sup> |
| Armadura a cortante | no exist |                 |
| θ <sub>t</sub>      | 45       | °               |
| α <sub>t</sub>      | 90       | °               |

S<sub>t</sub>

RAMAS

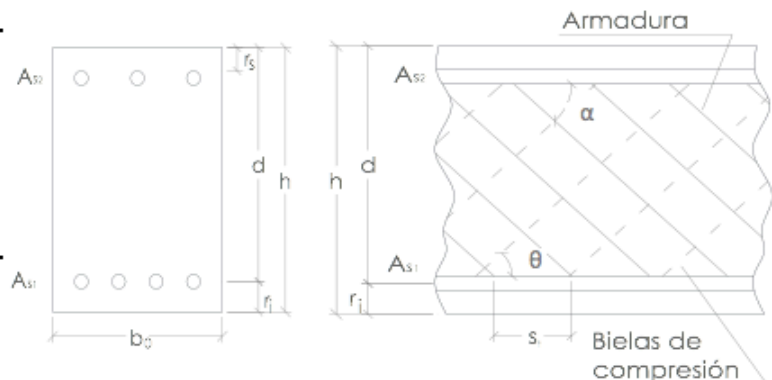
t<sub>cercos</sub>

α

2/m

#### Esfuerzos de cálculo

|                 |     |      |
|-----------------|-----|------|
| V <sub>rd</sub> | 160 | kN   |
| N <sub>d</sub>  | 80  | kN   |
| M <sub>d</sub>  | 210 | m-kN |



#### Características de los materiales

|                   |     |                   |
|-------------------|-----|-------------------|
| f <sub>yk</sub>   | 500 | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>yk,k</sub> | 400 | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>ck</sub>   | 30  | N/mm <sup>2</sup> |

Control del hormigón → Indirecta

|                   |        |                   |
|-------------------|--------|-------------------|
| f <sub>cv</sub>   | 15,00  | N/mm <sup>2</sup> |
| TMA               | 20     | mm                |
| γ <sub>s</sub>    | 1,15   | u                 |
| γ <sub>c</sub>    | 1,50   | u                 |
| α <sub>cc</sub>   | 1,00   | u                 |
| f <sub>yd</sub>   | 434,78 | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>ya,d</sub> | 347,83 | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>cd</sub>   | 20,00  | N/mm <sup>2</sup> |
| E <sub>s</sub>    | 2,E+05 | N/mm <sup>2</sup> |

**CÁLCULOS****Coef. relativos a los materiales**

|            |       |                   |
|------------|-------|-------------------|
| $f_{cd}$   | 12,00 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,k}$ | 2,03  | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,d}$ | 1,35  | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,m}$ | 2,90  | N/mm <sup>2</sup> |

**Coef. relativos a los esfuerzos**

|                |      |                   |
|----------------|------|-------------------|
| K              | 1,00 | ud.               |
| $\sigma'_{cd}$ | 6,00 | N/mm <sup>2</sup> |

**Coef. relativos a la sección**

|            |       |                |
|------------|-------|----------------|
| $I_e$      | 2E-02 | m <sup>4</sup> |
| S          | 0,05  | m <sup>3</sup> |
| $\xi$      | 1,60  | ud.            |
| $\rho_l$   | 2,28  | %              |
| $\theta_e$ | 45,00 | °              |
| $\beta$    | 1,00  | ud.            |
| z          | 0,495 | m              |

**RESULTADOS****Resultados previos**

|           |       |     |
|-----------|-------|-----|
| $M_{fis}$ | 81,10 | mkN |
|-----------|-------|-----|

**La sección fisura**

|          |         |    |
|----------|---------|----|
| $V_{U1}$ | 3300,00 | kN |
|----------|---------|----|

*La sección cumple a compresión oblicua*

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $V_{U2}$ | 654,51 | kN |
|----------|--------|----|

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $V_{CU}$ | 627,93 | kN |
|----------|--------|----|

|          |      |    |
|----------|------|----|
| $V_{SU}$ | 0,00 | kN |
|----------|------|----|

*No requiere Armadura***Cortante que la sección puede resistir:**

|       |        |    |
|-------|--------|----|
| $V_U$ | 654,51 | kN |
|-------|--------|----|

**Interpretación de resultados***Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección***ZONA  $V_{rd} = 230$  kN    $A_s 8\phi 20$     $A_s' 7\phi 20$** **Dimensiones de la sección**

|               |      |   |
|---------------|------|---|
| h             | 0,60 | m |
| $b_0$         | 1,00 | m |
| $r_{MEC,INF}$ | 0,05 | m |
| $r_{MEC,SUP}$ | 0,05 | m |
| d             | 0,55 | m |

**Disposición de las armaduras**

|                     |           |                 |
|---------------------|-----------|-----------------|
| # $b_s$             | 7         | ud.             |
| $\phi_s$            |           | mm              |
| $A_s$               | 21,99     | cm <sup>2</sup> |
| # $b_s$             | 8         | ud.             |
| $\phi_s$            |           | mm              |
| $A_s$               | 25,13     | cm <sup>2</sup> |
| Armadura a cortante | no existe |                 |
| $\theta_t$          | 45        | °               |
| $\alpha_t$          | 90        | °               |

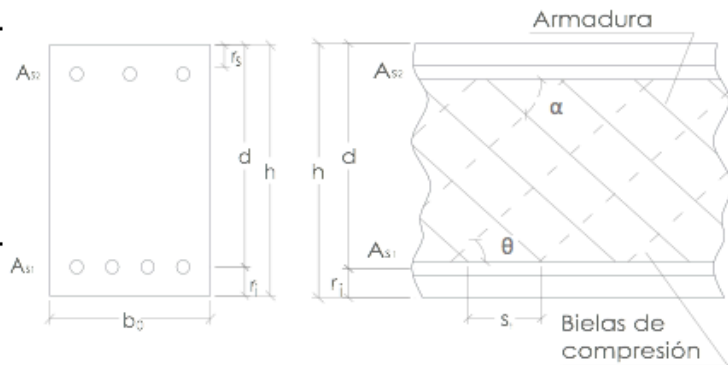
S,t

RAMAS

t,cercos

 $\alpha$       °/m**Esfuerzos de cálculo**

|          |     |      |
|----------|-----|------|
| $V_{rd}$ | 230 | kN   |
| $N_d$    | 80  | kN   |
| $M_d$    | 475 | m·kN |

**Características de los materiales**

|            |     |                   |
|------------|-----|-------------------|
| $f_{yk}$   | 500 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ya,k}$ | 400 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ck}$   | 30  | N/mm <sup>2</sup> |

Control del hormigón →

Indirecto

|               |        |                   |
|---------------|--------|-------------------|
| $f_{cv}$      | 15,00  | N/mm <sup>2</sup> |
| TMA           | 20     | mm                |
| $v_s$         | 1,15   | u                 |
| $v_c$         | 1,50   | u                 |
| $\alpha_{cc}$ | 1,00   | u                 |
| $f_{yd}$      | 434,78 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ya,d}$    | 347,83 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{cd}$      | 20,00  | N/mm <sup>2</sup> |
| $E_s$         | 2,E+05 | N/mm <sup>2</sup> |

**CÁLCULOS****Coef. relativos a los materiales**

|            |       |                   |
|------------|-------|-------------------|
| $f_{1cd}$  | 12,00 | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,k}$ | 2,03  | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,d}$ | 1,35  | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ct,m}$ | 2,90  | N/mm <sup>2</sup> |

**Coef. relativos a los esfuerzos**

|                |      |                   |
|----------------|------|-------------------|
| K              | 1,00 | ud.               |
| $\sigma'_{cd}$ | 6,00 | N/mm <sup>2</sup> |

**Coef. relativos a la sección**

|            |       |                |
|------------|-------|----------------|
| $I_z$      | 2E-02 | m <sup>4</sup> |
| S          | 0,05  | m <sup>3</sup> |
| $\xi$      | 1,60  | ud.            |
| $\rho_l$   | 4,57  | ‰              |
| $\theta_c$ | 45,00 | °              |
| $\beta$    | 1,00  | ud.            |
| z          | 0,495 | m              |

**RESULTADOS****Resultados previos**

|          |       |     |
|----------|-------|-----|
| $M_{fs}$ | 81,10 | mkN |
|----------|-------|-----|

**La sección fisura**

|          |         |    |
|----------|---------|----|
| $V_{U1}$ | 3300,00 | kN |
|----------|---------|----|

*La sección cumple a compresión oblicua*

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $V_{U2}$ | 695,97 | kN |
|----------|--------|----|

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| $V_{CU}$ | 662,48 | kN |
|----------|--------|----|

|          |      |    |
|----------|------|----|
| $V_{SU}$ | 0,00 | kN |
|----------|------|----|

*No requiere Armadura***Cortante que la sección puede resistir:**

|       |        |    |
|-------|--------|----|
| $V_U$ | 695,97 | kN |
|-------|--------|----|

**Interpretación de resultados***Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección*

Ha de tenerse en cuenta, que las armaduras longitudinales de flexión deberán ser capaces de soportar un incremento de tracción respecto a la producida por  $M_d$ , que en piezas sin armadura de cortante es igual a :

$$\Delta T = V_{rd} \times \cotg \theta$$

cumpléndose esta prescripción de forma automática decalando la ley de momentos de cálculo en el sentido más desfavorable una magnitud igual:

$$s_d = z(\cotg \theta)$$

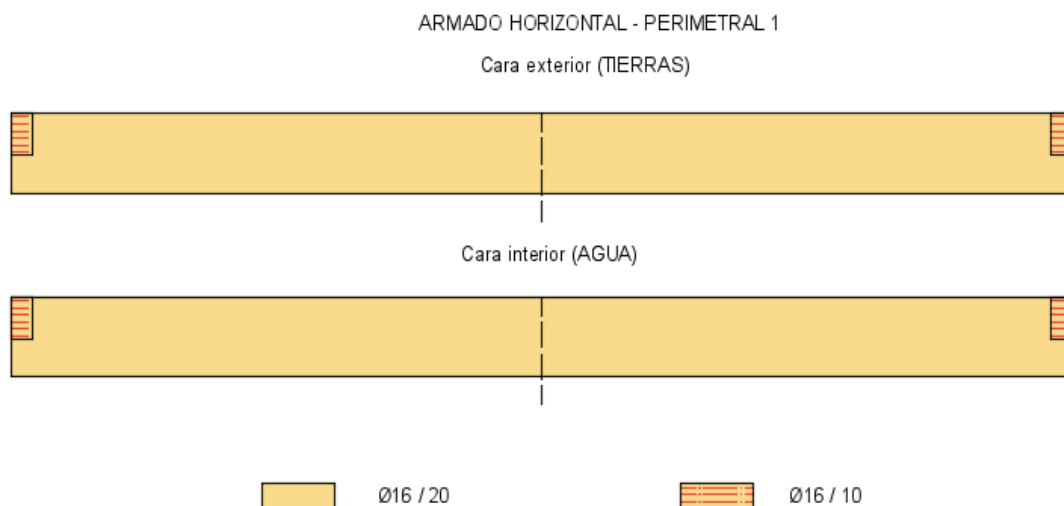
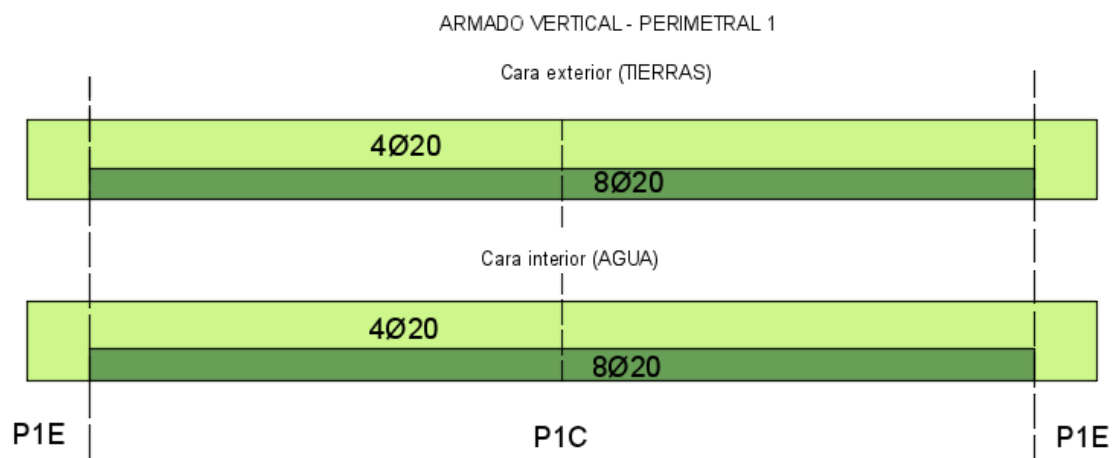
Las secciones comprobadas corresponden a secciones situadas en el empotramiento en cimentación, en donde los momentos actuantes son máximos, por tanto la armadura dispuesta es suficiente para poder absorber el incremento de tracción por cortante.



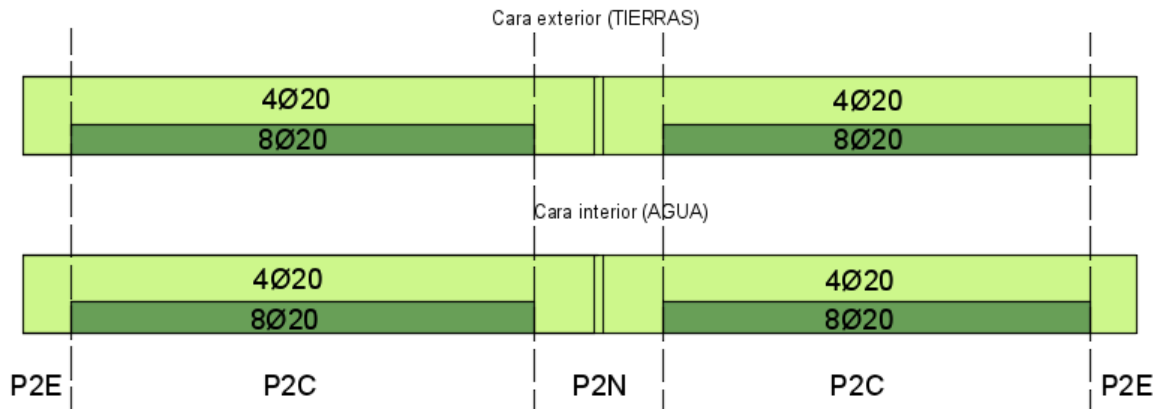
## 13-ARMADO A DISPONER

A continuación se mostrará el armado finalmente dispuesto tanto por requerimientos resistentes como por condiciones de fisuración.

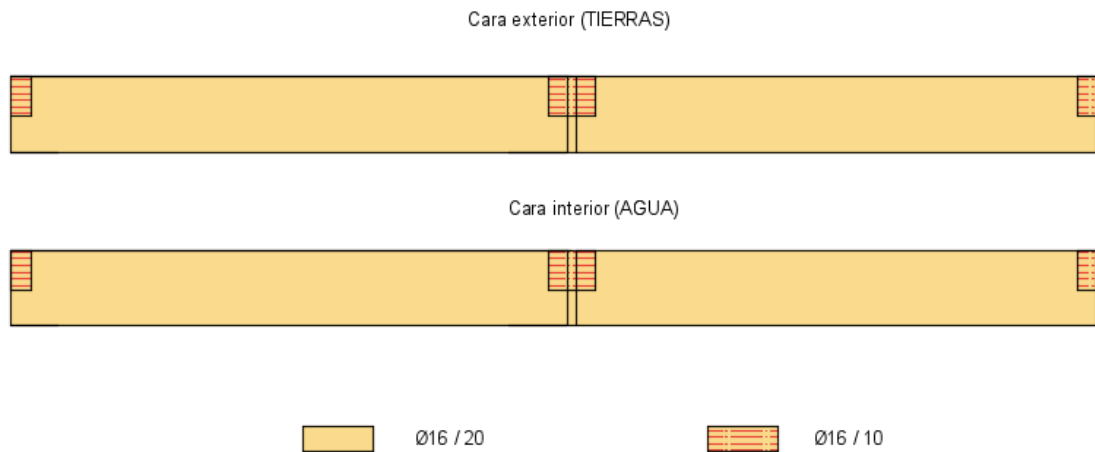
### 13.1-ZONAS DE ARMADO



## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 2



## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 2



## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 3

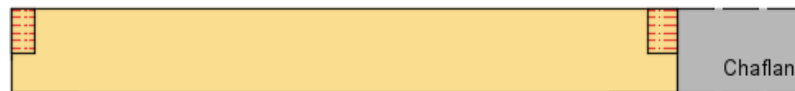


## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 3

Cara exterior (TIERRAS)



Cara interior (AGUA)



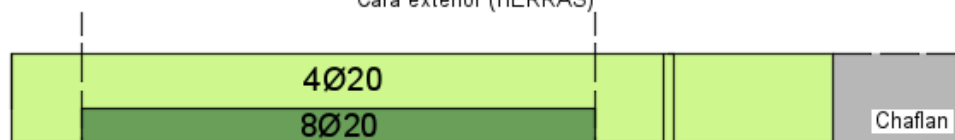
Ø16 / 20



Ø16 / 10

## ARMADO VERTICAL - PERIMETRAL 4

Cara exterior (TIERRAS)



Cara interior (AGUA)



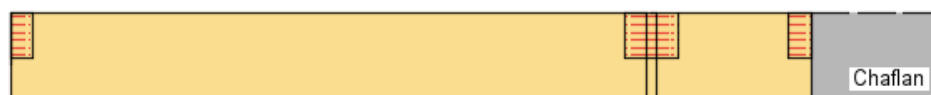
P4E

P4C

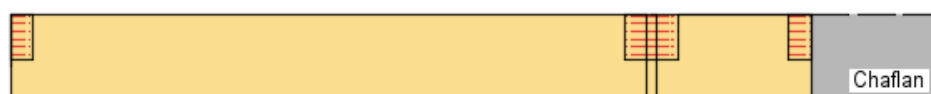
P4E

## ARMADO HORIZONTAL - PERIMETRAL 4

Cara exterior (TIERRAS)



Cara interior (AGUA)

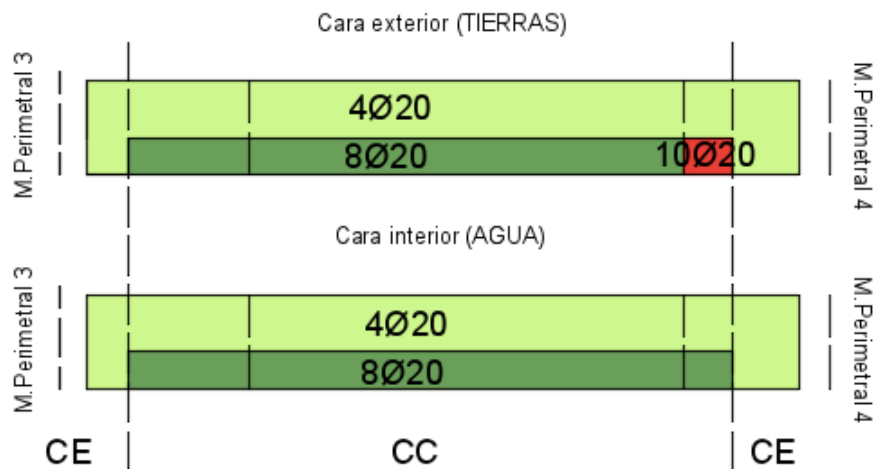


Ø16 / 20

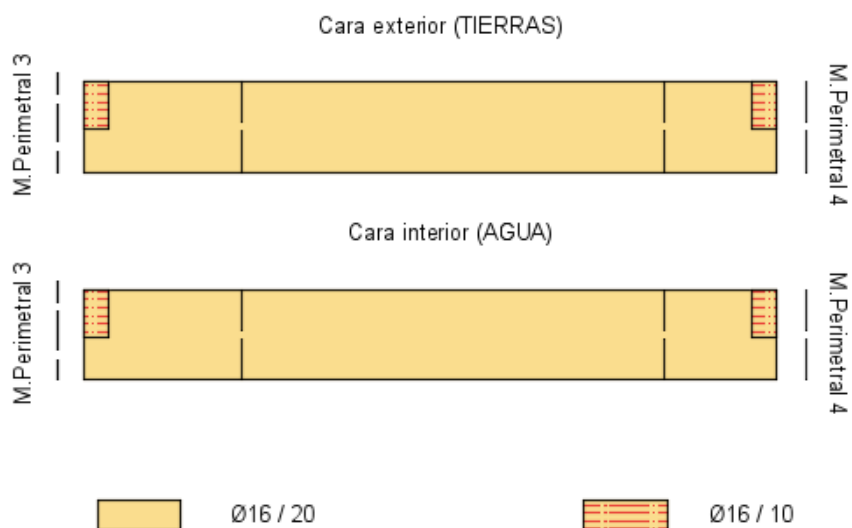


Ø16 / 10

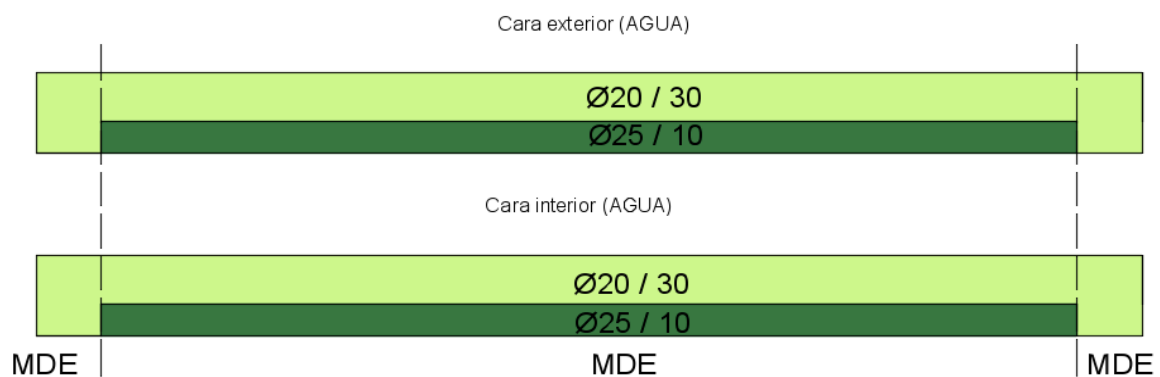
## ARMADO VERTICAL - CHAFLAN



## ARMADO HORIZONTAL - CHAFLAN



## ARMADO VERTICAL - MURO DIVISORIO



## ARMADO HORIZONTAL - MURO DIVISORIO

Cara exterior (AGUA)



Cara interior (AGUA)



Ø16 / 20

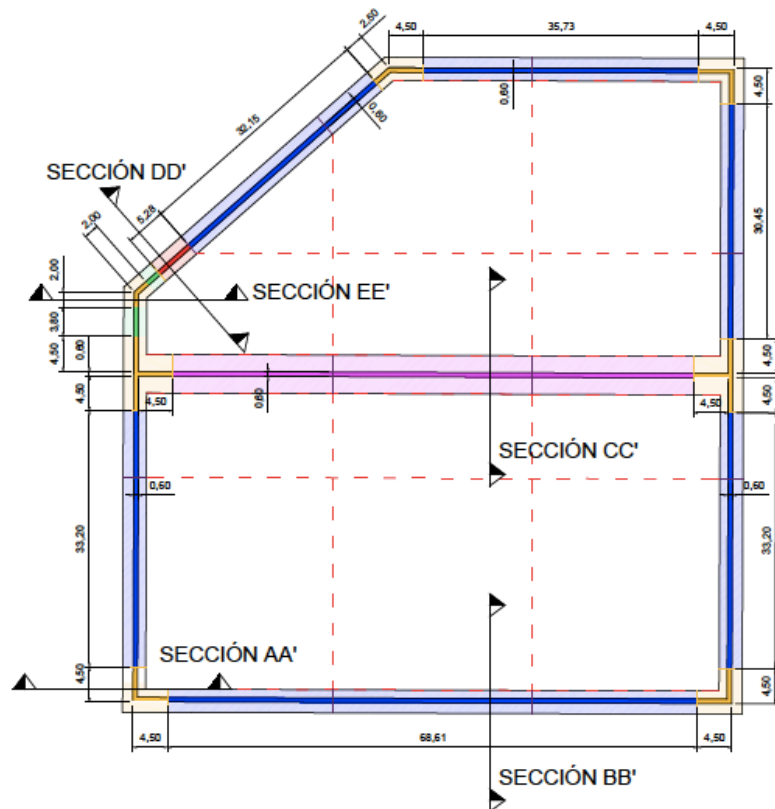
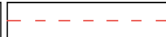


Ø16 / 10

## LEYENDA:

|        |  |
|--------|--|
| ZONA A |  |
| ZONA B |  |
| ZONA C |  |
| ZONA D |  |
| ZONA E |  |

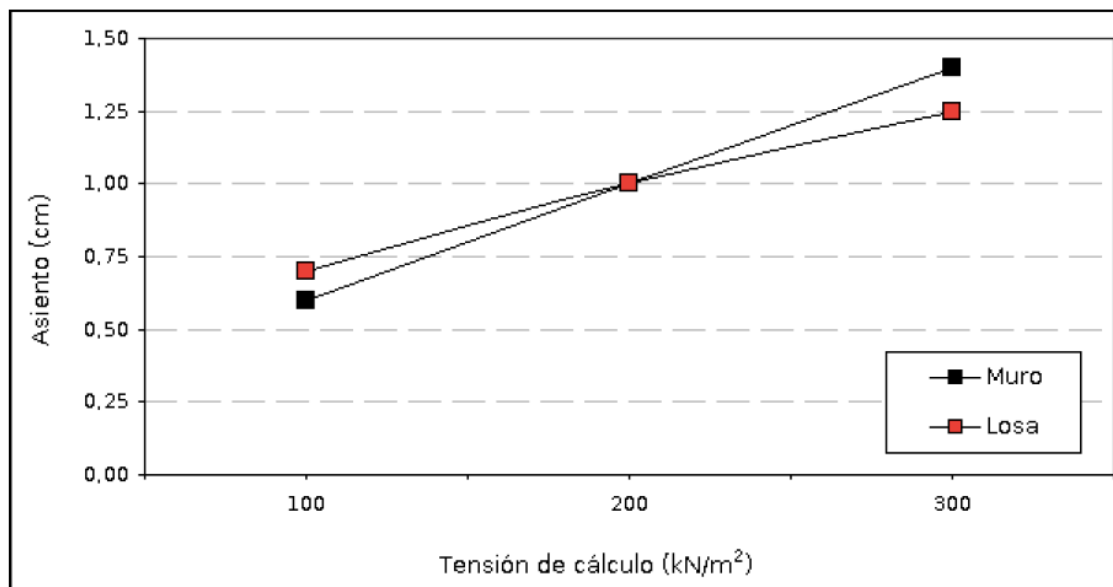
Juntas dil.



## 14-SOLUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Las dimensiones de la planta del depósito analizado inducen a determinar que la solución económicamente más favorable para la cimentación de la estructura consistirá en cimentar el alzado de los muros mediante zapatas corridas entre las que se encajará la solera de fondo para completar la impermeabilización de los vasos del depósito.

El informe geotécnico recomienda cimentar la estructura con una tensión máxima de diseño de  $200 \text{ kN/m}^2$  de forma que se asegure un asiento diferencial (distorsión) tolerable entre la zona más rígida, perteneciente al contorno y la zona central, sometida a la columna de agua (la situación a contemplar será la de depósito lleno para tal limitación). Además establece, que si para el cálculo estructural fuera necesario el módulo de balasto del terreno, bajo una hipótesis de cimentación flexible, se puede tomar un valor de  $18 \text{ MN/m}^3$ , con un  $k_{30}$  de  $90 \text{ MN/m}^3$ .



### 14.1-ZAPATA PERIMETRAL

Teniendo presente tal limitación y analizando las acciones a las que pueda verse sometida la estructura en servicio se estudiará el efecto de considerar una excentricidad física del alzado del muro respecto al centro de gravedad de la zapata, con la finalidad de optimizar el funcionamiento

de ésta, atendiendo a los criterios que se anunciarán posteriormente.

La capacidad de carga del terreno, y por tanto, los asentamientos producidos, son de difícil evaluación por depender de diferentes factores como :

- Las características geotécnicas del terreno (principalmente del ángulo de rozamiento interno y de la cohesión).
- De la estratificación de las diferentes capas de suelo y la profundidad del nivel freático.
- Del nivel de cimentación.
- De las dimensiones del cimiento.
- Del tipo de carga (dirección, excentricidad, periodicidad, etc.).

Puesto que de las dimensiones de las zapatas analizadas en el informe geotécnico de partida se centran en un rango de anchos de zapata comprendido entre 1 metro y 3 metros, se estudiarán anchos de zapata comprendidos entre las anteriores dimensiones, moduladas en incrementos de 0,5 metros. Por cada ancho de zapata estudiado, se ha analizado los efectos que produce la variación de la dimensión de la puntera y por tanto del talón, además de la variación del canto de ésta, permitiendo la elección más favorable funcionalmente, atendiendo a los criterios que se expondrán seguidamente:

- Tensión máxima limitada a  $200 \text{ KN/m}^2$  (Pudiéndose sobrepasar en torno a un 25% justificadamente)
- Mínima excentricidad posible.
- Máxima área comprimida.
- Situación determinante-> Depósito Lleno.
- Factores de seguridad máximos.
- Momento de fisuración superior al momento solicitante, o máximo posible.

Se ha elaborado una hoja de cálculo que recoge lo anteriormente expuesto y vuelca la variación de una serie de parámetros en función de la geometría de la cimentación, en forma de gráficas, permitiéndonos elegir la geometría óptima amén a los criterios anteriormente expuestos.

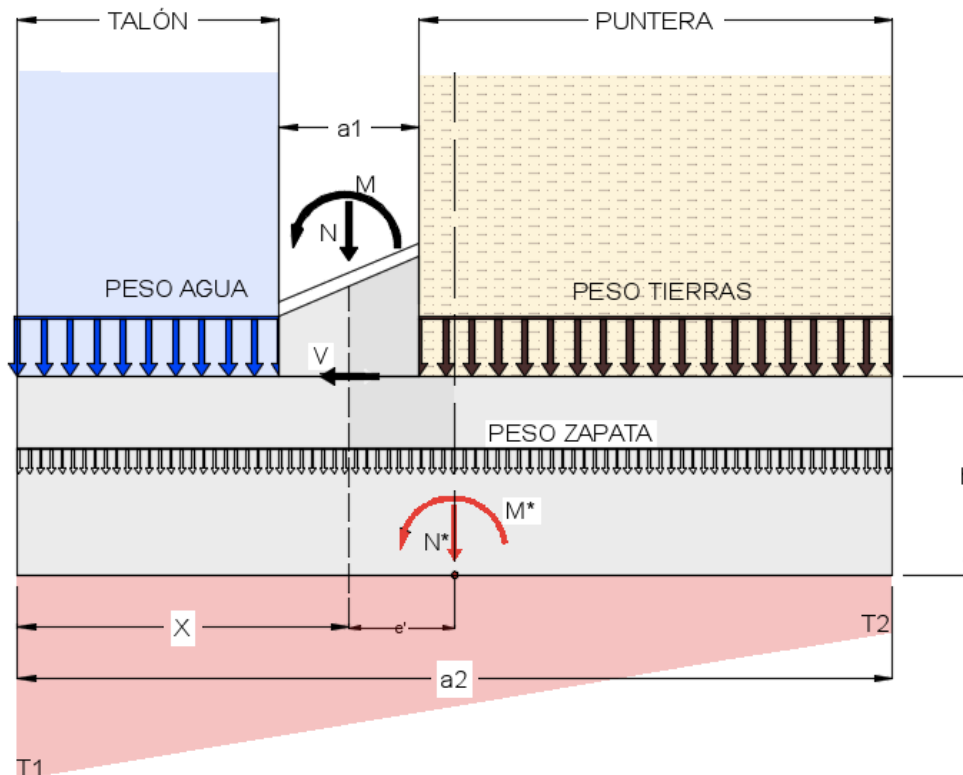


Además se adoptará el canto mínimo que permita resistir el cortante solicitante sin disponer de armadura para tal fin. De este modo se conseguirá economizar la cimentación, ya que para los precios habituales en España, la zapata corrida más económica es la de mínimo canto posible, es decir, la de máxima cuantía de acero.

Se graficarán además los factores de seguridad geotécnicos obtenidos en función de dicha geometría, facilitando la comprobación de los mismos.

El sistema de predimensionamiento de la cimentación que se ha desarrollado evita el tanteo de geometrías para lograr la solución óptima según los criterios ya enunciados, y ofrece garantías para la elección del armado, pudiéndose evitar las comprobaciones estructurales pertinentes, ya que los cálculos aproximativos realizados se basan en hipótesis garantistas del lado de la seguridad.

En la siguiente imagen se muestran las acciones y variables empleadas en la programación de la hoja de cálculo.



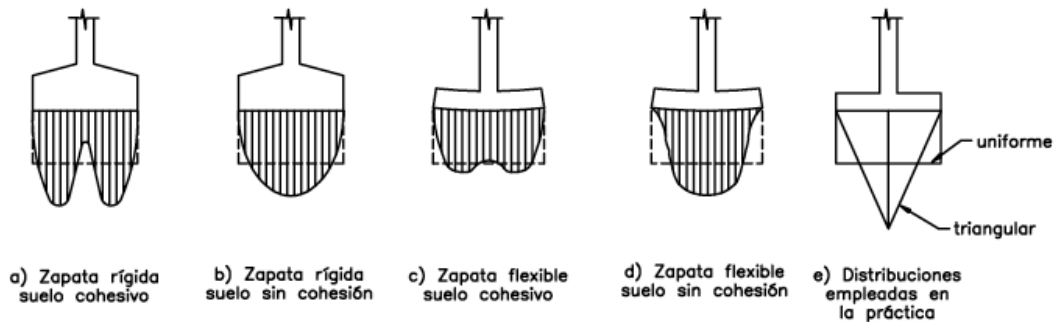
### 14.1.1-Explicación y bases de cálculo de la sistemática de dimensionamiento diseñada. Consideraciones y simplificaciones realizadas

Existen dos procedimientos para estimar analíticamente la presión transmitida al terreno por la cimentación. El primero de ellos es considerar que existe una respuesta elástica y lineal del suelo bajo el cimiento, donde los asentamientos son directamente proporcionales a los valores de presión transmitidos. El segundo procedimiento consiste en suponer un comportamiento plástico del terreno, por el que se acepta que una vez el suelo ha alcanzado un determinado valor límite (la tensión admisible ( $Q_{adm}$ )), éste plastifica hasta alcanzar el equilibrio con las fuerzas exteriores, lo que implica una presión constante actuante sobre una área equivalente.

#### 14.1.1.1-Estabilidad

##### 14.1.1.1.1-Comprobación a hundimiento

La respuesta del suelo frente a las acciones que le transmite la cimentación no es la misma en todos los casos. La rigidez y dimensiones de la zapata junto a las características geotécnicas del terreno determinarán la forma en que éste reacciona a las acciones que lo solicitan.



En las figuras anteriores se puede observar la distribución de tensiones sobre el suelo en función de la rigidez de la zapata y la existencia de cohesión en el mismo.

En la práctica, para evitar cálculos complejos, se adoptan distribuciones uniformes o lineales.

Pueden presentarse los siguientes casos:

- $e = \frac{M}{N} = 0$

corresponde a una distribución uniforme de tensiones  $\sigma = \frac{N}{B * L}$

- $e = \frac{M}{N} \leq \frac{L}{6}$

corresponde una distribución trapecial de tensiones

$$\sigma_{max} = \frac{N}{L * B} * (1 + 6 * \frac{e}{L})$$

$$\sigma_{min} = \frac{N}{L * B} * (1 - 6 * \frac{e}{L})$$

- $e = \frac{M}{N} \geq \frac{L}{6}$

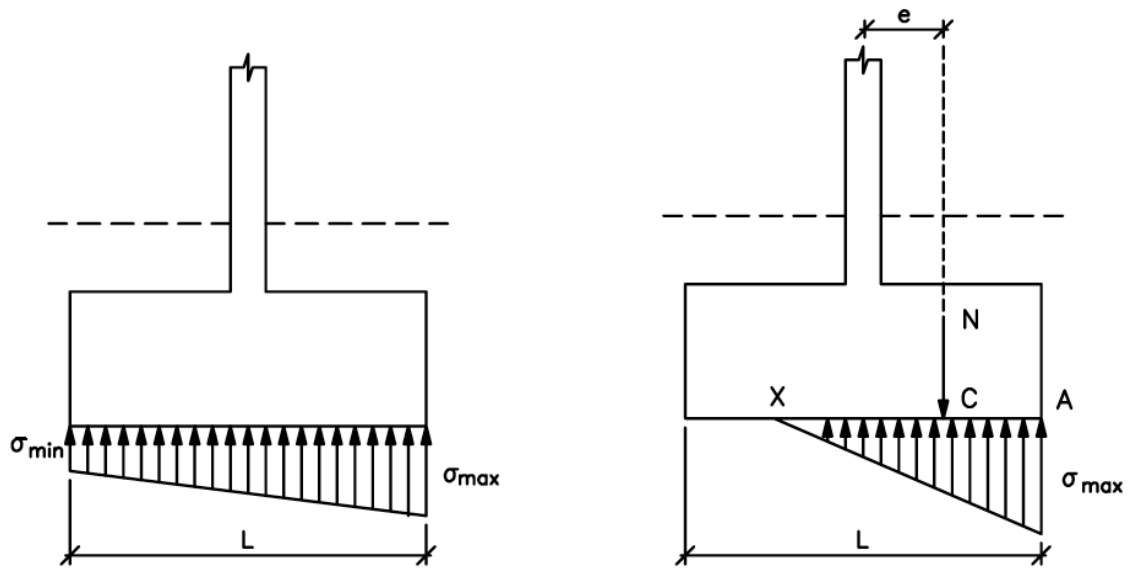
Correspondería una distribución triangular con una zona comprimida y una traccionada. Como no puede haber tracción entre el hormigón y el terreno se acepta que se produce una redistribución de tensiones de forma que se produzca un equilibrio de esfuerzos

$$N = \frac{\sigma_{max} * AX}{2} * B$$

$$AC = \frac{AX}{3} = \frac{L}{2} - e$$

$$AX = \frac{3 * L}{2} - 3 * e$$

$$\sigma_{max} = \frac{4 * N}{3 * (L - 2 * e) * B}$$

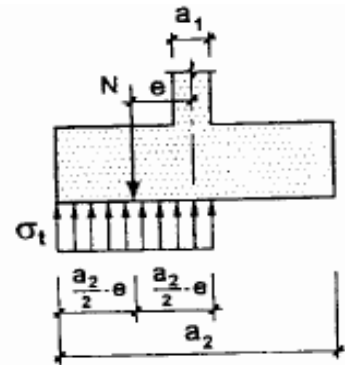


En todos los casos deberá cumplirse  $\sigma_{\max} \leq 1.25 \cdot \sigma_{adm}$  y en el caso de distribución trapezoidal además :

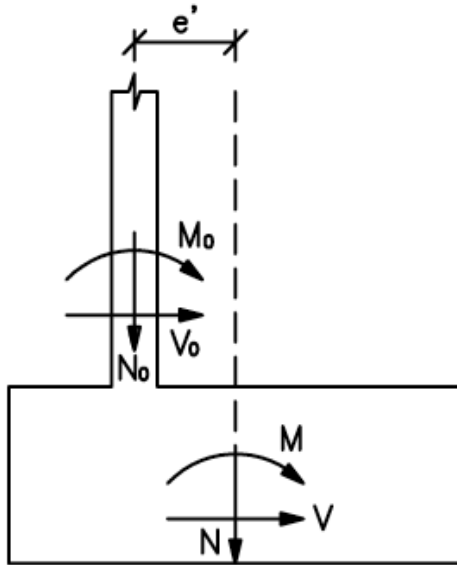
$$\frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \leq \sigma_{adm}$$

La tendencia de los nuevos métodos de comprobación (método elegido para la programación Excel) y fundamentalmente del Eurocódigo consiste en sustituir el bloque triangular, por un diagrama rectangular donde:

$$\sigma = \frac{N}{(a_2 - 2 \cdot e) \cdot B}$$



Con el objetivo de optimizar el funcionamiento de la cimentación, se evalúa el comportamiento de ésta al disponer una excentricidad física para disminuir la excentricidad mecánica y así reducir las tensiones en el extremo de la zapata o incluso, si las excentricidades son pequeñas, conseguir un reparto uniforme de tensiones.



Para la comprobación a hundimiento se utilizará una excentricidad  $e$  igual a:

$$e = \frac{M}{N} - e'$$

En el supuesto de que la excentricidad física se produzca en la misma dirección que la excentricidad mecánica, la excentricidad  $e$  será igual a:

$$e = \frac{M}{N} + e'$$

#### 14.1.1.1.2-Comprobación a vuelco

Aunque algunos autores recomiendan no considerar el peso del material gravitante sobre el cimiento por ser un valor generalmente estabilizador que puede no existir accidentalmente, en este anejo se han considerado los pesos que soporta la cimentación por entender que se mantendrán durante la vida útil de la estructura y que su magnitud y por tanto los esfuerzos inducidos serán función de la geometría analizada y modificarán sustancialmente la respuesta del terreno.

La comprobación a vuelco se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$C_{sv} = \frac{N * \left( \frac{L}{2} + e' \right)}{M} \geq 1,5$$

#### 14.1.1.1.3-Comprobación a deslizamiento

El CTE establece que dicha comprobación no es necesaria en zapatas arriostradas horizontalmente. Se ha considerado que las zapatas de cimentación se encuentran arriostradas horizontalmente tanto en las zonas de encuentro con los muros ortogonales así como en zonas centrales ya que

su deslizamiento estará impedido por la losa de impermeabilización que se encaja entre éstas, no siendo necesaria la comprobación a deslizamiento.

*\*El axil, momento y cortante que aparecen en las anteriores fórmulas de comprobaciones geotécnicas corresponden a los determinados en el contacto suelo-cimiento.*

#### **14.1.1.2-Dimensionamiento estructural**

El dimensionamiento estructural de la zapata se realizará siguiendo el Artículo 58 de la EHE, previa clasificación de ésta atendiendo a su rigidez.

Se han determinado una serie de gráficas que permiten valorar los parámetros determinantes para el dimensionamiento estructural óptimo atendiendo a los criterios ya enunciados, en función de la geometría de la zapata (se muestra sólo zapatas de ancho 3 metros por ser las de mejor comportamiento desde el punto de vista de la estabilidad). Las gráficas de dimensionamiento estructural se han obtenido realizando algunas consideraciones y simplificaciones, las cuales se decantan siempre del lado de la seguridad, permitiéndonos evitar las comprobaciones pertinentes siempre que la geometría elegida cumpla tales requisitos.

#### **14.1.1.3-Acciones a considerar**

El CTE establece que para la comprobación de la estabilidad, los coeficientes parciales de seguridad de las acciones quedan reducidos a la unidad para acciones permanentes y variables con efecto desfavorable, y cero para las acciones variables con efecto favorable. Para las hipótesis adoptadas en este anejo esta consideración coincide con la combinación característica.

En cuanto al dimensionamiento estructural se refiere, se adopta un factor de mayoración del efecto de las acciones  $\gamma_E$  igual a 1,6.

Para la cimentación perimetral, en hipótesis de limpieza o reparación (depósito vacío) se ha considerado el empuje activo del terreno por entender que se producirá una deformación suficiente del paramento vertical que permita el desarrollo de la cuña activa, mientras que para la situación más general de funcionamiento, esto es con el depósito lleno, se

considera actuando el empuje al reposo, ya que el empuje hidrostático impedirá la deformación del muro y, por tanto, el desarrollo de la cuña activa.

Se estudian las dos situaciones de servicio extremas del funcionamiento del depósito.

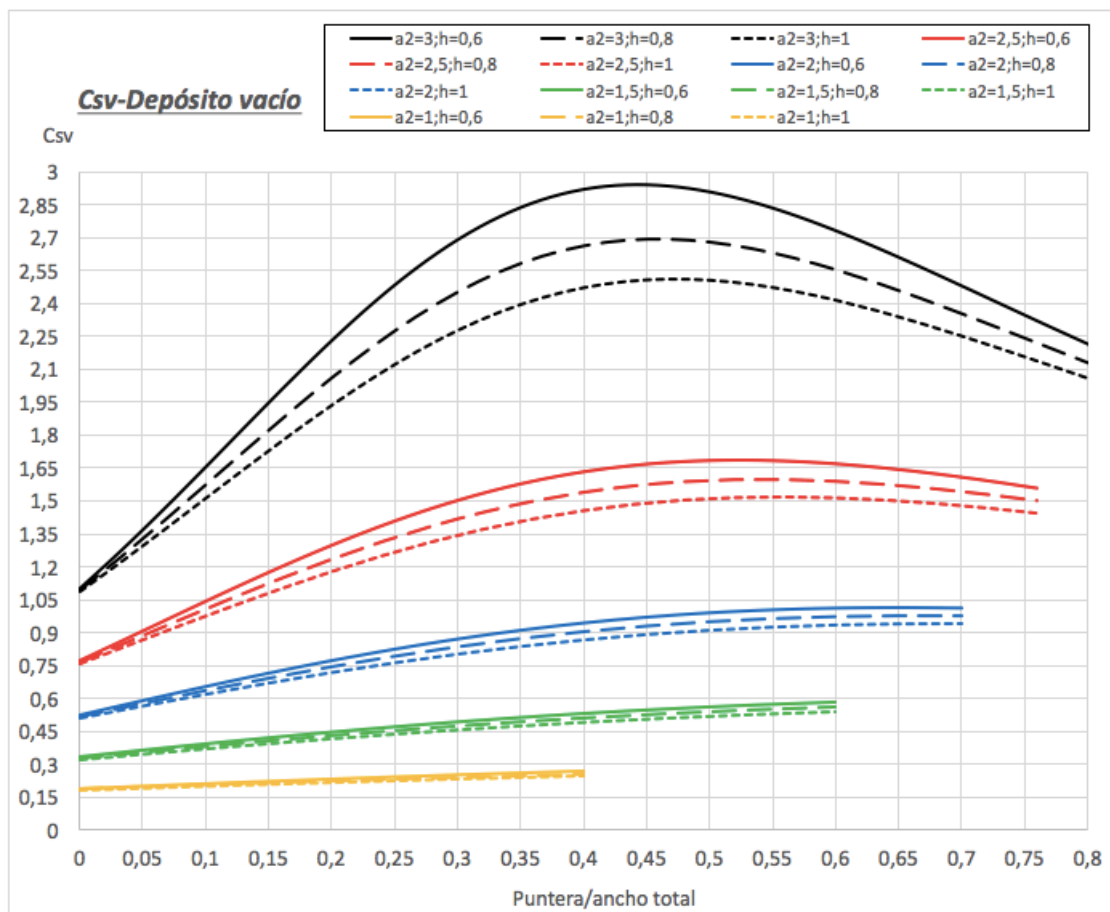
- 1- Depósito vacío (Reparación, limpieza)
- 2- Depósito lleno (Funcionamiento general)

### 14.1.2-Resultados

#### 14.1.2.1-Gráficas de estabilidad

##### 14.1.2.1.1-Seguridad frente a vuelco

Se analiza a seguidamente el coeficiente de seguridad frente a vuelco de las geometrías estudiadas, en la situación más desfavorable (depósito vacío) mediante la gráfica siguiente:

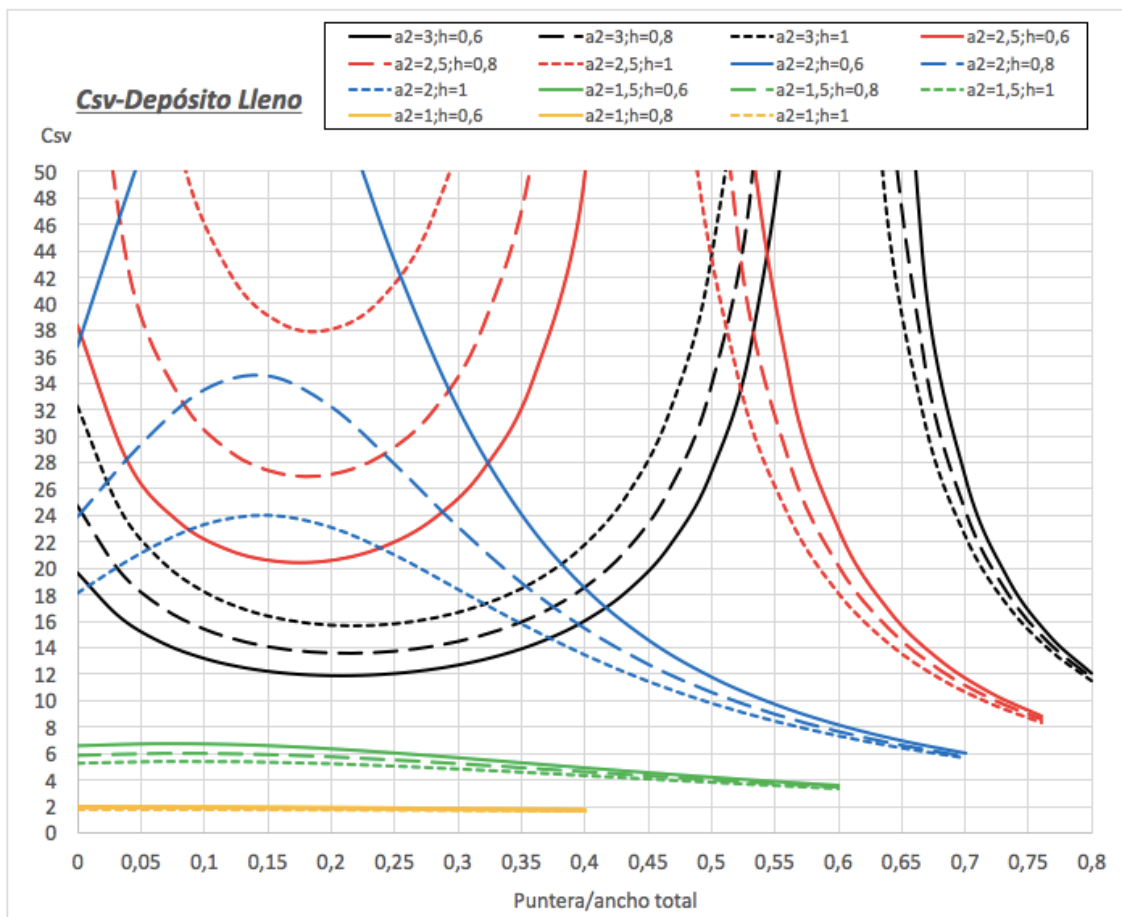




Las geometrías que ofrecen una suficiente seguridad al vuelco son:

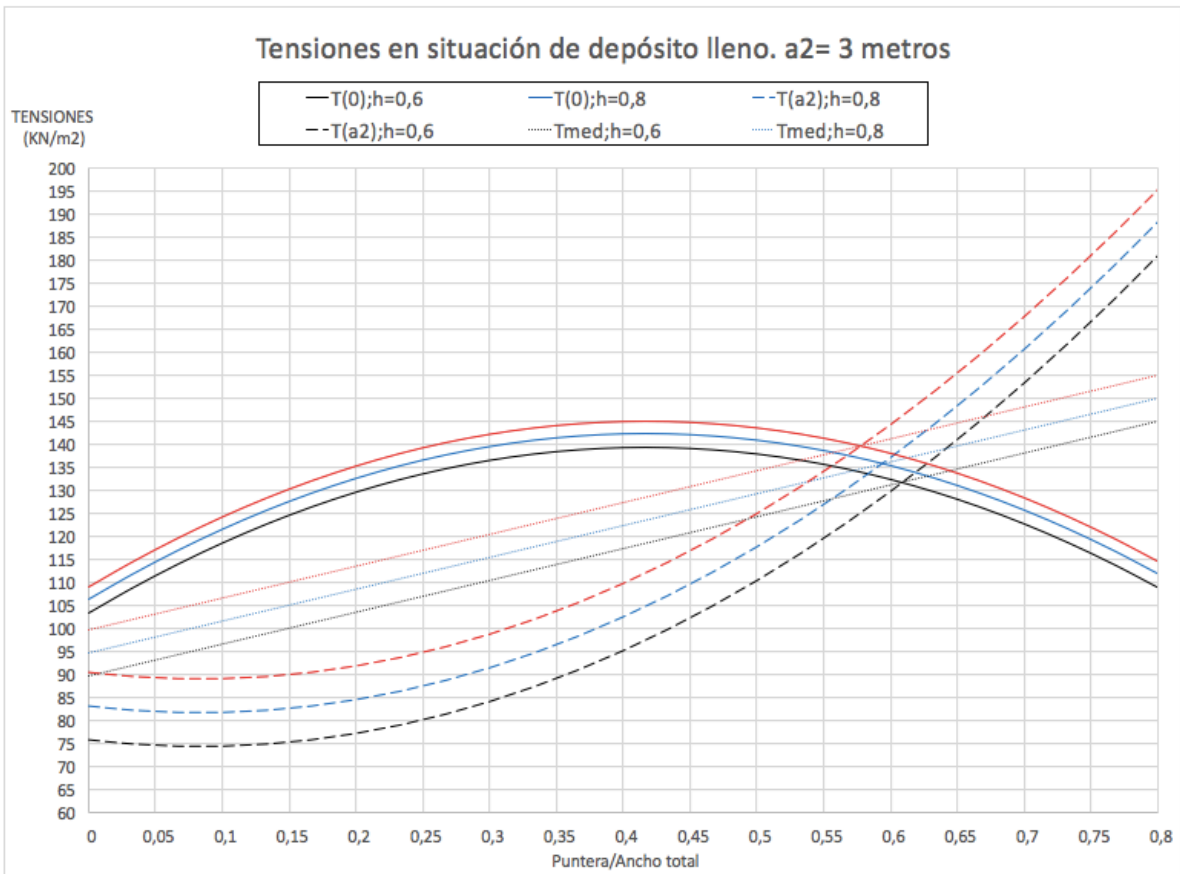
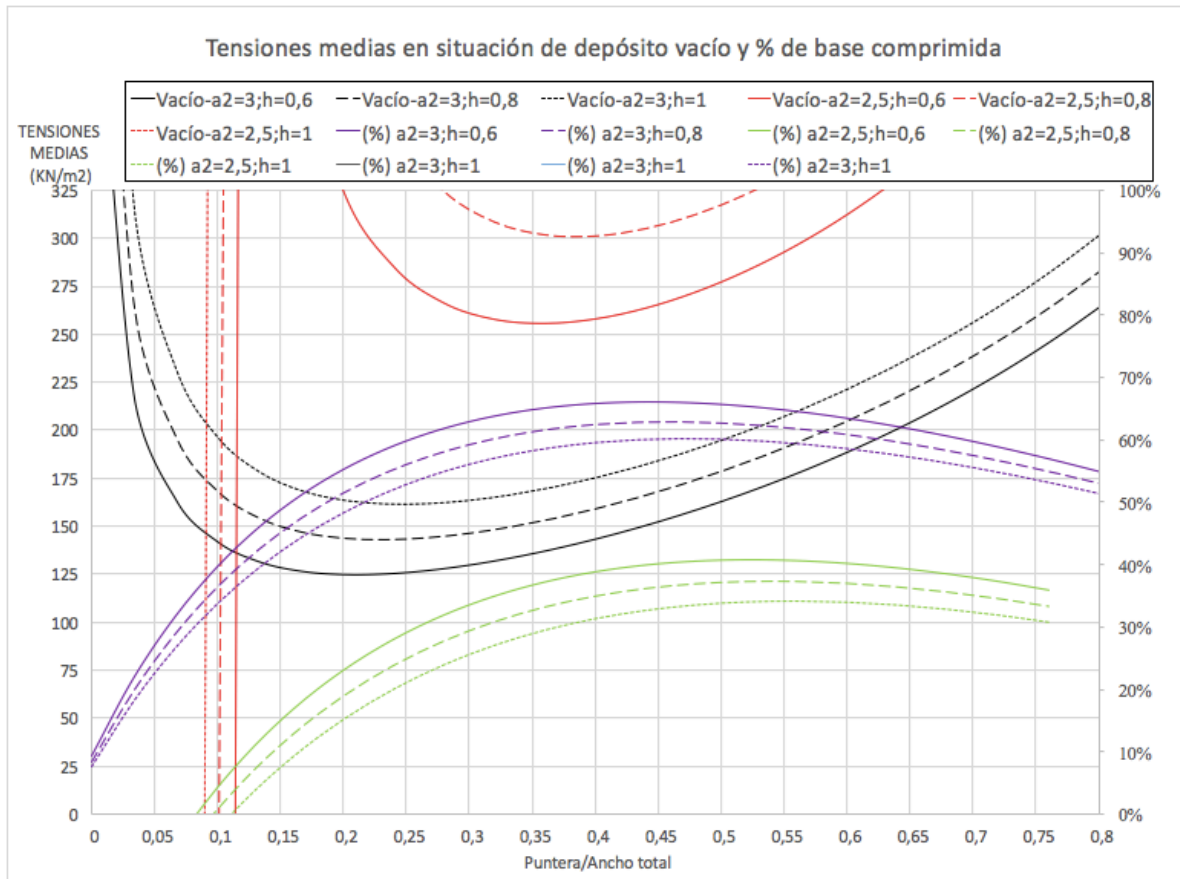
- Zapatas de 3 metros de ancho y cantos comprendidos entre los 0,6 metros y 1 metro, con longitudes de puntera superiores a los 0,3 metros.
- Zapatas de 2,5 metros con cantos de 0,6 y 0,8 metros y longitudes de puntera superiores a 0,9 metros.

Los coeficientes de seguridad en situación de depósito lleno para las geometrías anteriores se muestran en la gráfica siguiente:



#### 14.1.2.1.2-Seguridad frente a hundimiento

Se muestra a continuación las tensiones medias y el porcentaje de base comprimida de la zapata en situación de depósito vacío (primera gráfica) y en situación de depósito lleno (segunda gráfica) para las geometrías de zapata anteriormente contempladas.

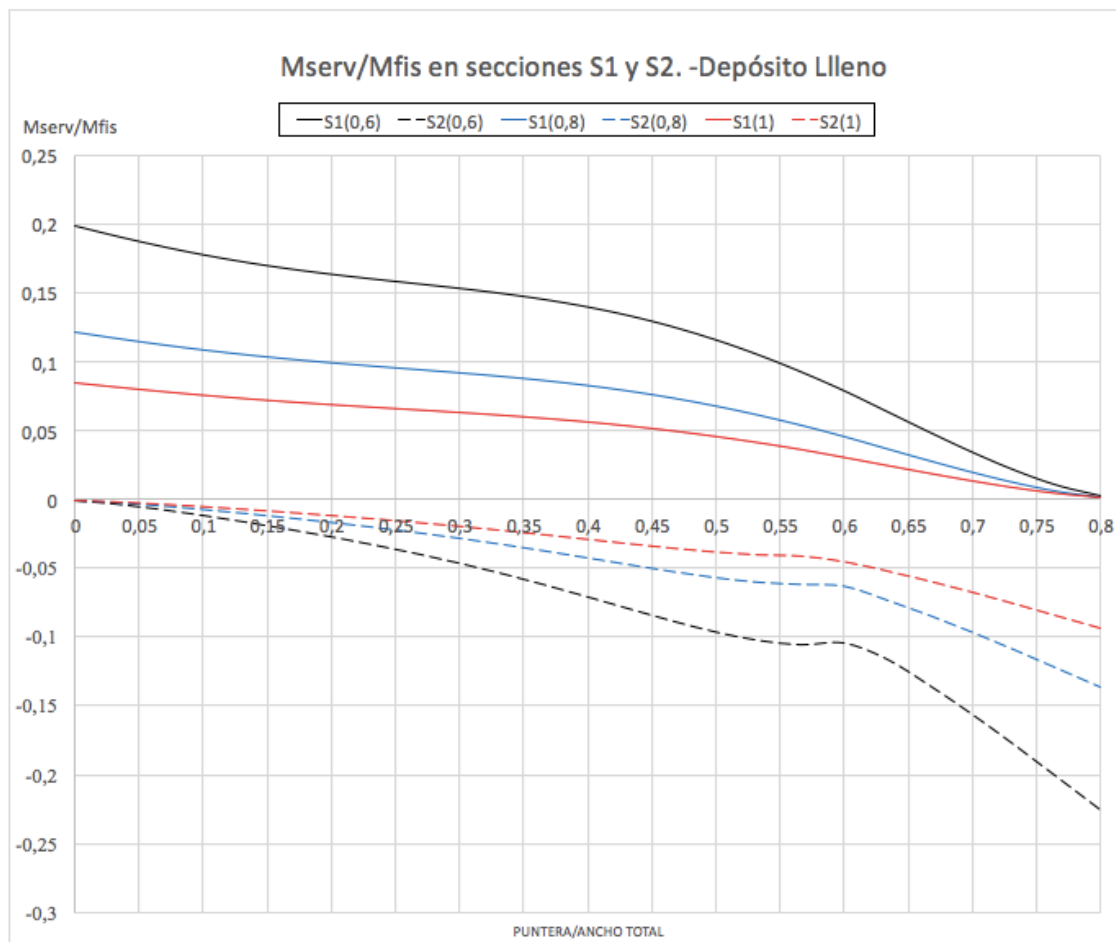
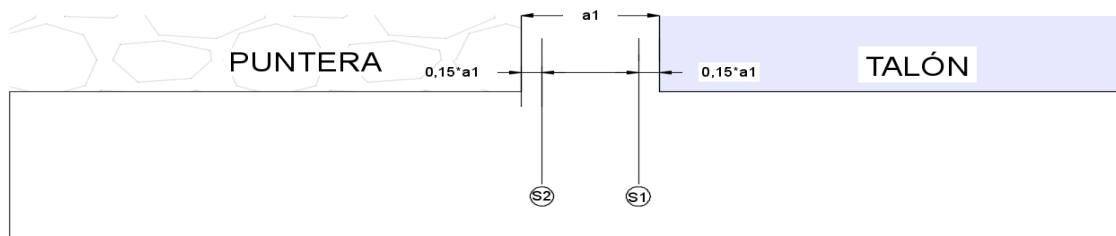


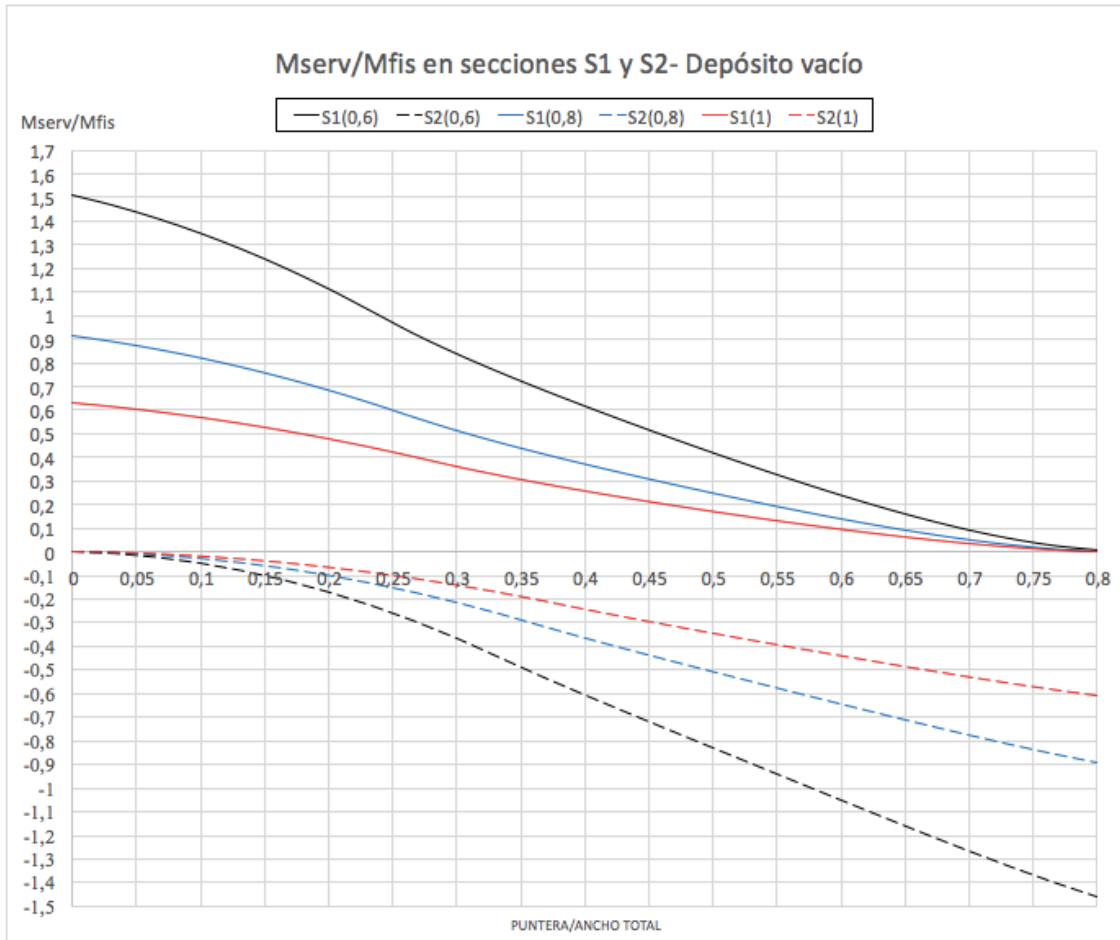
Quedan descartadas geometrías cuyo ancho de zapata sea igual o inferior a 2,5 metros ya que se obtienen tensiones en el terreno superiores a la tensión límite en situación de depósito vacío.

#### 14.1.2.2-Gráficas para el dimensionamiento por criterios estructurales

##### 14.1.2.2.1-Fisuración

Las siguientes gráficas muestran el cociente  $M_{ser}/M_{fis}$  en función de la geometría de la zapata. Las geometrías que presenten valores inferiores a la unidad de dicho cociente, tanto en puntera como en talón, permiten la validación automática de la comprobación frente a fisuración.



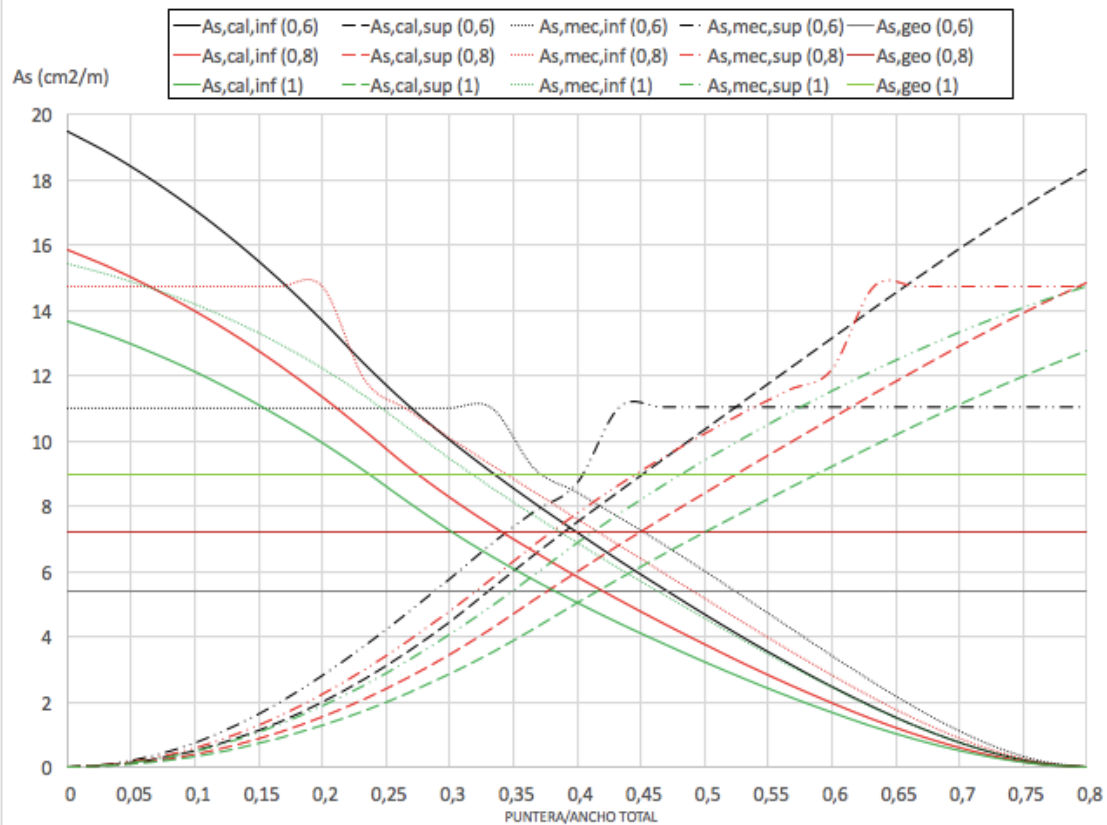
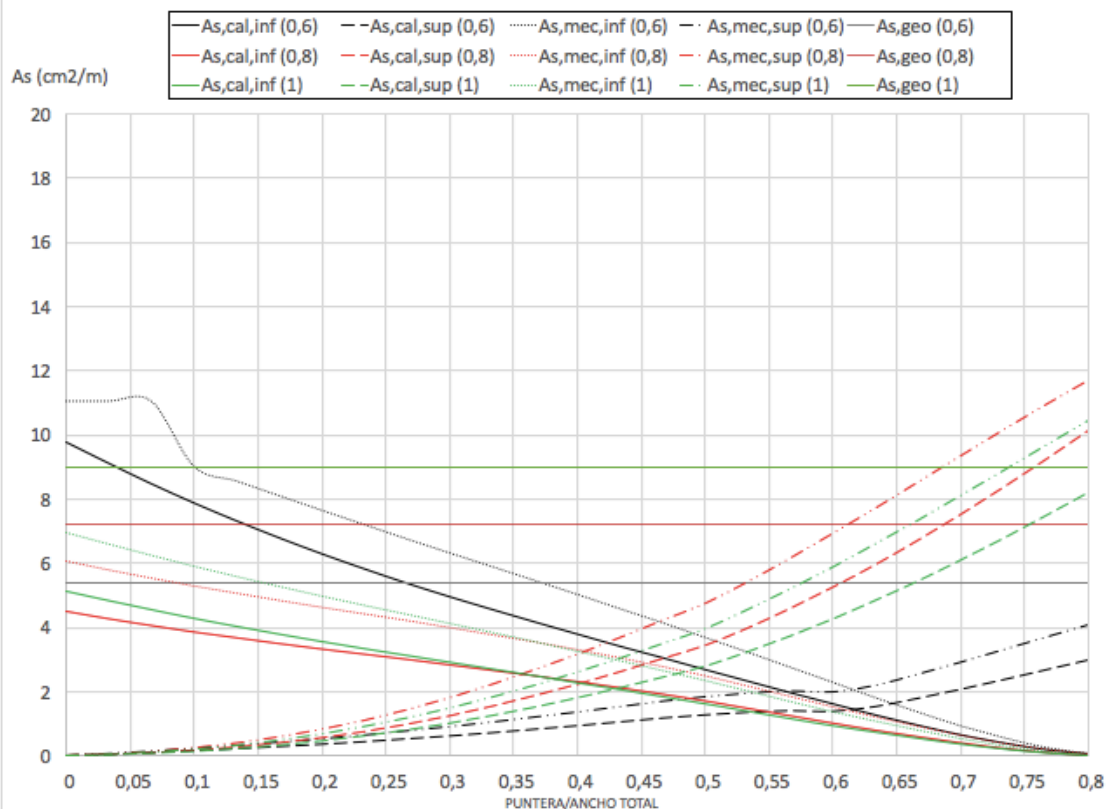


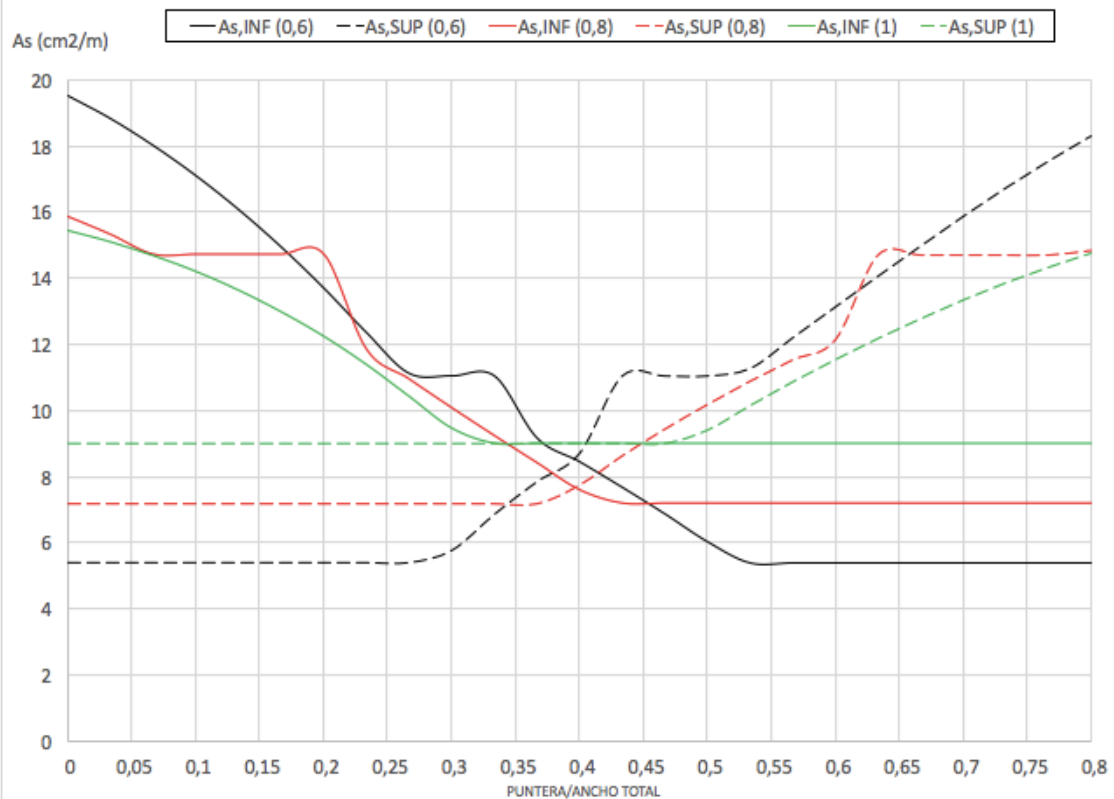
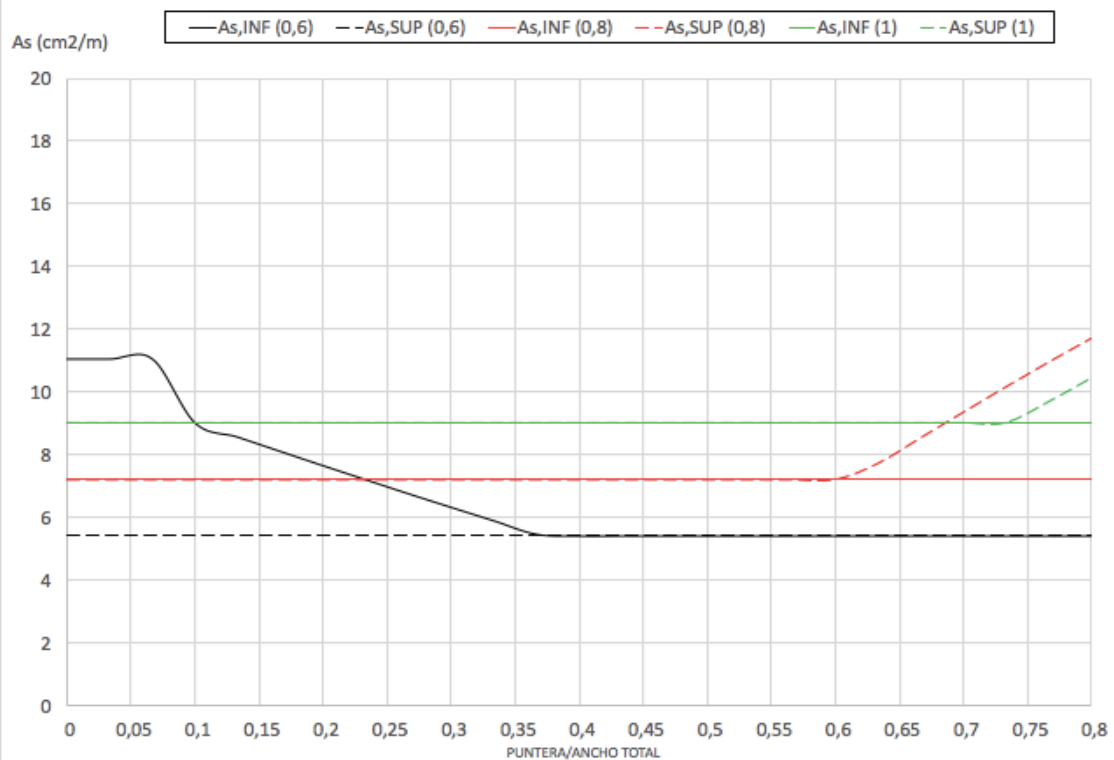
#### 14.1.2.2.2-Armado

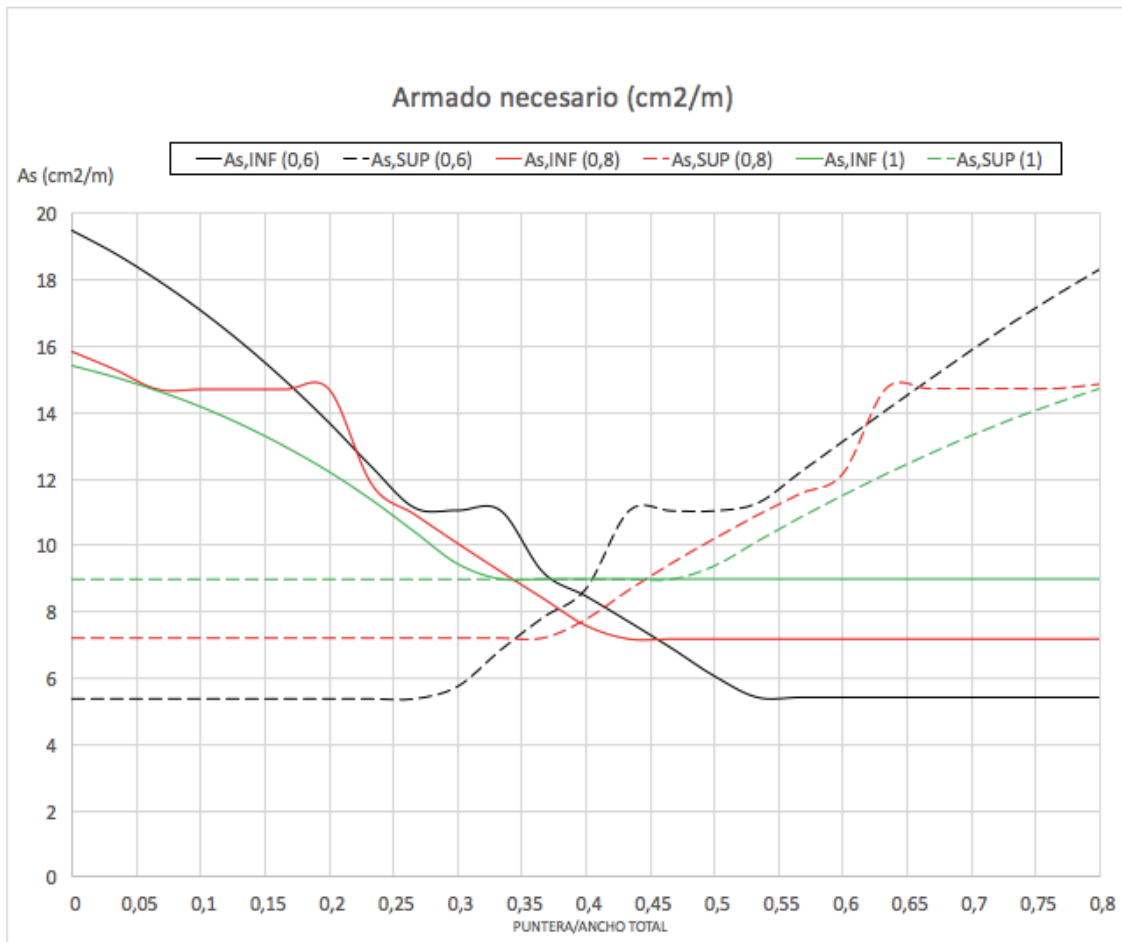
Se mostrarán seguidamente una serie de gráficas las cuales permiten obtener el armado del paramento superior y del paramento inferior de la zapata en función de la geometría de ésta y en la situación considerada, discretizadas en armadura mínima mecánica, mínima geométrica y armadura por cálculo. Para finalizar esta serie de gráficas se muestra la envolvente de dichas áreas de armado las cuales permiten establecer el número y diámetro de barras a disponer. Sólo se considera el ancho de zapata de 3 metros.

Para el cálculo de la armadura se ha empleado la siguiente ecuación simplificada en flexión simple:

$$As = \frac{Md}{0,8 * h * fyd}$$

Armado (cm<sup>2</sup>/m) . Depósito vacíoArmado (cm<sup>2</sup>/m) . Depósito lleno

Armado (cm<sup>2</sup>/m) . Depósito vacíoArmado (cm<sup>2</sup>/m) . Depósito lleno

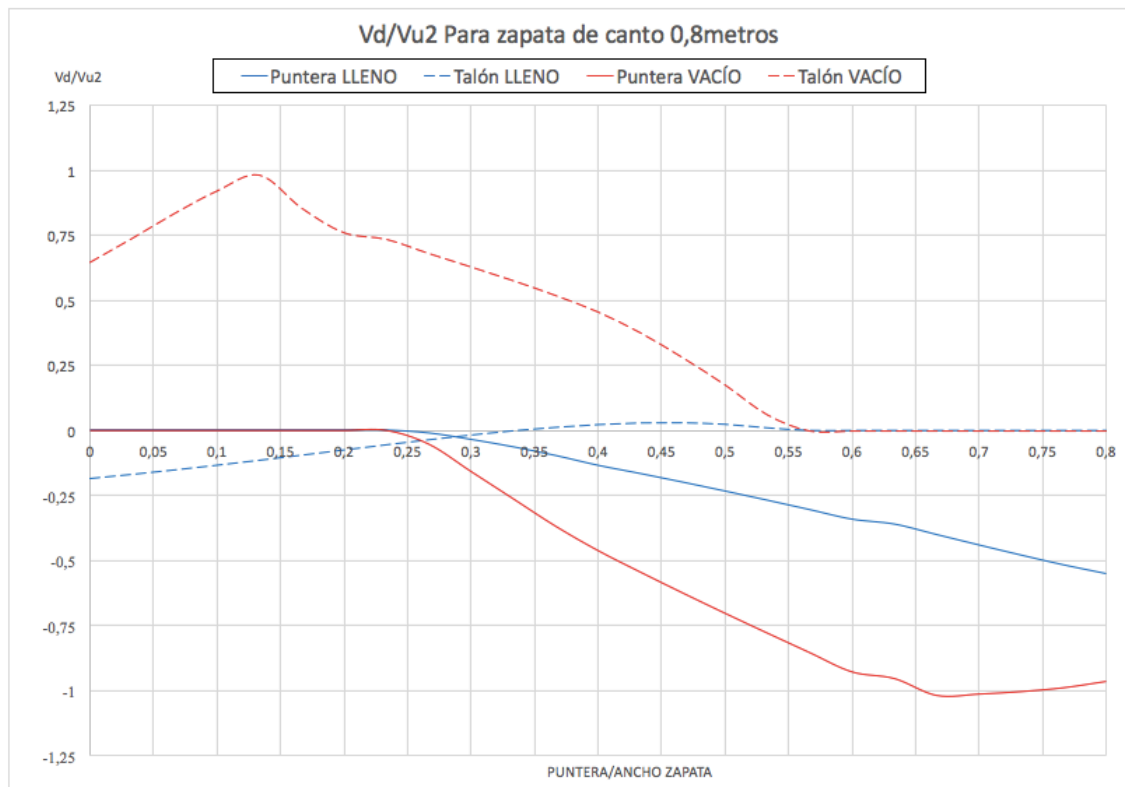
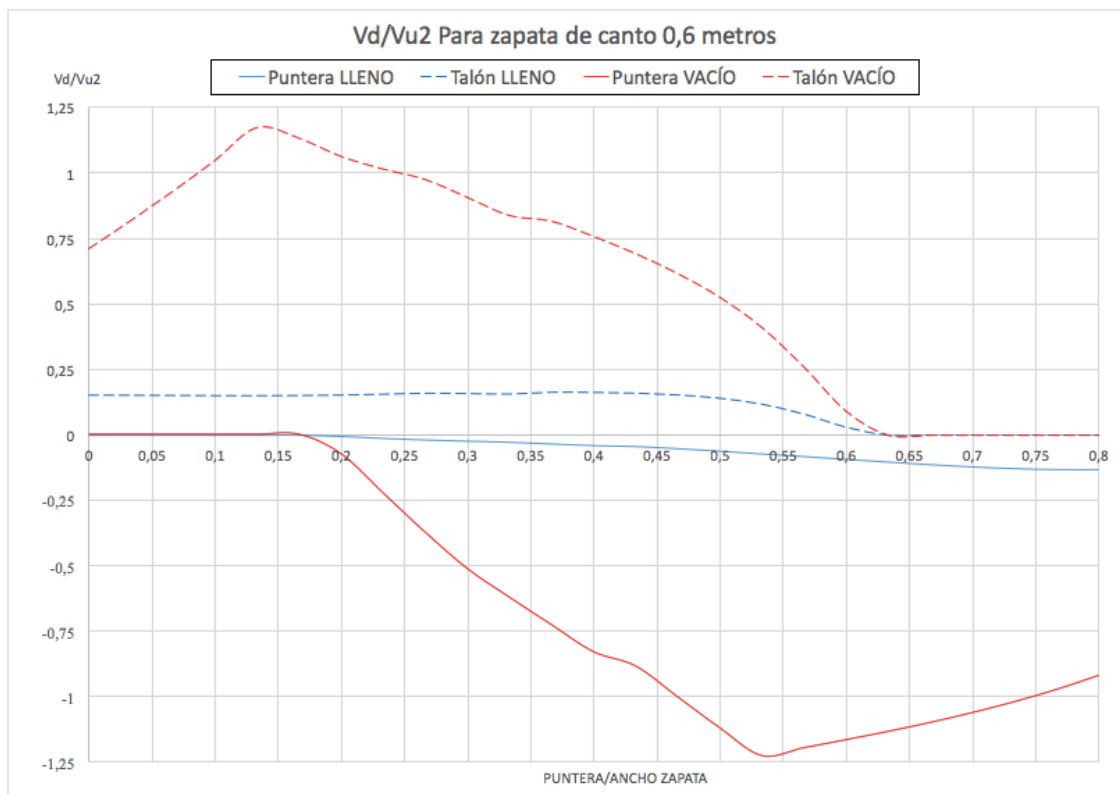


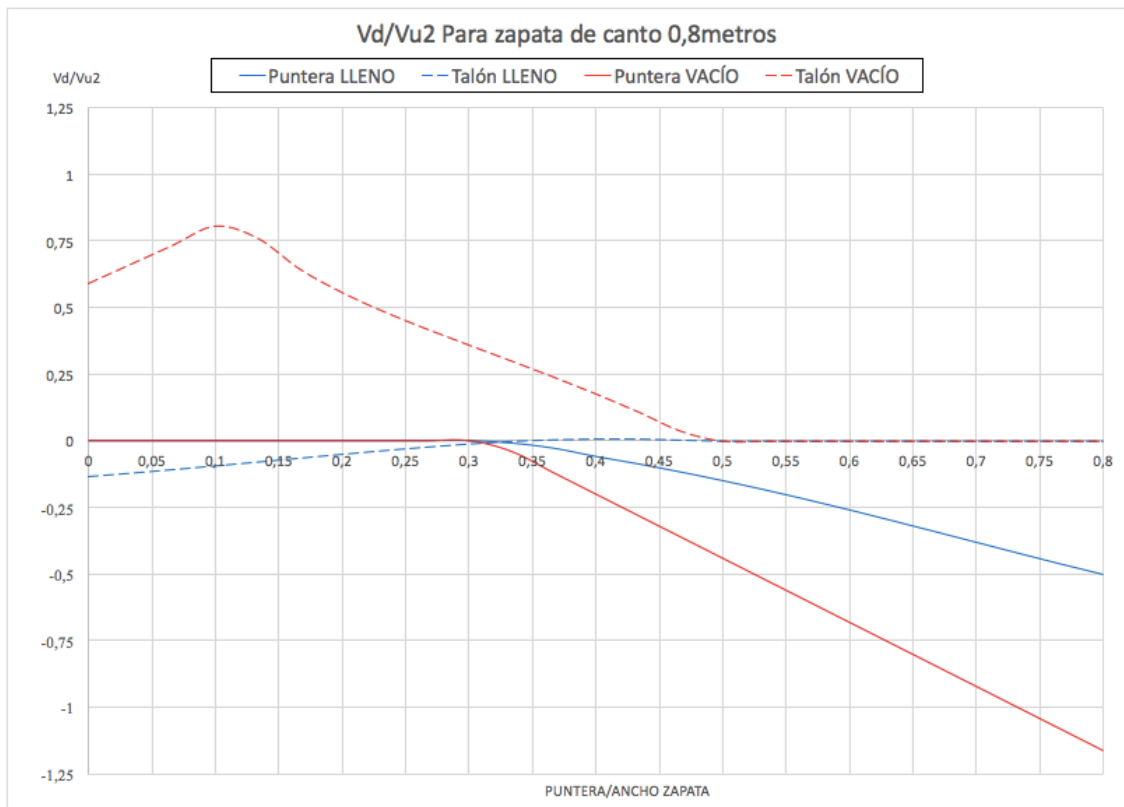
#### 14.1.2.2.3-Cortante

Uno de los requisitos para el dimensionamiento de la cimentación es la de que ésta fuera capaz de soportar el cortante solicitante sin necesidad de disponer armadura transversal.

Se han elaborado una serie de gráficas que presentan la variación del cociente entre el cortante de cálculo en la zona de comprobación a cortante ( $V_d$ ) y el cortante por tracción del alma resistido por la sección ( $V_{u2}$ ). Un valor inferior a la unidad tanto en puntera como en talón de dicho cociente será suficiente para validar la sección frente a esfuerzo cortante, no siendo necesario dicha comprobación, puesto que al igual que en las gráficas anteriores se presentan resultados con desviaciones del lado de la seguridad por las simplificaciones realizadas.



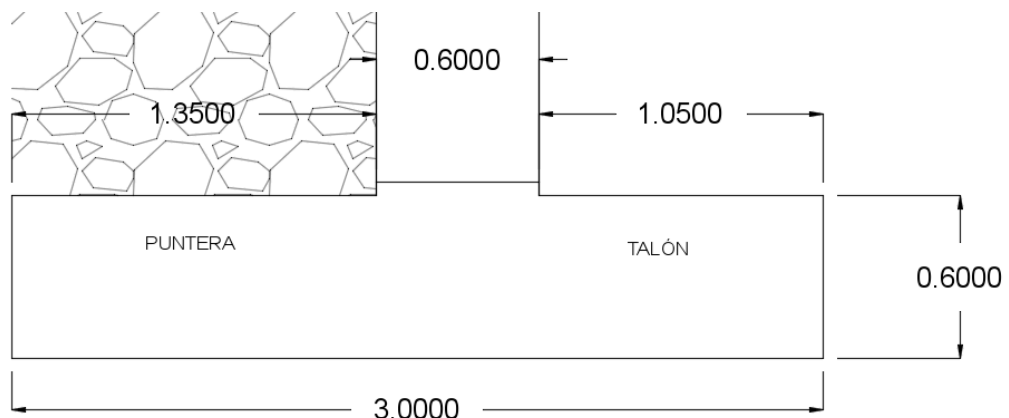




#### 14.1.3-Geometría de la zapata perimetral

La elección de la geometría óptima se ha establecido a través de la adopción de una solución de compromiso entre el comportamiento de ésta en las diferentes situaciones de uso, cumpliéndose de éste modo los criterios expuestos al inicio de este capítulo.

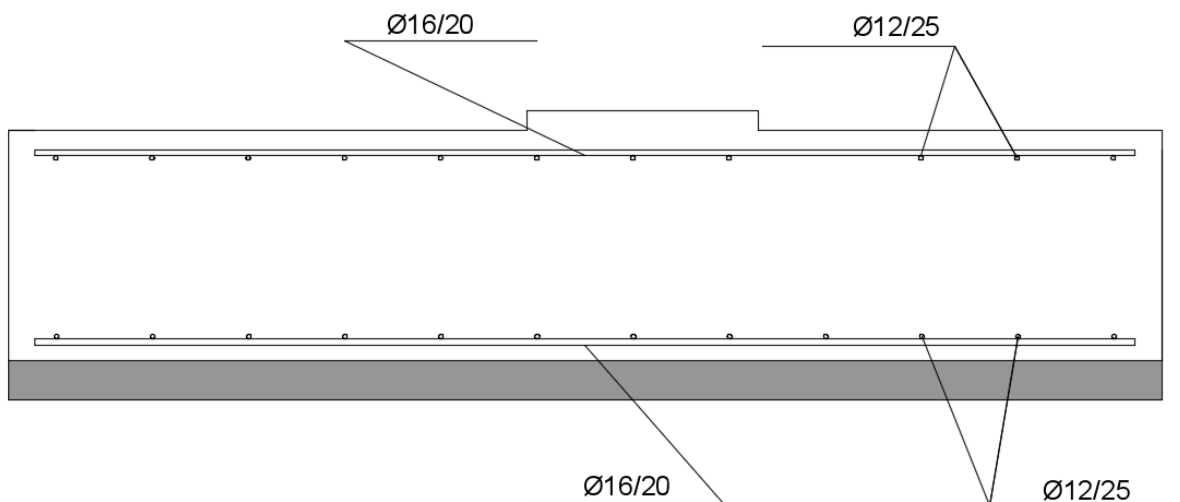
Se ha elegido la configuración de la imagen siguiente, siendo las razones de su elección expuestas de mayor a menor peso a continuación:



La geometría elegida presenta una excentricidad en dirección positiva (hacia el talón) de 15 cm. Se consigue con dicha elección el cumplimiento de los requisitos establecidos:

- $C_{sv}$  en situación más desfavorable máximo e igual a 2,9, ampliamente superior al valor límite establecido en 1,5.
- Distribución de tensiones en situación de normal utilización (depósito lleno) trapezoidal, cercana a la distribución uniforme con una tensión media en torno a los  $125 \text{ KN/m}^2$ .
- Tensión máxima en situación de depósito vacío en torno a los  $150 \text{ KN/m}^2$ , no superándose pues la tensión admisible de hundimiento. Máximo porcentaje de base comprimida, cercano al 65%.
- Momento de fisuración en el talón un 50% superior al momento de servicio, permitiéndonos mejorar los requisitos de estanqueidad en dicha zona.
- Momento de fisuración en puntera un 30% superior al de servicio.
- Cortante resistido por la zapata sin necesidad de disponer armadura para tal fin superior al cortante solicitante tanto en puntera y talón en todas las situaciones de dimensionado.

Se dispondrá el siguiente esquema de armado:



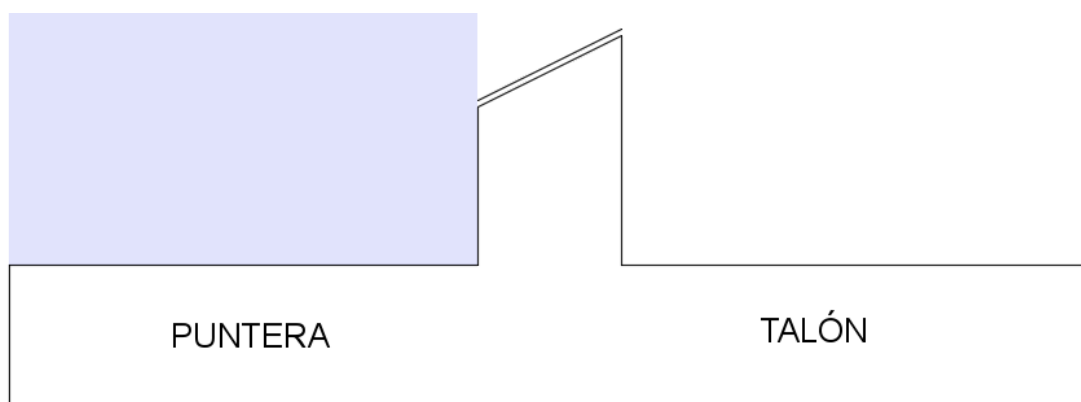
### 14.2-ZAPATA DEL MURO DIVISORIO

Se realizará el dimensionamiento y, por tanto, las comprobaciones pertinentes quedarán verificadas si se cumple con determinados requisitos, de la misma forma que se hizo para la zapata perimetral, es decir, con el empleo de las gráficas que vuelcan los resultados de las hojas Excel programadas.

La variación que presentan dichas hojas para el dimensionamiento de la zapata del muro divisorio con respecto a las de la zapata perimetral es que los parámetros analizados no varían en función de la relación “Puntera/Ancho de zapata”; sino que ahora la variación de éstos va en función del ancho total de la zapata. Esto es así porque ante la simetría de acciones a la que se ve sometida la cimentación no cabe estudiar una posible excentricidad física del alzado del muro respecto al c.d.g de la cimentación, puesto que la solución óptima es la de excentricidad física nula.

Se ha supuesto que para anchos superiores a 3 metros, la recomendación de limitar las tensiones en el terreno por consideraciones de asientos diferenciales se seguirá manteniendo en  $200 \text{ KN/m}^2$ .

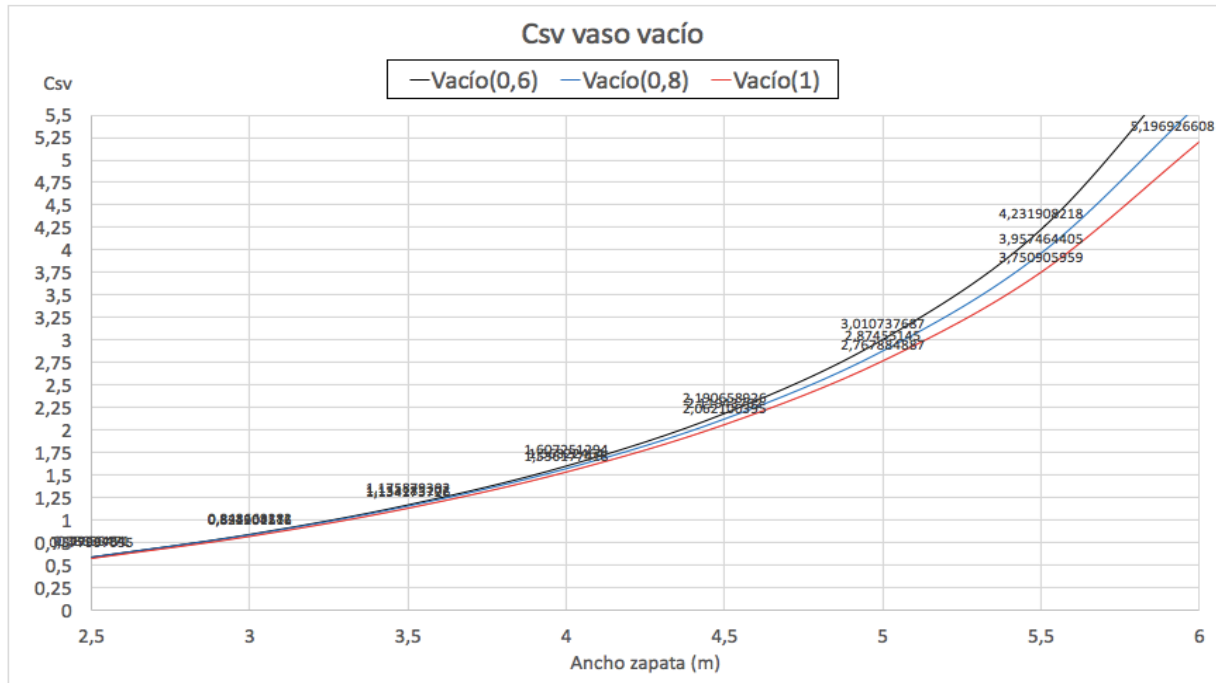
En situación de “vaso vacío-vaso lleno” se entenderá por puntera la porción de zapata en contacto con el agua, tal y como puede observarse en la siguiente imagen:



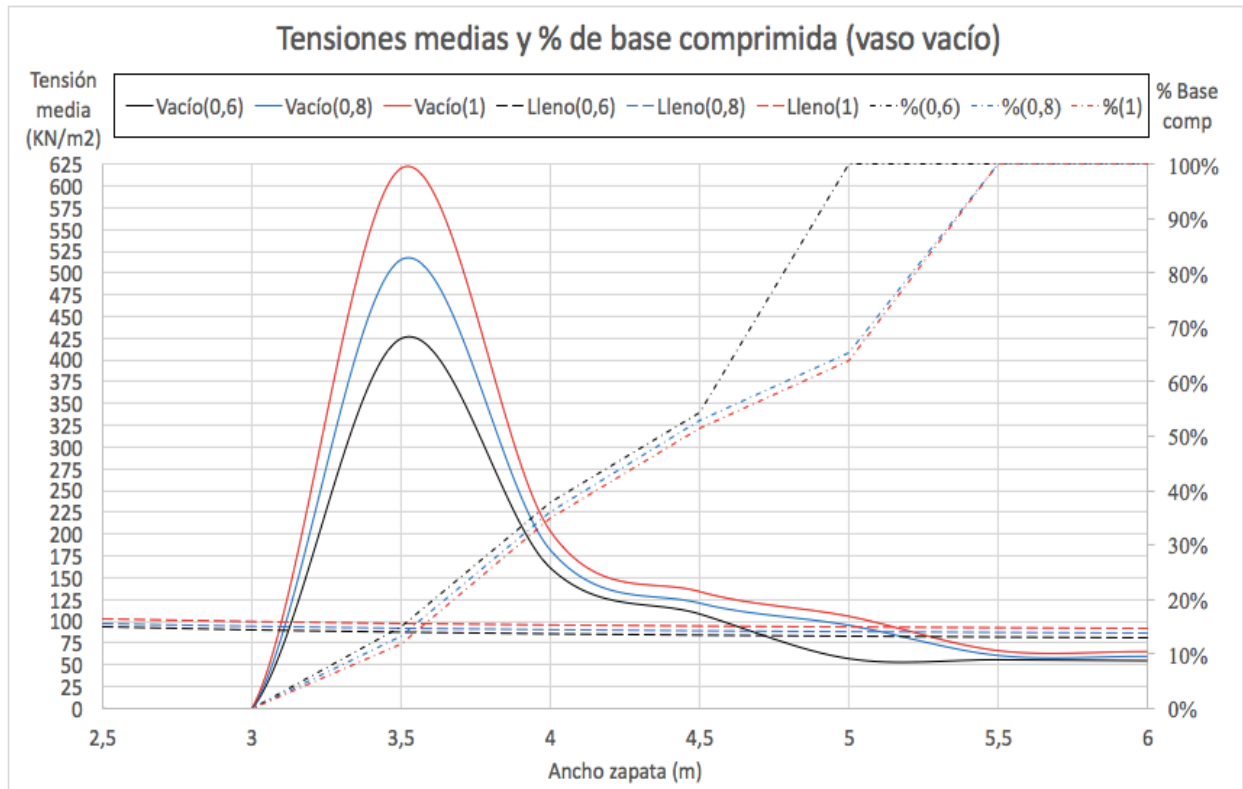
## 14.2.1-Resultados

### 14.2.1.1-Gráficas de estabilidad

#### 14.2.1.1.1-Seguridad frente a vuelco

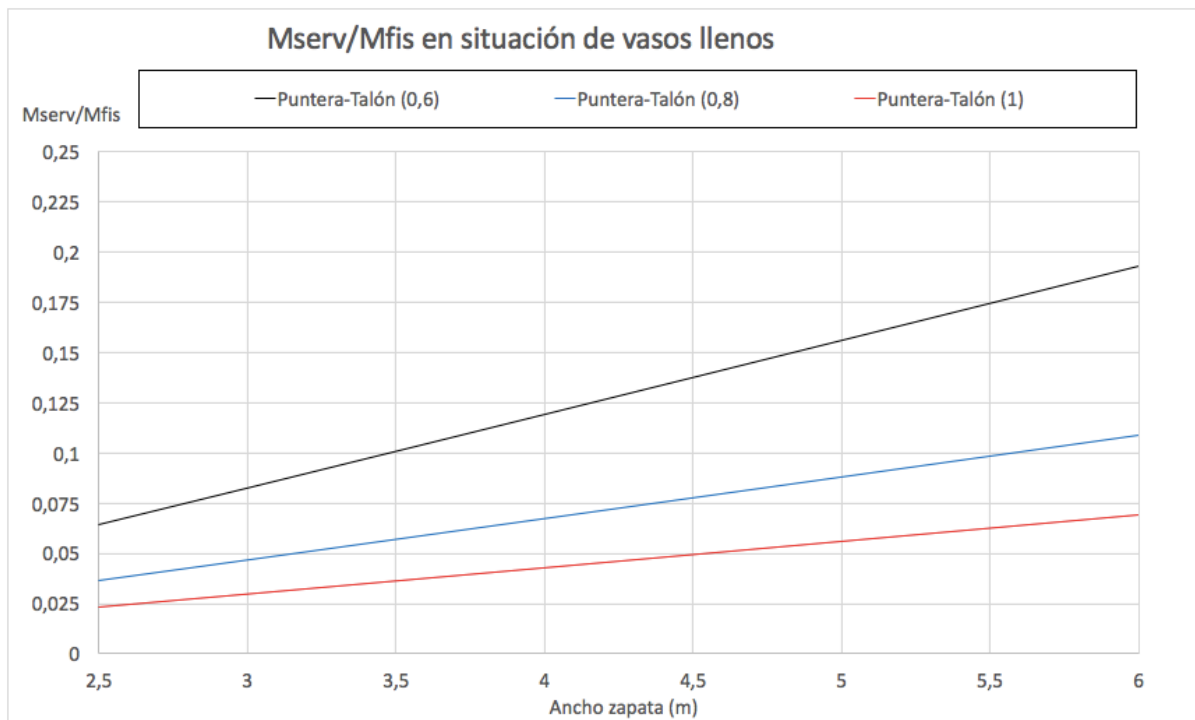
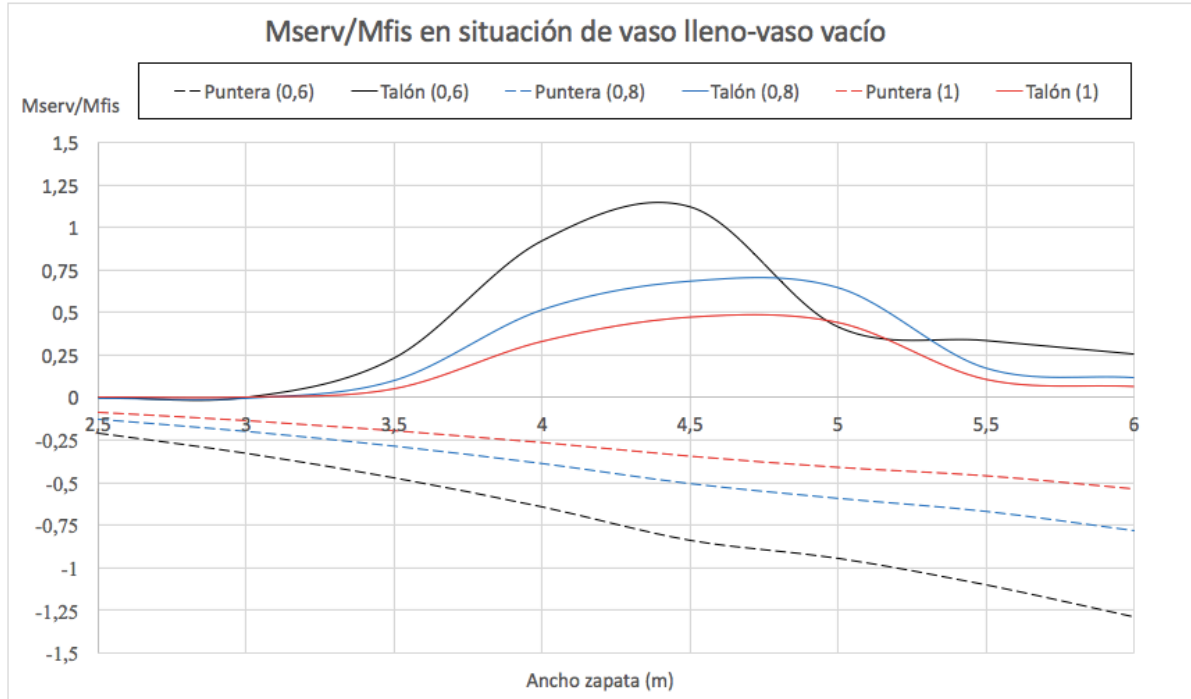


#### 14.2.1.1.2-Seguridad frente a hundimiento

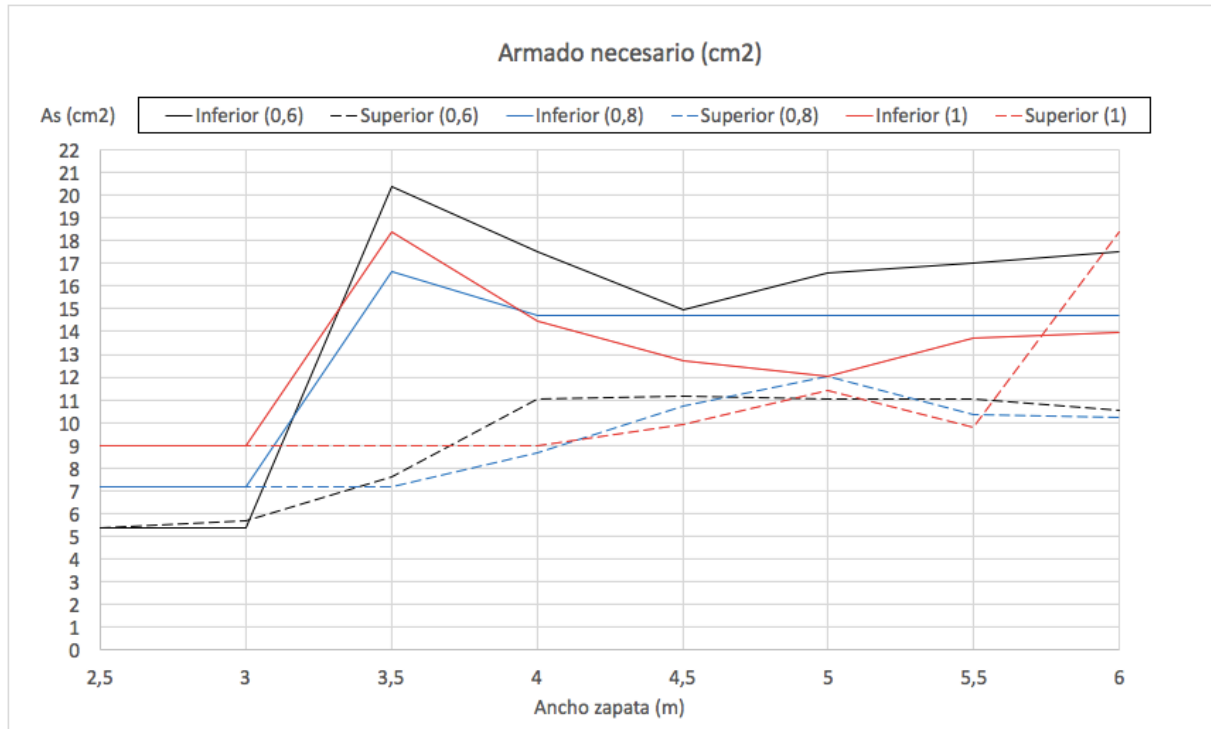


### 14.2.1.2-Gráficas para el dimensionamiento por criterios estructurales

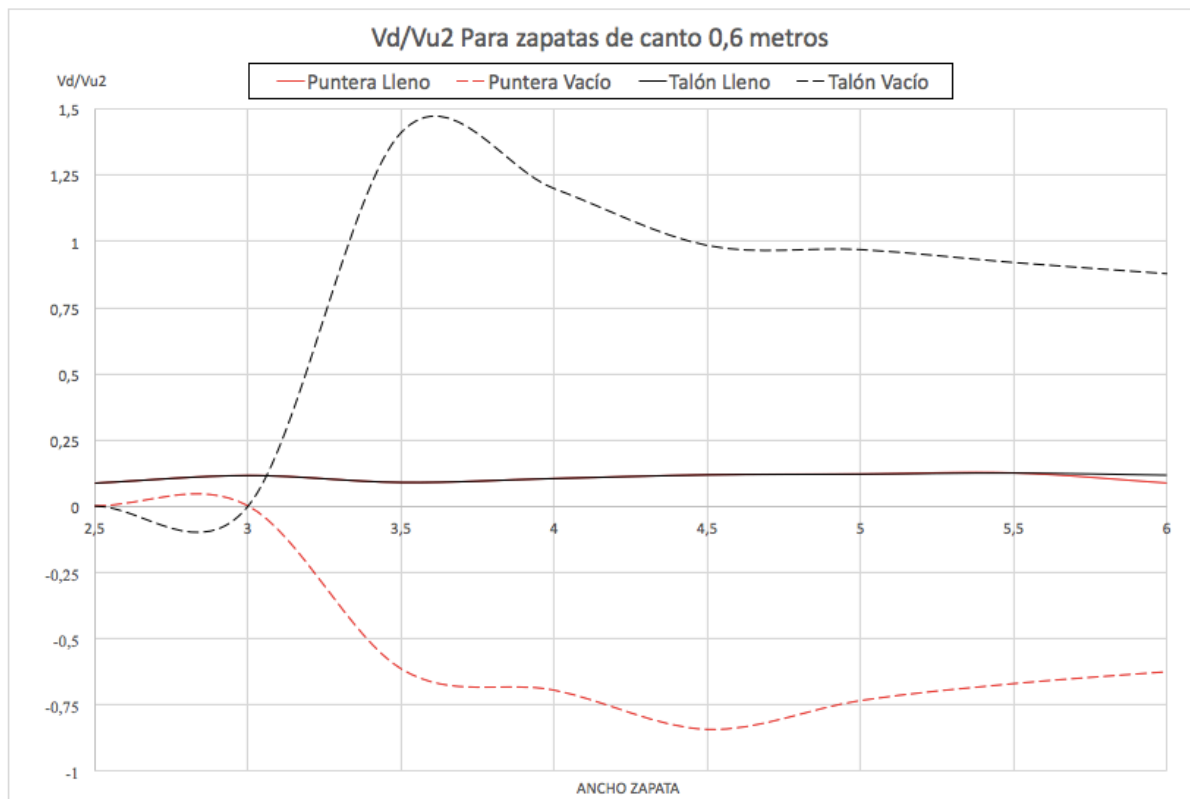
#### 14.2.1.2.1-Fisuración



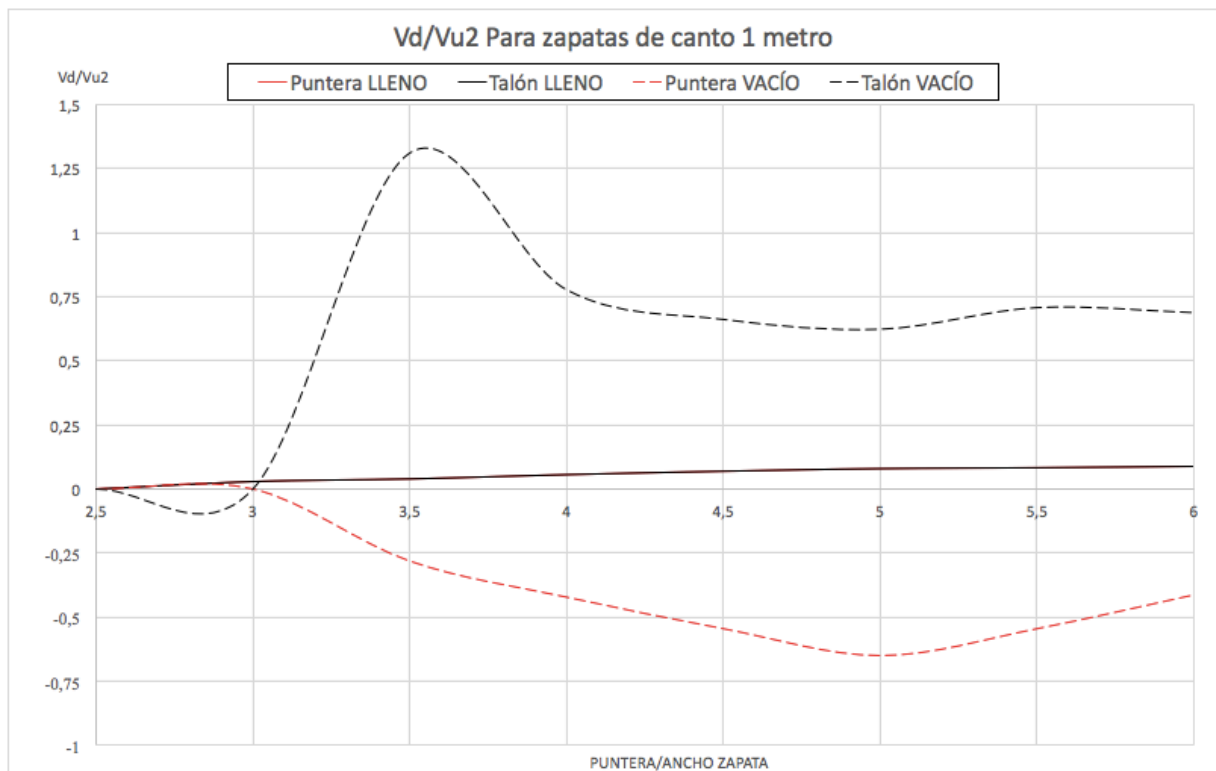
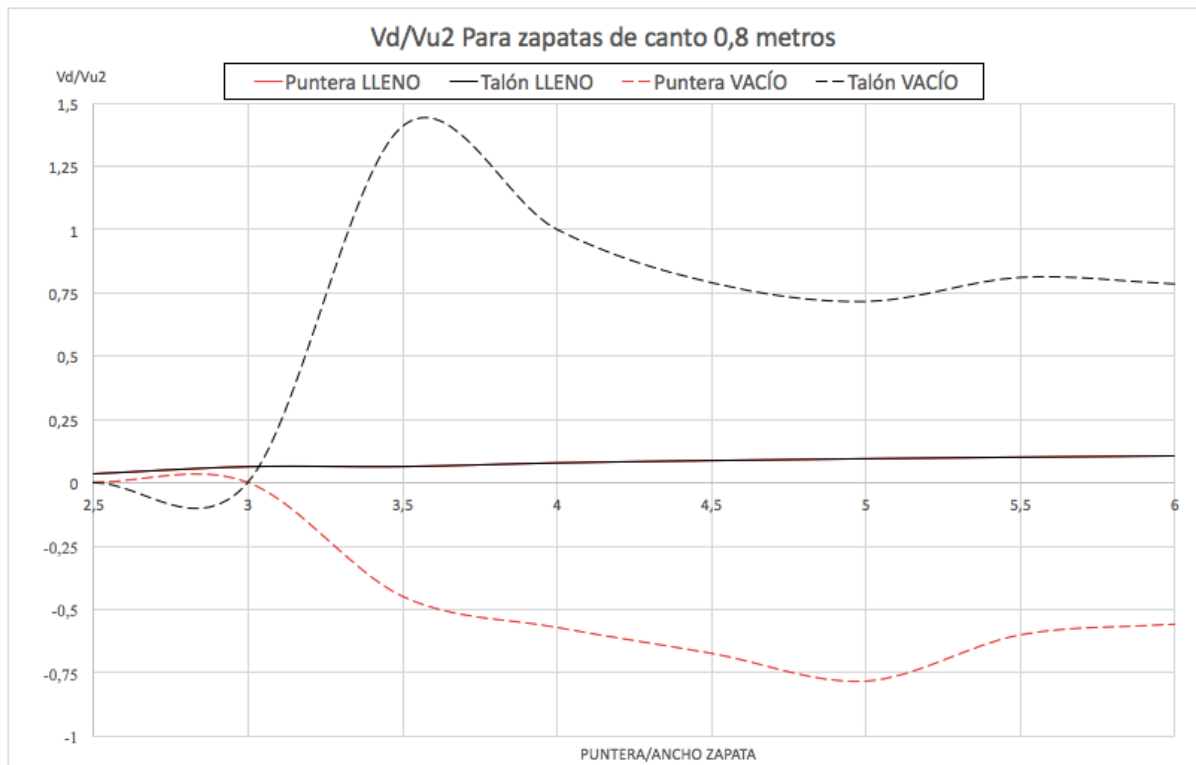
### 14.2.1.2.2-Armado



### 14.2.1.2.3-Cortante





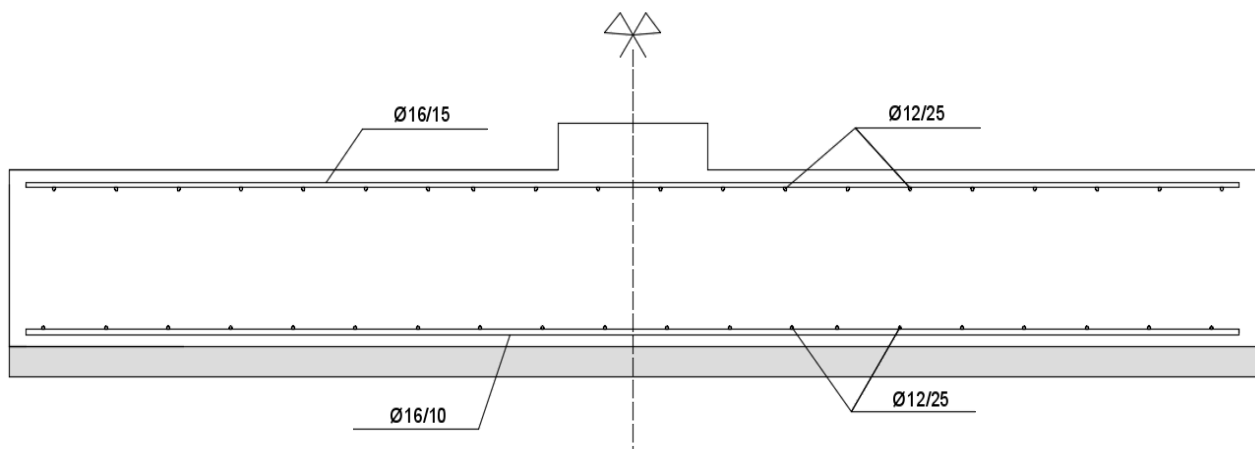


### 14.2.2-Geometría de la zapata del muro divisorio

La geometría elegida presenta un ancho de 5 metros. Se consigue con dicha elección el cumplimiento de los requisitos establecidos:

- $C_{sv}$  en situación más desfavorable máximo e igual a 3, ampliamente superior al valor límite establecido en 1,5.
- Distribución de tensiones en situación de normal utilización (depósito lleno) uniforme, con una tensión de  $100 \text{ KN/m}^2$ .
- Tensión media en situación de depósito vacío en torno a los  $60 \text{ KN/m}^2$ , tensión máxima de  $115 \text{ KN/m}^2$ , no superándose pues la tensión admisible de hundimiento. Distribución trapezoidal con la totalidad de la base comprimida.
- Momento de fisuración en el talón y en la puntera superior al momento de servicio, permitiéndonos mejorar los requisitos de estanqueidad.
- Cortante resistido por la zapata sin necesidad de disponer armadura para tal fin superior al cortante solicitante, tanto en puntera y talón en todas las situaciones de dimensionado.

Se dispondrá el siguiente esquema de armado:



### 14.3-LOSA DE IMPERMEABILIZACIÓN

Ya se ha enunciado la dificultad del estudio de la interacción suelo-estructura y la amplia gama de variables que intervienen y se retroalimentan. De ahí que en el intento de aproximarse a la realidad existan diversos métodos de cálculo para cimentaciones continuas.

El análisis y cálculo de la losa se realizará modelando ésta como una placa flotante de 25 cm de espesor, idealizando la respuesta del terreno mediante unos resorte cuya rigidez se establecerá a través de un factor denominado módulo de balasto del suelo. El coeficiente de balasto  $K_s$  es un parámetro que se define como la relación entre la presión que actúa en un punto,  $p$ , y el asiento que se produce,  $y$ , es decir  $K_s = p/y$ . Este parámetro tiene dimensión de peso específico y, aunque depende de las propiedades del terreno no es una constante del mismo ya que también depende de las dimensiones del área que carga contra el terreno. Por tanto se ha de modificar el módulo de balasto determinado mediante la placa de carga, cuyo valor para el terreno que nos compete y que se indica en el informe geotécnico es de  $90 \text{ MN/m}^3$ .

Dicha adaptación a las dimensiones de la cimentación puede realizarse en función de varias características tanto del terreno como de la geometría de la losa, eligiendo en este anejo la formulación propuesta por Therzaghi:

- Para una losa cuadrada y considerando un suelo arenoso:

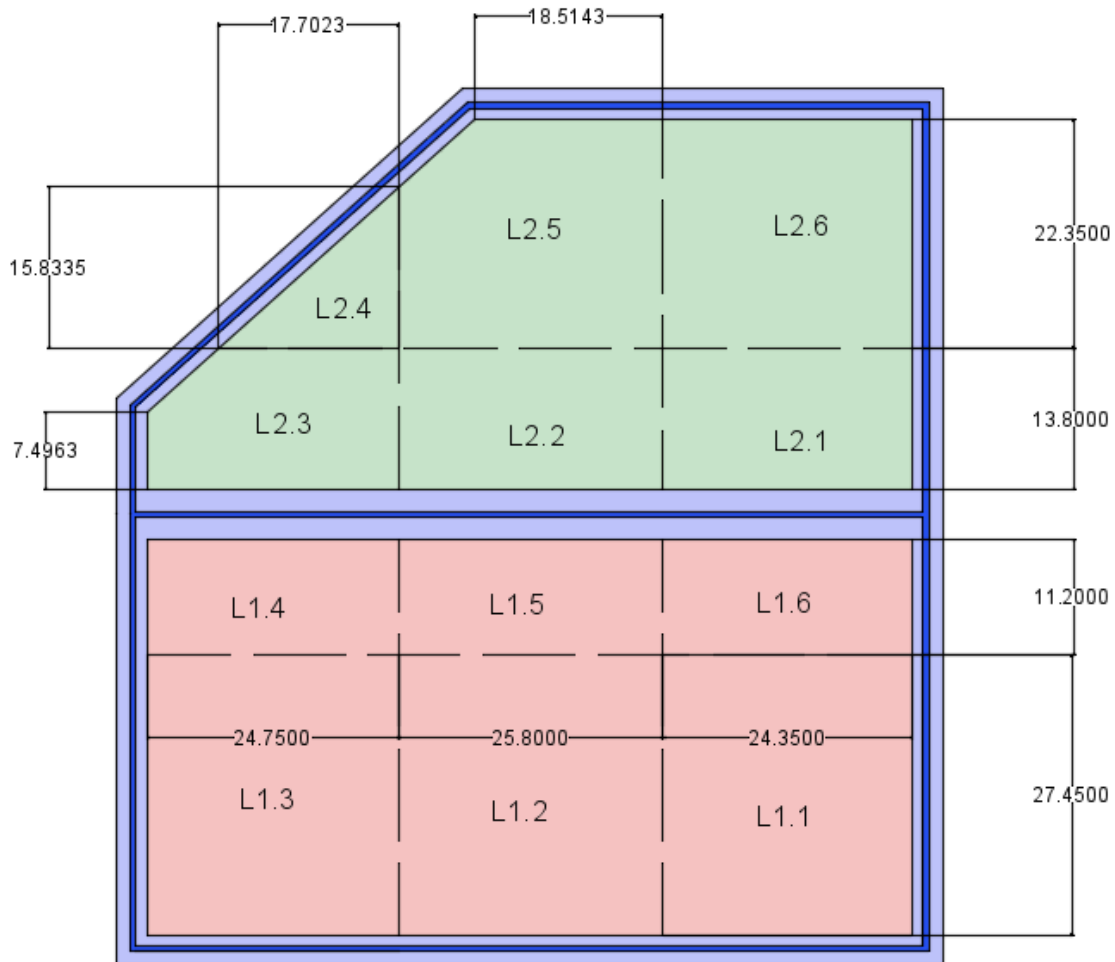
$$k = k_{30} \left( \frac{B + 0.3}{2B} \right)^2$$

- Para losa rectangular de lados  $B(\text{m})$  y  $L(\text{m})$  ( $L > B$ ) se tiene:

$$k_{\text{rectangular}} = \frac{2}{3} k_{\text{cuadrado}} \left( 1 + \frac{B}{2L} \right)$$

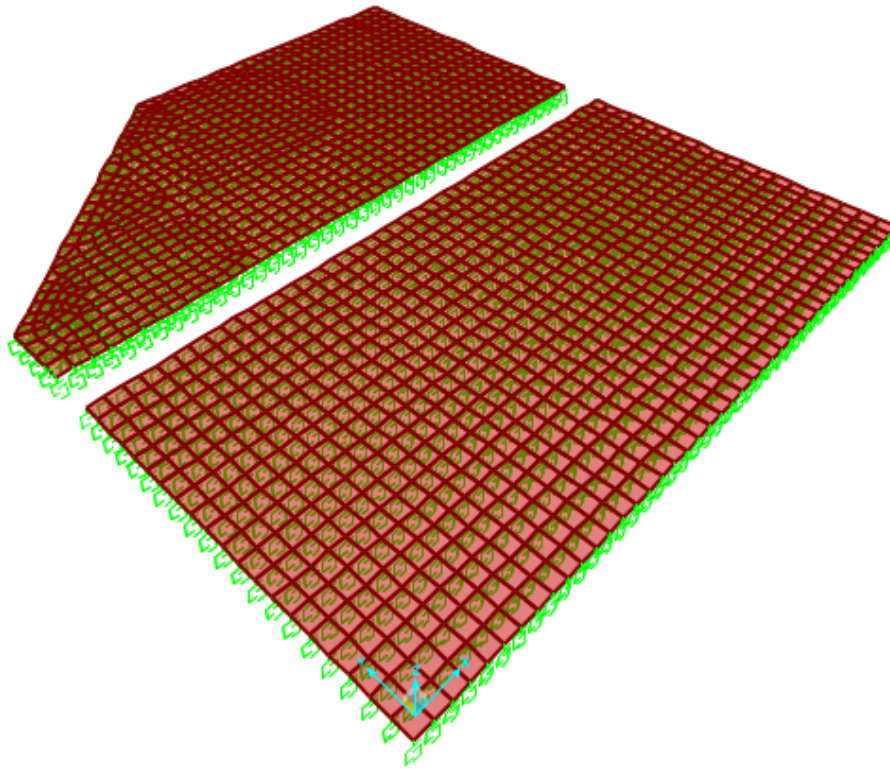
La existencia de juntas de dilatación en donde se interrumpen las armaduras delimita las superficies de las losas que forman el fondo de cada vaso, el módulo de balasto a introducir en el software en cada una de éstas losas ha de ser función de dichas dimensiones. En la siguiente imagen se muestran las divisiones en los vasos del depósito debido a las juntas de dilatación, delimitando las dimensiones de cada losa de estudio. Las losas

de geometría distinta a rectangular se modificarán a efectos de corrección del módulo de balasto, considerándose un rectángulo de área equivalente a tal losa.



| LOSA | DIMENSIONES (m) |       | M.BALASTO (Kg/cm <sup>3</sup> ) |            |            |
|------|-----------------|-------|---------------------------------|------------|------------|
|      | B               | L     | K30                             | Kcuadrado  | Krect      |
| L1.1 | 24,35           | 27,45 | 9,18                            | 2,35189867 | 2,26109996 |
| L1.2 | 25,8            | 27,45 | 9,18                            | 2,3486824  | 2,29932156 |
| L1.3 | 24,75           | 27,45 | 9,18                            | 2,35097355 | 2,27161856 |
| L1.4 | 11,2            | 24,75 | 9,18                            | 2,41959303 | 1,97605963 |
| L1.5 | 11,2            | 25,8  | 9,18                            | 2,41959303 | 1,96122083 |
| L1.6 | 11,2            | 24,35 | 9,18                            | 2,41959303 | 1,98204913 |
| L2.1 | 13,8            | 24,35 | 9,18                            | 2,3958672  | 2,04780231 |
| L2.2 | 13,8            | 25,8  | 9,18                            | 2,3958672  | 2,02239051 |
| L2.3 | 13,8            | 23,2  | 9,18                            | 2,3958672  | 2,07021515 |
| L2.4 | 7               | 20    | 9,18                            | 2,49592959 | 1,9531897  |
| L2.5 | 20              | 22,35 | 9,18                            | 2,36436638 | 2,27921745 |
| L2.6 | 22,35           | 24,35 | 9,18                            | 2,35702423 | 2,29019993 |

Puede verse a continuación el modelo realizado mediante Sap2000, en la que se ha introducido una serie de divisiones en cada losa y se ha asignado un resorte cuya rigidez se determina en la anterior tabla en función de la zona en que se encuentre.

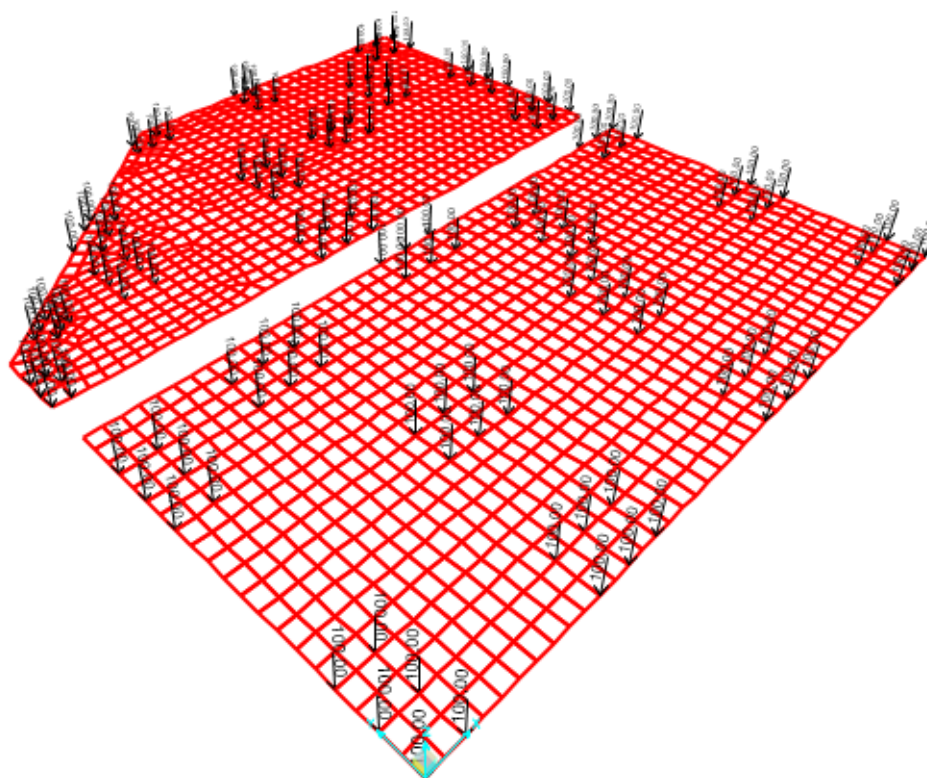


### **14.3.1-Resultados modelo Sap2000**

#### **14.3.1.1- Esfuerzos en ELU**

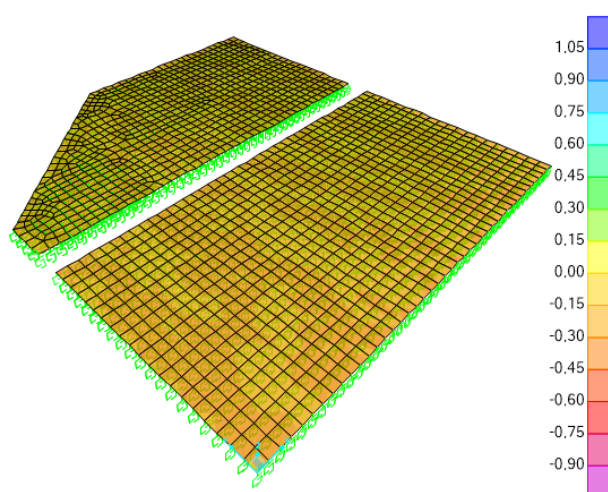
Se ha estudiado las solicitaciones en la losa en situación de depósito lleno, es decir, sometidas a la presión del agua y al peso propio de la losa, y además, se ha considerado realizar el cálculo en situación de limpieza o reparación adoptando unas sobrecargas puntuales sobre ciertos nodos que representan las acciones producidas por la maquinaria empleada para tal fin.

En la siguiente imagen se puede ver la distribución de sobrecargas asignadas.

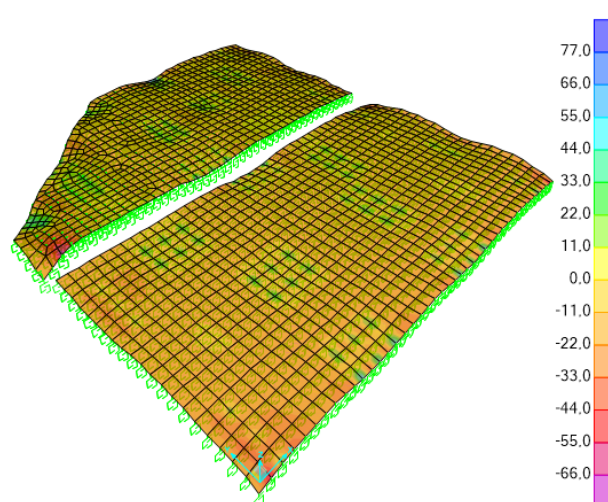


#### 14.3.1.1.1- Momentos (1-1)

M11-Depósito lleno

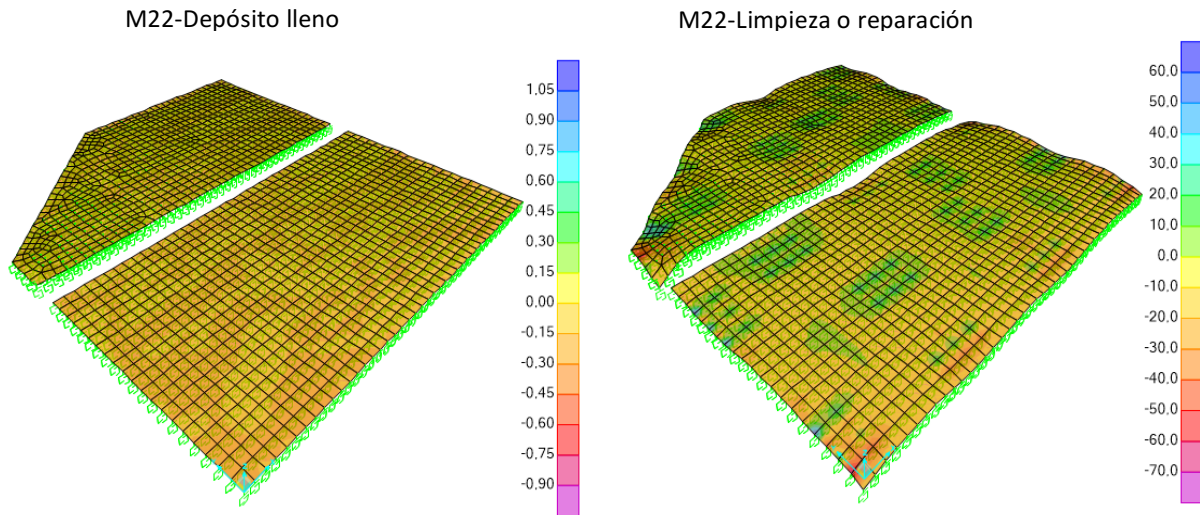


M11-Limpieza o reparación

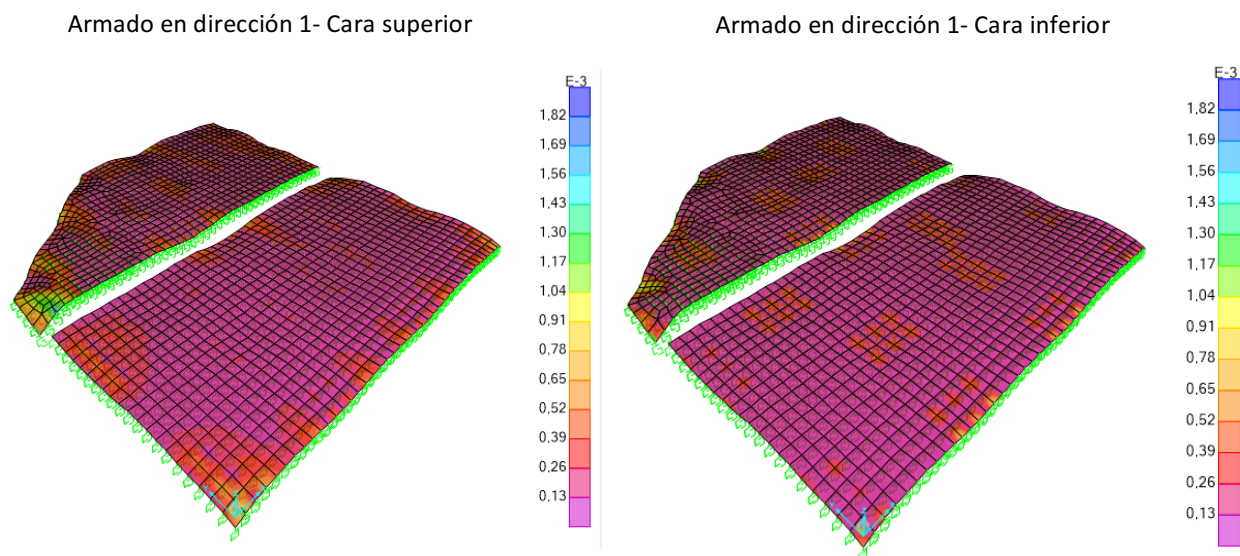




### 14.3.1.1.2- Momentos (2-2)

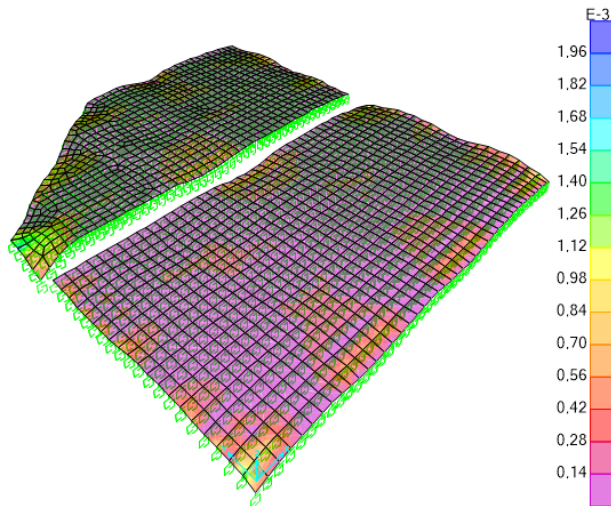


### 14.3.1.2- Armado (ELU)

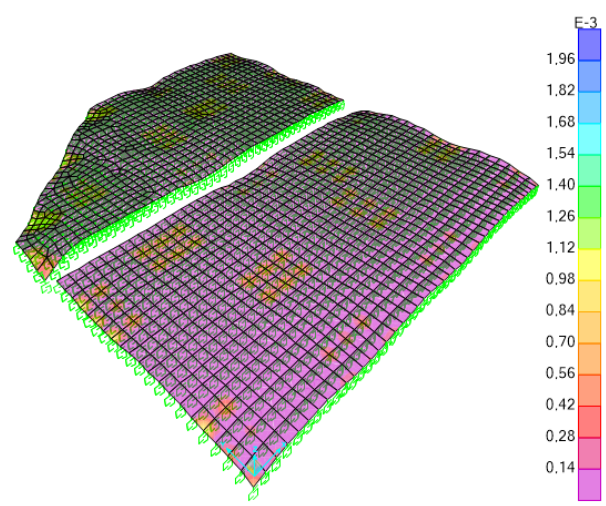




Armado en dirección 2- Cara superior



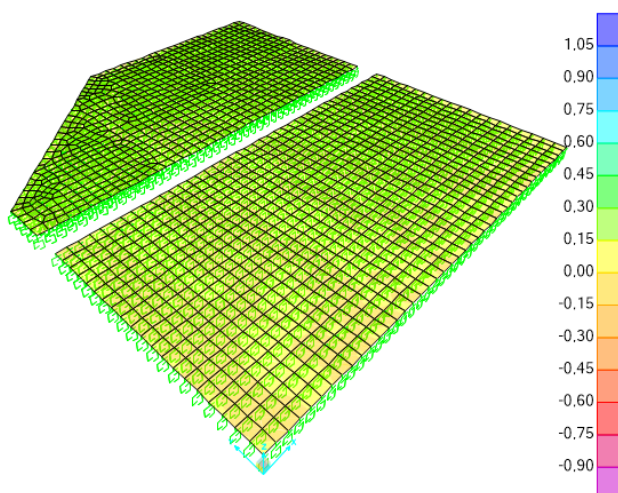
Armado en dirección 2- Cara inferior



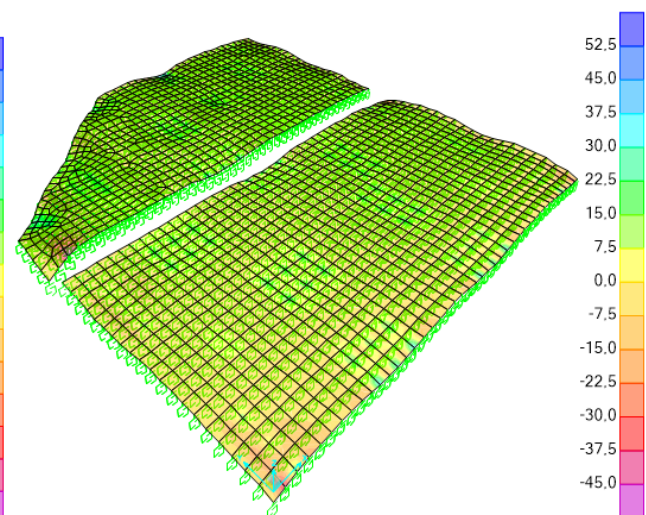
### 14.3.1.3- Esfuerzos en ELS

#### 14.3.1.3.1- Momentos (1-1)

M11-Depósito lleno

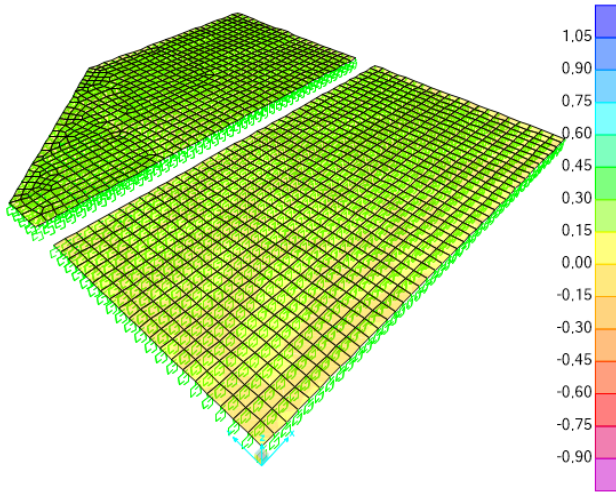


M11-Limpieza o reparación

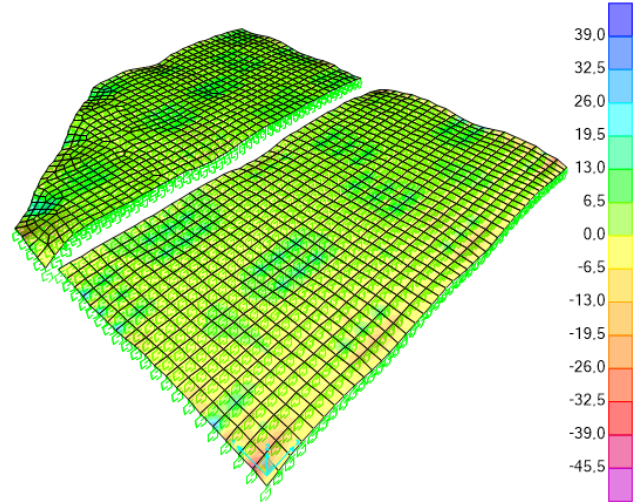


#### 14.3.1.3.2- Momentos (2-2)

M22-Depósito lleno



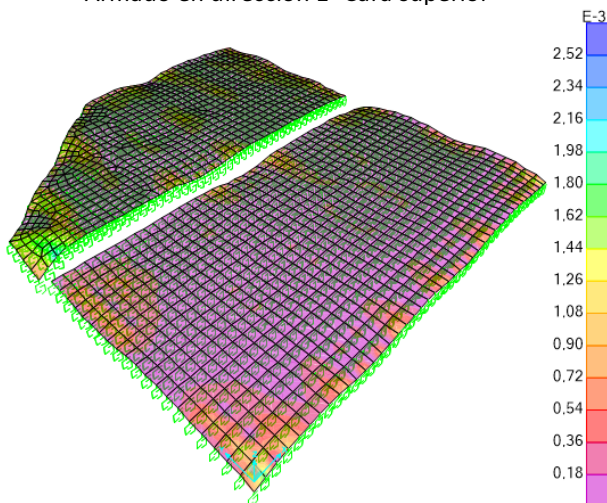
M22-Limpieza o reparación



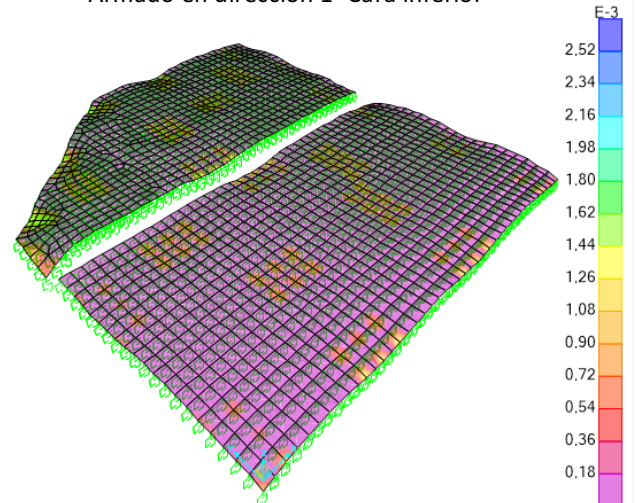
#### 14.3.1.4- Armado por fisuración (ELS)

Para obtener el armado necesario que evite la aparición de aberturas de fisura de anchos superiores a 0,15 mm, se ha seguido las consideraciones del método clásico basadas en la limitación de tensiones admisibles. De tal forma, se ha limitado la resistencia de las barras de refuerzo a  $180 \text{ N/mm}^2$ , supuesto sancionado por la experiencia para solicitaciones de flexión con resultados satisfactorios. Se mostrarán a continuación los resultados obtenidos:

Armado en dirección 1- Cara superior

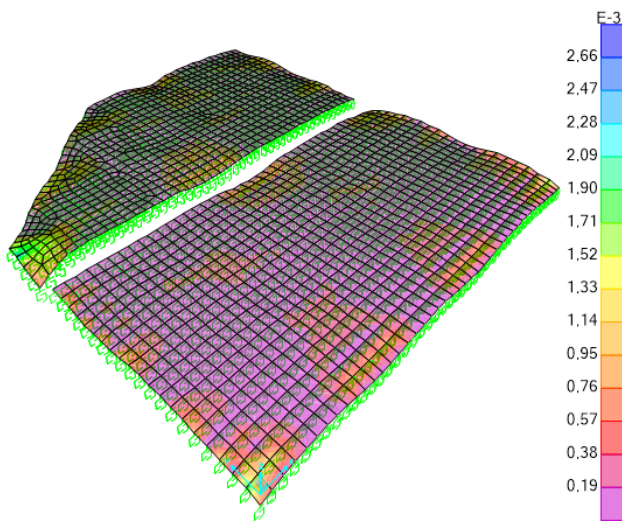


Armado en dirección 1- Cara inferior

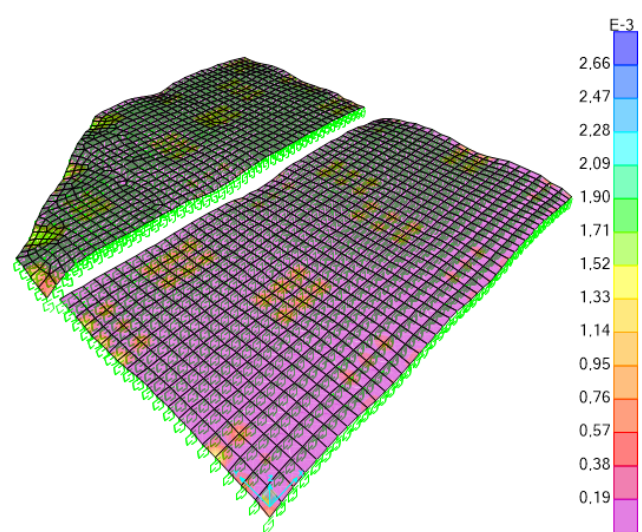




Armado en dirección 2- Cara superior



Armado en dirección 2- Cara inferior



### 14.3.2-Resultados del modelo Excel

Asumiendo los esfuerzos de diseño obtenidos por el modelo Sap2000 en el que se aplica el procedimiento de cálculo de los elementos finitos, presentando los resultados, para elementos superficiales, una mayor exactitud, se dimensionará la losa de impermeabilización mediante la hoja Excel programada para el dimensionamiento de secciones de hormigón empleada anteriormente, se calcularán las armaduras mínimas de norma y se compararán los resultados obtenidos entre modelos, proponiendo el armado de la losa.

Se obtienen los resultados siguientes:

|             |          | CARA SUPERIOR  |          |                |          | CARA INFERIOR  |          |                |   | MIN GEO (cm2/m) | MIN MEC (cm2/m) |
|-------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|---|-----------------|-----------------|
|             |          | MODELO SAP     |          | MODELO EXCEL   |          | MODELO SAP     |          | MODELO EXCEL   |   |                 |                 |
| DIRECCION 1 | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) |   |                 |                 |
|             | 55       | 7,5            | 55       | 6,56           | 55       | 7,5            | 55       | 6,56           | 3 | 4,6             |                 |
| DIRECCION 2 | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Md (mKN) | Ascalc (cm2/m) |   |                 |                 |
|             | 55       | 7.5            | 55       | 6.56           | 55       | 7.5            | 55       | 6.56           |   |                 |                 |

*\*Se opta por disponer armadura en dos capas simétricas tanto en dirección longitudinal como en la transversal. El armado viene condicionado por la sobrecarga de la maquinaria de limpieza o reparación, por tanto se dispondrá en toda la superficie de la losa por suponerse que dicha maquinaria se desplazará en cualquier dirección en los trabajos pertinentes.*

Respecto al armado de fisuración, se observa que la condición basada en el cálculo clásico en el que se ha establecido el límite elástico del acero en  $180 \text{ N/mm}^2$  requiere de una cuantía de armado excesiva. El momento máximo en servicio es de 30 mKN, siendo el momento de fisuración de la losa de 30,17 mKN. Por tanto, la losa no fisuraría y no sería necesario variar el armado por requerimientos de fisuración, pero debido a la cercanía de los valores, se considera calcular la abertura de fisura para un momento de servicio de 35 mKN.

|             |            | CARA SUPERIOR  |                |              |            | CARA INFERIOR  |                |              |   | MIN GEO (cm2/m) | MIN MEC (cm2/m) |
|-------------|------------|----------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|---|-----------------|-----------------|
|             |            | MODELO SAP     |                | MODELO EXCEL |            | MODELO SAP     |                | MODELO EXCEL |   |                 |                 |
| DIRECCION 1 | Mser (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Ascalc (cm2/m) |              | Mser (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Ascalc (cm2/m) |              | 3 | 4,6             |                 |
|             | 30         | 12,5           | 9,05           |              | 30         | 12,5           | 9,05           |              |   |                 |                 |
|             | 35         | 13             | Wk (mm)        | 0,17         | 35         | 13             | Wk (mm)        | 0,17         |   |                 |                 |
| DIRECCION 1 | Mser (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Ascalc (cm2/m) |              | Mser (mKN) | Ascalc (cm2/m) | Ascalc (cm2/m) |              |   |                 |                 |
|             | 30         | 12,5           | 9,05           |              | 30         | 12,5           | 9,05           |              |   |                 |                 |
|             | 35         | 13             | Wk (mm)        | 0.17         | 35         | 13             | Wk (mm)        | 0.17         |   |                 |                 |

Se establece el armado necesario por condiciones de fisuración en 9,05 cm<sup>2</sup>/m, condición que se verifica estableciendo  $\phi 12/15$ .

Se dispondrá la misma cuantía de armado en ambos paramentos y en ambas direcciones, formando retículas regulares, de forma que se mejore el comportamiento frente a fenómenos reológicos y se mejoren los requisitos de estanqueidad.

## 15-LONGITUDES DE ANCLAJE Y SOLAPE

En el presente capítulo se van a obtener las longitudes de anclaje y solape necesarias para el buen funcionamiento del armado.

Se seguirá la formulación propuesta por la instrucción Española (art. 69).

Los anclajes extremos de las barras deben asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste, pudiéndose efectuarse mediante diversas disposiciones, eligiéndose en este anejo la terminación en prolongación recta, por ser la condición más exigente y presentar mayor generalidad en la mayor parte de estructuras.

Las longitudes de anclaje dependen de la posición que ocupan las barras respecto a la dirección del hormigonado, distinguiéndose dos posiciones de adherencia:

- *Posición 1, de adherencia buena:* Barras que forman entre 45° y 90°, y, las que formando un ángulo menor, están situadas en la mitad inferior de la pieza o a una distancia igual o mayor que 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
- *Posición 2, de adherencia deficiente:* Barras no incluidas en el caso anterior.

En la presente estructura, la totalidad del armado vertical y la mayor parte del armado transversal se encuentran en posición 1, pero se considera también el cálculo en posición 2 para otras secciones de la estructura como el armado superior de la zapata de cimentación etc.

La longitud de anclaje por prolongación recta,  $l_b$ , tanto en tracción como en compresión, viene dada por las fórmulas:

- Barras en *posición 1*:

$$l_{bI} = m \cdot \phi^2 > \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi$$

- Barras en *posición 2*:

$$l_{bII} = 1.4 \cdot m \cdot \phi^2 > \frac{f_{yk}}{14} \cdot \phi$$

con los siguientes significados:

|            |  |
|------------|--|
| $l_b$      | = longitud de anclaje por prolongación recta, en cm.               |
| $f_{yk}$   | = límite elástico característico del acero, en N/mm <sup>2</sup> . |
| $\phi$     | = diámetro de la barra, en cm.                                     |
| $m_1, m_2$ | = valores dados en la siguiente tabla.                             |

| Resistencia<br>característica del<br>hormigón (N/mm <sup>2</sup> ) | m       |         |
|--|---------|---------|
|  | B 400 S | B 500 S |
|  | B400SD  | B 500SD |
| 25   | 1,2     | 1,5     |
| 30   | 1,0     | 1,3     |
| 35   | 0,9     | 1,2     |
| 40   | 0,8     | 1,1     |
| 45   | 0,7     | 1,0     |
| ≥50  | 0,7     | 1,0     |

Si la armadura realmente existente,  $A_{s,real}$ , es mayor que la estrictamente necesaria,  $A_s$ , las longitudes de anclaje  $l_b$  indicadas anteriormente pueden reducirse al valor:

$$l_{b,neta} = l_b * \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

cuyo valor no ha de ser inferior a los siguientes:

- $0,33 * l_b$  para barras en tracción y  $0,66 * l_b$  para barras en compresión.
- $10 \phi$
- 15 cm

Cuando puedan existir efectos dinámicos las longitudes de anclaje deben aumentarse en  $10 \phi$ .

Como se ha visto la longitud neta de anclaje depende de un coeficiente, cociente entre la armadura estrictamente necesaria y la armadura dispuesta. Para mayor generalidad en el cálculo, se realiza el cálculo de las longitudes de anclaje netas adoptando el coeficiente más elevado, es decir, se determina la longitud neta de anclaje a partir de aquella sección en la que la armadura necesaria es más próxima a la armadura dispuesta, estableciéndonos del lado de la seguridad. Se adopta un valor de 0,95 para el coeficiente de incremento de armado.

Asumiendo un recubrimiento de la armadura de 4 cm, para la tipología de anclaje por prolongación recta y despreciando en incremento de la longitud de anclaje en zonas sísmicas, se obtienen los siguientes resultados:

| Certificada (cm) |            |        |            |        |
|------------------|------------|--------|------------|--------|
| $K_{arm} = 0,95$ | $l_{bnet}$ |        |            |        |
| $\phi$ (mm)      | TRACCIÓN   |        | COMPRESIÓN |        |
|                  | POS I      | POS II | POS I      | POS II |
| 6                | 15,00      | 15,00  | 15,00      | 20,31  |
| 8                | 15,00      | 20,00  | 18,96      | 27,09  |
| 10               | 15,00      | 25,00  | 23,70      | 33,86  |
| 12               | 15,00      | 30,00  | 28,44      | 40,63  |
| 14               | 15,00      | 35,00  | 33,18      | 47,40  |
| 16               | 16,00      | 40,00  | 37,92      | 54,17  |
| 20               | 20,00      | 50,00  | 47,40      | 67,71  |
| 25               | 25,00      | 62,50  | 59,25      | 84,64  |
| 32               | 32,00      | 80,00  | 75,84      | 108,34 |
| 40               | 40,00      | 100,00 | 94,80      | 135,43 |

El empalme de las armaduras se realizará por solapo, adosando las dos barras a empalmar en la posición que mejor permita el hormigonado, dejando una separación entre ellas de  $4\phi$  como máximo.

Según la Instrucción española, la longitud de solapo de las barras que trabajen en tracción debe ser :

$$l_s \geq \alpha_l \cdot l_b$$

cuyo valor ha de ser superior a  $l_{0,min}$ .

Puesto que la longitud de solapo de las barras permanentemente comprimidas no debe ser inferior a la longitud de anclaje  $l_b$ , pudiéndose elevarse el porcentaje de empalmes en la misma sección al 100 por 100 de las barras, y ante la tipología estructural que nos encontramos en la que las barras dispuestas (la mayor parte) alternan entre funcionamiento a tracción y a compresión dependiendo de la situación de uso, la longitud de solapo considerada será la más restrictiva entre las diversas posibilidades.



El coeficiente  $\alpha_l$  depende de la separación de las armaduras solapadas y el porcentaje de empalmes en la misma sección. Su valor se obtiene de la siguiente tabla:

| Distancia entre los empalmes más próximos (figura 69.5.2.2.a) | Porcentaje de barras solapadas trabajando a Tracción, con relación a la sección total de acero |     |     |     |     | Barras solapadas trabajando normalmente a compresión en cualquier porcentaje |
|---|--|-----|-----|-----|-----|--|
|   | 20   | 25  | 33  | 50  | >50 |  |
| $a \leq 10 \phi$  | 1,2  | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 1,0  |
| $a > 10 \phi$   | 1,0  | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,0  |

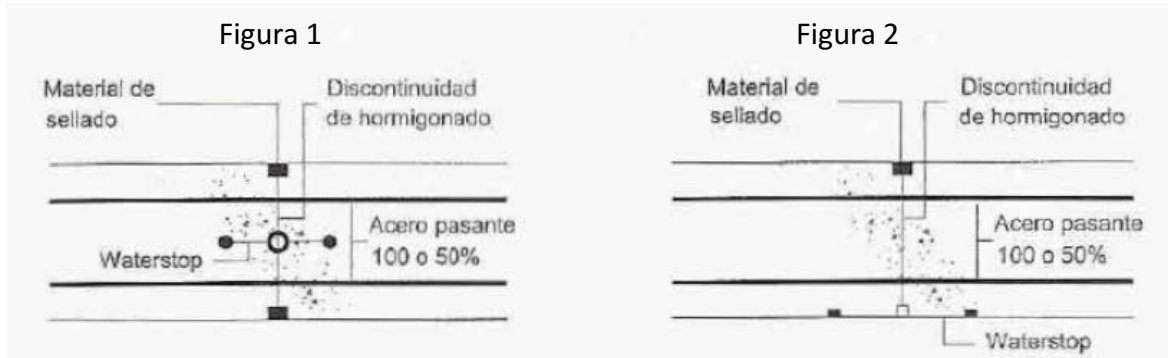
Generalizando y estableciéndonos del lado de la seguridad, en los cálculos realizados se ha supuesto una distancia entre empalmes más próximos menor a  $10 \phi$ , con un porcentaje de barras solapadas trabajando en tracción con relación a la sección total de acero mayor al 50 por 100.

| Certificada (cm) |          |        |            |        |              |     |
|------------------|----------|--------|------------|--------|--------------|-----|
| $K\ arm = 0,95$  | lbnet    |        |            |        | $l_{solapo}$ |     |
| $\phi\ (mm)$     | TRACCIÓN |        | COMPRESIÓN |        |              |     |
|                  | POS I    | POS II | POS I      | POS II |              |     |
| 6                | 15,00    | 15,00  | 15,00      | 20,31  | 30           | 30  |
| 8                | 15,00    | 20,00  | 18,96      | 27,09  | 30           | 40  |
| 10               | 15,00    | 25,00  | 23,70      | 33,86  | 30           | 50  |
| 12               | 15,00    | 30,00  | 28,44      | 40,63  | 30           | 60  |
| 14               | 15,00    | 35,00  | 33,18      | 47,40  | 33,18        | 70  |
| 16               | 16,00    | 40,00  | 37,92      | 54,17  | 37,92        | 80  |
| 20               | 20,00    | 50,00  | 47,40      | 67,71  | 47,4         | 100 |
| 25               | 25,00    | 62,50  | 59,25      | 84,64  | 59,25        | 125 |
| 32               | 32,00    | 80,00  | 75,84      | 108,34 | 75,84        | 160 |
| 40               | 40,00    | 100,00 | 94,80      | 135,43 | 94,8         | 200 |

## 16-JUNTAS DE DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN

Siguiendo las recomendaciones de Calavera (2001) se dispondrán juntas de retracción tanto en el alzado de los muros como en las losas de impermeabilización cada 7,5 metros, y a ser posible, haciéndolas coincidir con las juntas de construcción.

Se muestran a continuación el detalle de las juntas tanto en las paredes (figura 1), como en la solera (figura 2):

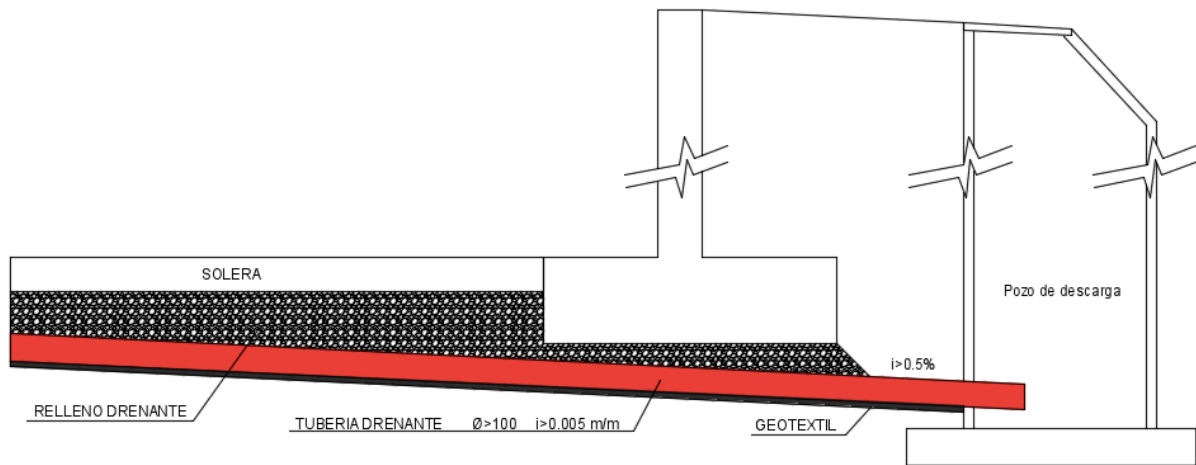
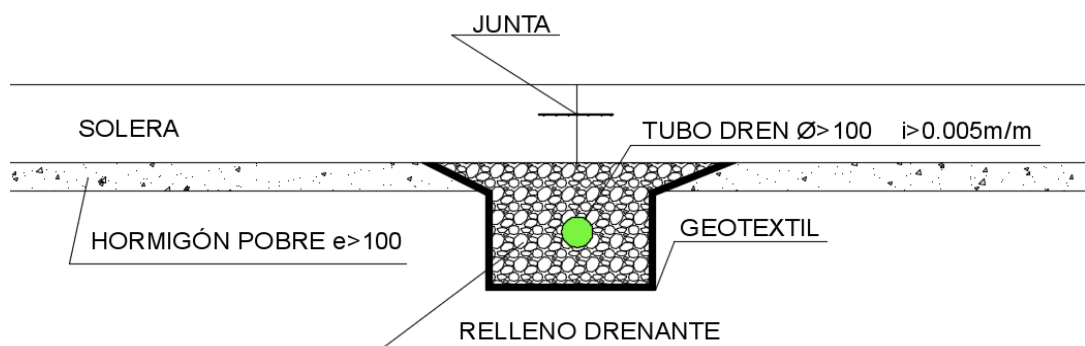
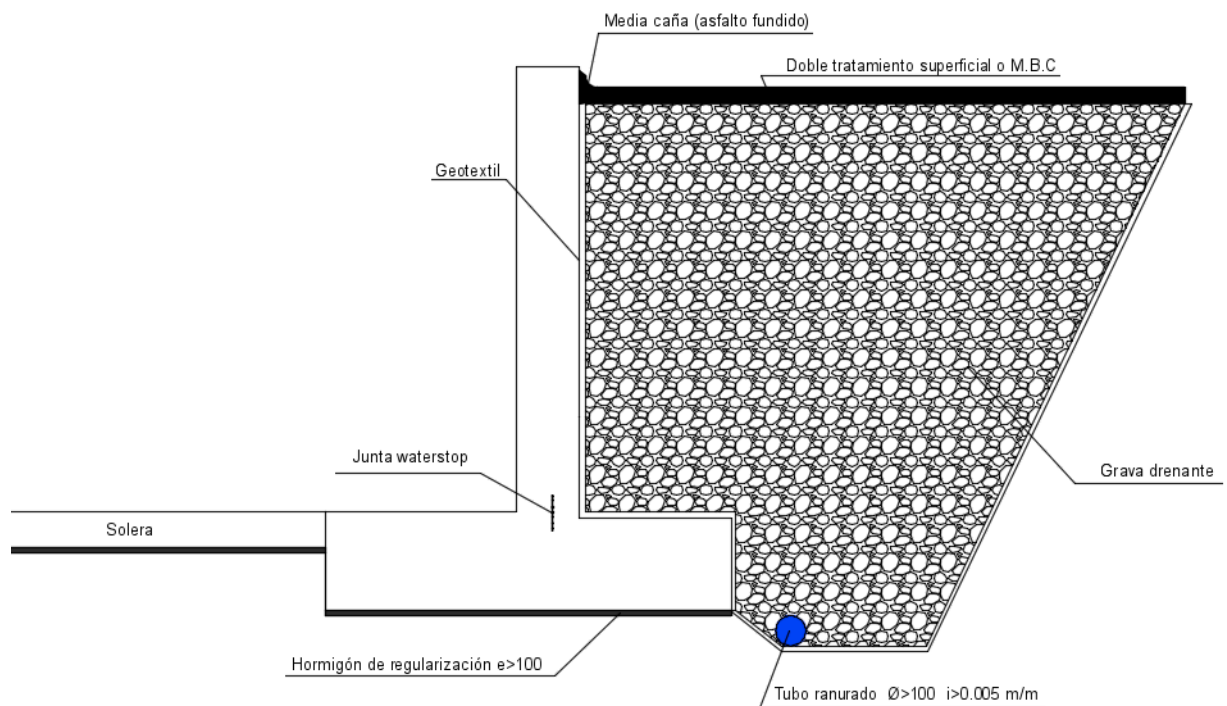


Se diseñaran con armadura pasante, grieta inducida y bandas de estanqueidad waterstop en dirección perpendicular a ésta.

Con el objetivo de paliar los efectos reológicos que afectan a la estructura se disponen juntas de dilatación con la separación y distribución presentadas en capítulos ulteriores. Las juntas se diseñarán con espesor de 30 mm de polietileno expandido con armadura interrumpida, sellado y banda de estanqueidad waterstop en la dirección perpendicular. En la figura 3 se muestra la tipología de junta de dilatación a disponer en el alzado de los muros mientras que en la figura 4 se muestra la tipología a disponer en la losa de fondo.





**-DETALLE 1: Tubería drenante bajo muro****-DETALLE 2: Detalle de drenaje bajo junta****-DETALLE 3: Detalle de drenaje perimetral**

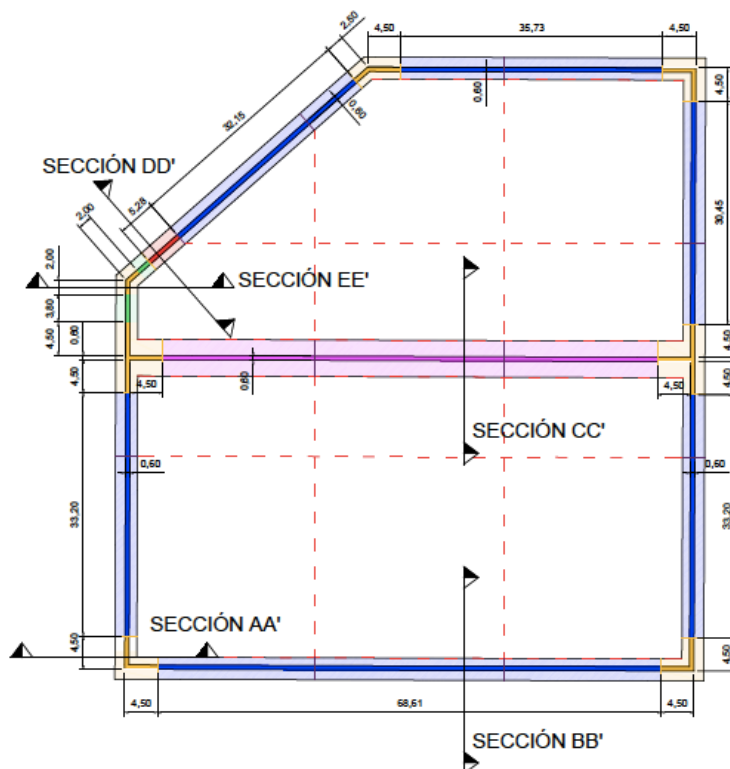
## 18-MEDICIONES

Se muestran en este apartado las mediciones de los materiales necesarios para la realización de la obra, centrándonos en el hormigón y el acero.

En el documento planos se muestra el despiece de cada uno de los elementos propuestos, el mismo se plantea por zonas, pues el armado difiere según la zona de la estructura.

Se plantea el despiece de los muros perimetrales, el muro divisorio, las zapatas perimetrales, la zapata del muro divisorio, y por último, el de las losas de impermeabilización.

### -Despiece de los muros



LEYENDA:

|        |  |
|--------|--|
| ZONA A |  |
| ZONA B |  |
| ZONA C |  |
| ZONA D |  |
| ZONA E |  |

Juntas dil.

*\*Se calcula la medición de acero vertical de los muros por zonas (de igual armado o de ligera variación).*

Zona A: 21577,23 kg de acero  
 Zona B: 90707,63 kg de acero  
 Zona C: 44673,26 kg de acero  
 Zona D: 2173,68 kg de acero  
 Zona E: 1496,82 kg de acero  
 TOTAL MUROS: 160628,62 Kg de acero  
 TOTAL LOSAS: 61104,15 kg de acero  
 TOTAL : 221,73 Toneladas de acero

Volumen de hormigón :  
 aprox. 3156,6 m<sup>3</sup>

## 19-LISTADO DE CÁLCULOS

Se expondrán a continuación los cálculos realizados, tanto los relativos al dimensionamiento seccional del alzado de los muros como los relativos a las comprobaciones de fisuración y cortante.

Para tal fin se han programado unas hojas de cálculo en Excel basadas en la sistemática expuesta en capítulos anteriores.

**SECCIÓN**  
Unidades en metros  
b: 0,6 m; h: 1 m; fck: 30 MPa; fyd: 435 MPa; fctd: 2,00 MPa; fctk: 0,06 MPa; fctk: 0,06 MPa; fctk: 0,06 MPa

**MATERIALES**  
Hormigón: fck: 30 MPa; T.M.A.: 20; Tipo: B-500S; Seguridad: 1,5

**COEF. SEGURIDAD**  
Hormigón: γc: 1,5; Acero: γs: 1,15

**ACCIONES**  
Nd (kN): 116,44; Md (m.kN): 570,1

**RESULTADOS**  
ARMADURA ZONA DE TRACCIÓN AS (cm²): 24,25  
POR CÁLCULO: 24,25  
POR MÍNIMOS MEC: 11,04  
AS A DISPOSER: 24,25

ARMADURA ZONA COMPRESIDA AS' (cm²): 0  
POR CÁLCULO: 0  
POR MÍNIMOS MEC: 0,13  
AS' A DISPOSER: 0,13

NOTA: Los valores en negrita cumplen con la separación mínima. Verificar la disposición de grupo de barras. Si se superan las separaciones mínimas, se debe colocar armadura de plad. No se recomienda disponer más de 150 cm de espaciamiento de consecución.

**TABLA DE ARMADO**

| ARMADURA TRACCIONADA |    |       |       |           |          | ARMADURA COMPRESIDA |    |       |       |           |           |
|----------------------|----|-------|-------|-----------|----------|---------------------|----|-------|-------|-----------|-----------|
| # barras             | φ  | Área  | SREAL | Smin/Smax | % exceso | # barras            | φ  | Área  | SREAL | Smin/Smax | % exceso  |
| 06                   | 6  | 24,32 | 0,5   | 2,5/3,0   | 0%       | 1                   | 6  | 0,28  | -     | 2,5/3,0   | 117,49%   |
| 08                   | 8  | 34,43 | 1,14  | 2,5/3,0   | 2%       | 1                   | 8  | 0,5   | -     | 2,5/3,0   | 180,66%   |
| 11                   | 10 | 34,95 | 2,1   | 2,5/3,0   | 0%       | 1                   | 10 | 0,79  | -     | 2,5/3,0   | 301,15%   |
| 22                   | 12 | 24,88 | 3,22  | 2,5/3,0   | 3%       | 1                   | 12 | 1,13  | -     | 2,5/3,0   | 740,36%   |
| 16                   | 14 | 24,63 | 4,77  | 2,5/3,0   | 2%       | 1                   | 14 | 1,54  | -     | 2,5/3,0   | 1014,14%  |
| 13                   | 16 | 26,14 | 6,1   | 2,5/3,0   | 8%       | 1                   | 16 | 2,01  | -     | 2,5/3,0   | 1416,67%  |
| 8                    | 20 | 25,13 | 11,14 | 2,5/3,0   | 4%       | 1                   | 20 | 3,14  | -     | 2,5/3,0   | 2316,63%  |
| 5                    | 25 | 24,54 | 20,38 | 2,5/3,0   | 1%       | 1                   | 25 | 4,91  | -     | 2,5/3,0   | 5073,97%  |
| 4                    | 32 | 32,17 | 27,07 | 3,2/3,0   | 83%      | 1                   | 32 | 8,04  | -     | 3,2/3,0   | 6985,52%  |
| 2                    | 40 | 25,13 | 86    | 4/30      | 4%       | 1                   | 40 | 12,57 | -     | 4/30      | 15516,49% |

GENERAR INFORME DE CÁLCULO MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO

Captura de pantalla de la hoja Excel para dimensionamiento frente a solicitaciones normales

Nota: La programación de la hoja de cálculo realizada en Excel sólo permite el dimensionamiento para solicitaciones en que el momento sea positivo. Por tanto, para dimensionamiento con momentos negativos se introducirán como positivos en dicha hoja y se interpretará las posiciones de las armaduras (traccionada y comprimida) calculadas.

**DATOS A INTRODUCIR**

**DIMENSION DE LA SECCIÓN**  
h: 0,5 m; h0: 1 m; fctk: 0,06 MPa; fctk: 0,06 MPa; d: 0,34 m

**DISPOSICIÓN DE ARMADO**  
# barras comprimidas: 10; φ barras comprimidas: 25; As (cm²): 49,09; # barras traccionadas: 10; φ barras traccionadas: 25; As (cm²): 49,09

**ESFUERZOS DE CÁLCULO (kN-m/kN)**  
Vd: 247,97; Nd: 86,25; Md: 475,28

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**  
Tipo Acero: LONGITUDINAL B-500S; Tipo Acero: ESTIRADOS B-500S; fck: 30 MPa; TMA: 20 mm; γs: 1,15; γc: 1,5

**CONTROL DEL HORMIGÓN**  
Control DIRECTO  
d (Ángulo de las bielas comprimidas): 27° ≤ α ≤ 63°  
α (Ángulo de los cerros si existen): 90°

**Elemento SIN ARMADURA DE CORTANTE**  
**Elemento CON ARMADURA DE CORTANTE**

**RESULTADOS**

Coef. relativos a la sección  
ξ: 26,62 mm²; ξ: 0,05 mm²; ξ: 1,61 mm²; ξ: 0,00 mm²; ξ: 45,00 mm²; ξ: 1,00 mm²; ξ: 0,486 mm

Resultados previos  
Mu: 173,70 m.kN; Vu: 3240,00 kN; La sección cumple a compresión oblicua; Vu: 486,00 kN; Vu: 486,00 kN; Vu: 0,00 kN; No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir: Vu: 486,00 kN

Interpretación de resultados  
Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección

Captura de pantalla de la hoja Excel para comprobación de cortante





## 19.1-CÁLCULOS RELATIVOS AL DIMENSIONAMIENTO POR SOLICITACIONES NORMALES

### 19.1.1-Zona R ( $N_{MAX}$ - $V_{MAX}$ - $M_{MAX}$ )

Sección: 2 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{mec \text{ sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{mec \text{ inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

#### $X = -\infty$

$X = -\infty$

$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

#### $X = +\infty$

$X = +\infty$

$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 11,64   | 0,48     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

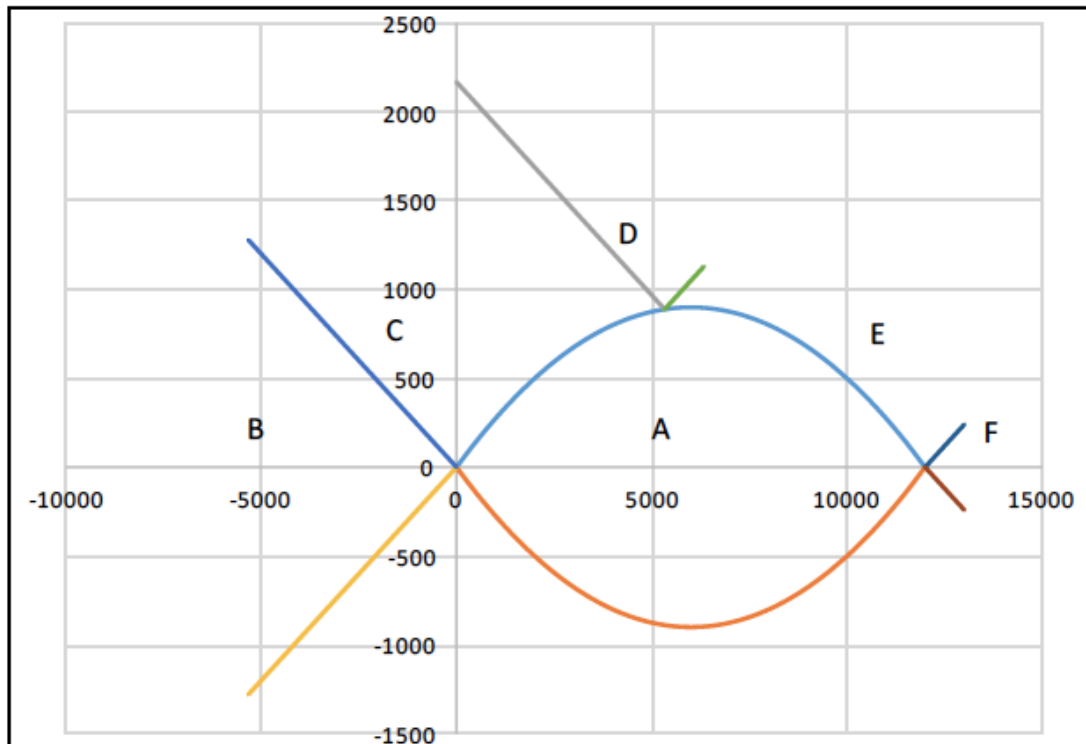
Excentricidad  $e_0 = 0,04124 \text{ m}$

$M_{1D} = 3,2736 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -2,3136 \text{ mKN}$



SITUACIÓN :

 $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$ 

ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

 $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,13 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000378995286983326 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 3 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

**Coef.de seguridad:**

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 23,29   | 3,8      |

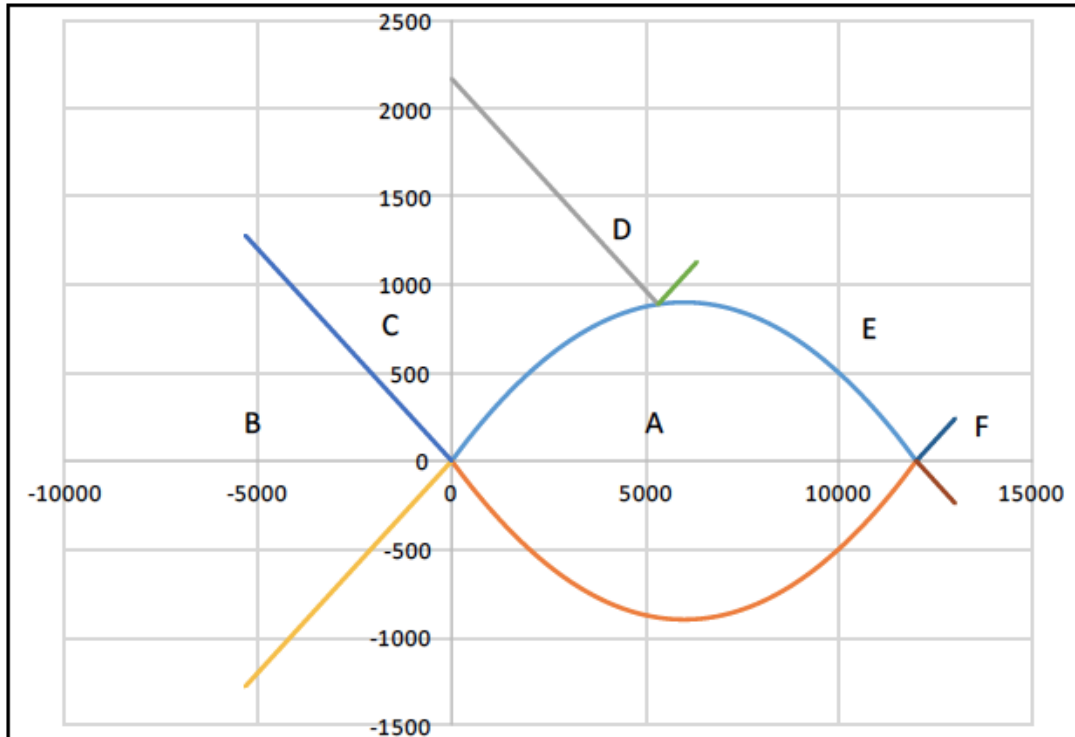
**COMPRESIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 0,16316 \text{ m}$

$M1D = 9,3896 \text{ mKN}$

$M2D = -1,7896 \text{ mKN}''$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,14 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00108763551927623 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef. de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,93   | 12,84    |

FLEXIÓN COMPUESTA

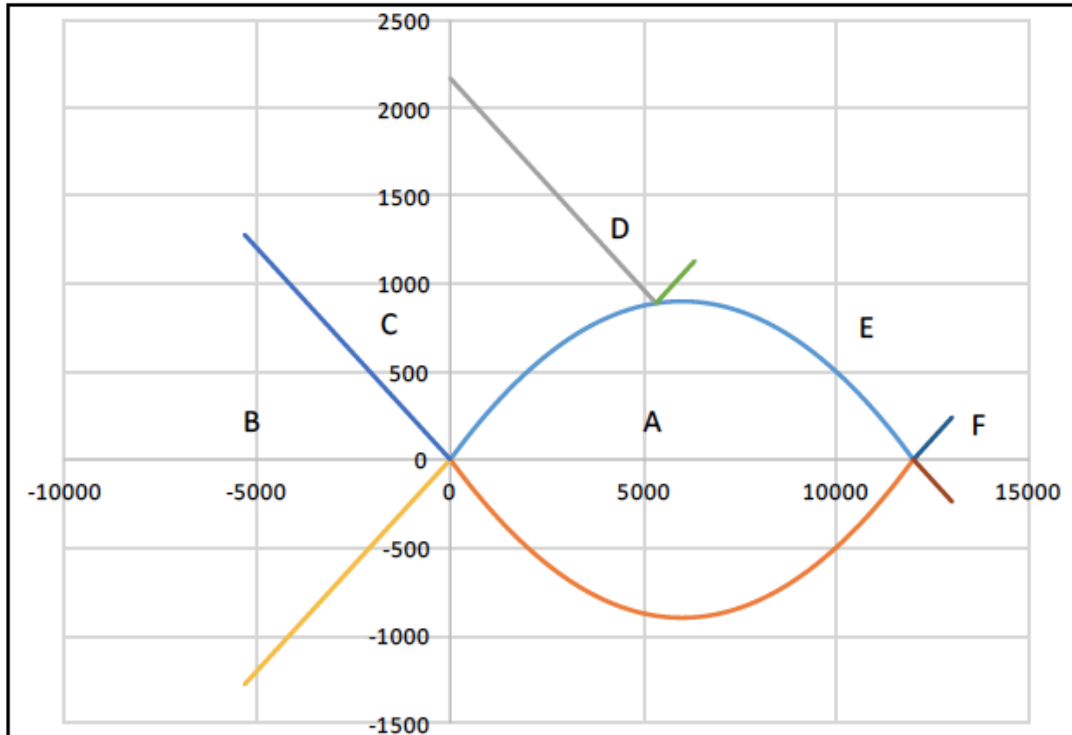
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,36759 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 21,2232 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 4,4568 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |     | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-----|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,1 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0   | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00246087474407858 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 5 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 46,57   | 30,42    |

FLEXIÓN COMPUESTA

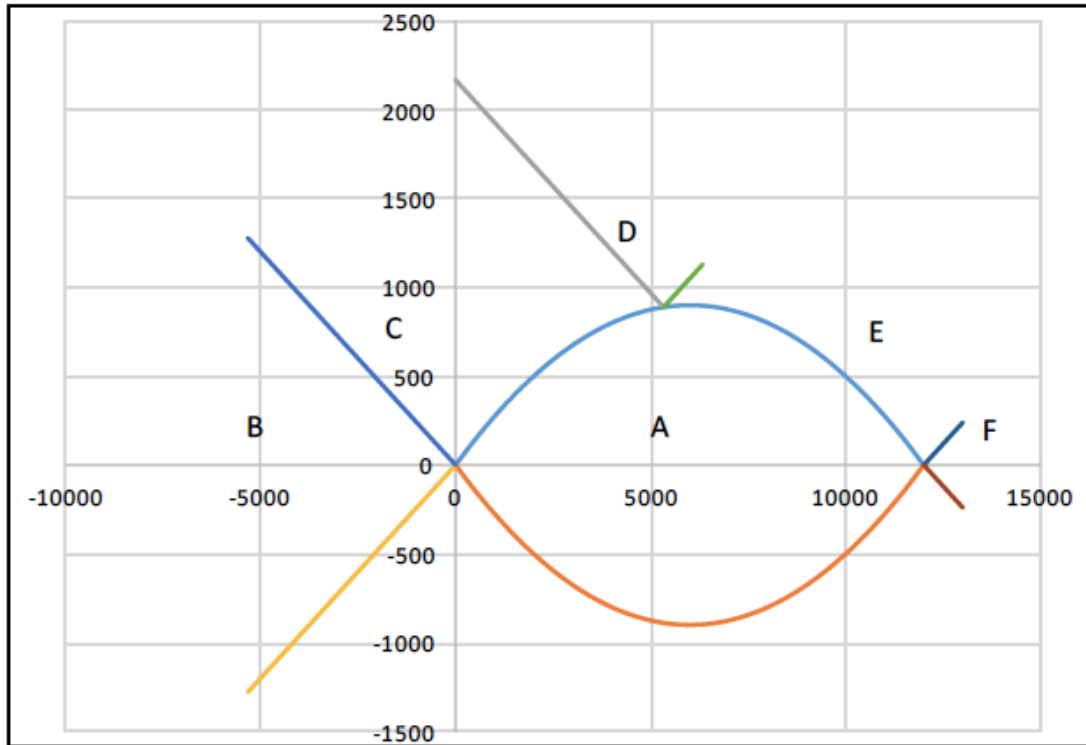
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,65321 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 41,5968 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 19,2432 \text{ mKN}''$$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,71 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00483173754645762 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 6 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 58,22   | 59,41    |

FLEXIÓN COMPUESTA

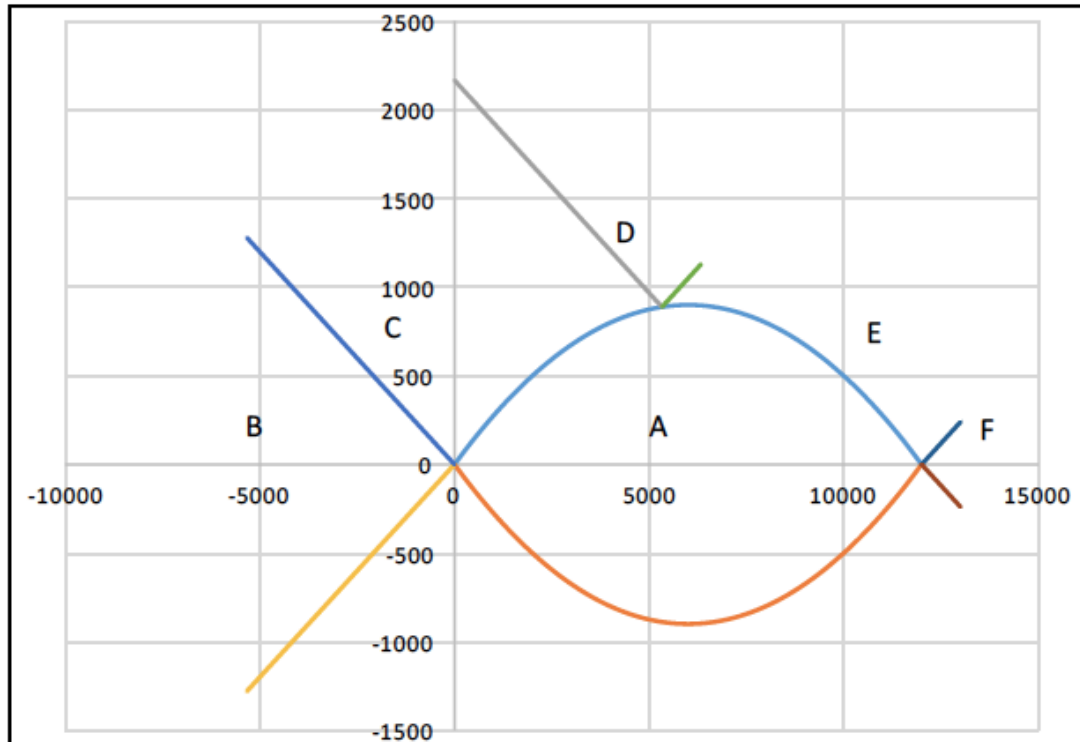
$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,02044 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 73,3828 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 45,4372 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

 $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,81 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00854749794152625 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 7 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69,86   | 102,7    |

FLEXIÓN COMPUESTA

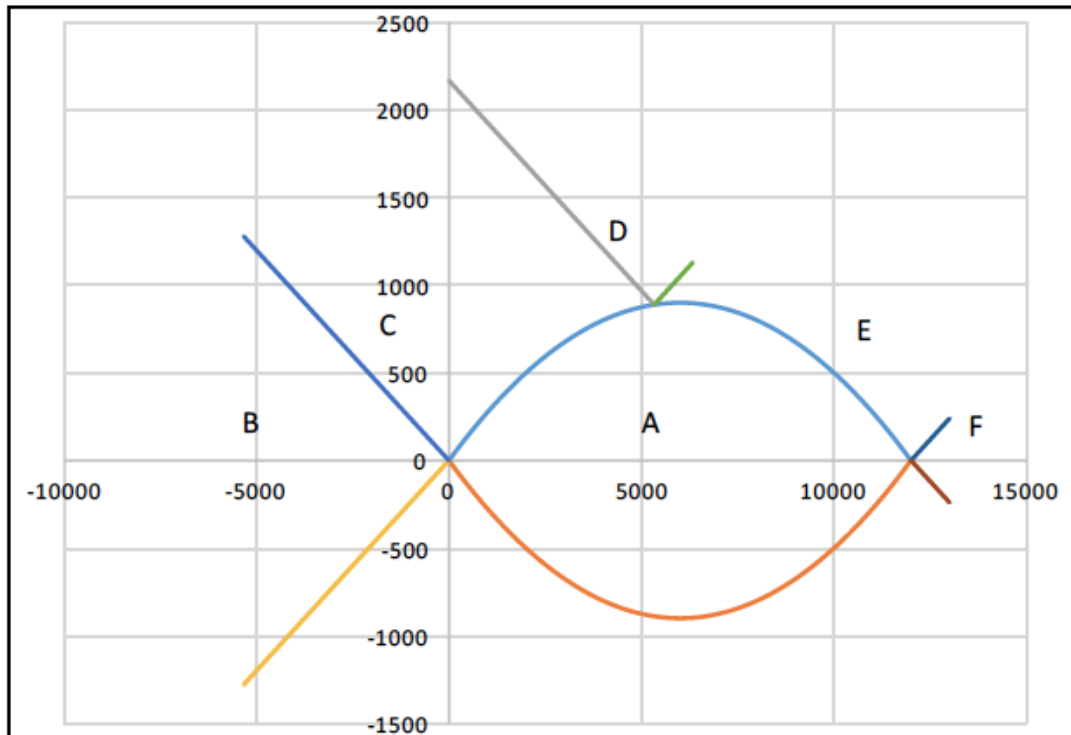
$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,47008 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 119,4664 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 85,9336 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{ítm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

 $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,53 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,013971729046329 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 8 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 81,51   | 163,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

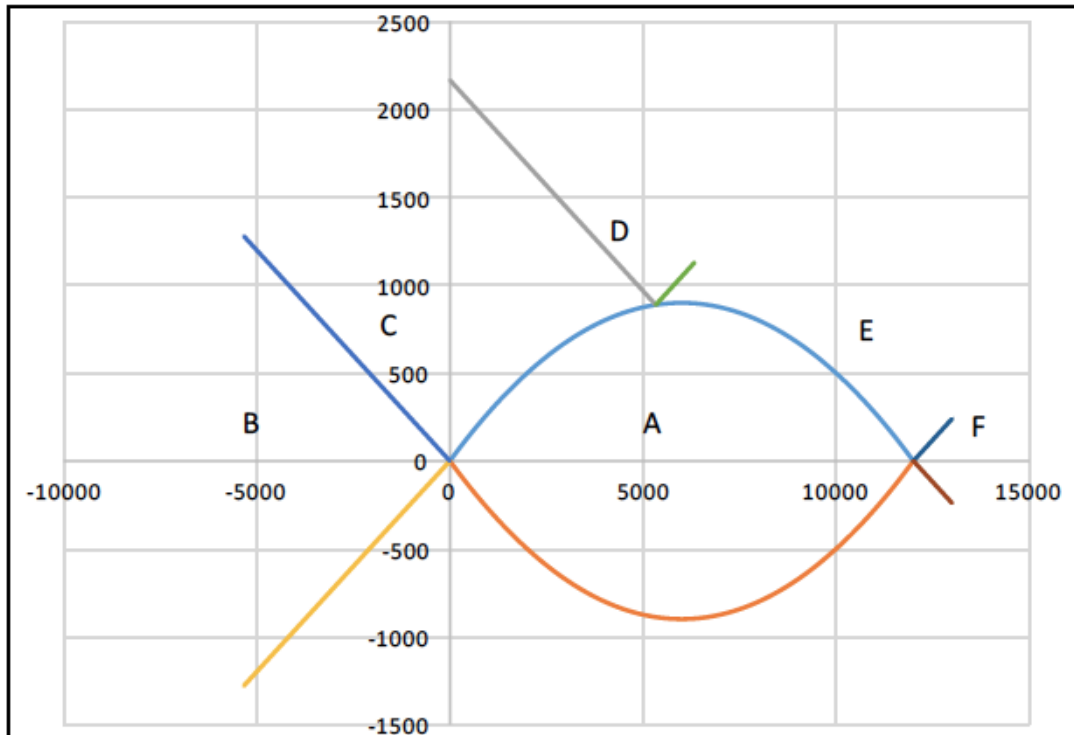
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,00098 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 182,6624 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 143,5376 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,03 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0214833590489069 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 9 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$X = -\infty$

$X = -\infty$

$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$X = +\infty$

$X = +\infty$

$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 93,15   | 243,34   |

FLEXIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 2,61235 \text{ m}$

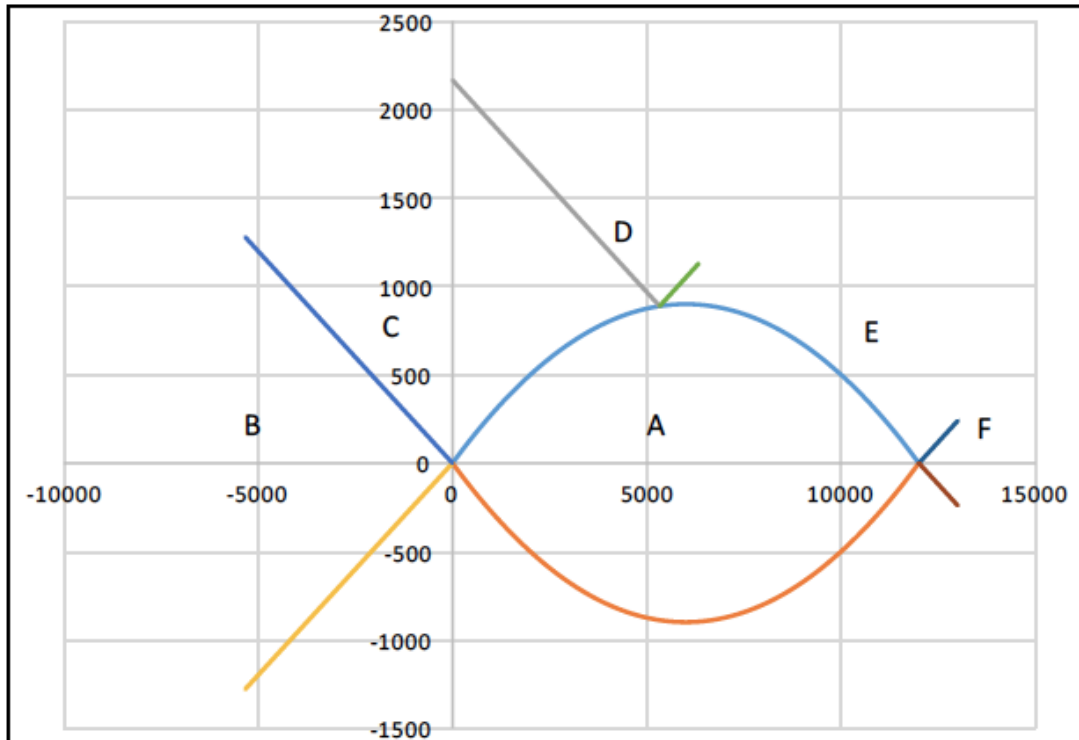
$M_{1D} = 265,696 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 220,984 \text{ mKN}$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,44 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,11  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,11  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0314862083840003 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 10 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 104,8   | 346,47   |

FLEXIÓN COMPUESTA

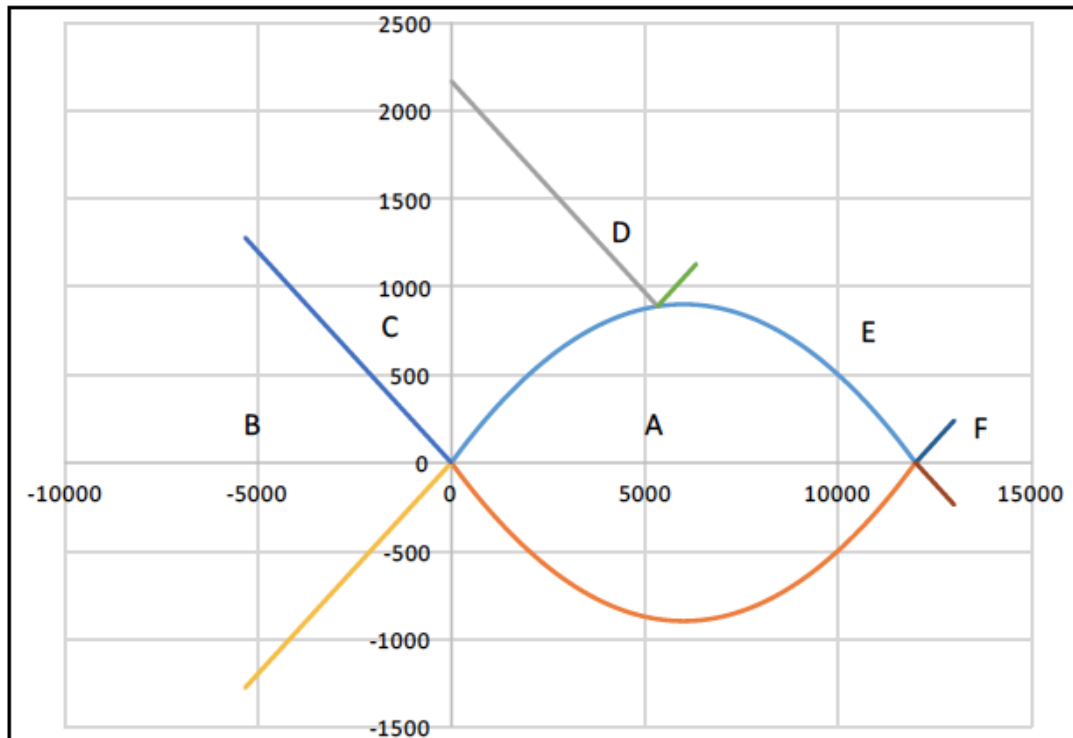
Excentricidad  $e_0 = 3,30601 \text{ m}$

$M_{1D} = 371,622 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 321,318 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,12  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,12  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0444771514845795 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 11 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0.54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0.06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{\text{lim}} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{\text{lim}}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{\text{lim}}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{\text{lim}}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = +\infty)} = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = +\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN)  | Md (mKN) |
|----------|----------|
| 116,4375 | 475,28   |

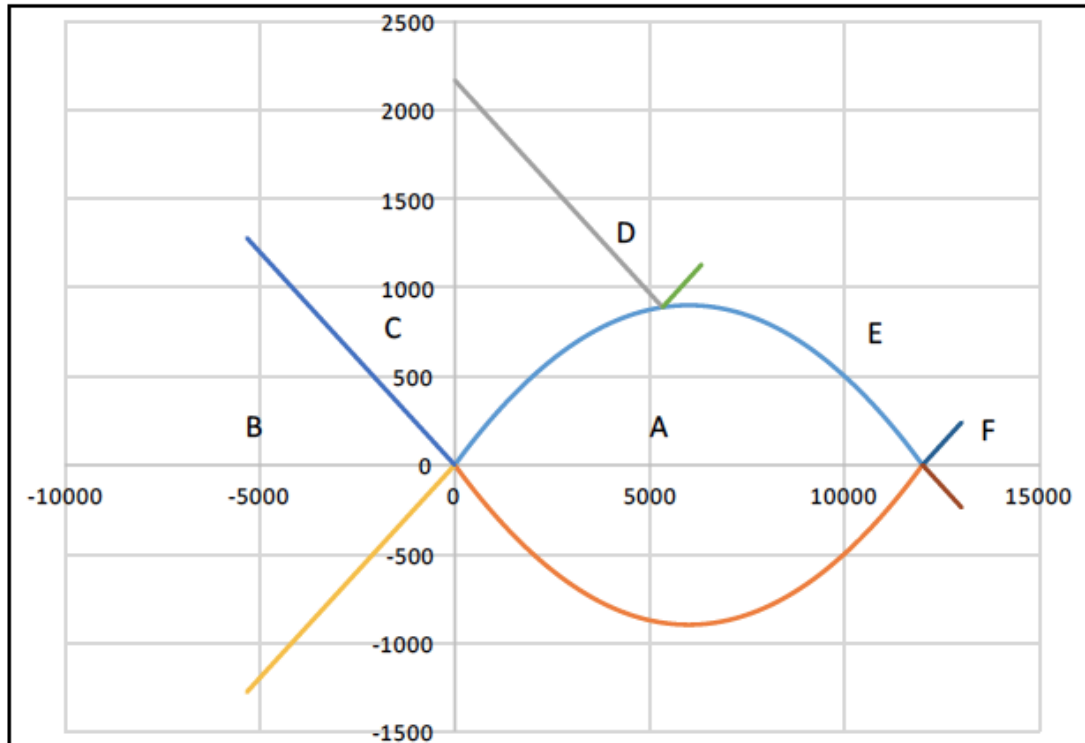
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 4,08185 \text{ m}$$

$$M1D = 503,225 \text{ mKN}$$

$$M2D = 447,335 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,13  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,13  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0609999236563566 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



### 19.1.2-Zona R ( $N_{MAX}$ - $V_{MIN}$ - $M_{MIN}$ )

Sección: 2 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0033$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$X = -\infty$$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$X = +\infty$$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 11,65   | 0,69     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,05923 \text{ m}$$

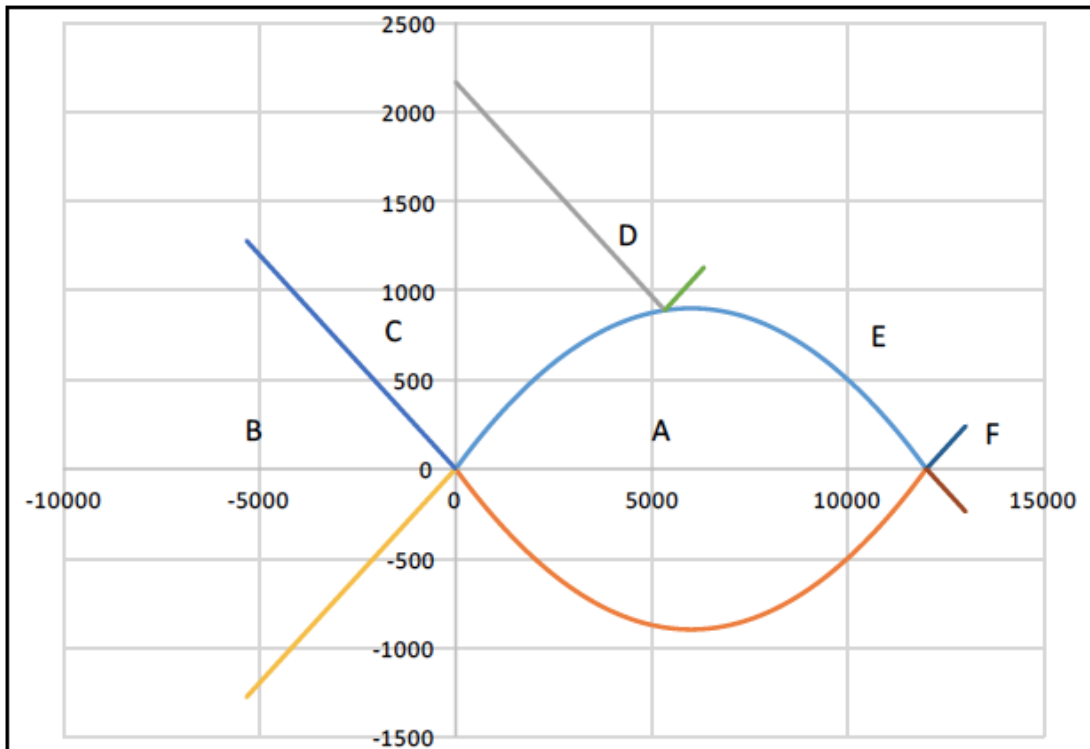
$$M_{1D} = 3,486 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -2,106 \text{ mKN}''$$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,12 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00040359287941655 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 3 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 23,29   | 5        |

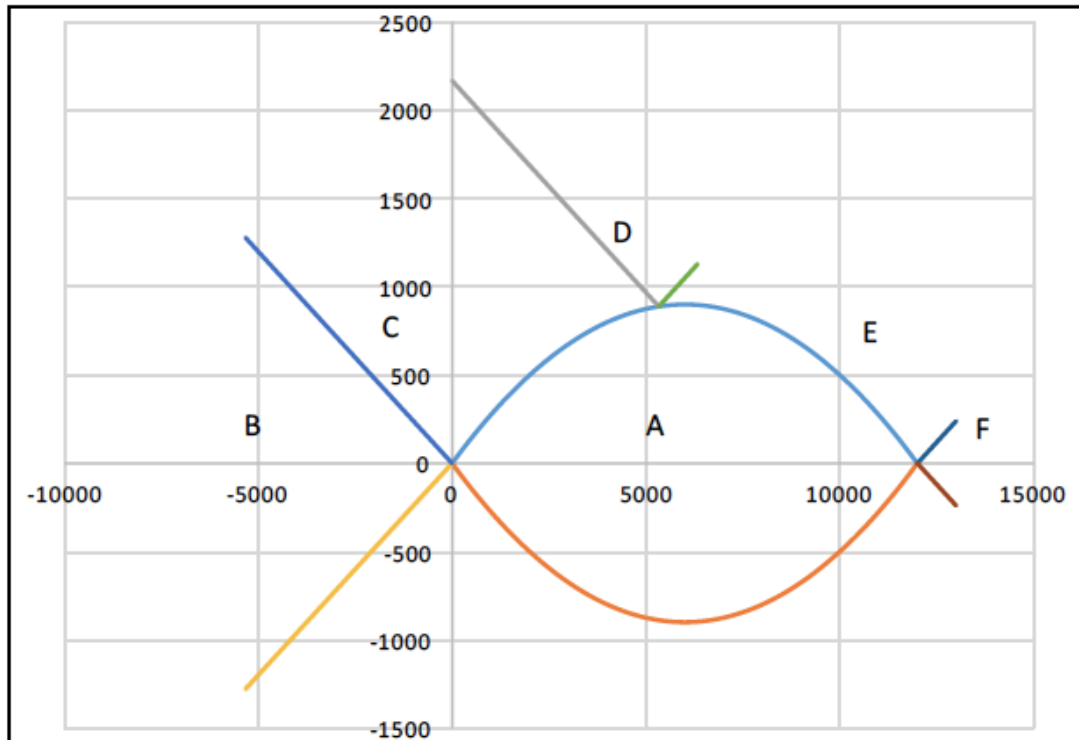
COMPRESIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 0,21468 \text{ m}$

$M_{1D} = 10,5896 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -0,5896 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(Xlim)$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,08 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0012267629239048 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,9    | 16,25    |

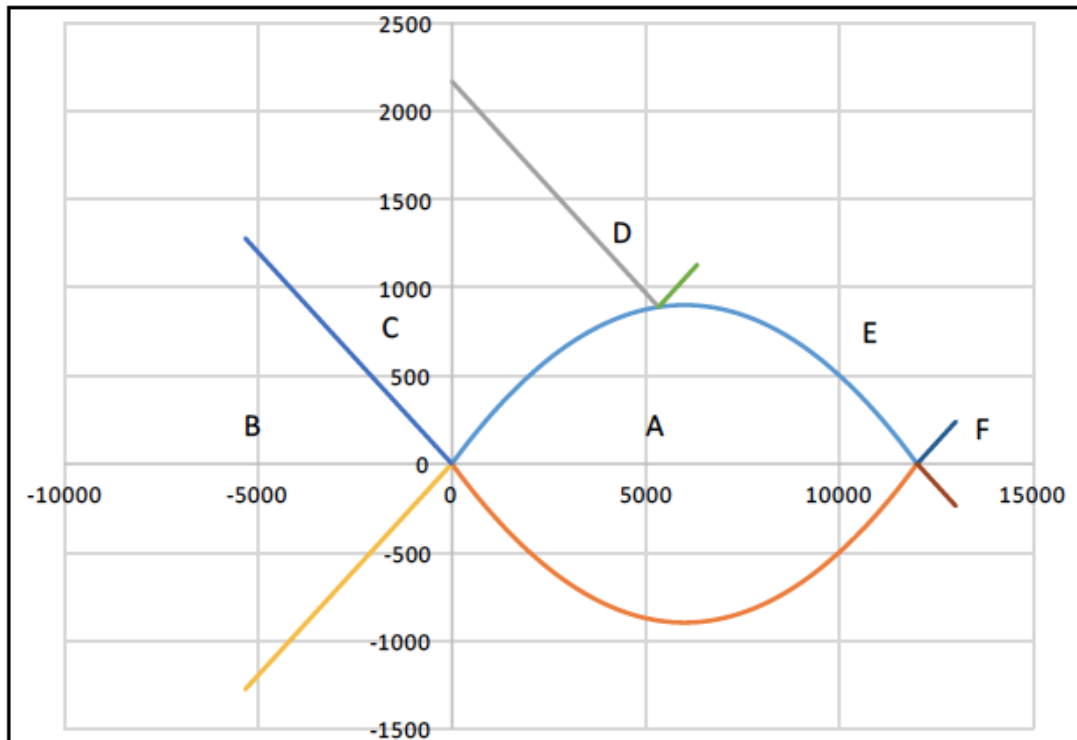
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,46562 \text{ m}$$

$$M1D = 24,626 \text{ mKN}$$

$$M2D = 7,874 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,25 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00285627467036477 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 5 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 46,6    | 37,8     |

FLEXIÓN COMPUESTA

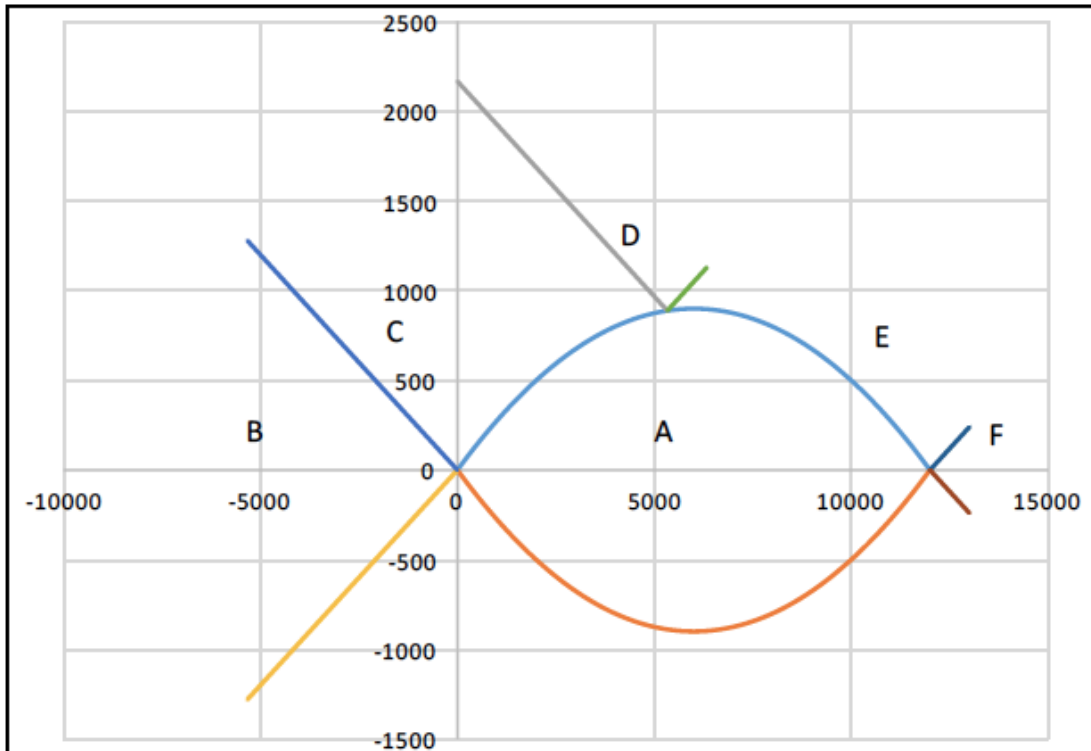
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,81116 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 48,984 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 26,616 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,02 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00569345588138759 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fis</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 6 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 58,2    | 73       |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

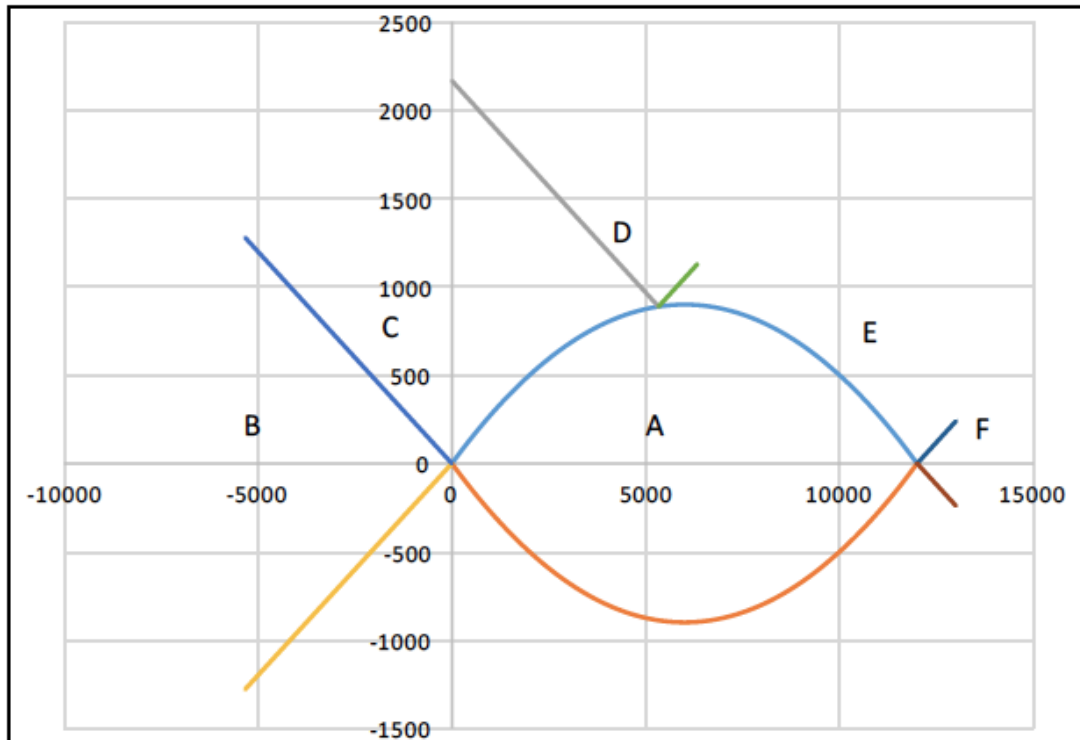
Excentricidad  $e_0 = 1,2543 \text{ m}$

$M1D = 86,968 \text{ mKN}$

$M2D = 59,032 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2,39 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0101419324397123 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



Sección: 7 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

 $x = -\infty$ 

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

 $x = +\infty$ 

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69,86   | 125,215  |

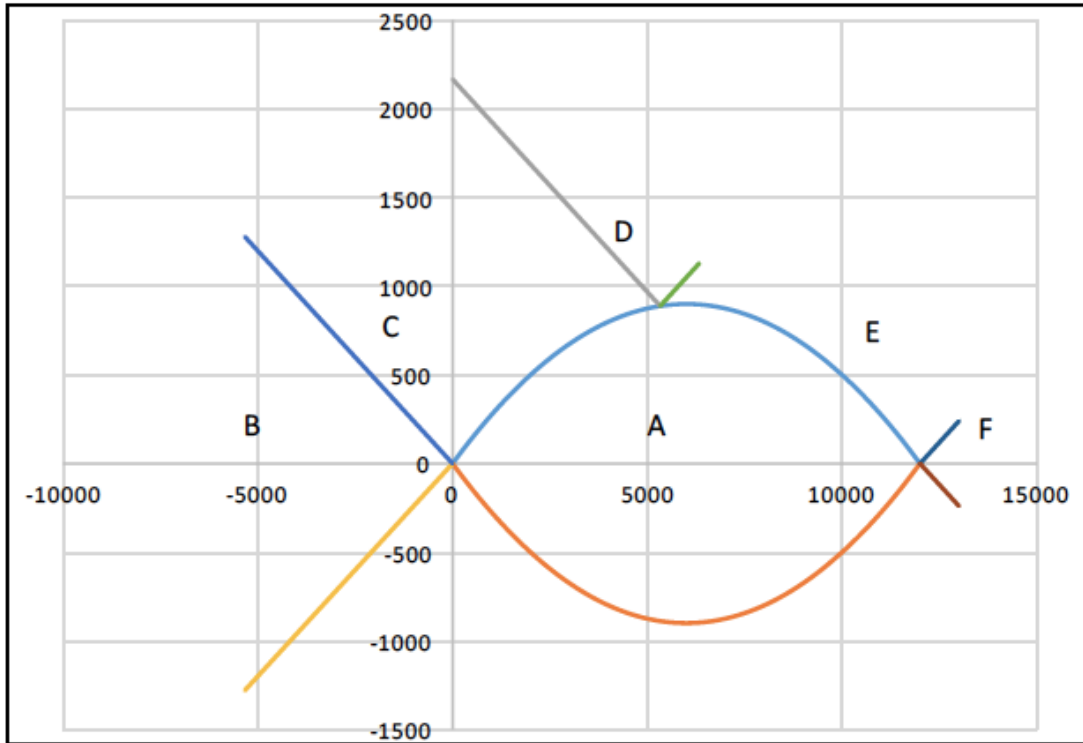
FLEXIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 1,79237 \text{ m}$

$M_{1D} = 141,9814 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 108,4486 \text{ mKN}$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 4,52 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0166380887004473 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>

M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpa

f<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 8 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$   $A_c = 0,6 \text{ m}^2$   $r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   $r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$  Coef.de seguridad:  
 Tipo de Acero: B-500S  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$   $\gamma_c = 1,5$   
 $E_s = 200000 \text{ MPa}$   $\gamma_s = 1,15$

Resistencias de cálculo (minoradas) :  $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
 $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$   $\lambda = 0,8$   $\eta = 1$   $\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$   $A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$   
 $M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$   
 $M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$   
 Fuerza del bloque comprimido  
 $N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

#### $x = -\infty$

$x = -\infty$   
 $M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$   
 $M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$   
 Fuerza del bloque comprimido  
 $N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$   
 $M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

#### $x = +\infty$

$x = +\infty$   
 $M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$   
 $M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$   
 Fuerza del bloque comprimido  
 $N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$   
 $M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 81,5    | 197,8    |

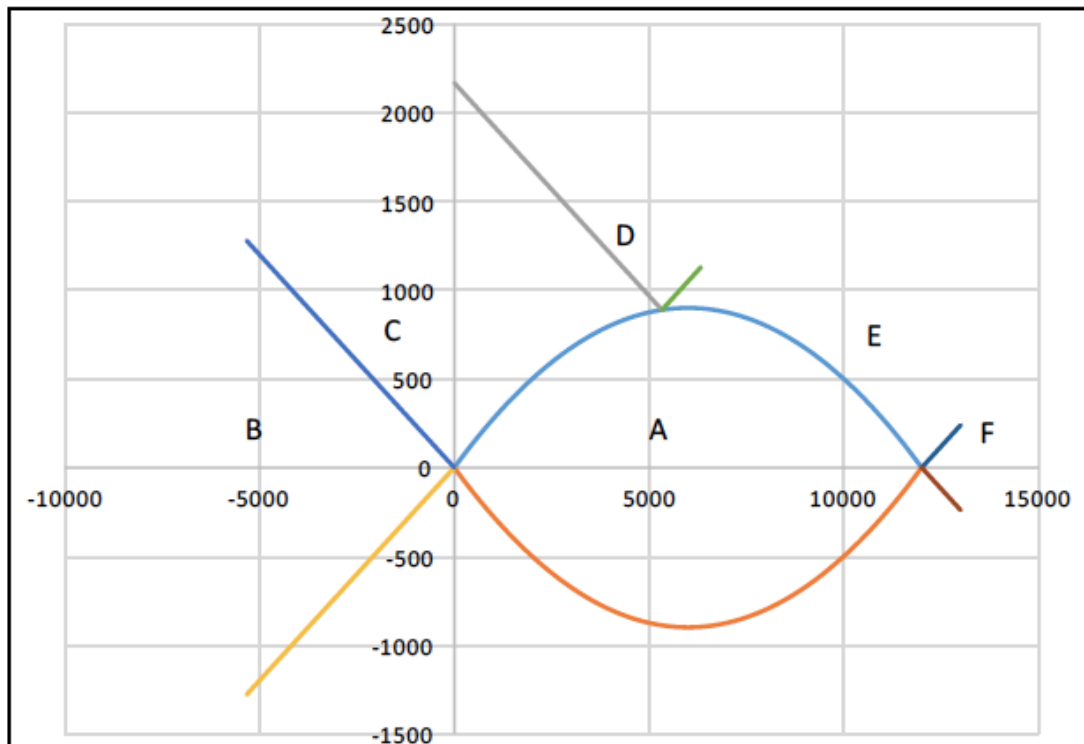
#### FLEXIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 2,42699 \text{ m}$

$M_{1D} = 217,36 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 178,24 \text{ mKN}$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 7,56 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0256445503424185 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



Sección: 9 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

 $x = -\infty$ 

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

 $x = +\infty$ 

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 93,15   | 293,98   |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

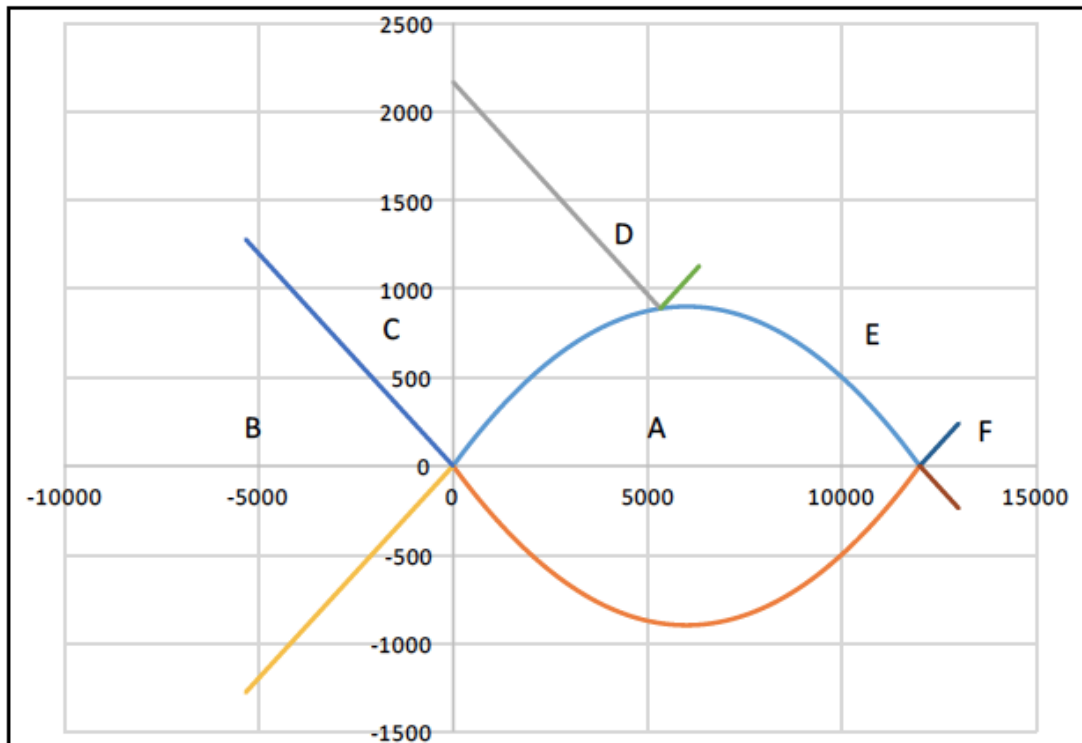
Excentricidad  $e_0 = 3,15598 \text{ m}$

$M_{1D} = 316,336 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 271,624 \text{ mKN}''$



SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,72 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,11  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,72 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,11  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0376637465199394 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 10 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 104,8   | 417,25   |

FLEXIÓN COMPUESTA

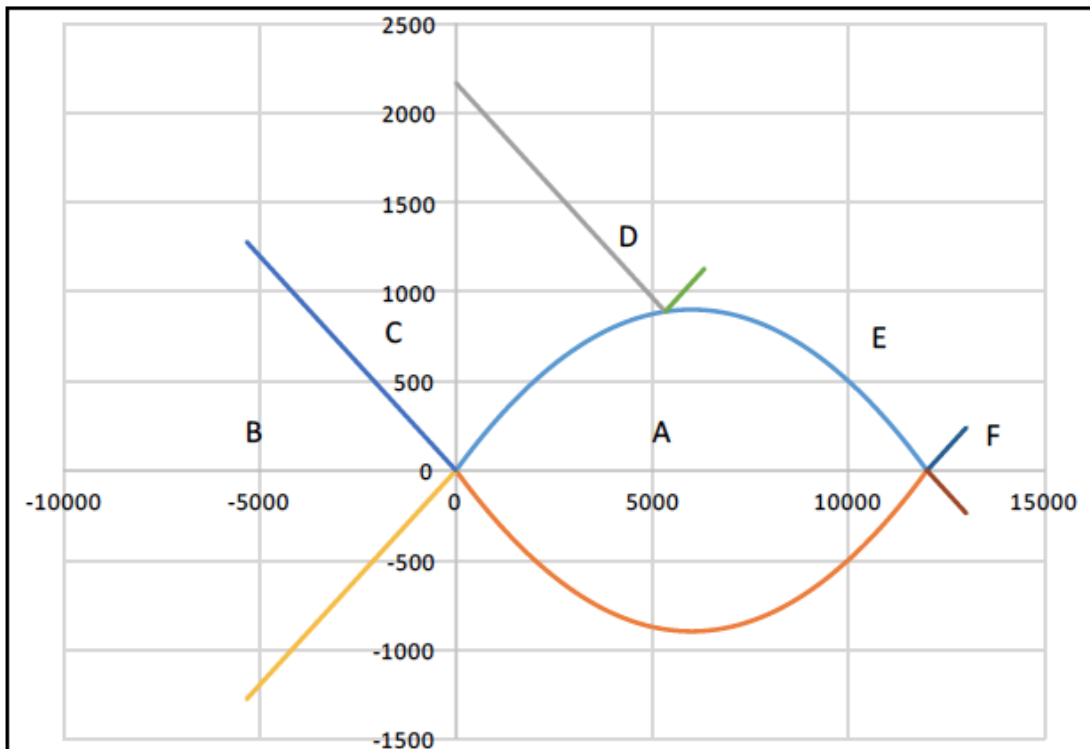
$$\text{Excentricidad } e_0 = 3,98139 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 442,402 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 392,098 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 17,21 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,12  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 17,21 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,12  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,053309009635816 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 11 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 116,44  | 570,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

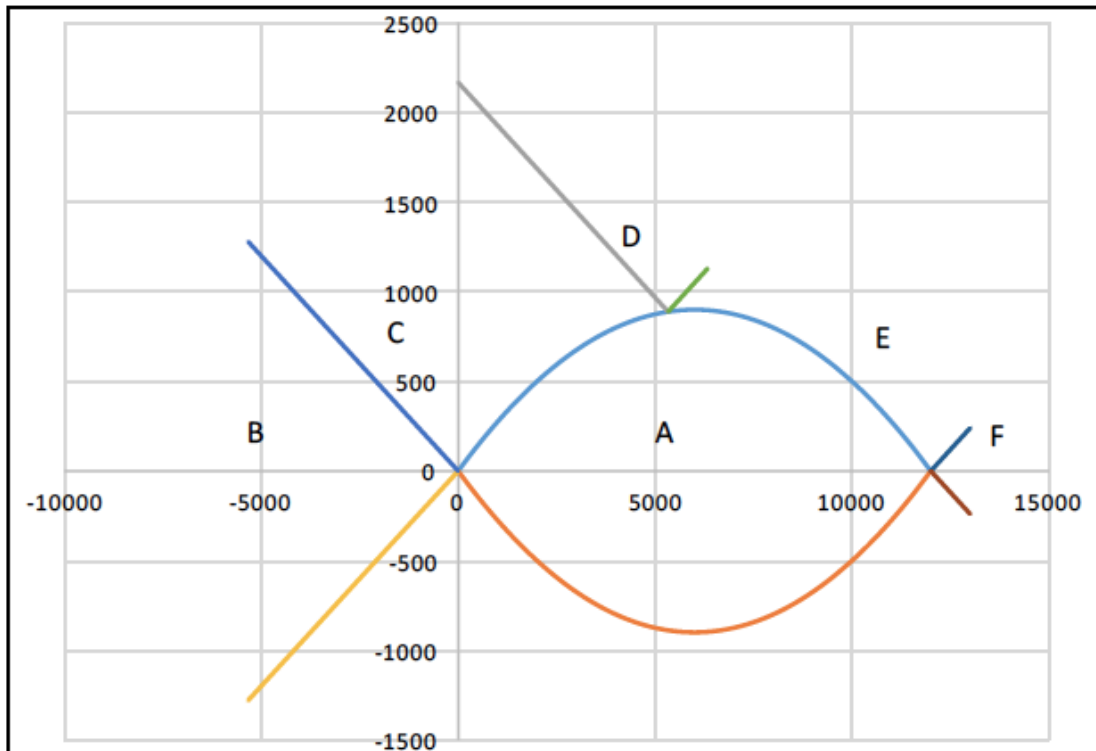
$$\text{Excentricidad } e_0 = 4,89608 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 598,0456 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 542,1544 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 24,25 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,13  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 24,25 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,13  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0731857637110933 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



### 19.1.3-Zona R ( $N_{MIN}$ - $V_{MAX}$ - $M_{MAX}$ )

Sección: 2 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 8,625   | 0,48     |

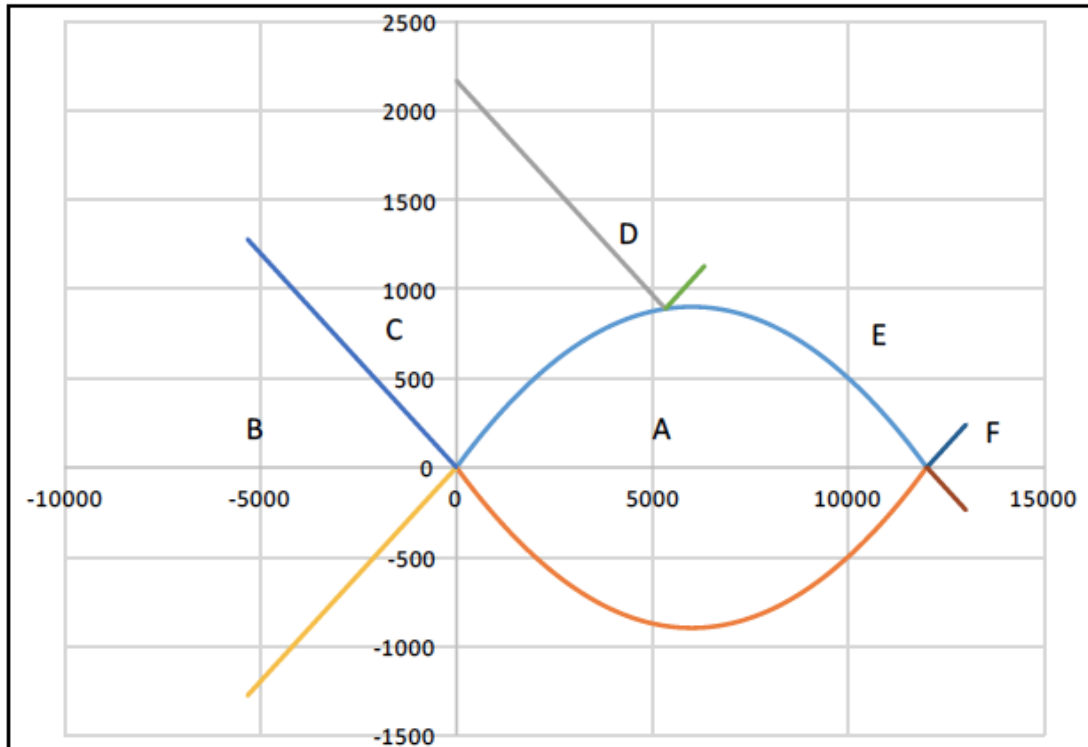
COMPRESIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,05565 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 2,55 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -1,59 \text{ mKN}$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,09 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000295203440793728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ MPa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 3 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 17,25   | 3,8      |

COMPRESIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 0,22029 \text{ m}$

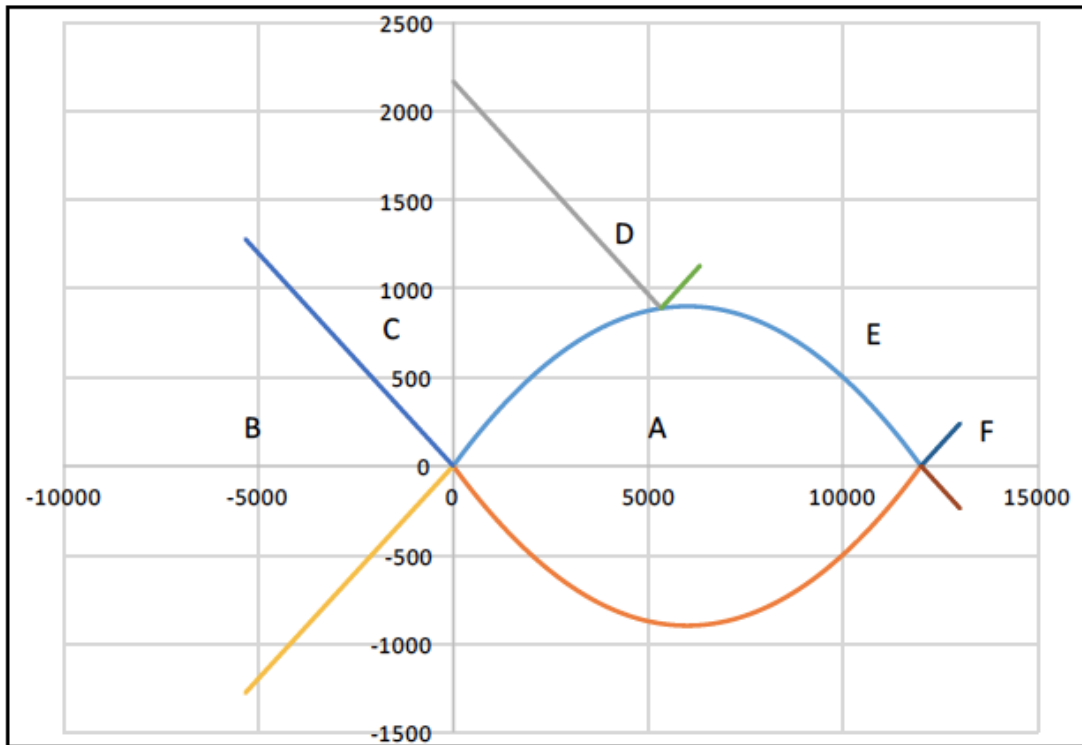
$M1D = 7,94 \text{ mKN}$

$M2D = -0,34 \text{ mKN}$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,06 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000919607910184383 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fis</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

##### $x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### $x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 25,875  | 12,84    |

##### FLEXIÓN COMPUESTA

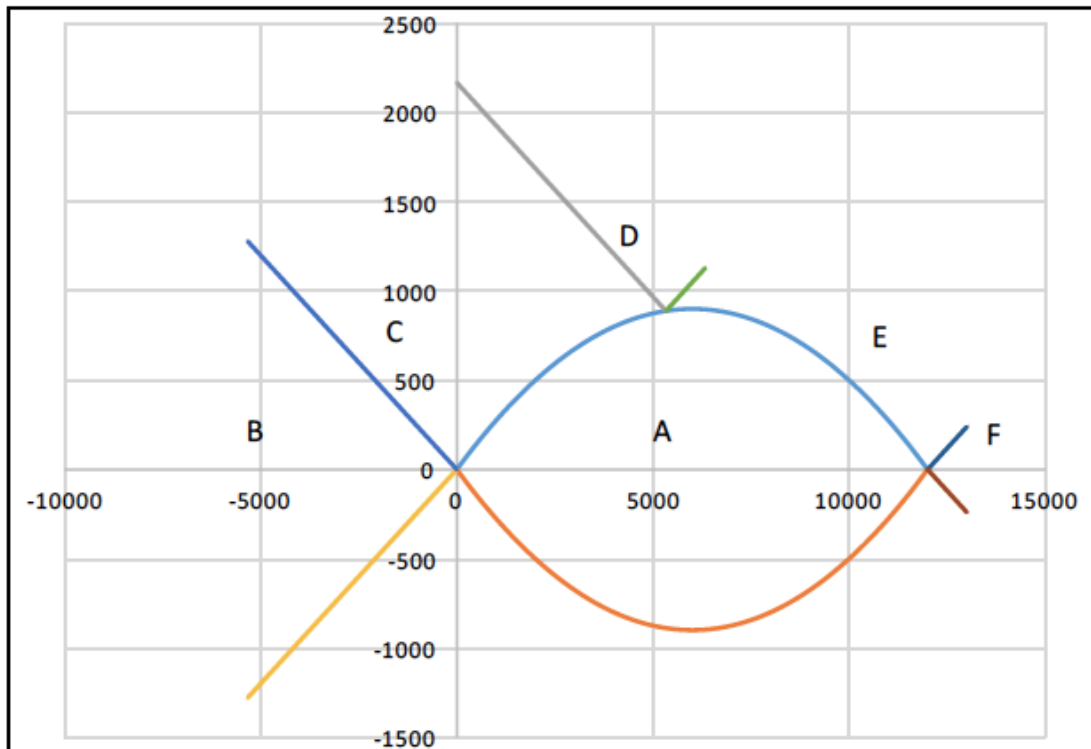
Excentricidad  $e_0 = 0,49623 \text{ m}$

$M_{1D} = 19,05 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 6,63 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,22 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,03  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,03  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00220847396834728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 5 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,5    | 30,42    |

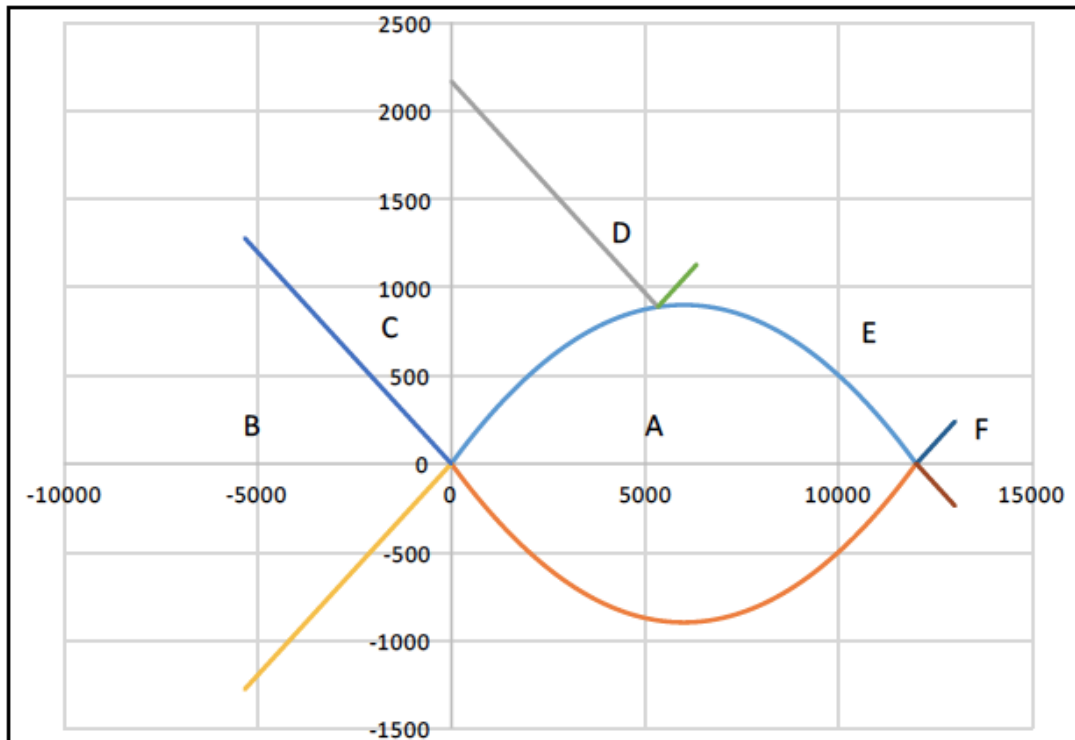
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,88174 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 38,7 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 22,14 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,86 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00449412754249494 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 1'73,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 6 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

43,125

59,41

**FLEXIÓN COMPUESTA**

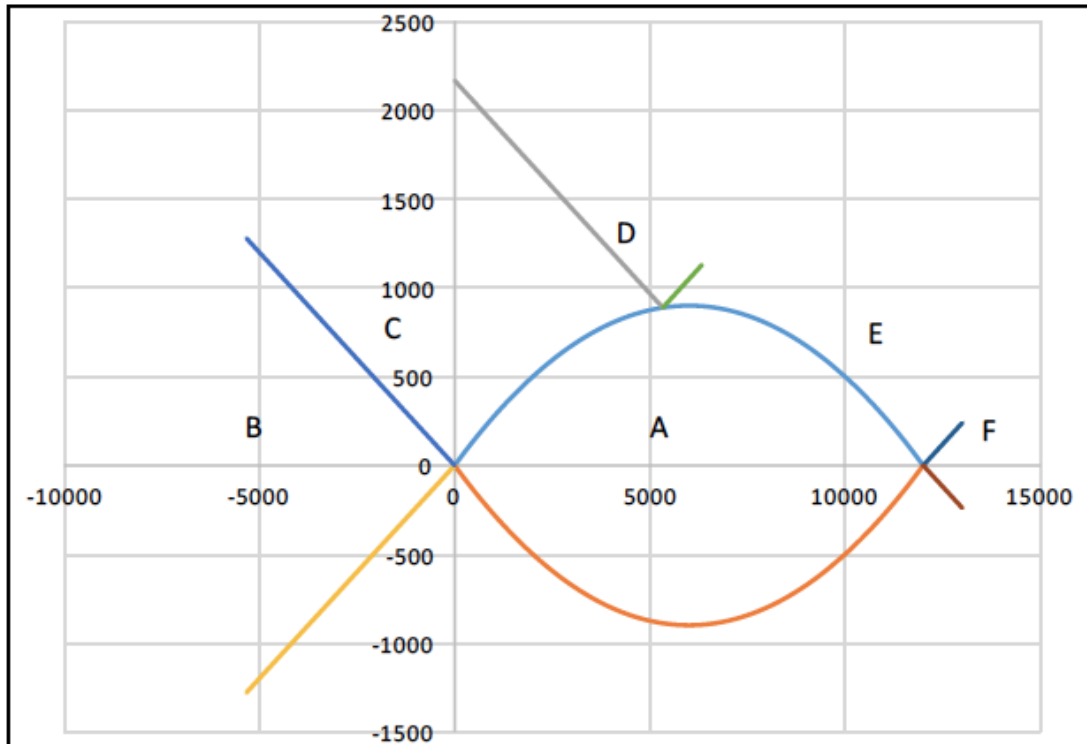
Excentricidad  $e_0 = 1,37762 \text{ m}$

$M_{1D} = 69,76 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 49,06 \text{ mKN}''$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |   | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|---|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0 | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00812294986257029 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 7 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 51,75   | 102,7    |

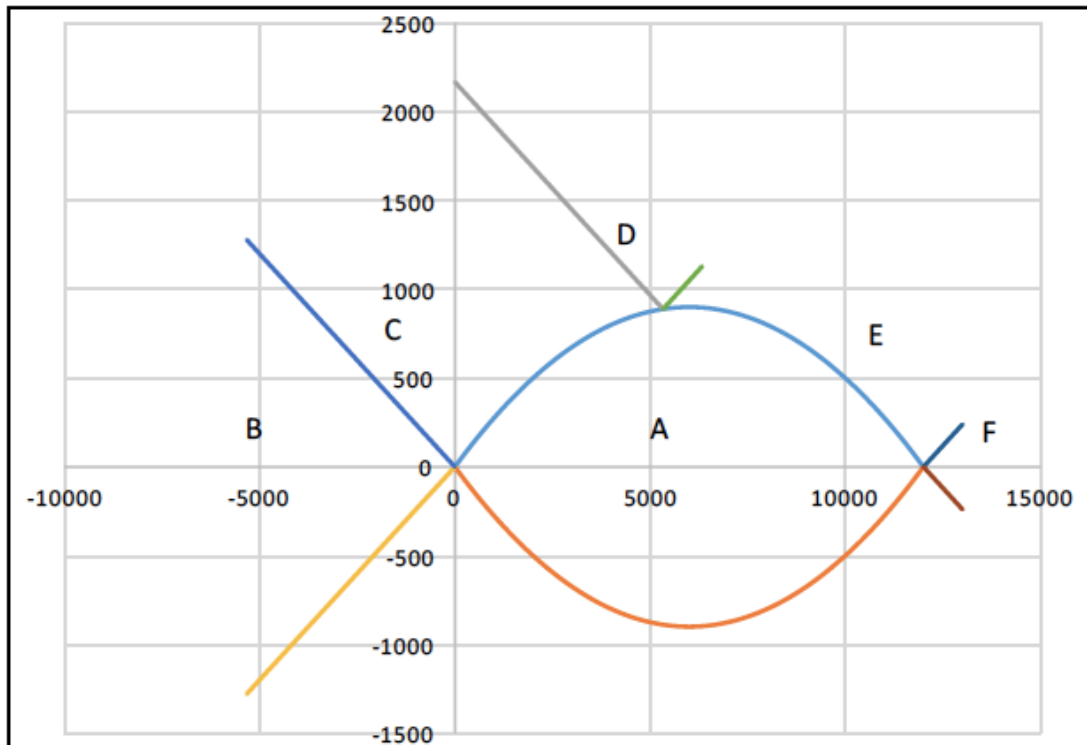
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,98454 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 115,12 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 90,28 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,76 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,06  |

| A DISPOSER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,06  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0134582401692241 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fs} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 8 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

60,375

163,1

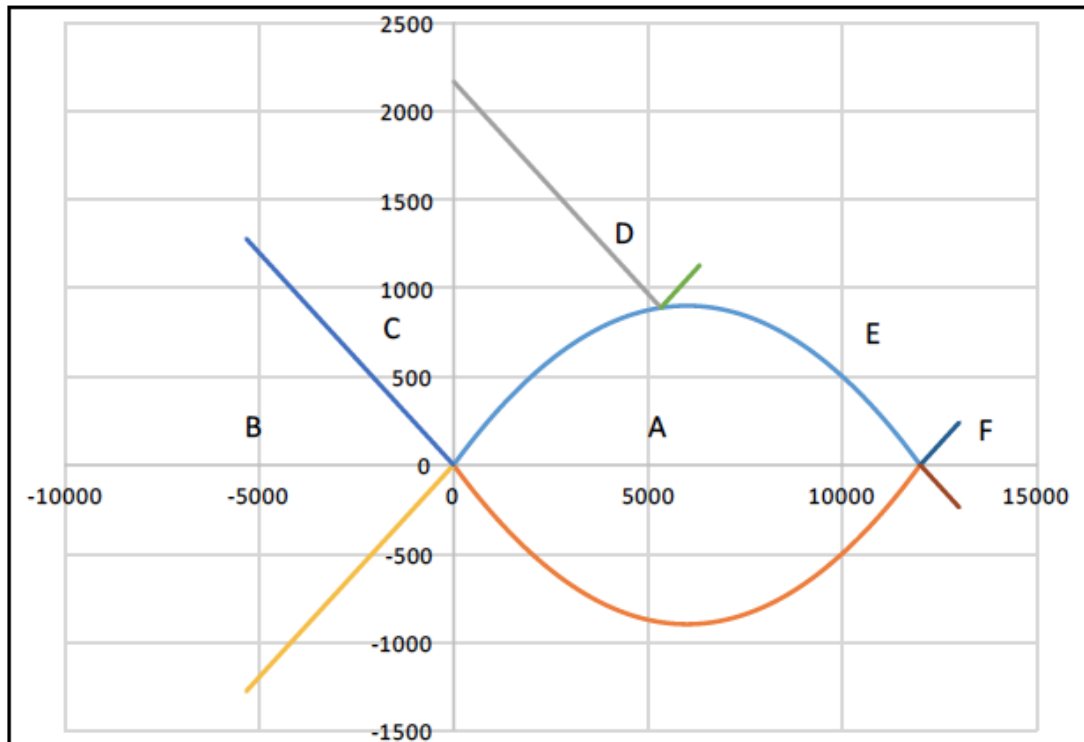
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 2,70145 \text{ m}$

$M_{1D} = 177,59 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 148,61 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0208772573132777 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 9 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69      | 243,34   |

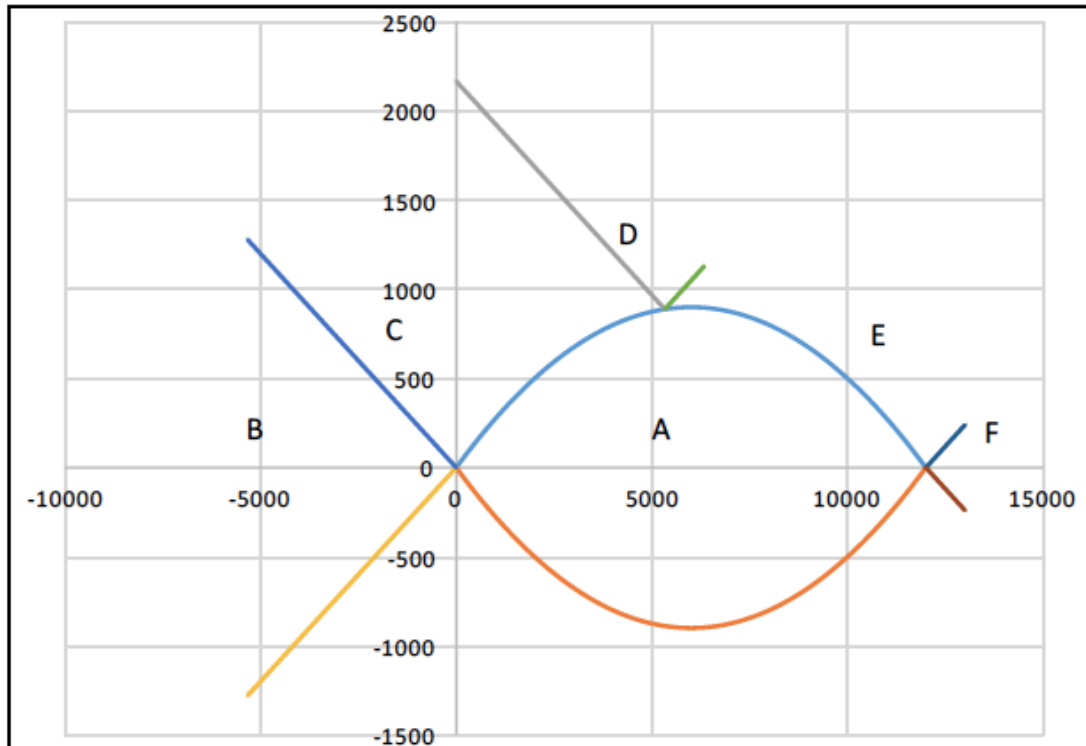
#### FLEXIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 3,52667 \text{ m}$

$M1D = 259,9 \text{ mKN}$

$M2D = 226,78 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,74 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,030782936425928 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 10 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

 $x = -\infty$ 

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

 $x = +\infty$ 

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 77,625  | 346,47   |

FLEXIÓN COMPUESTA

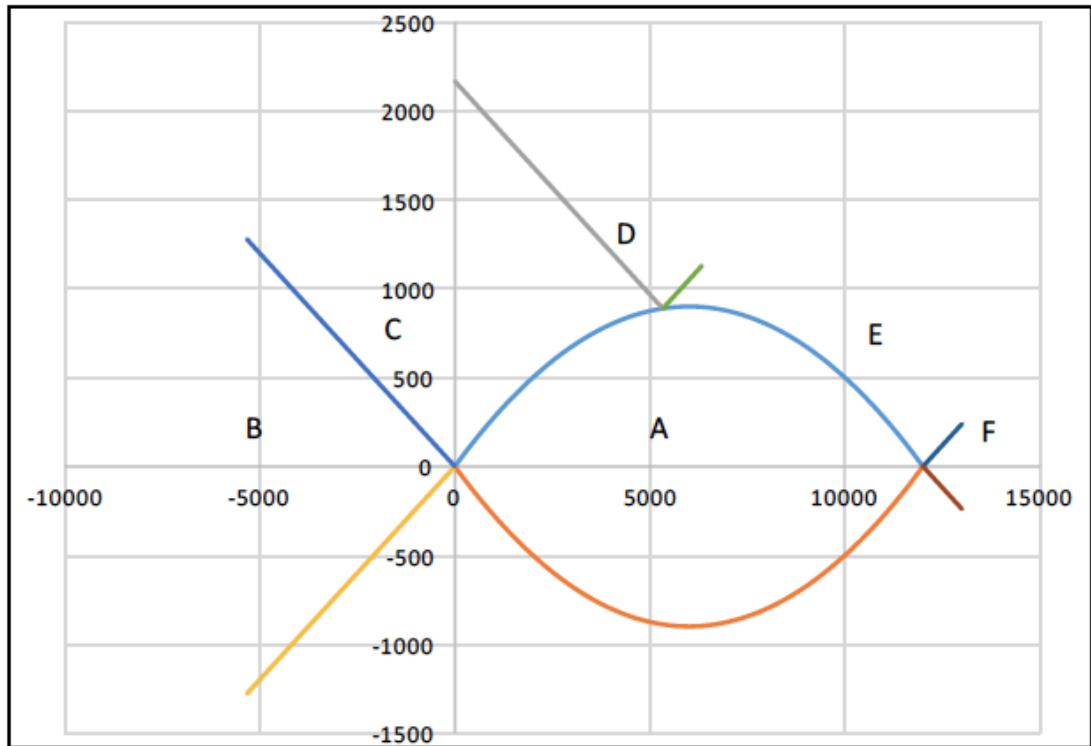
Excentricidad  $e_0 = 4,46338 \text{ m}$

$M_{1D} = 365,1 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 327,84 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0436695595807216 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 1'73,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 11 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

86,25

475,28

**FLEXIÓN COMPUESTA**

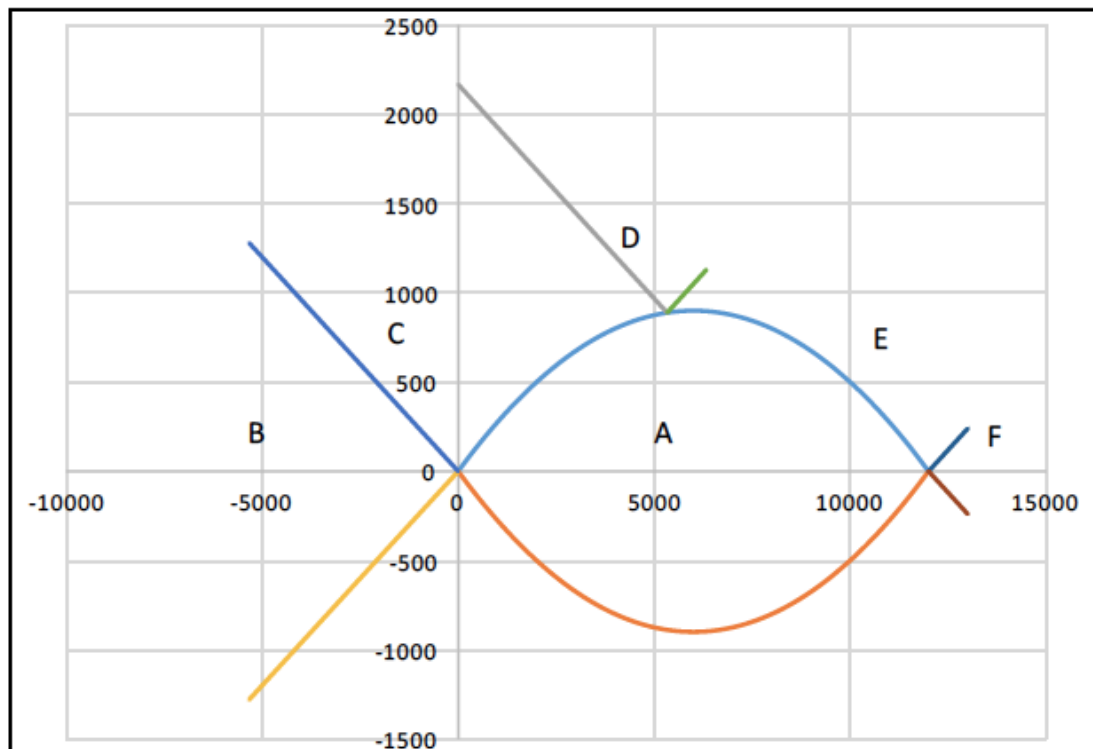
**Excentricidad  $e_0 = 5,51049 \text{ m}$**

$M1D = 495,98 \text{ mKN}$

$M2D = 454,58 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0600787652064697 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



### 19.1.4-Zona R ( $N_{MIN}$ - $V_{MIN}$ - $M_{MIN}$ )

Sección: 2 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

##### $X = -\infty$

$X = -\infty$

$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### $X = +\infty$

$X = +\infty$

$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 8,625   | 0,69     |

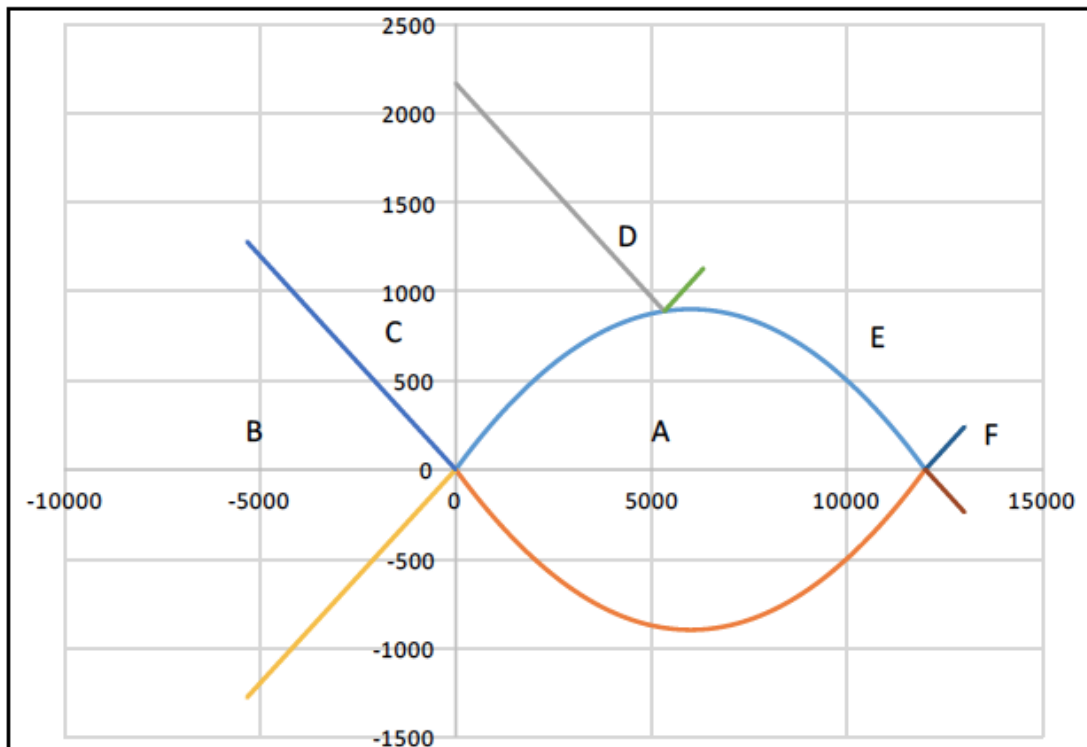
##### COMPRESIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 0,08 \text{ m}$

$M_{1D} = 2,76 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -1,38 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,08 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000319520068944001 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 3 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef. de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\* Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 17,25   | 4,99     |

**COMPRESIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 0,28928 \text{ m}$**

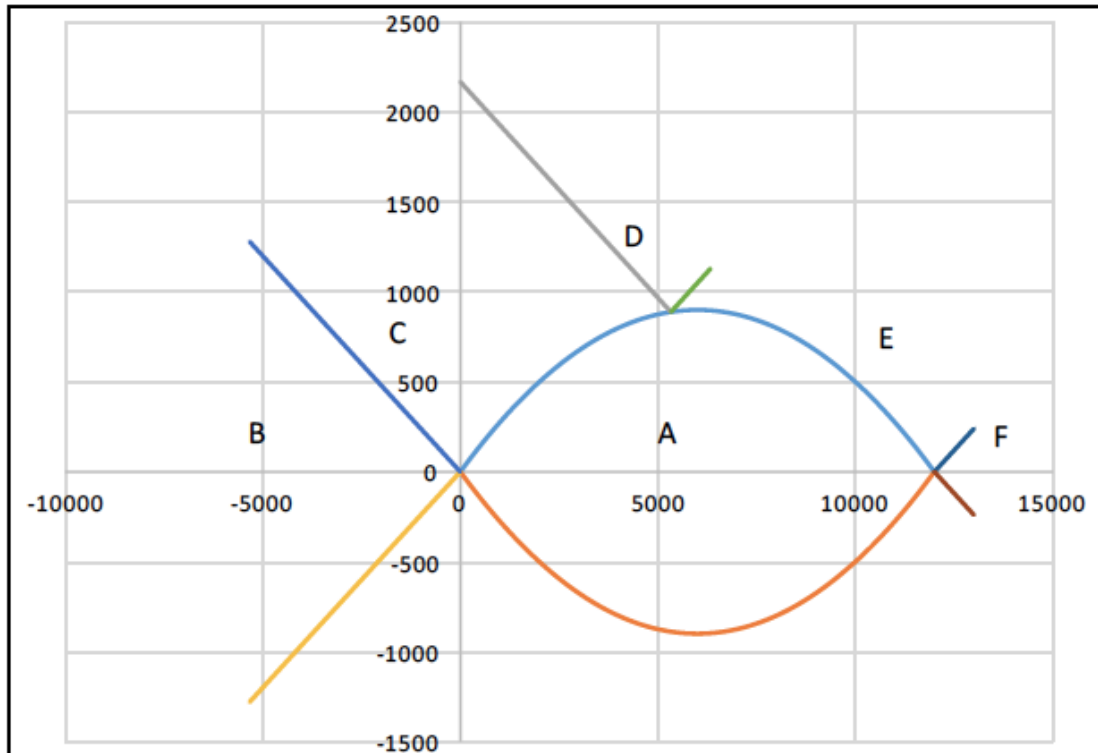
$M1D = 9,13 \text{ mKN}$

$D = 0,8500000000000001 \text{ m}$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,01 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00105754140282869 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



**Sección: 4 Zona R****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

25,875

16,25

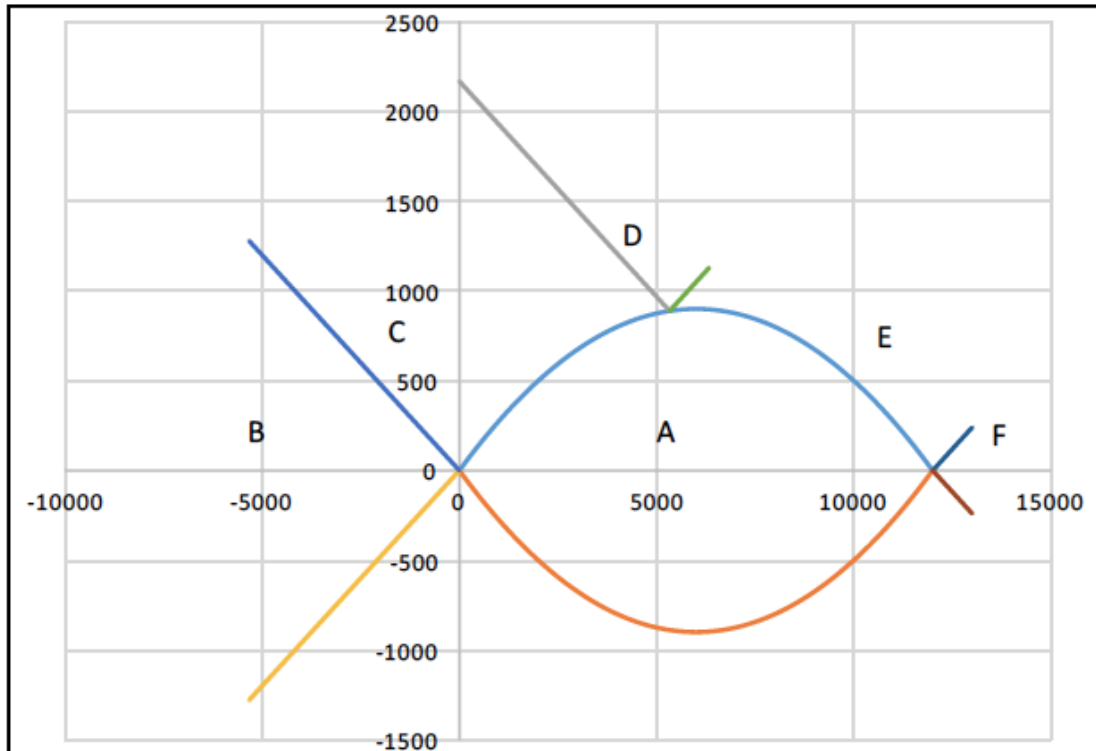
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 0,62802 \text{ m}$

$M_{1D} = 22,46 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 10,04 \text{ mKN}''$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,36 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,03  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,03  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0026045620321328 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 5 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,5    | 37,81    |

FLEXIÓN COMPUESTA

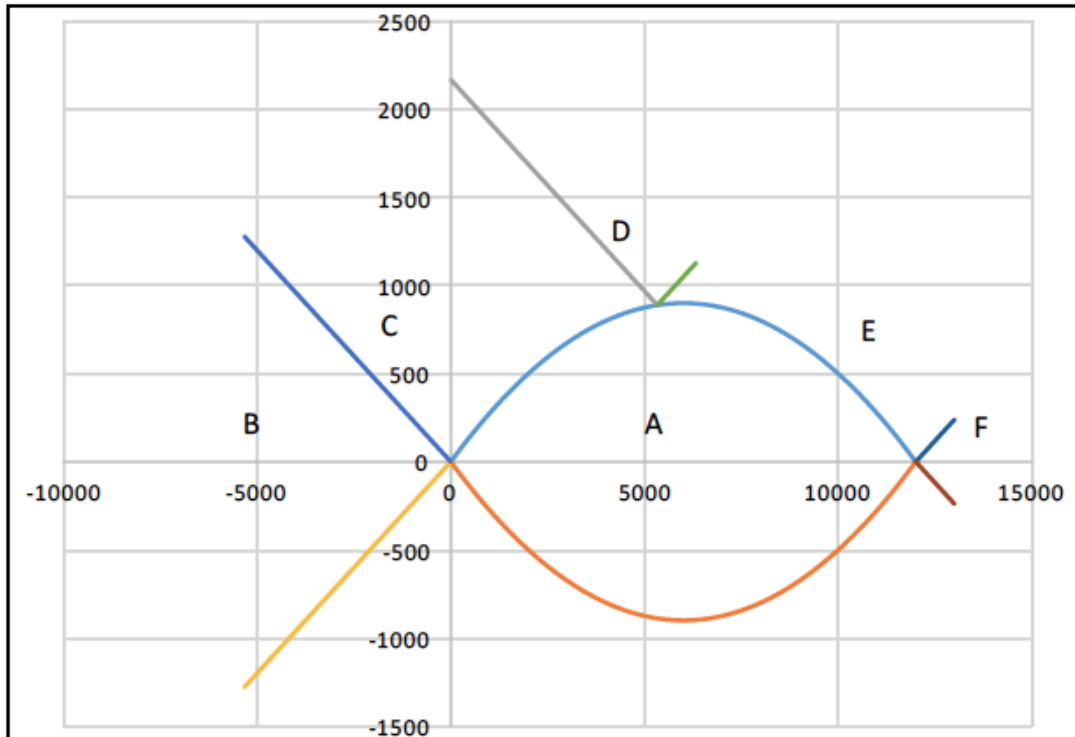
$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,09594 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 46,09 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 29,53 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,18 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00535573809671149 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 6 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 43,125  | 73,01    |

FLEXIÓN COMPUESTA

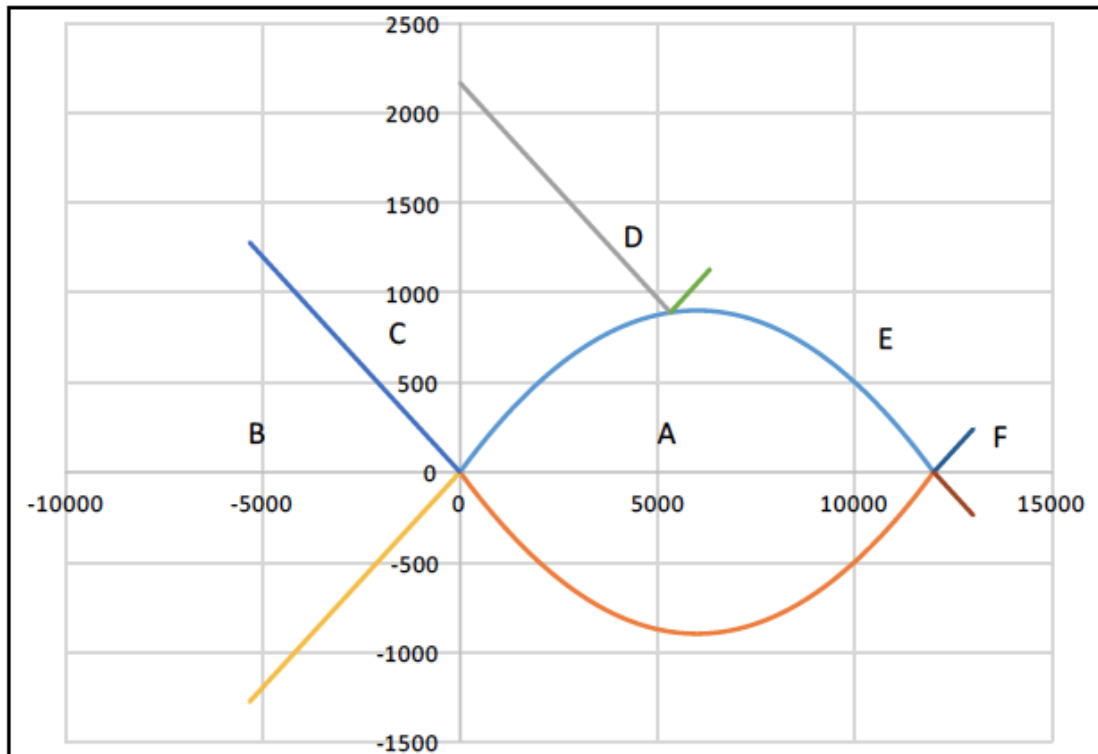
Excentricidad  $e_0 = 1,69299 \text{ m}$

$M_{1D} = 83,36 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 62,66 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2,58 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00971810486080415 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fis</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 7 Zona R

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

| Profundidad límite                    |
|---------------------------------------|
| $X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$        |
| $M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$ |
| $M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido          |
| $NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$      |

| $x = -\infty$                      |
|------------------------------------|
| $x = -\infty$                      |
| $M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| $M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido       |
| $Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$   |
| $Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$  |

| $x = +\infty$                          |
|--|
| $x = +\infty$                          |
| $M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$  |
| $M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido           |
| $Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$   |
| $Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$      |

| ESFUERZOS DE CÁLCULO: |          |
|-----------------------|----------|
| Nd (KN)               | Md (mKN) |
| 51,75                 | 125,215  |

FLEXIÓN COMPUESTA

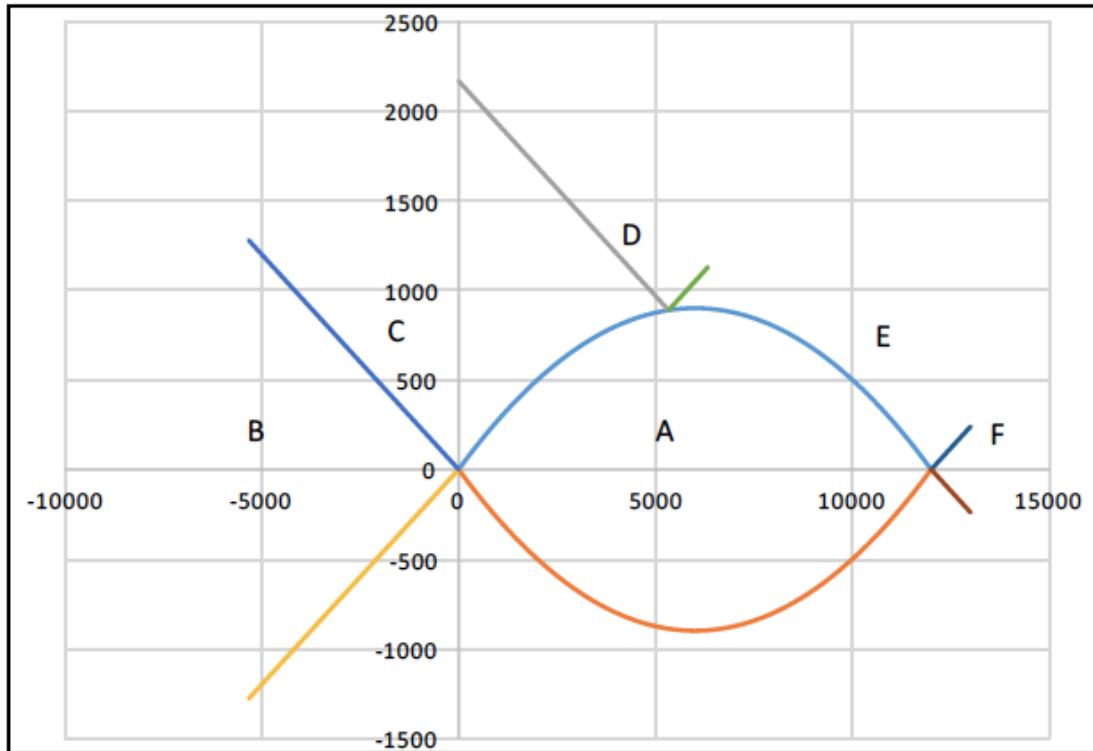
Excentricidad  $e_0 = 2,41961 \text{ m}$

|                             |
|-----------------------------|
| $M1D = 137,635 \text{ mKN}$ |
| $M2D = 112,795 \text{ mKN}$ |



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 4,74 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,06  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,06  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0161225218221524 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 MPaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 8 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 60,375  | 197,8    |

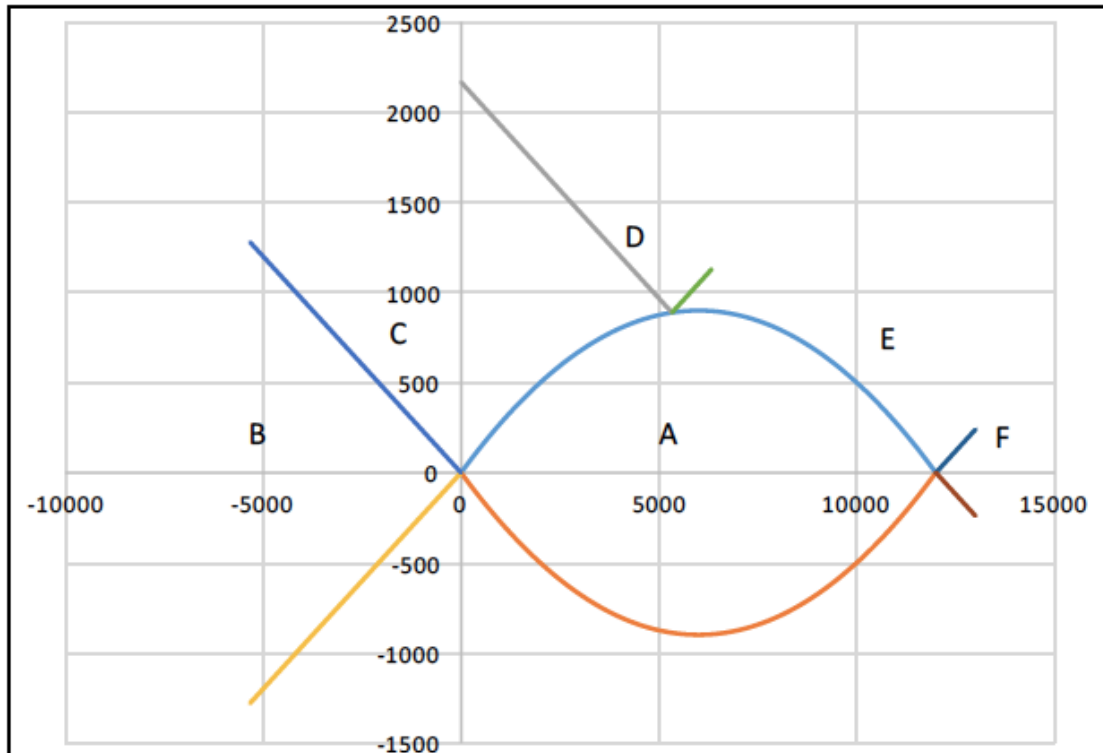
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 3,27619 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 212,29 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 183,31 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 7,82 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0250348567038382 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ MPa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



Sección: 9 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0033$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69      | 293,98   |

FLEXIÓN COMPUESTA

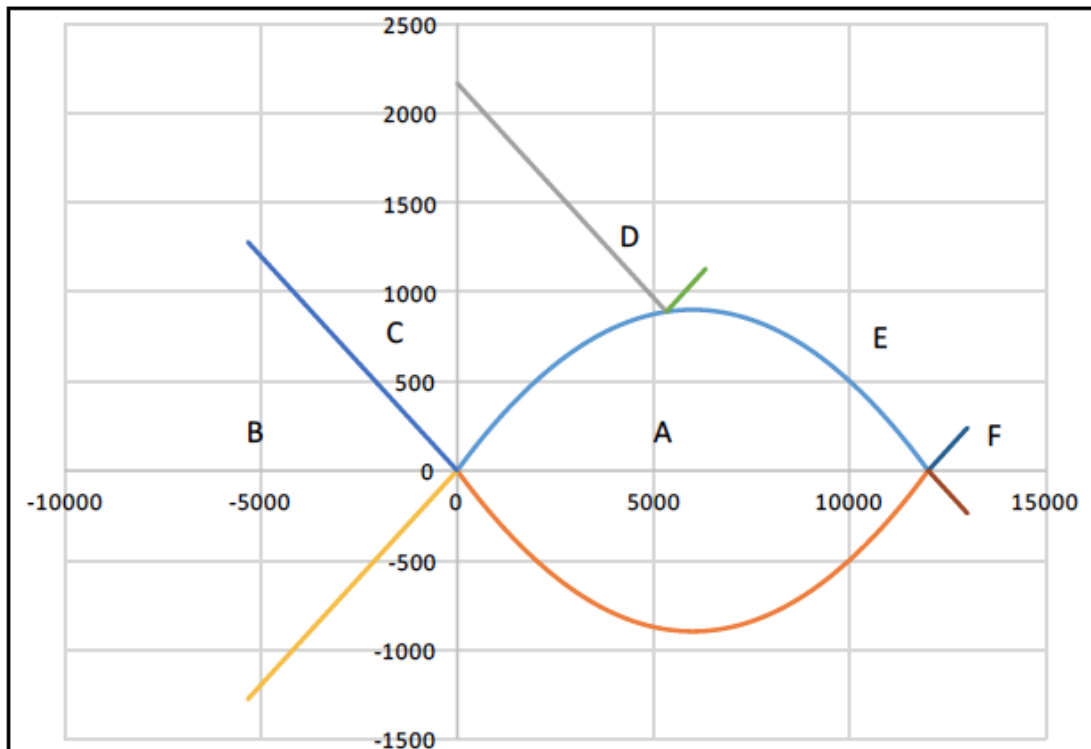
$$\text{Excentricidad } e_0 = 4,26058 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 310,54 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 277,42 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{ím}})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 12,01 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 12,01 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0369536654756177 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 MPa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 10 Zona R

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 77,625  | 417,25   |

FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 5,3752 \text{ m}$$

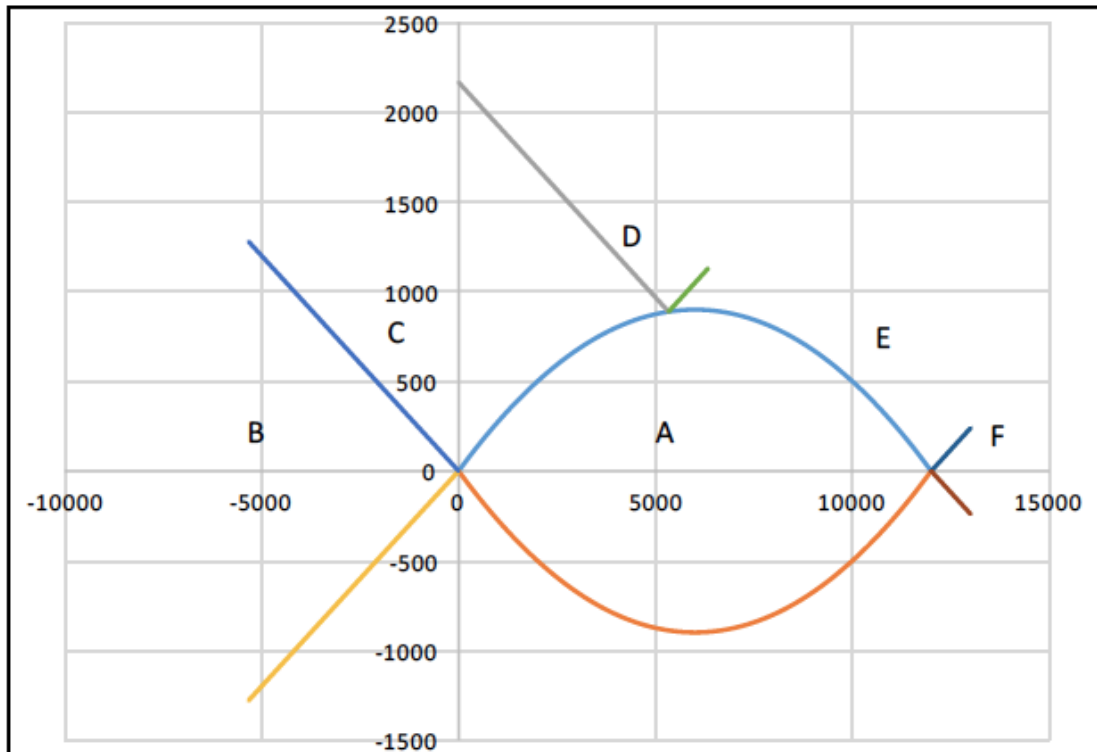
$$M_{1D} = 435,88 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 398,62 \text{ mKN}^{\text{a}}$$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{ítm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 17,53 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 17,53 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0524899599203238 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



**Sección: 11 Zona R**

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 86,25   | 570,9    |

FLEXIÓN COMPUESTA

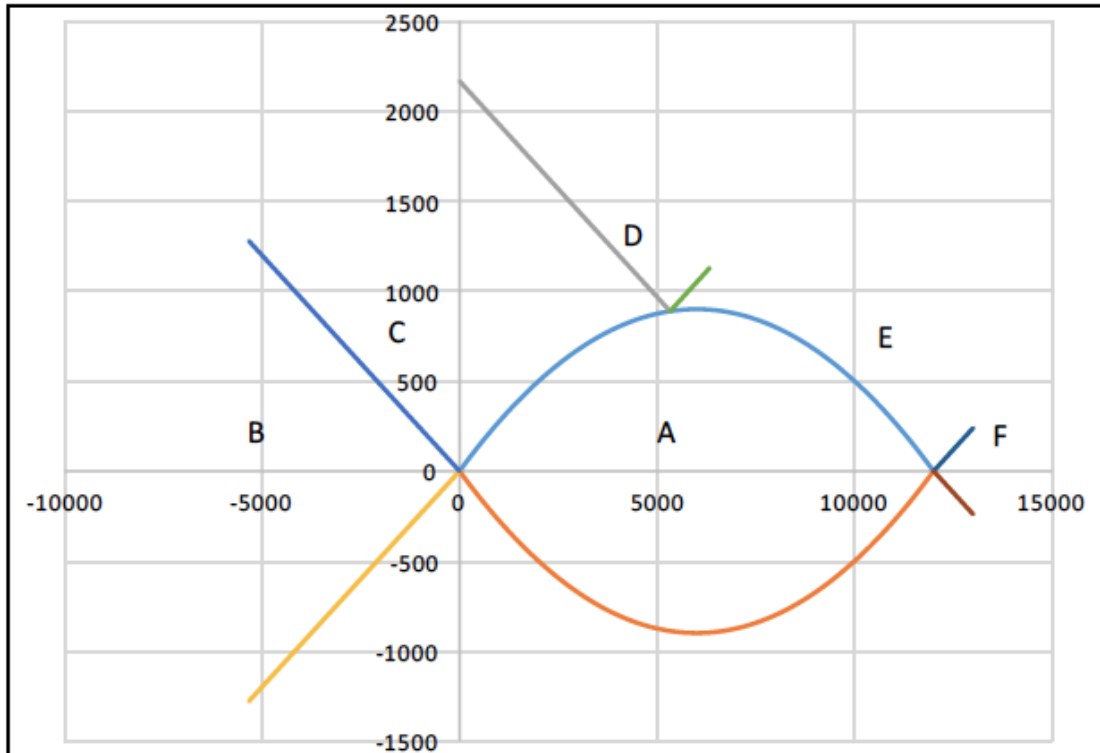
Excentricidad  $e_0 = 6,61913 \text{ m}$

$M_{1D} = 591,6 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 550,2 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 24,64 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 24,64 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0723496038332008 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 MPa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



### 19.1.5-Zona A ( $N_{MAX}$ - $V_{MAX}$ - $M_{MAX}$ )

Sección: 2 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 11,65   | 0,48     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

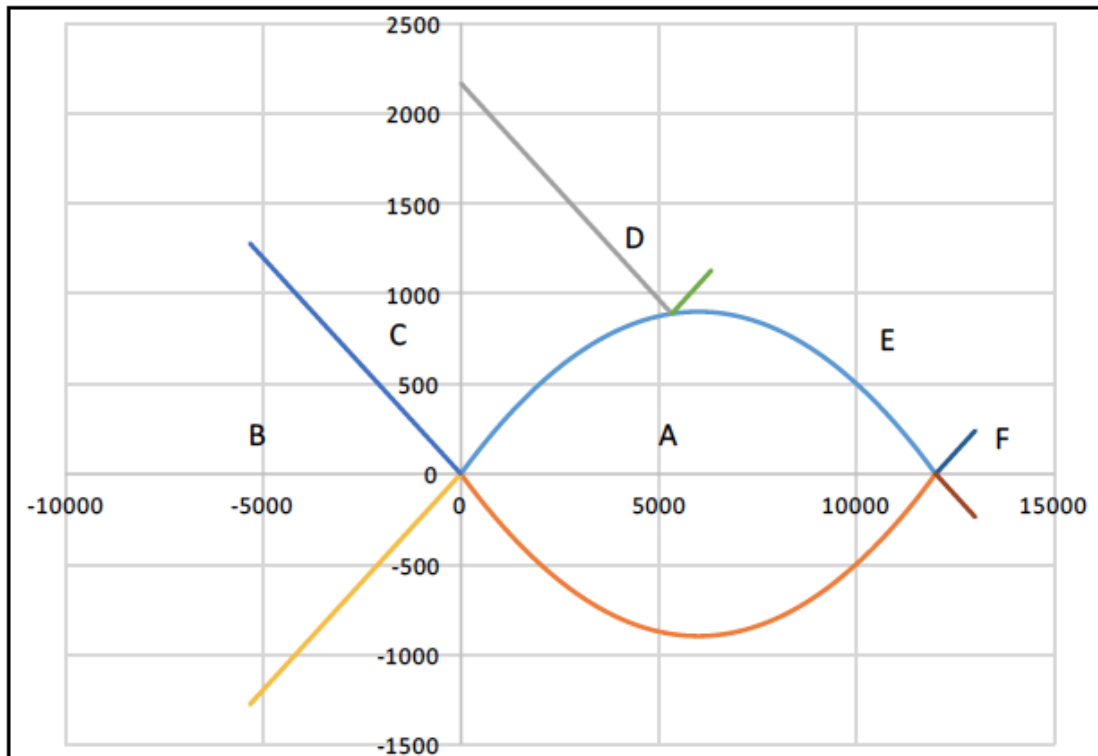
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,0412 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 3,276 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -2,316 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,13 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000379273220871141 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 3 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = +\infty)} = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = +\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 22,3    | 3,8      |

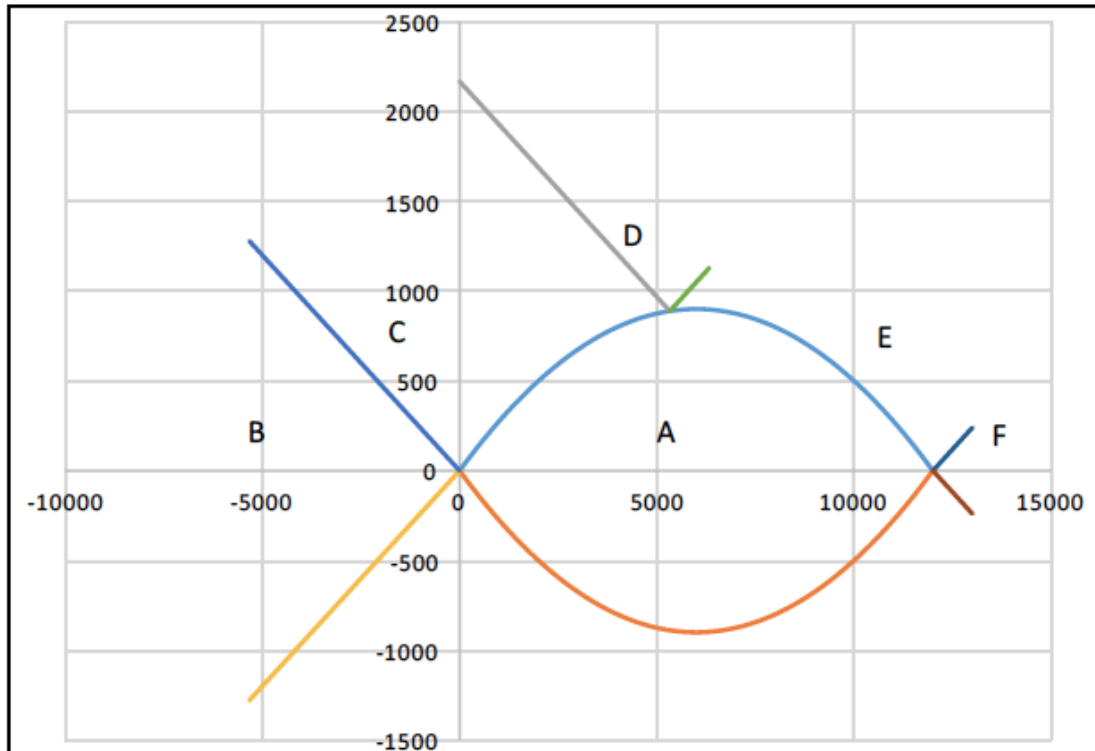
COMPRESIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,1704 \text{ m}$$

$$M1D = 9,152 \text{ mKN}$$

$$M2D = -1,552 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,12 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00106009169956408 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fi} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 4 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 39,68   | 12,84    |

FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,32359 \text{ m}$$

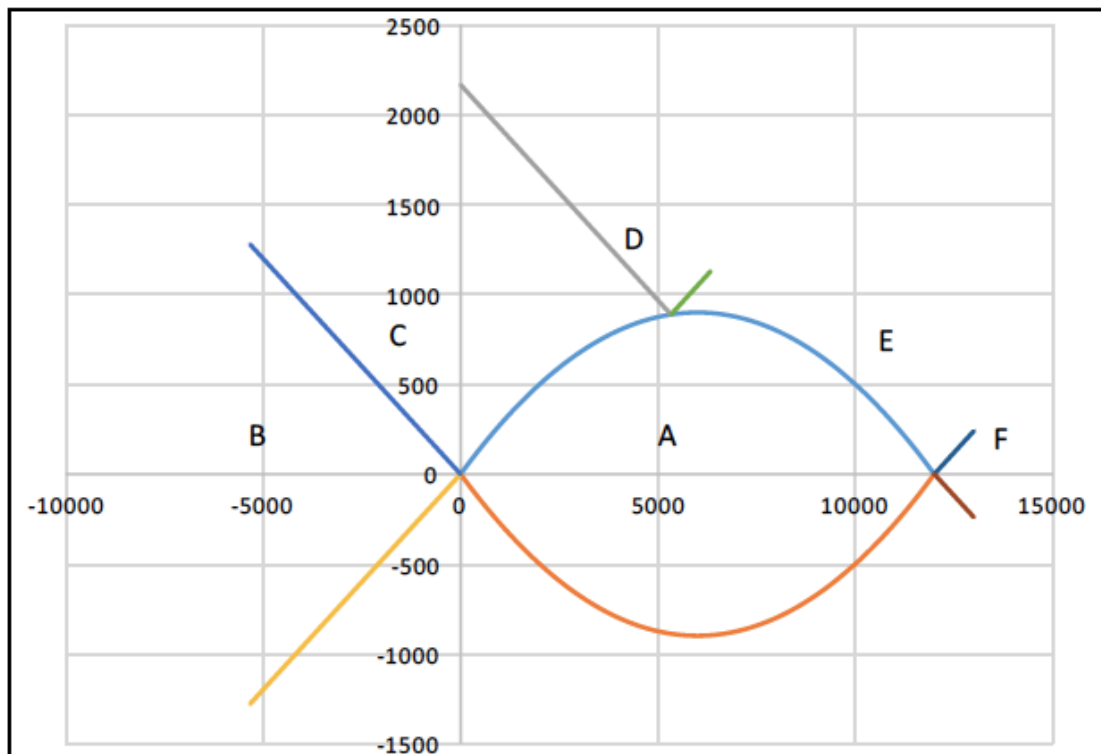
$$M_{1D} = 22,3632 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 3,3168 \text{ mKN}''$$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,04 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00259331502430769 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 5 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 46,575  | 30,42    |

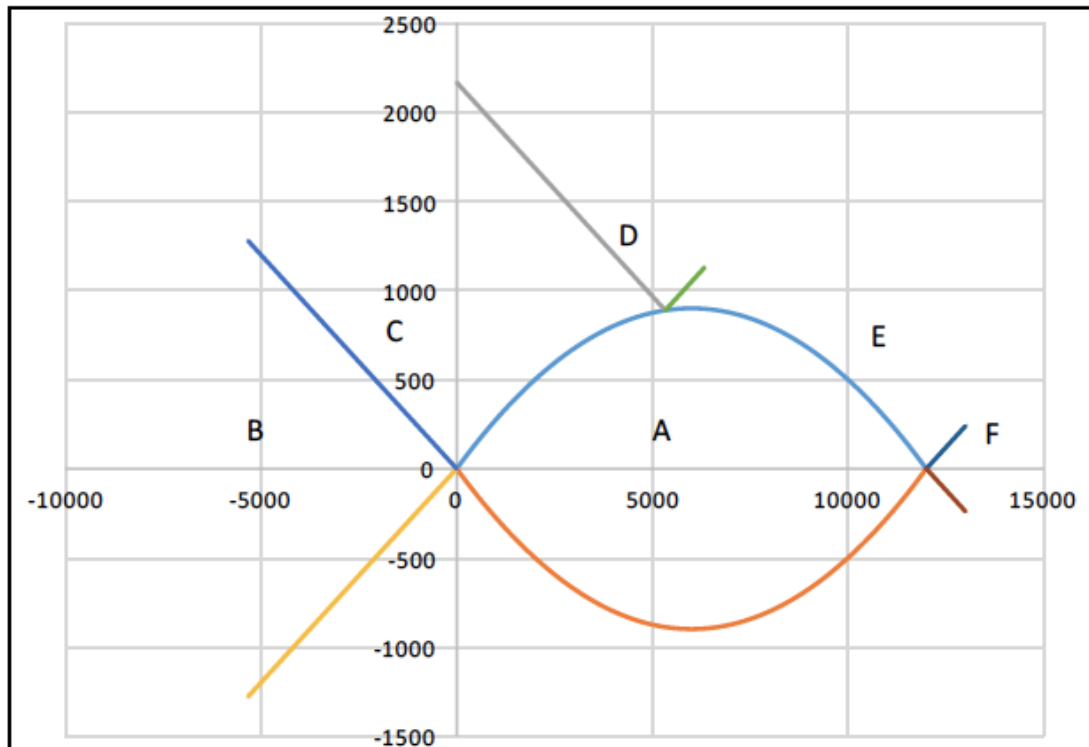
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,65314 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 41,598 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 19,242 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,71 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00483187743671365 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 6 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0033$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 58,22   | 59,41    |

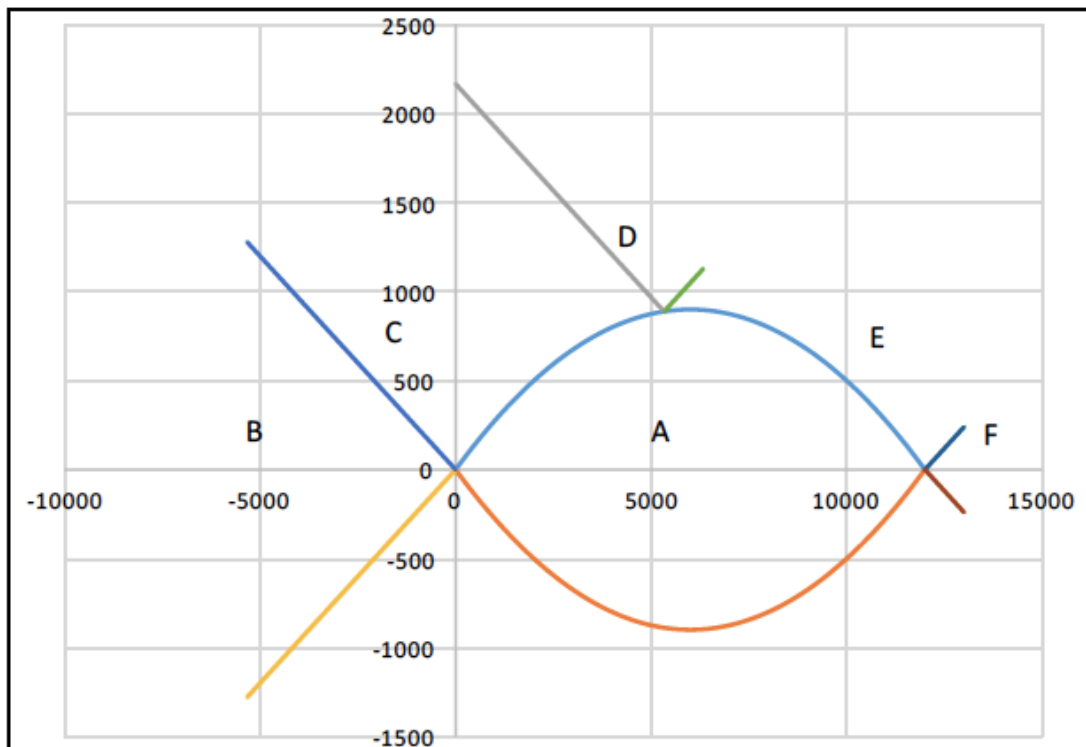
**FLEXIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 1,02044 \text{ m}$**

$M1D = 73,3828 \text{ mKN}$

$M2D = 45,4372 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,81 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00854749794152625 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 7 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69,87   | 102,7    |

FLEXIÓN COMPUESTA

$$Excentricidad e_0 = 1,46987 \text{ m}$$

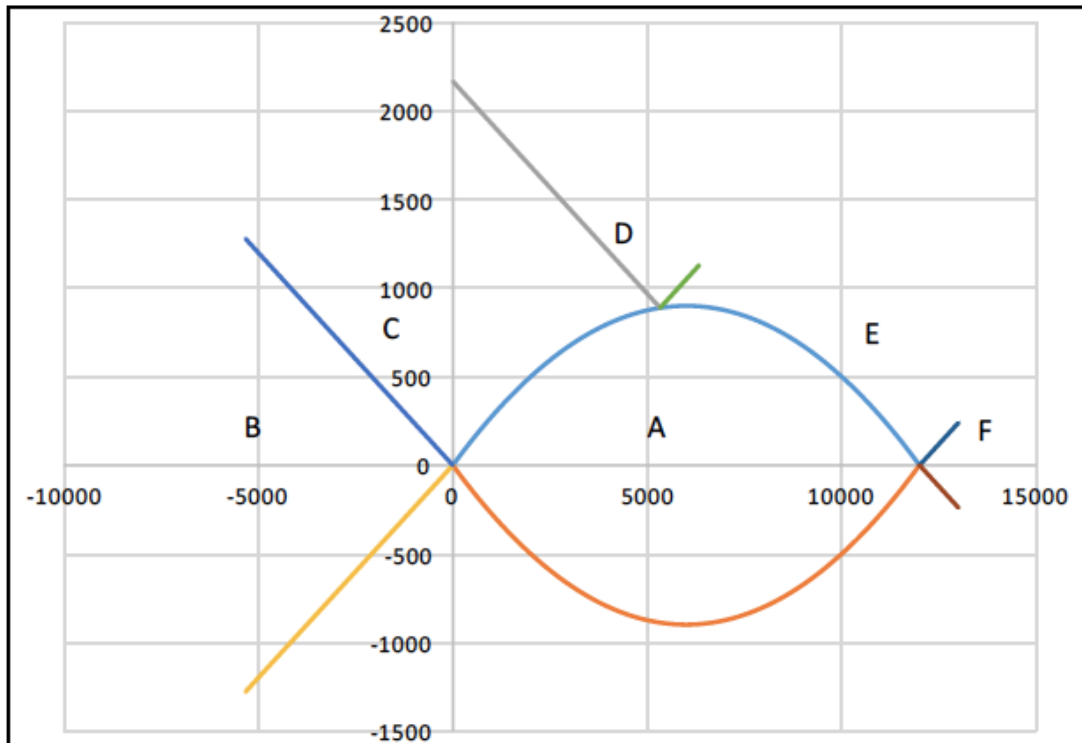
$$M_{1D} = 119,4688 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 85,9312 \text{ mKN}$$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,53 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0139720126953776 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 8 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 81,5    | 163,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

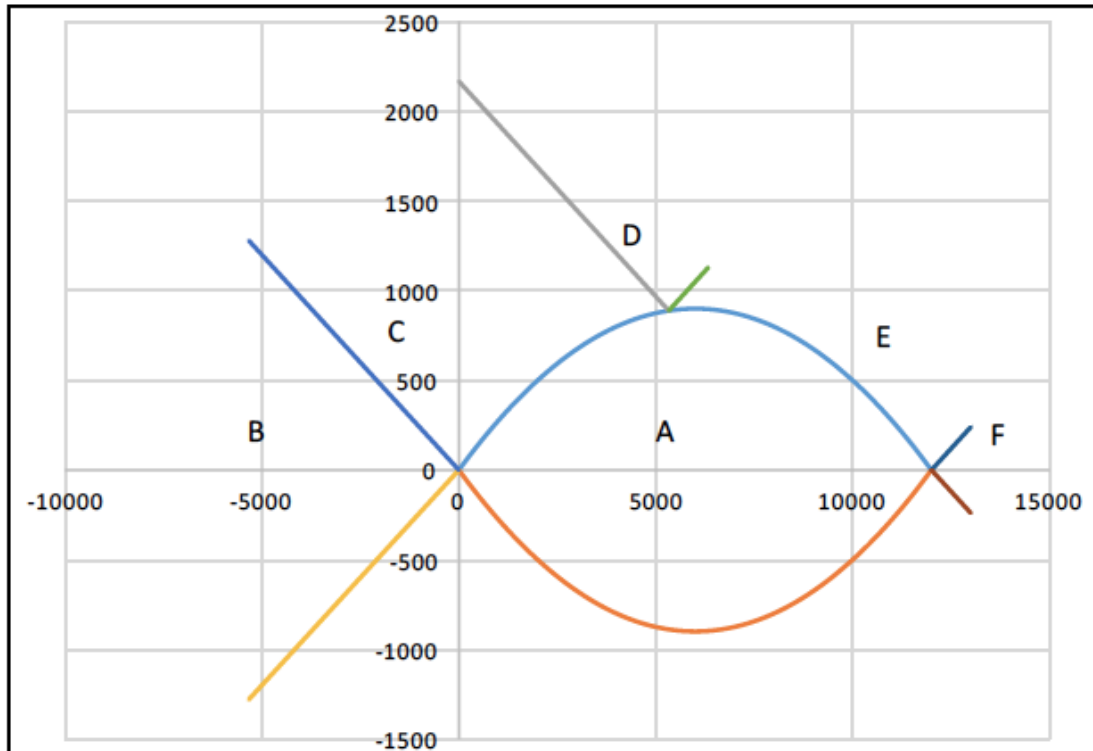
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,00123 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 182,66 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 143,54 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,03 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0214830721396729 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 MPaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 9 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 93,15   | 243,34   |

FLEXIÓN COMPUESTA

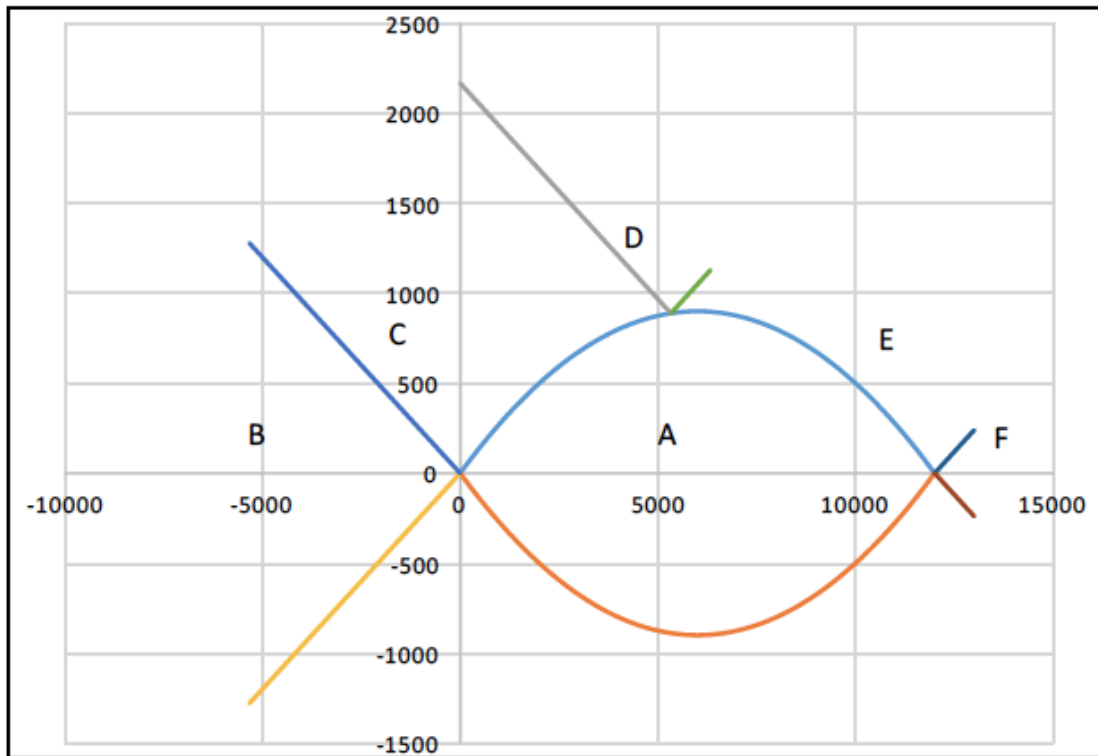
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,61235 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 265,696 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 220,984 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,44 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,11  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,11  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0314862083840003 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fis} = 1'73,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 10 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$X = -\infty$$

$$X = -\infty$$

$$M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$X = +\infty$$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 104,8   | 346,47   |

FLEXIÓN COMPUESTA

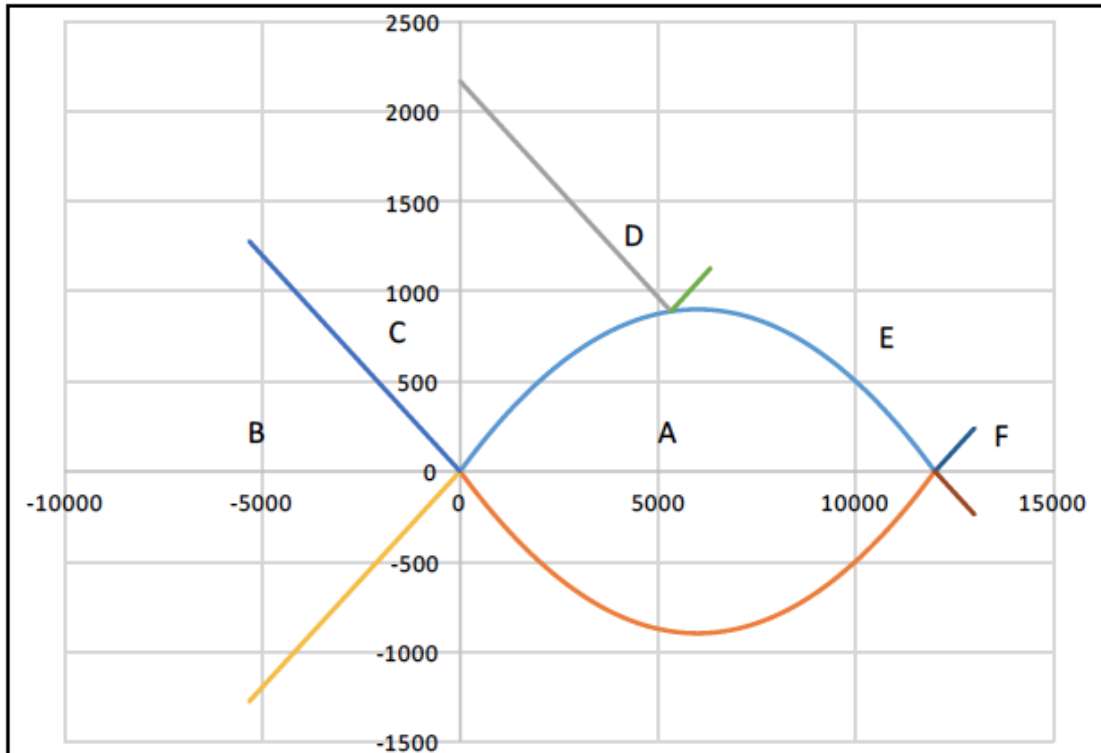
$$\text{Excentricidad } e_0 = 3,30601 \text{ m}$$

$$M1D = 371,622 \text{ mKN}$$

$$M2D = 321,318 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,12  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,12  |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0444771514845795 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 MPa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



**Sección: 11 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 116,43  | 475,28   |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 4,08211 \text{ m}$**

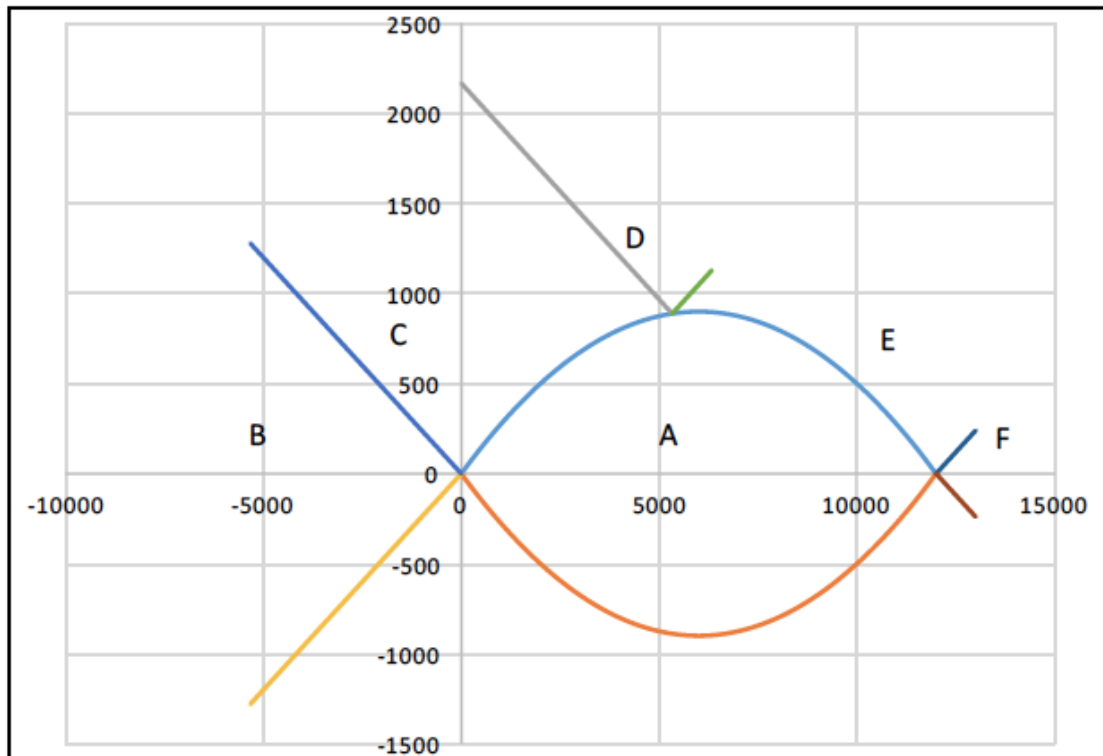
$M_{1D} = 503,2232 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 447,3368 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,13  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,13  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0609996946254831 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fet,m = 2,8965 MPa

fet,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**19.1.6-Zona A ( $N_{MAX}$ - $V_{MIN}$ - $M_{MIN}$ )**

Sección: 2 Zona A

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ 

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 11,65   | 0,42     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

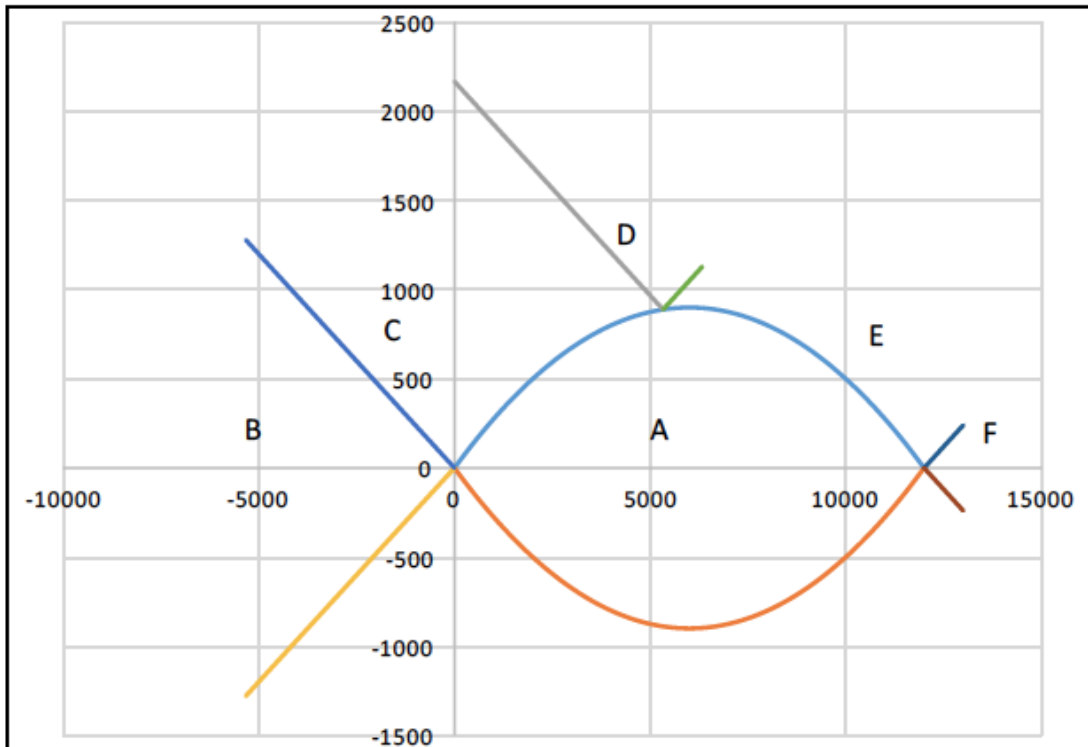
Excentricidad  $e_0 = 0,03605 \text{ m}$

$M_{1D} = 3,216 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -2,376 \text{ mKN}^*$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,13 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000372324908027508 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 3 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 23,29   | 3,04     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

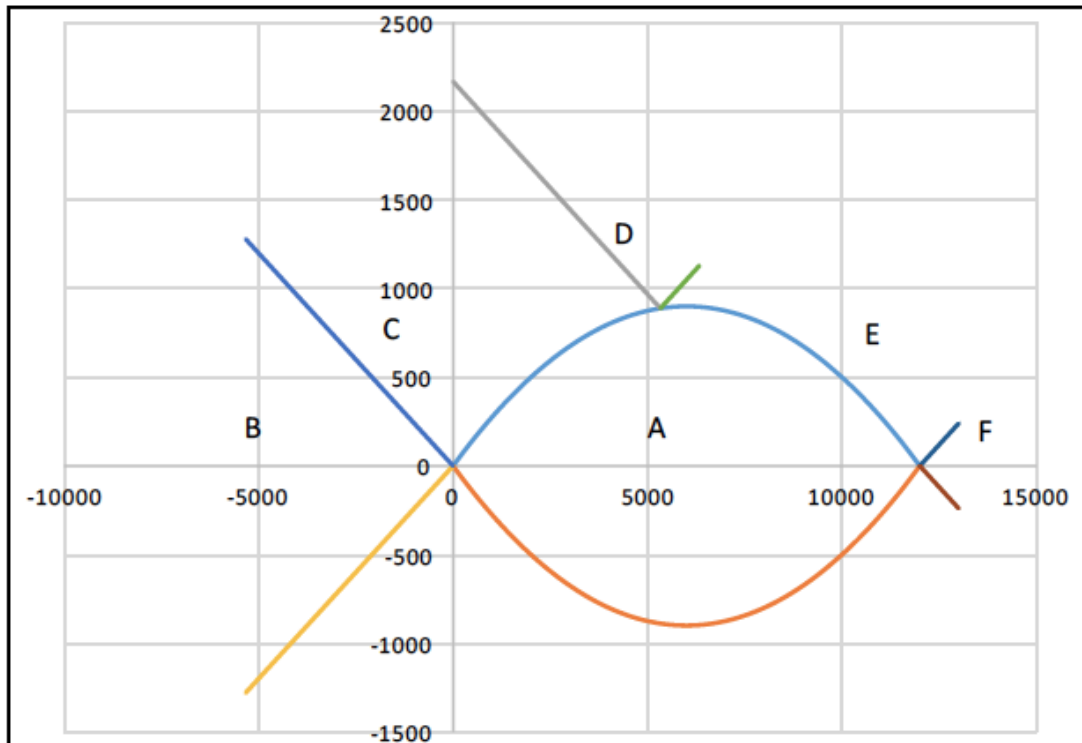
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,13053 \text{ m}$$

$$M1D = 8,6296 \text{ mKN}$$

$$M2D = -2,5496 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,17 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000999536350307864 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fet,m = 2,8965 Mpa

fet,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-5008

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,94   | 9,9      |

COMPRESIÓN COMPUESTA

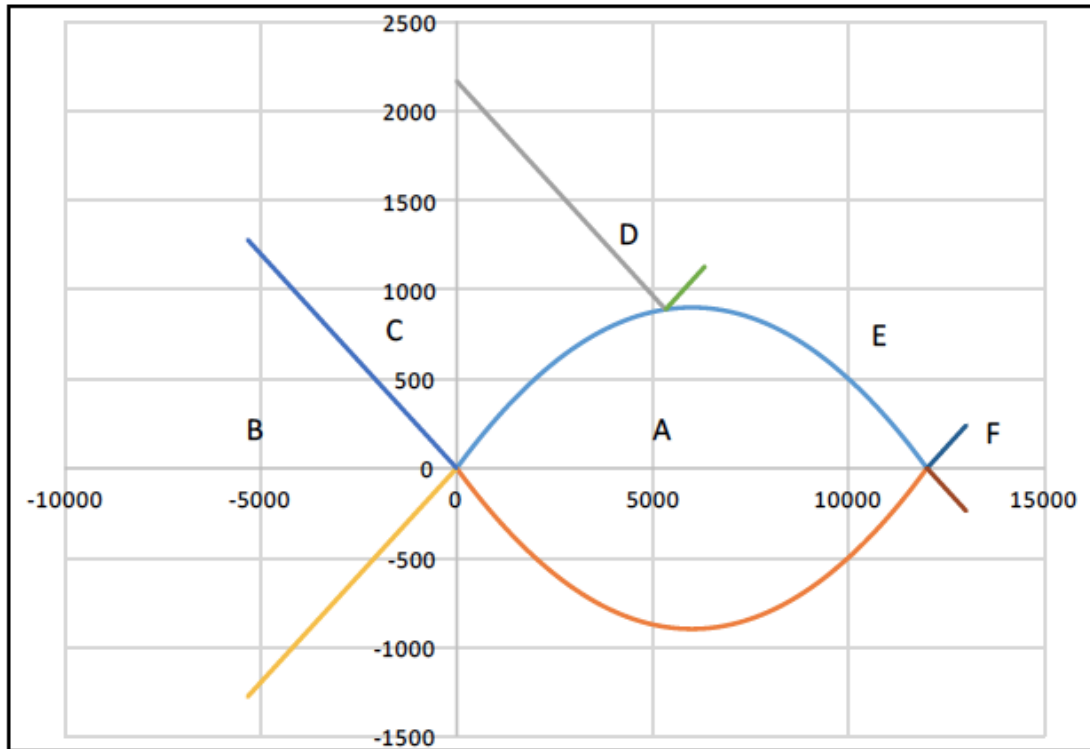
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,28334 \text{ m}$$

$$M1D = 18,2856 \text{ mKN}$$

$$M2D = 1,5144 \text{ mKN}''$$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,02 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,04 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,04 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,04 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,04 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00211971718588757 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 1'73,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32





Sección: 5 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$X = -\infty$$

$$X = -\infty$$

$$M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = -\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

$$X = +\infty$$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(X = +\infty)} = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c(X = +\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 46,575  | 22,98    |

FLEXIÓN COMPUESTA

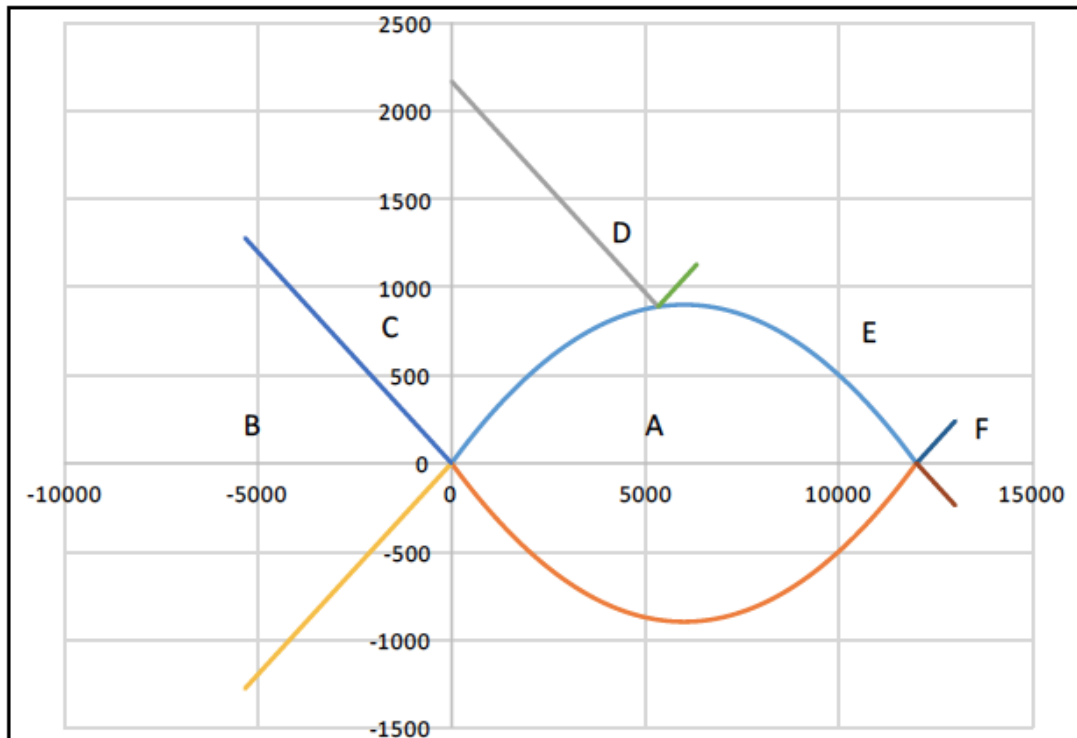
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,4934 \text{ m}$$

$$M1D = 34,158 \text{ mKN}$$

$$M2D = 11,802 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,39 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00396511826880413 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 6 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 58,22   | 44,4     |

FLEXIÓN COMPUESTA

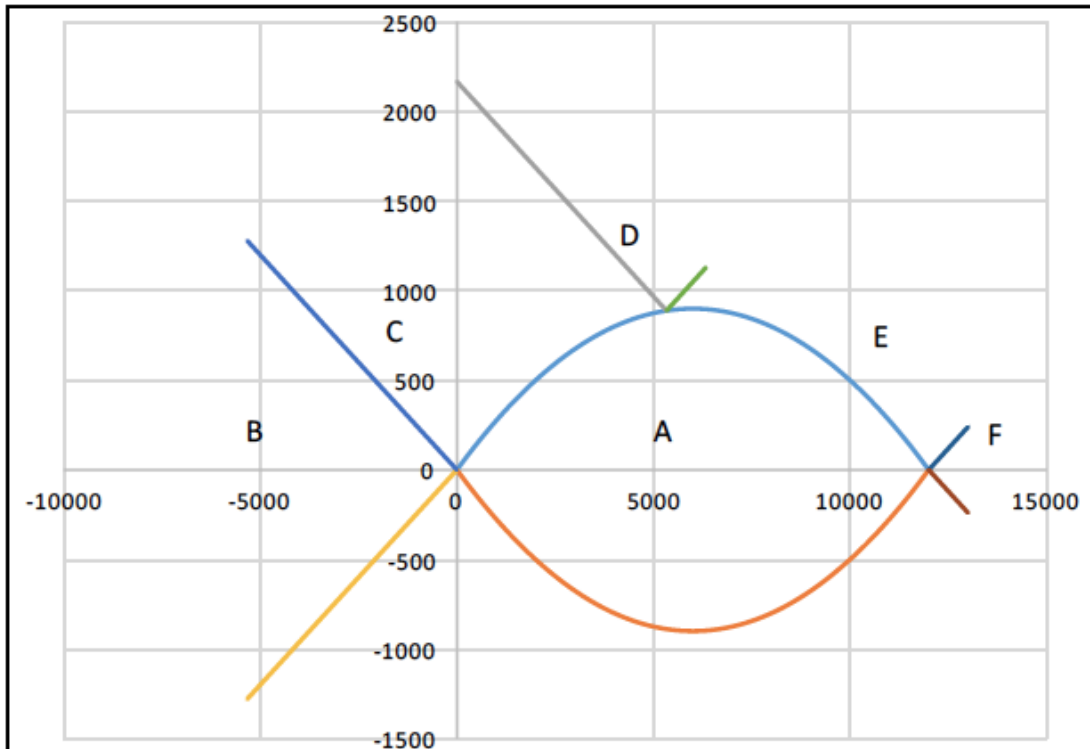
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,76262 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 58,3728 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 30,4272 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,16 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00679026496166642 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 7 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69,87   | 76,13    |

FLEXIÓN COMPUESTA

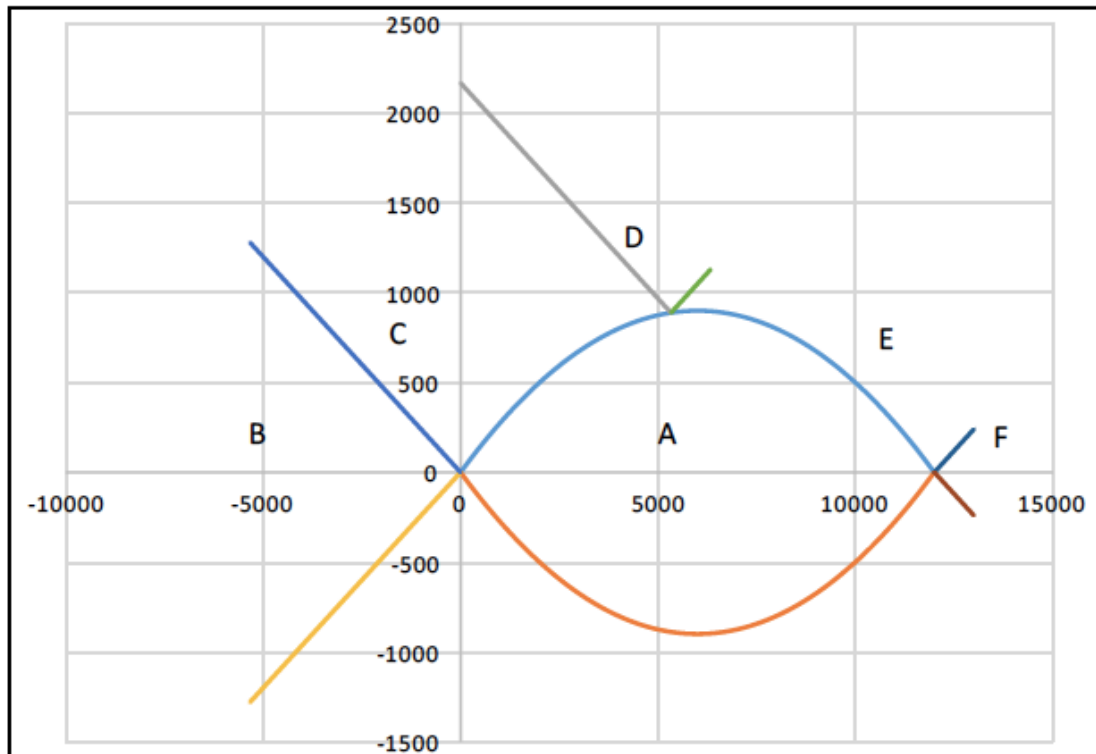
$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,08959 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 92,8988 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 59,3612 \text{ mKN}^n$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2,38 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0108392043337697 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 8 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 81,5    | 120,23   |

FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,47521 \text{ m}$$

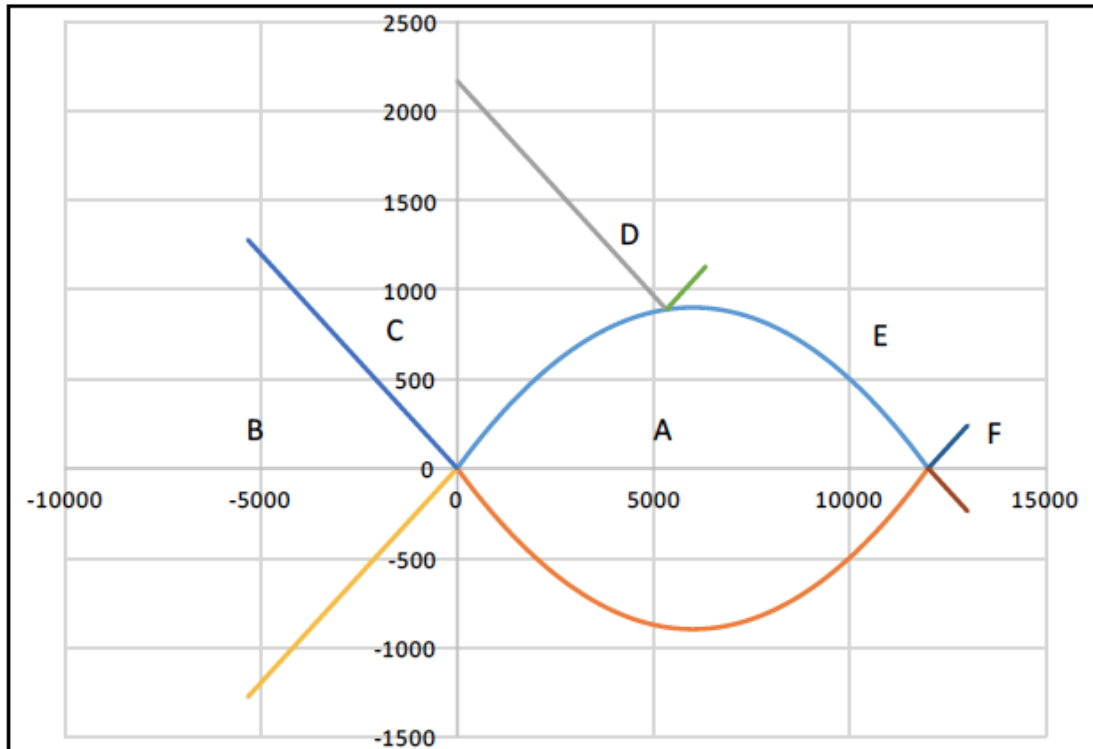
$$M_{1D} = 139,79 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 100,67 \text{ mKN}$$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 4,15 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0163780959457847 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 9 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 93,15   | 178,75   |

FLEXIÓN COMPUESTA

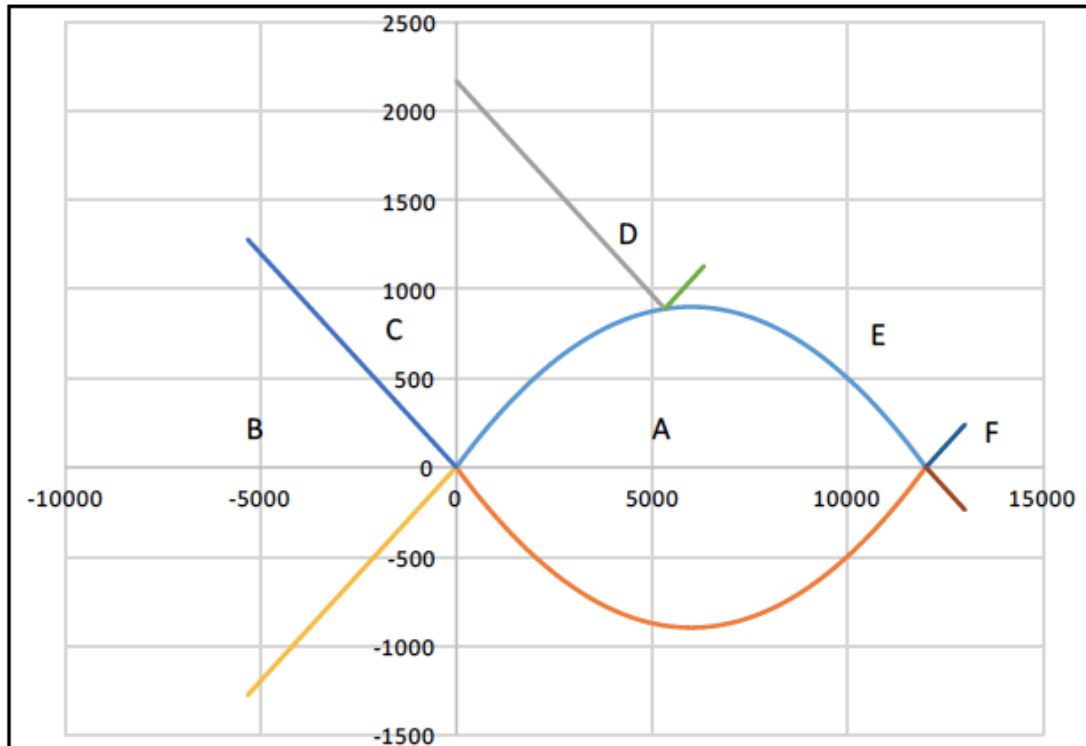
$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,91895 \text{ m}$$

$$M1D = 201,106 \text{ mKN}$$

$$M2D = 156,394 \text{ mKN}$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,58 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,11  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,11  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0236919411676223 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fet,m = 2,8965 Mpa

fet,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 10 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 104,8   | 253,7    |

FLEXIÓN COMPUESTA

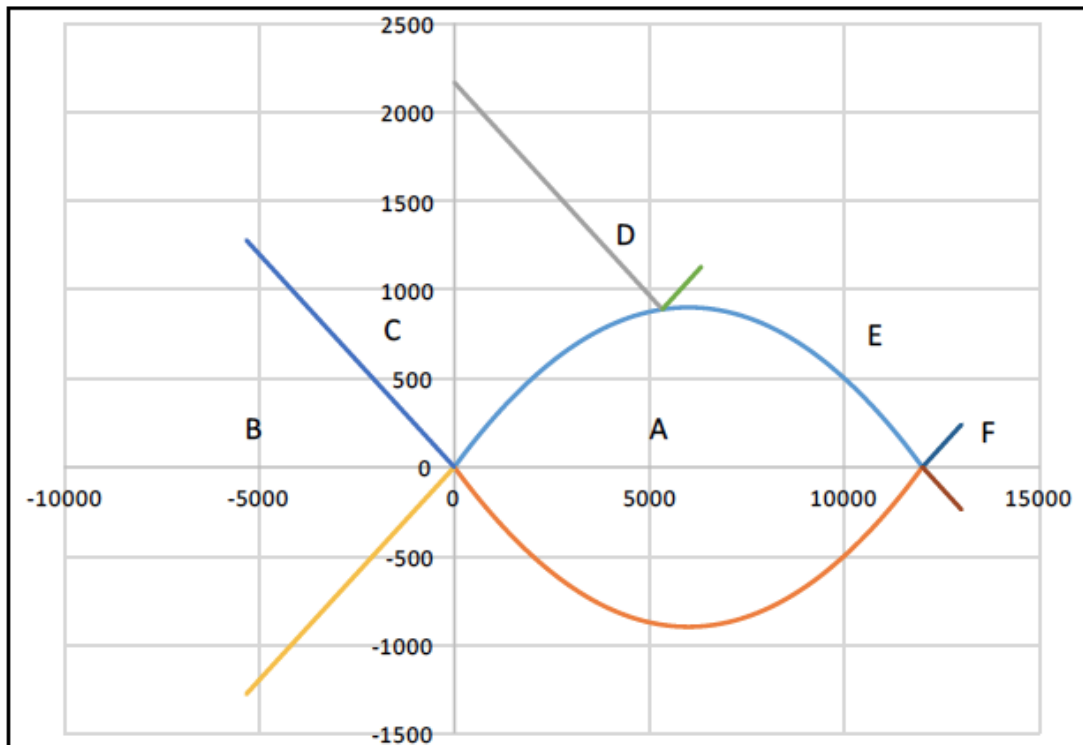
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,4208 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 278,852 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 228,548 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,77 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,12  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,12  |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0330853834036805 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 MPaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 11 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 116,44  | 347,1    |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 2,98093 \text{ m}$**

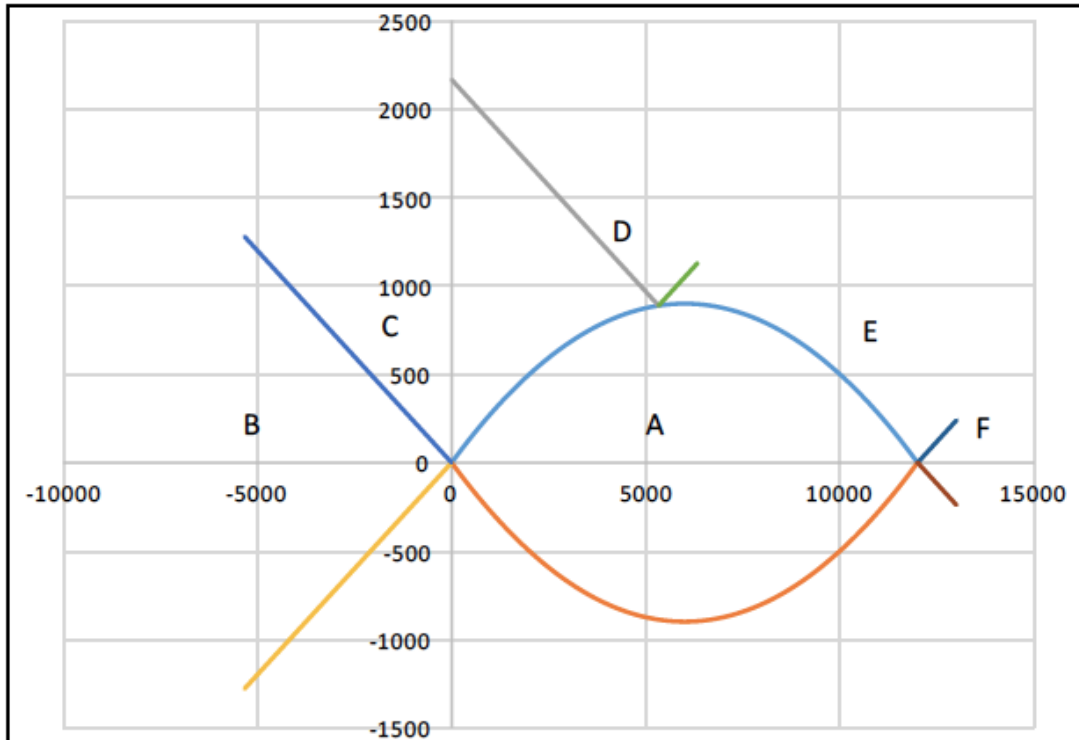
$M_{1D} = 375,0456 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 319,1544 \text{ mKN}$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,85 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,13  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,85 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,13  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0449014957960938 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





### 19.1.7-Zona A ( $N_{MIN}$ - $V_{MAX}$ - $M_{MAX}$ )

Sección: 2 Zona A

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 8,625   | 0,48     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

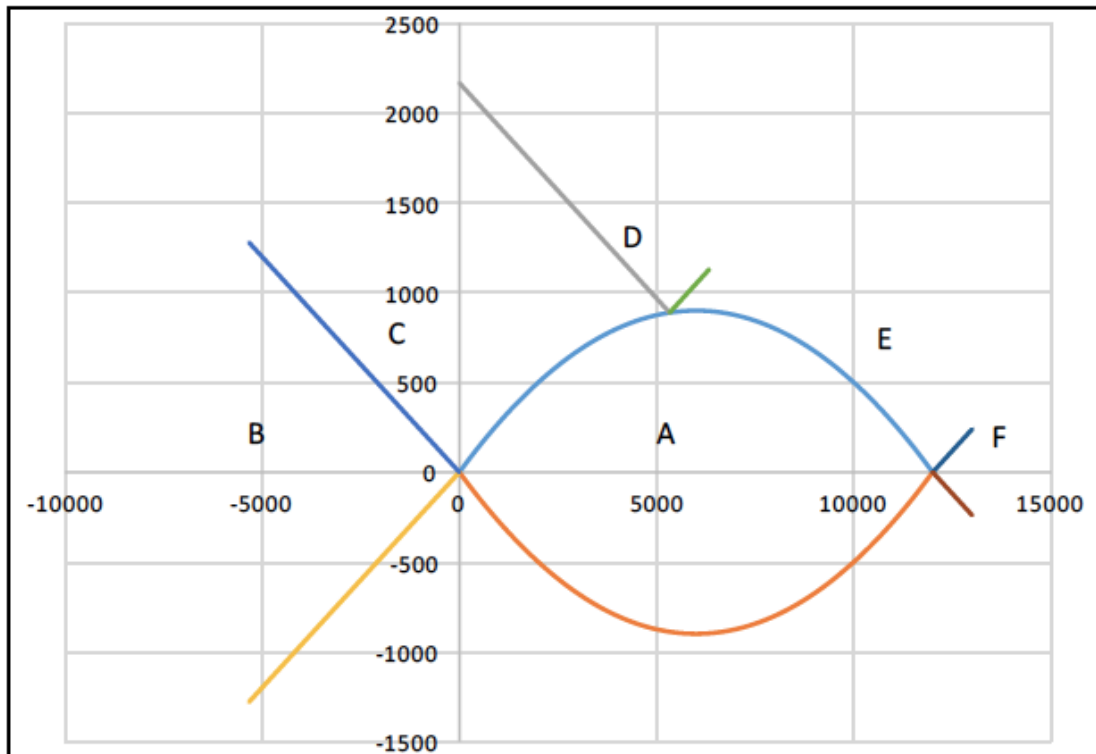
Excentricidad  $e_0 = 0,05565 \text{ m}$

$M_{1D} = 2,55 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -1,59 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,09 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000295203440793728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 3 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 17,25   | 3,8      |

COMPRESIÓN COMPUESTA

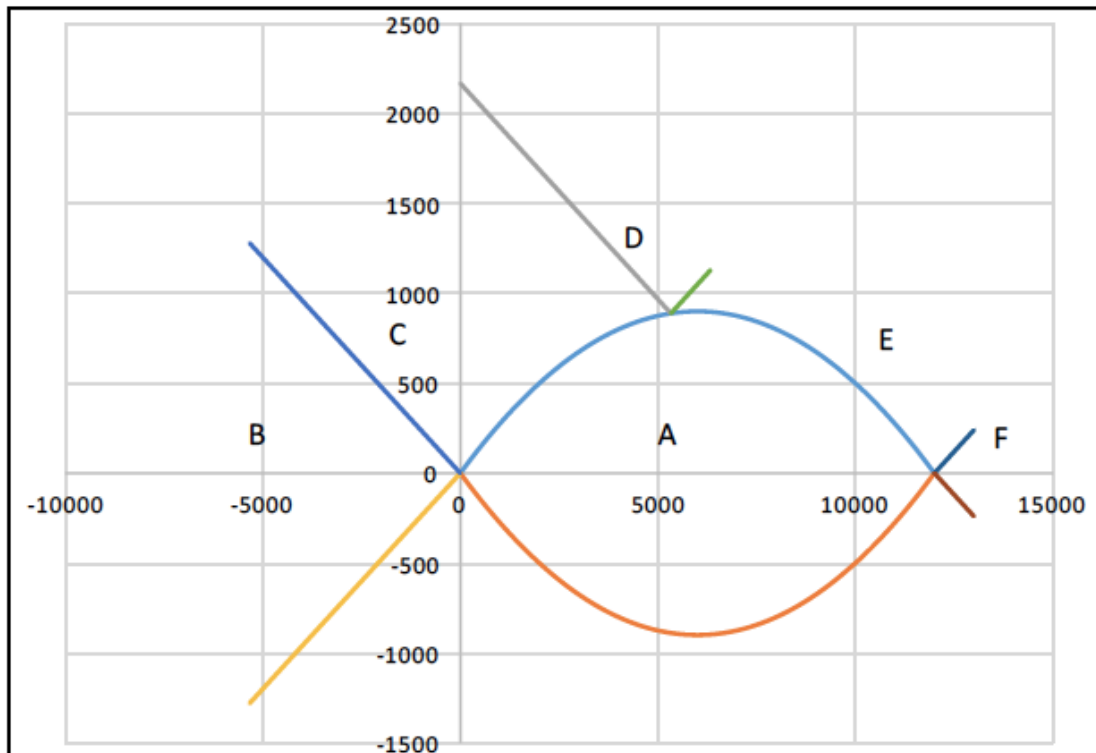
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,22029 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 7,94 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -0,34 \text{ mKN}^{\circ}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,06 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000919607910154383 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fet,m = 2,8965 MPa

fet,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 23,875  | 12,84    |

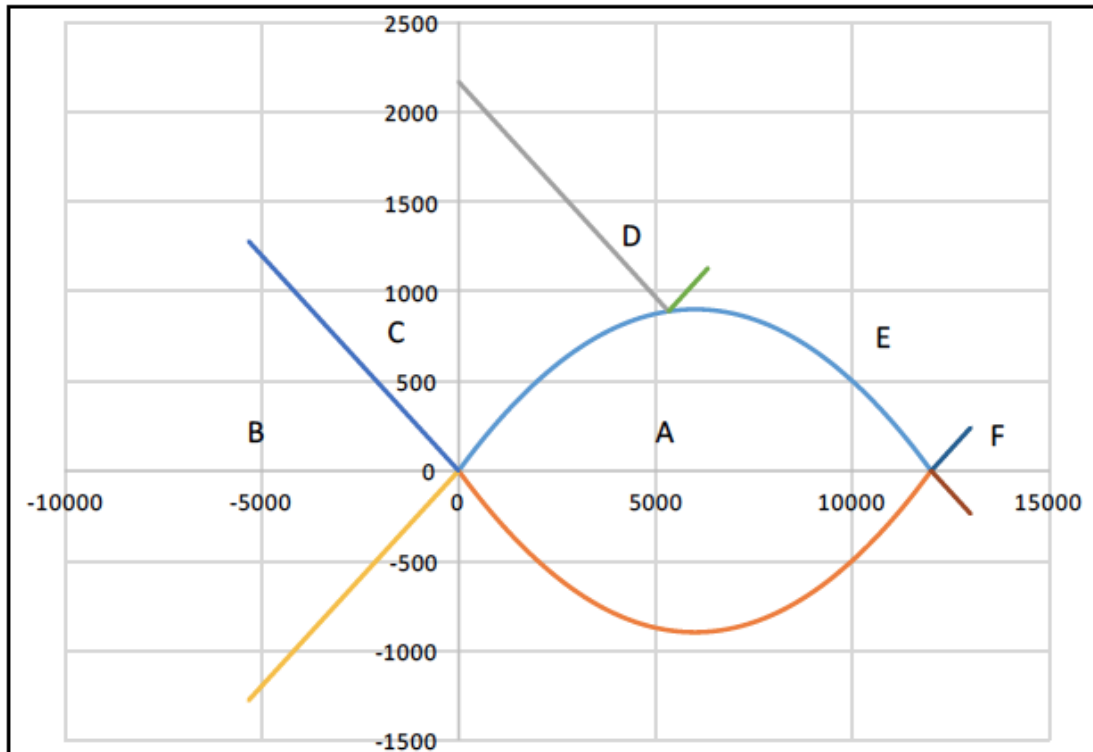
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,49623 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 19,05 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 6,63 \text{ mKN}$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,22 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,03  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,03  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00220847396834728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





Sección: 5 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,5    | 30,42    |

FLEXIÓN COMPUESTA

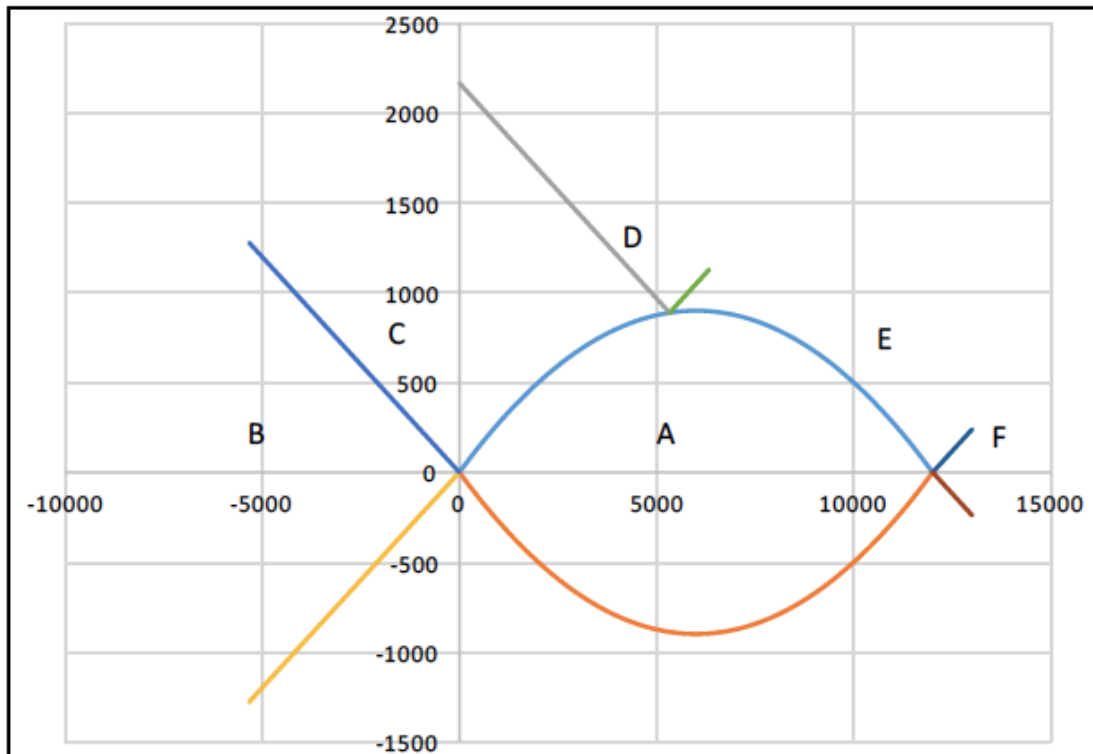
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,88174 \text{ m}$$

$$M1D = 38,7 \text{ mKN}$$

$$M2D = 22,14 \text{ mKN}''$$



SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,86 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00449412754249494 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ot,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ot,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 6 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

**Coef. de seguridad:**

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-5008

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 43,125  | 59,41    |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

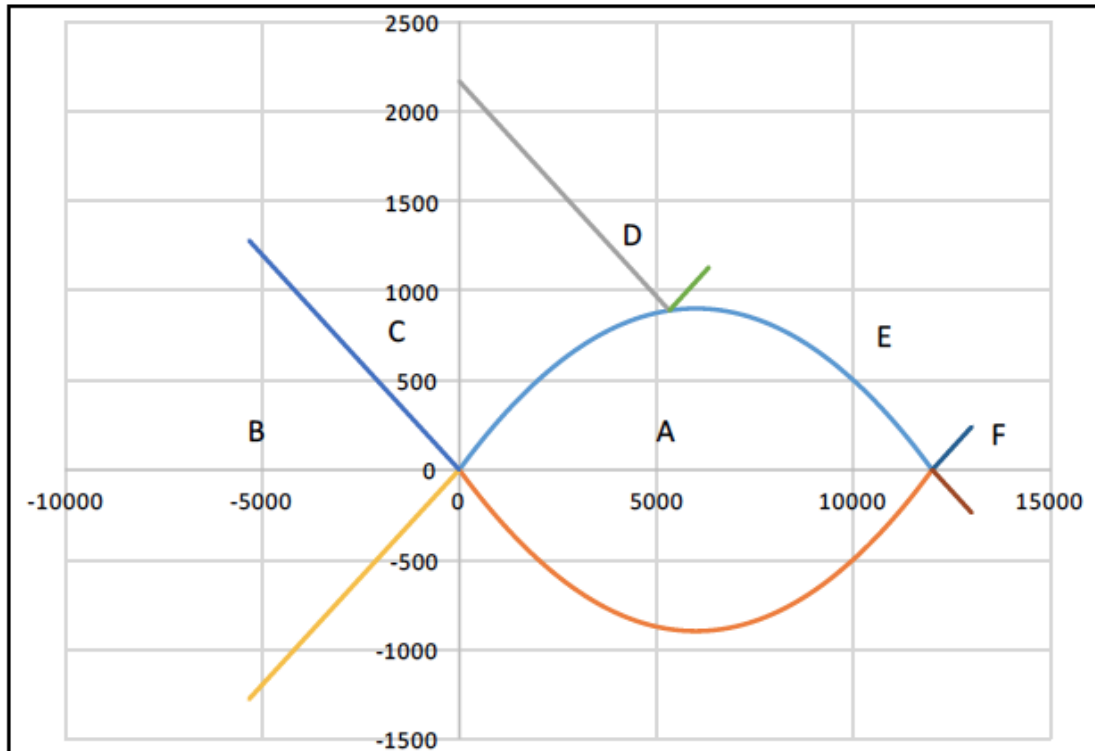
Excentricidad  $e_0 = 1,37762 \text{ m}$

$M_{1D} = 69,76 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 49,06 \text{ mKN}''$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |   | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|---|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0 | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00812294986257029 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 MPa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 7 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X = -\infty$

$$X = -\infty$$

$$M_{1c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X = +\infty$

$$X = +\infty$$

$$M_{1c}(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 51,75   | 102,7    |

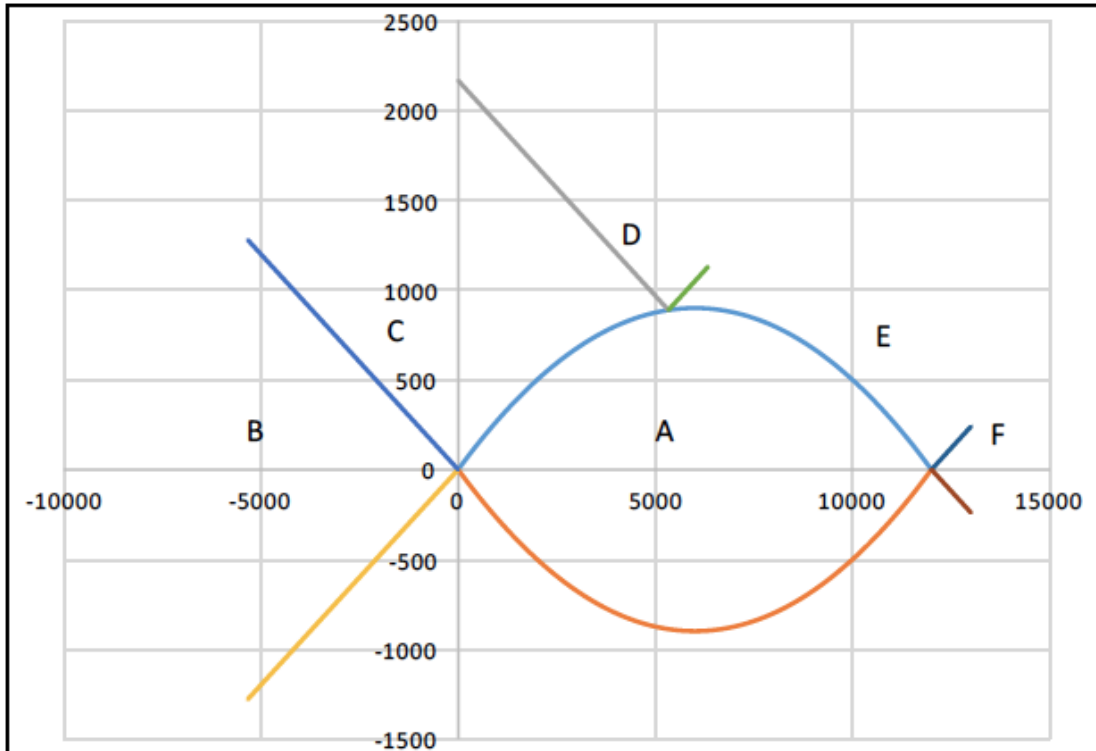
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,98454 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 115,12 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 90,28 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(Xlim)$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,76 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,06  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,06  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0134582401692241 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 1'73,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 8 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 60,375  | 163,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

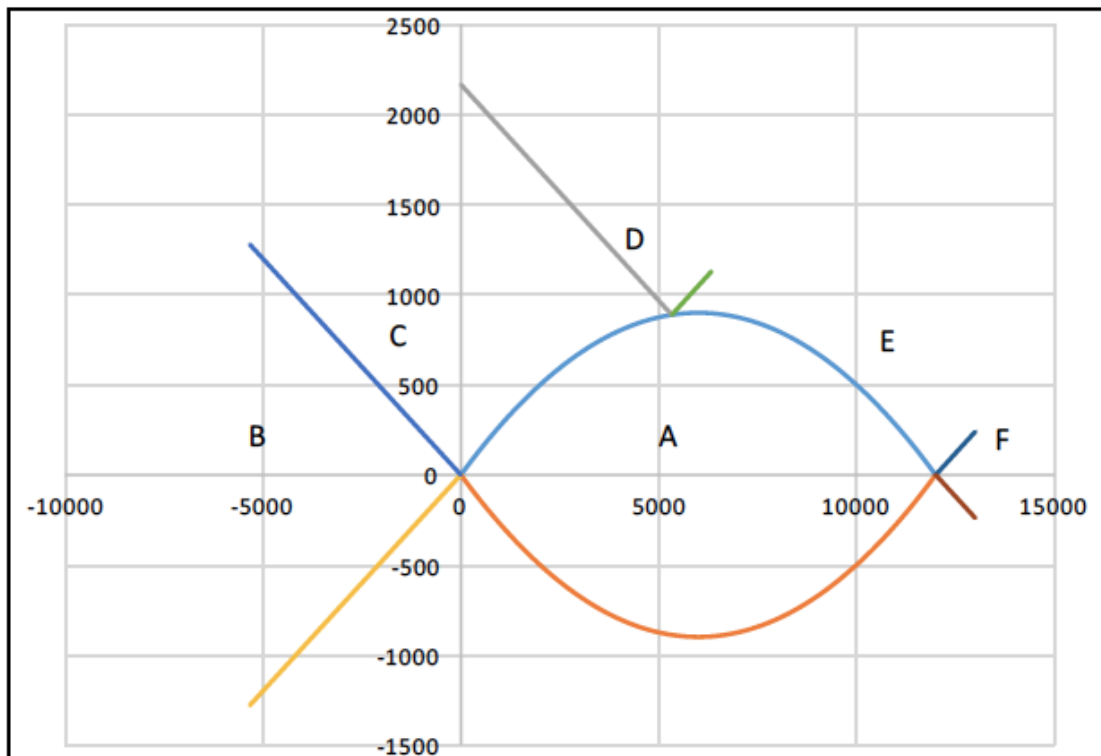
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,70145 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 177,59 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 148,61 \text{ mKN}''$$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(Xlim)$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0208772573132777 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



**Sección: 9 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef. de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69      | 243,34   |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

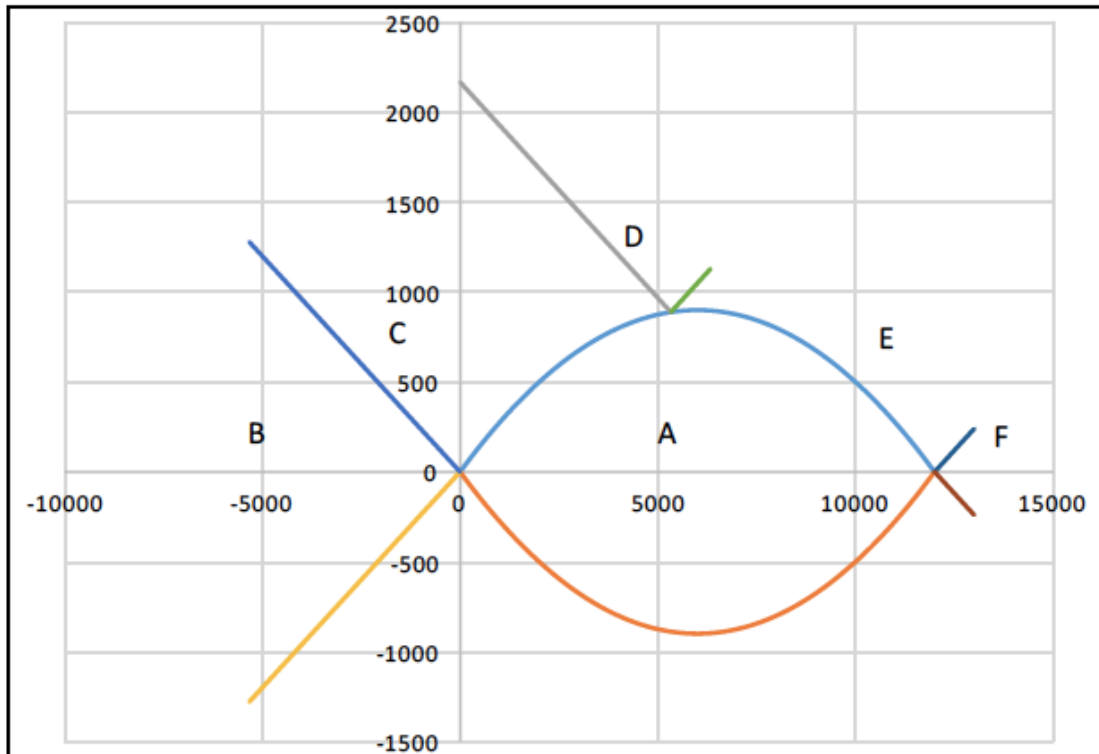
Excentricidad  $e_0 = 3,52667 \text{ m}$

$M_{1D} = 259,9 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 226,78 \text{ mKN}''$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,74 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,030782936425928 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 10 Zona A

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

## Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

## ESFUERZOS DE CÁLCULO:

Nd (KN)

Md (mKN)

77,623

346,47

FLEXIÓN COMPUESTA

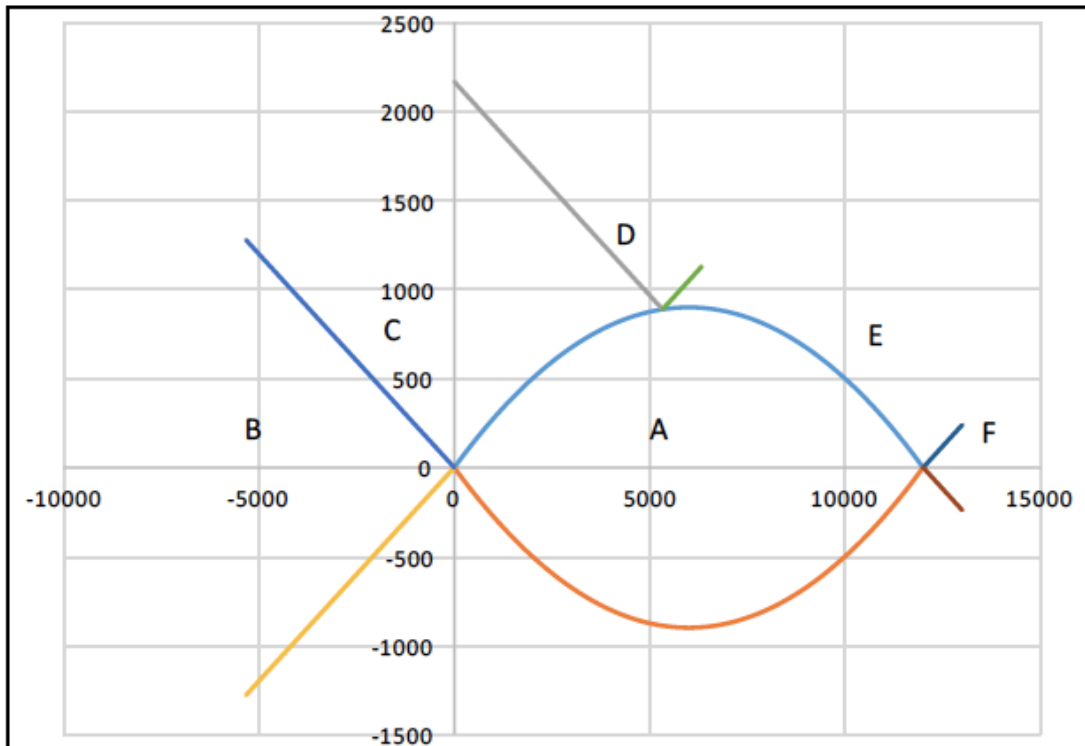
Excentricidad  $e_0 = 4,46338 \text{ m}$

$M1D = 363,1 \text{ mKN}$

$M2D = 327,84 \text{ mKN}$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0436695595807216 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 11 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

86,25

475,28

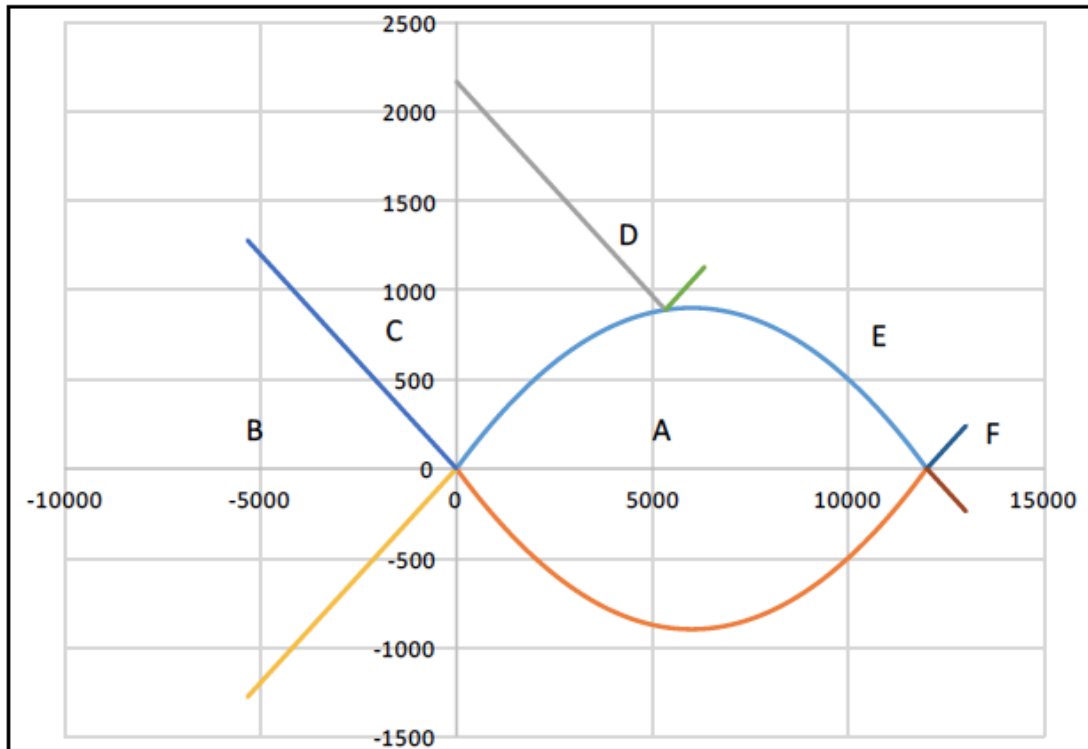
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 5,51049 \text{ m}$

$M_{1D} = 495,98 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 454,58 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0600787652064697 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ MPa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32





### 19.1.8-Zona A ( $N_{MIN}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )

Sección: 2 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$X=-\infty$

$$X=-\infty$$

$$M1c(X=-\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X=-\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X=-\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(X=-\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$X=+\infty$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X=+\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X=+\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X=+\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(X=+\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 8,625   | 0,42     |

COMPRESIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,0487 \text{ m}$$

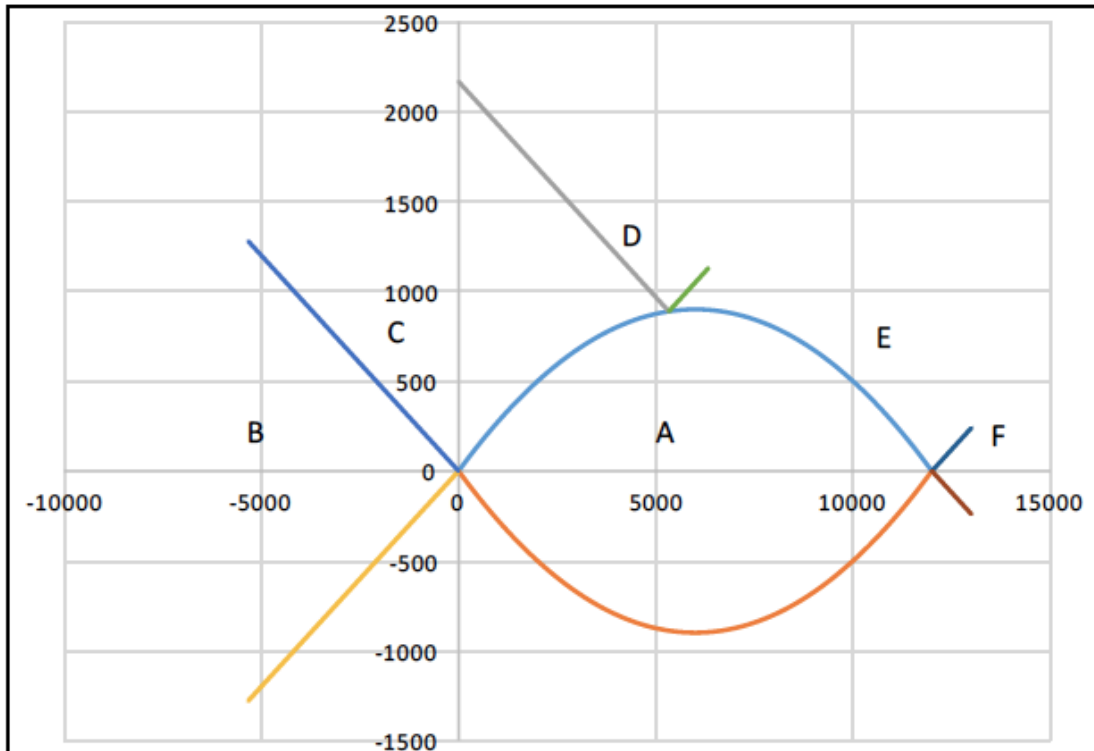
$$M1D = 2,49 \text{ mKN}$$

$$M2D = -1,65 \text{ mKN}''$$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,09 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000288255993717001 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 1'73,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 3 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

Nd (KN)

Md (mKN)

17,25

3,04

**COMPRESIÓN COMPUESTA**

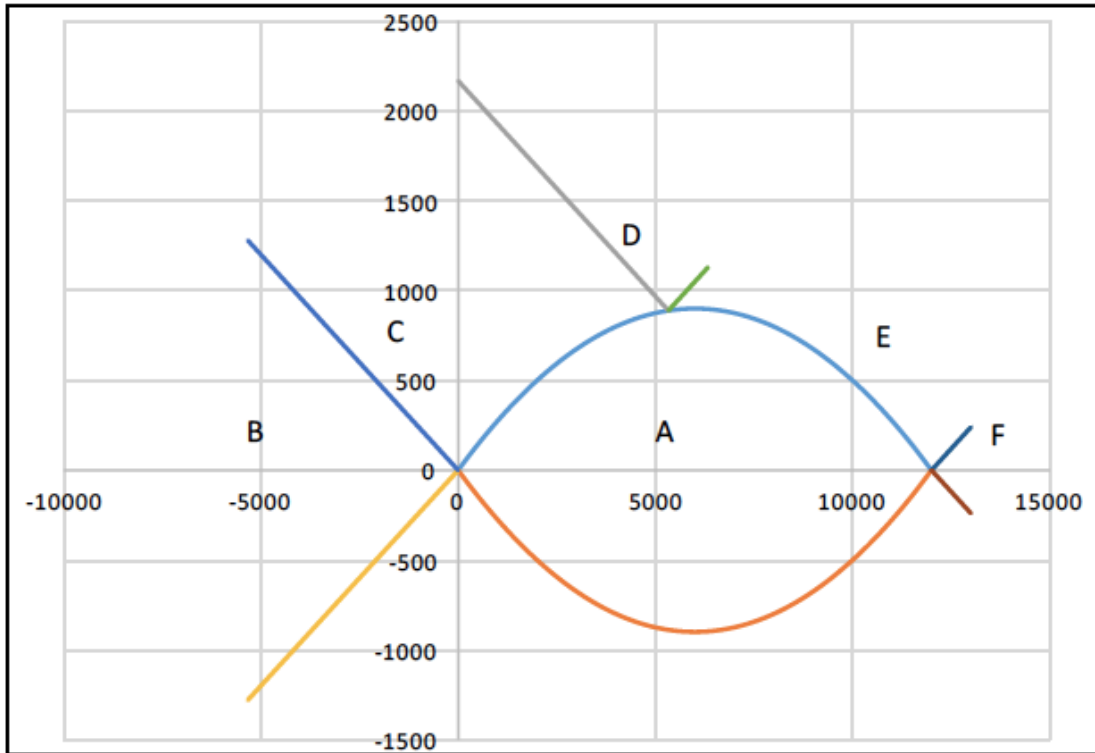
Excentricidad  $e_0 = 0,17623 \text{ m}$

$M_{1D} = 7,18 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -1,1 \text{ mKN}''$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS'=0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,09 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,02 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,02 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000831530698742993 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 4 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 25,875  | 9,88     |

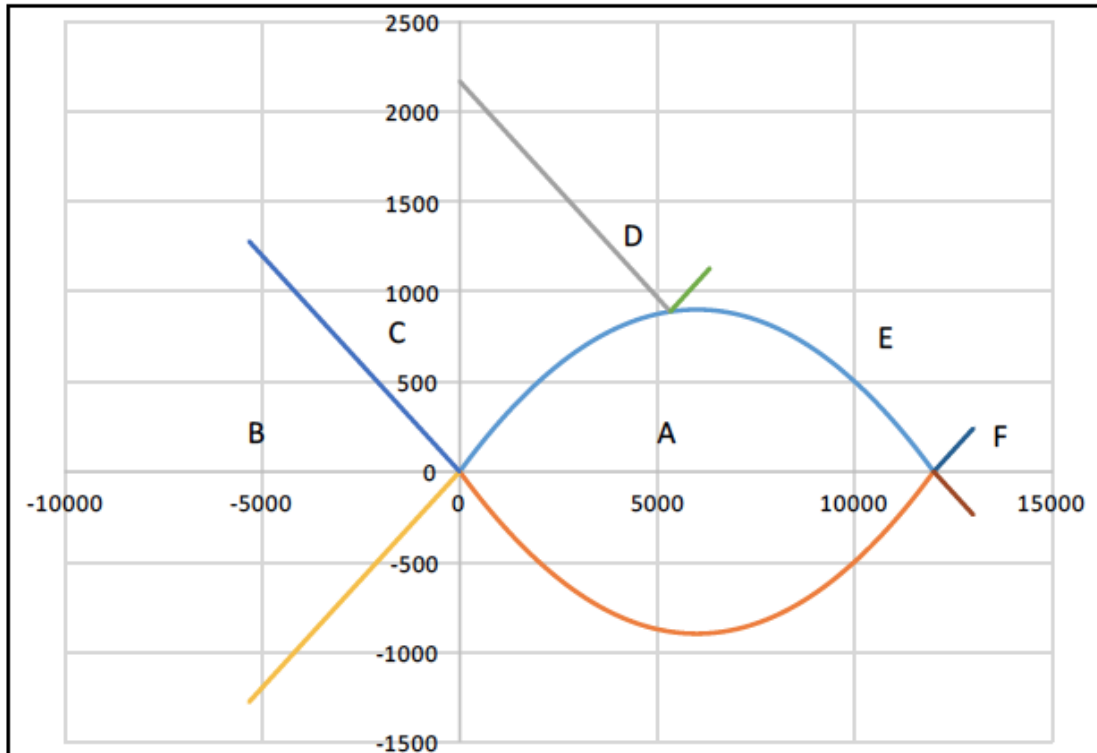
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,38184 \text{ m}$$

$$M1D = 16,09 \text{ mKN}$$

$$M2D = 3,67 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,09 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,03  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,03  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0018648445520023 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 5 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

| Profundidad límite                    |
|---------------------------------------|
| $X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$        |
| $M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$ |
| $M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido          |
| $NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$      |

| $x = -\infty$                      |
|------------------------------------|
| $x = -\infty$                      |
| $M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| $M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido       |
| $Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$   |
| $Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$  |

| $x = +\infty$                          |
|--|
| $x = +\infty$                          |
| $M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$  |
| $M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido           |
| $Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$   |
| $Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$      |

| ESFUERZOS DE CÁLCULO: |          |
|-----------------------|----------|
| Nd (KN)               | Md (mKN) |
| 34,5                  | 22,98    |

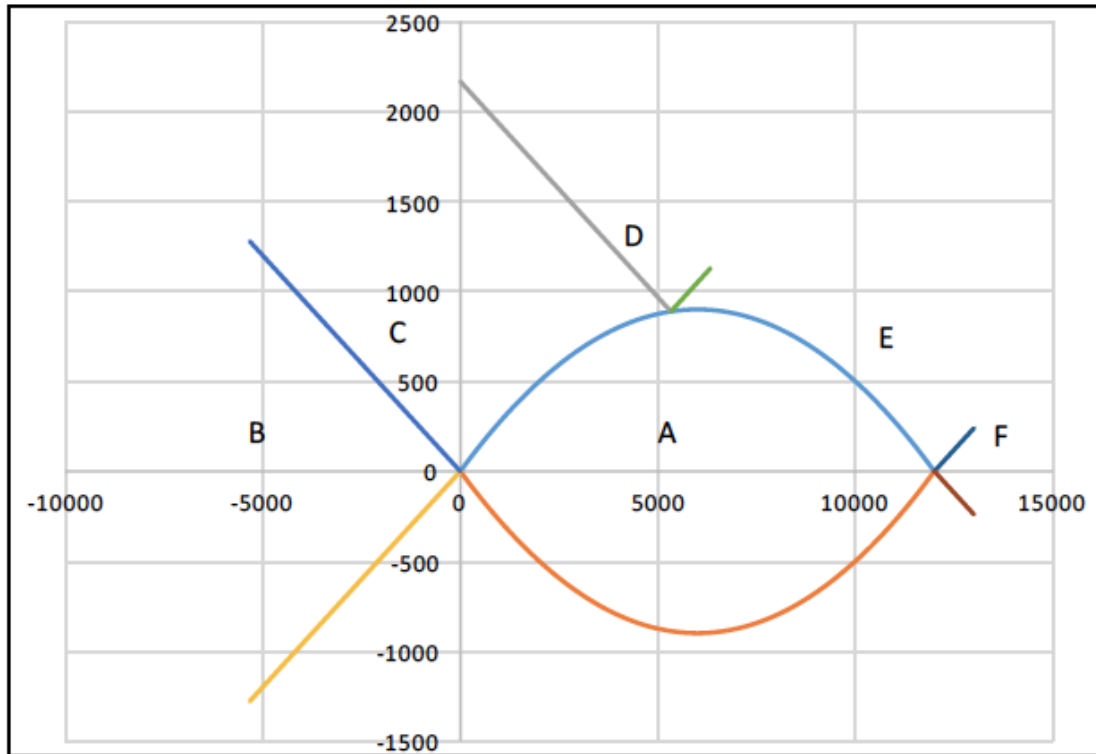
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 0,66609 \text{ m}$

|                           |
|---------------------------|
| $M1D = 31,26 \text{ mKN}$ |
| $M2D = 14,7 \text{ mKN}$  |



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,54 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00362780441844336 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



**Sección: 6 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

43,125

44,4

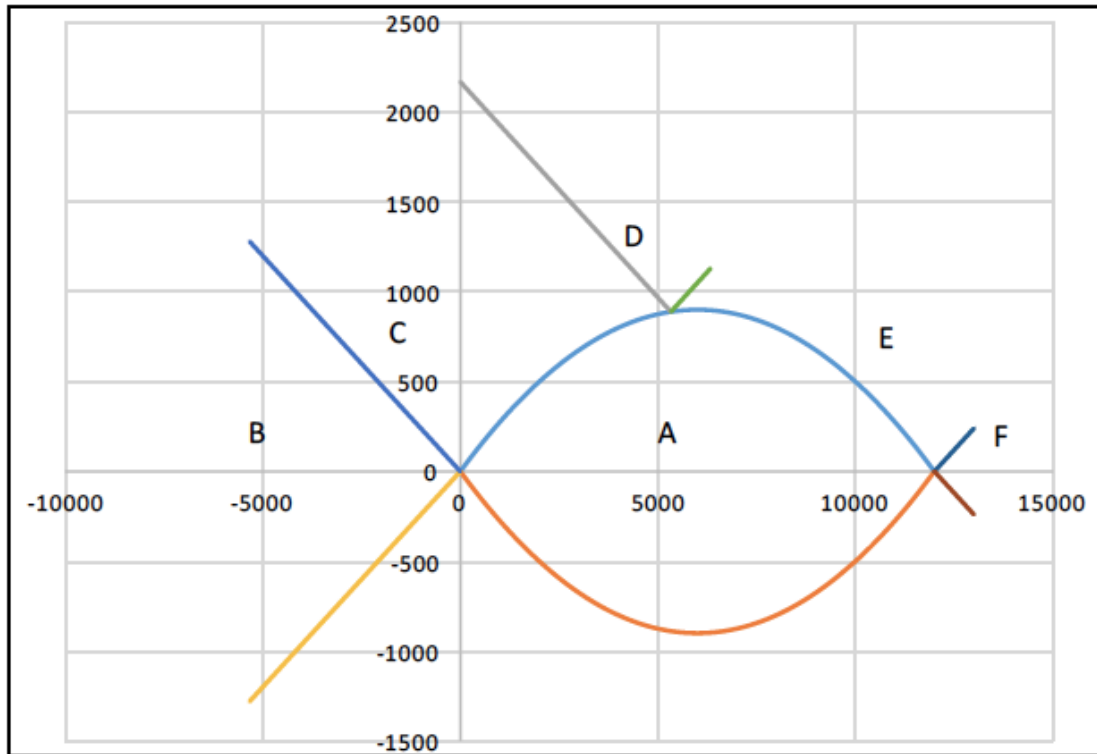
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 1,02957 \text{ m}$

$M_{1D} = 54,75 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 34,05 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,35 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00636683263541286 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ MPa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 7 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 51,75   | 76,13    |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

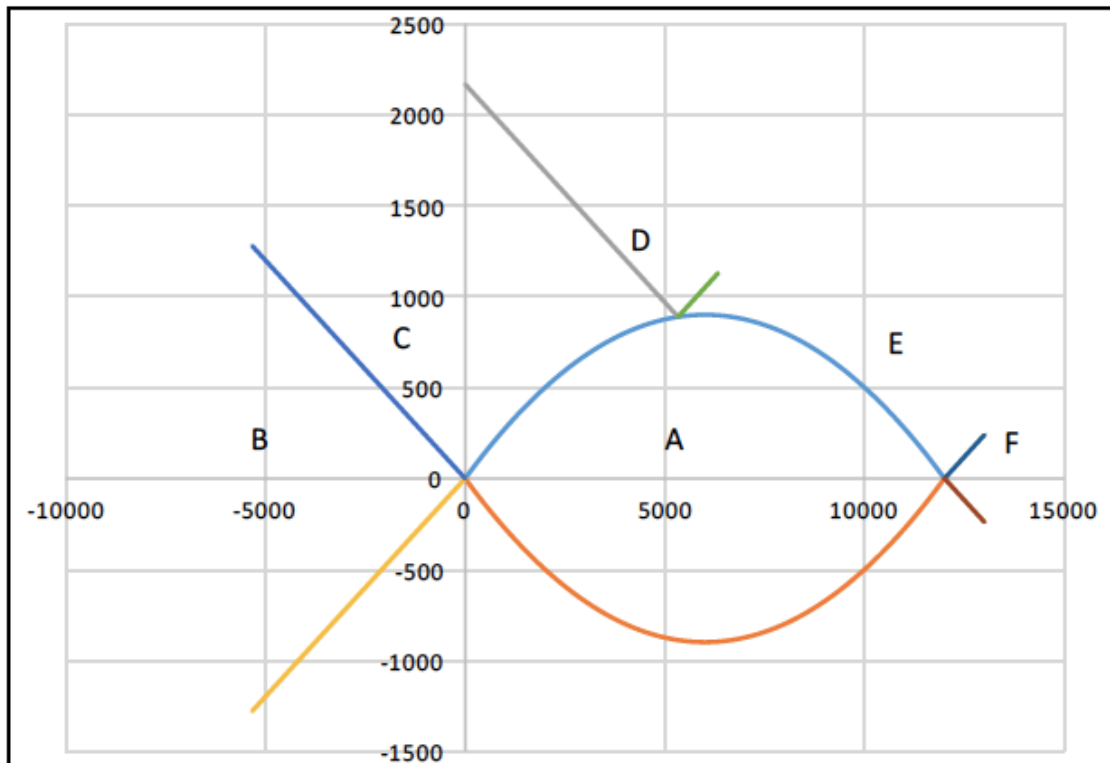
Excentricidad  $e_0 = 1,47111 \text{ m}$

$M_{1D} = 88,55 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 63,71 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2,61 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,06  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,06  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0103278533743121 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



Sección: 8 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 60,375  | 120,23   |

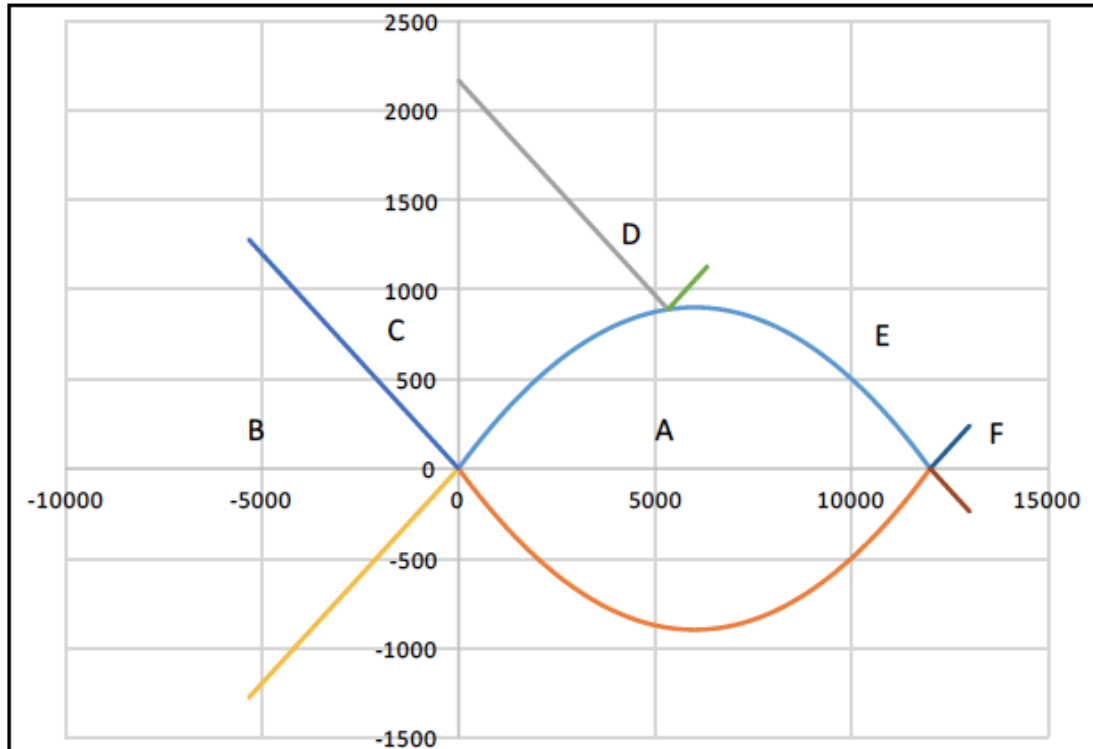
#### FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,99139 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 134,72 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 105,74 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 4,42 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,015776972489583 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>

M<sub>fls</sub> = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpa

f<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



**Sección: 9 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69      | 178,75   |

**FLEXIÓN COMPUESTA**

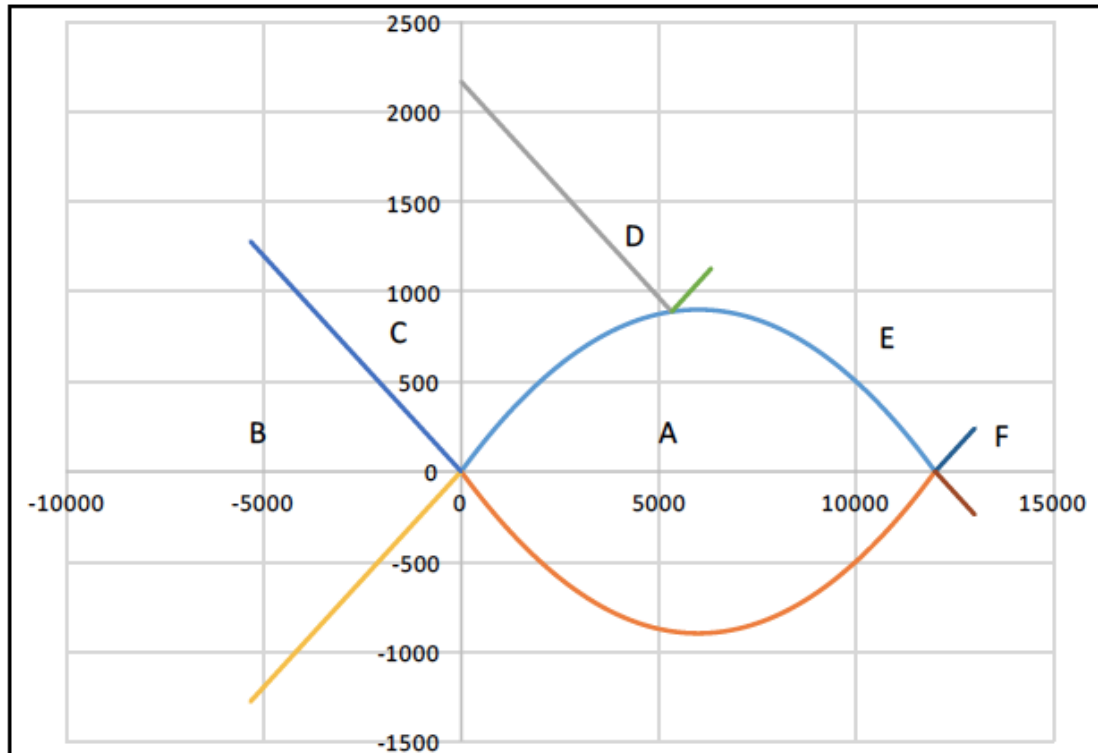
**Excentricidad  $e_0 = 2,59058 \text{ m}$**

$M_{1D} = 195,31 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 162,19 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,88 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0229970763102362 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



Sección: 10 Zona A

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 77,625  | 253,7    |

FLEXIÓN COMPUESTA

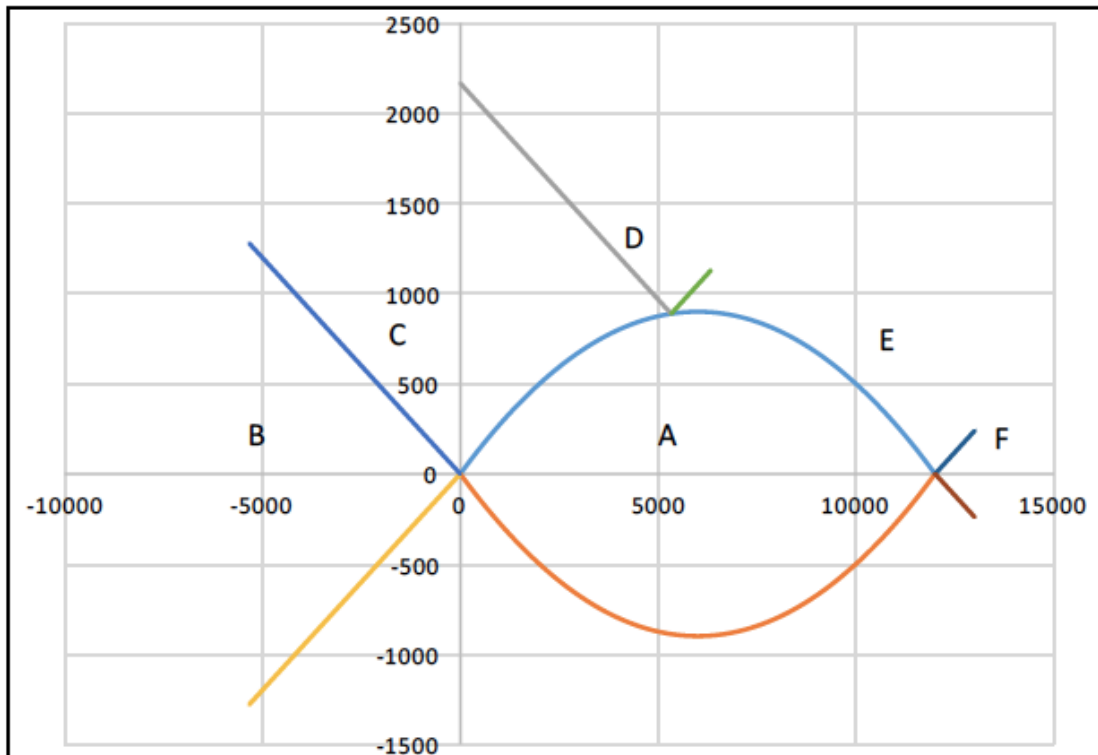
$$\text{Excentricidad } e_0 = 3,26828 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 272,33 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 235,07 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 10,1 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0322921056187344 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 MPaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 11 Zona A****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

$N_d \text{ (KN)}$

$M_d \text{ (mKN)}$

86,25

347,1

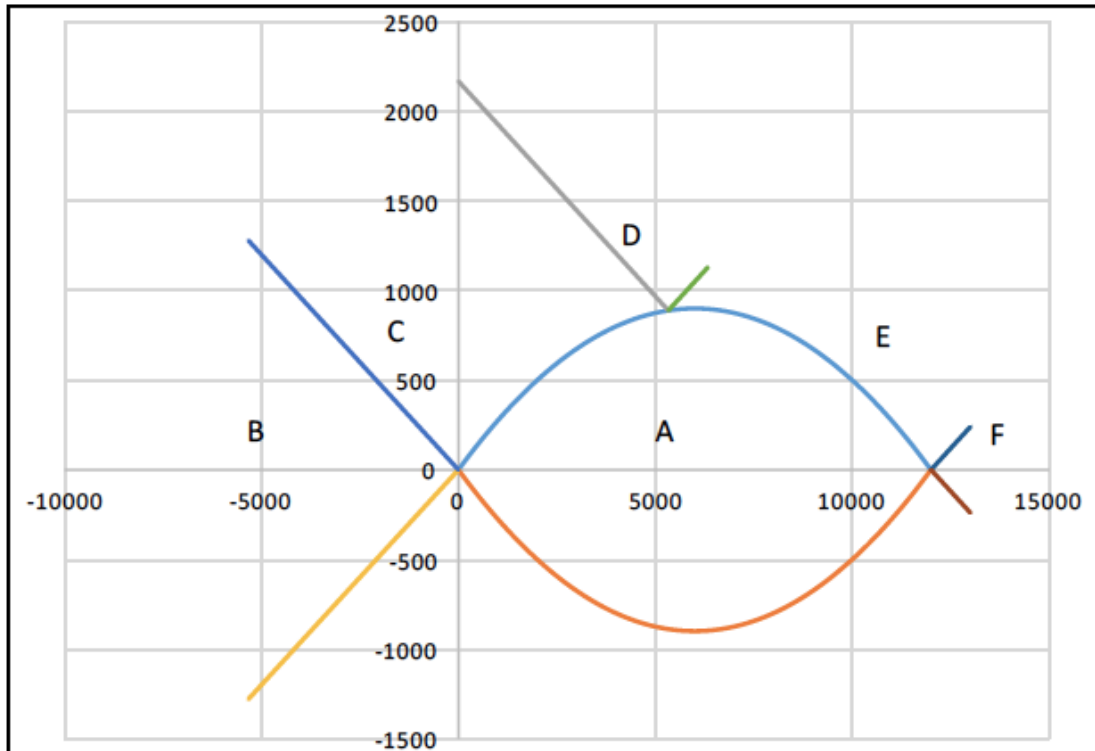
**FLEXIÓN COMPUESTA**

Excentricidad  $e_0 = 4,02435 \text{ m}$

$M_{1D} = 367,8 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 326,4 \text{ mKN}^n$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,21 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,21 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0440037638781036 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32

### 19.1.9-Muro divisorio ( $N_{MAX}$ - $V_{MAX}$ - $M_{MAX}$ / $N_{MAX}$ - $V_{MIN}$ - $M_{MIN}$ )

Sección: 2 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{mec \text{ sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{mec \text{ inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

##### $x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### $x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 11,64   | 0,48     |

##### COMPRESIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 0,04124 \text{ m}$

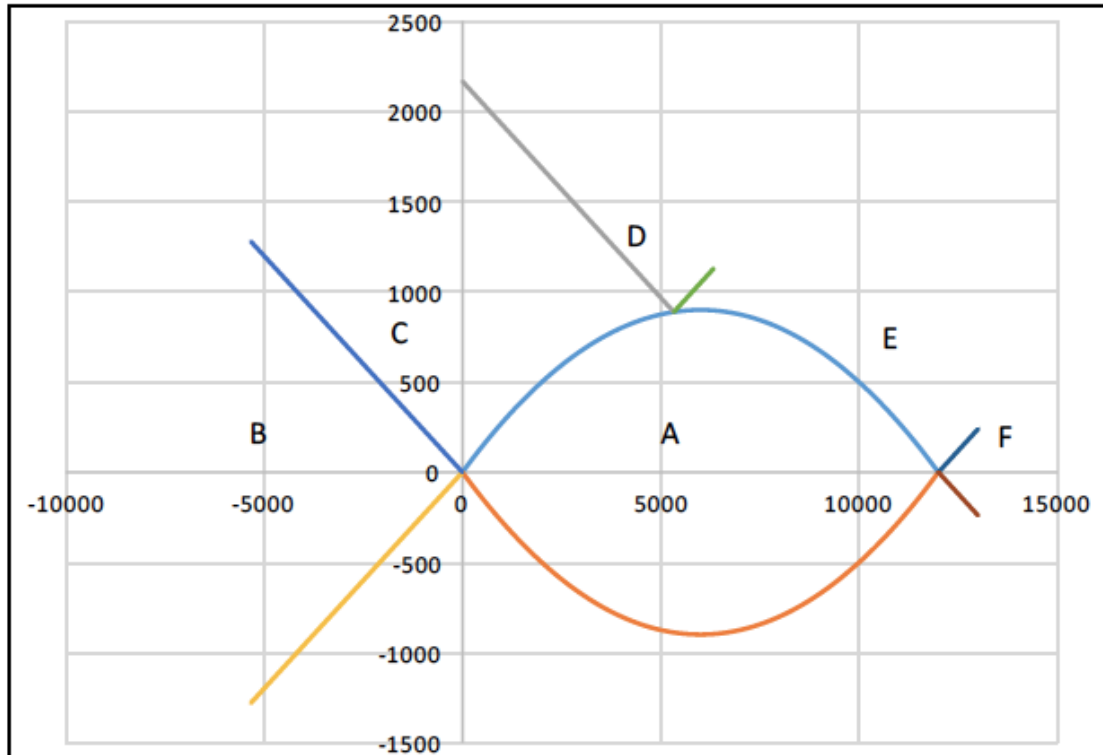
$M_{1D} = 3,2736 \text{ mKN}$

$M_{2D} = -2,3136 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,13 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,000378995286983326 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ MPa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



### Sección: 3 MURO DIVISORIO

#### Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

#### Características de los materiales:

#### Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-5008

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

#### Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

#### Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

#### Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 23,29   | 3,8      |

#### COMPRESIÓN COMPUESTA

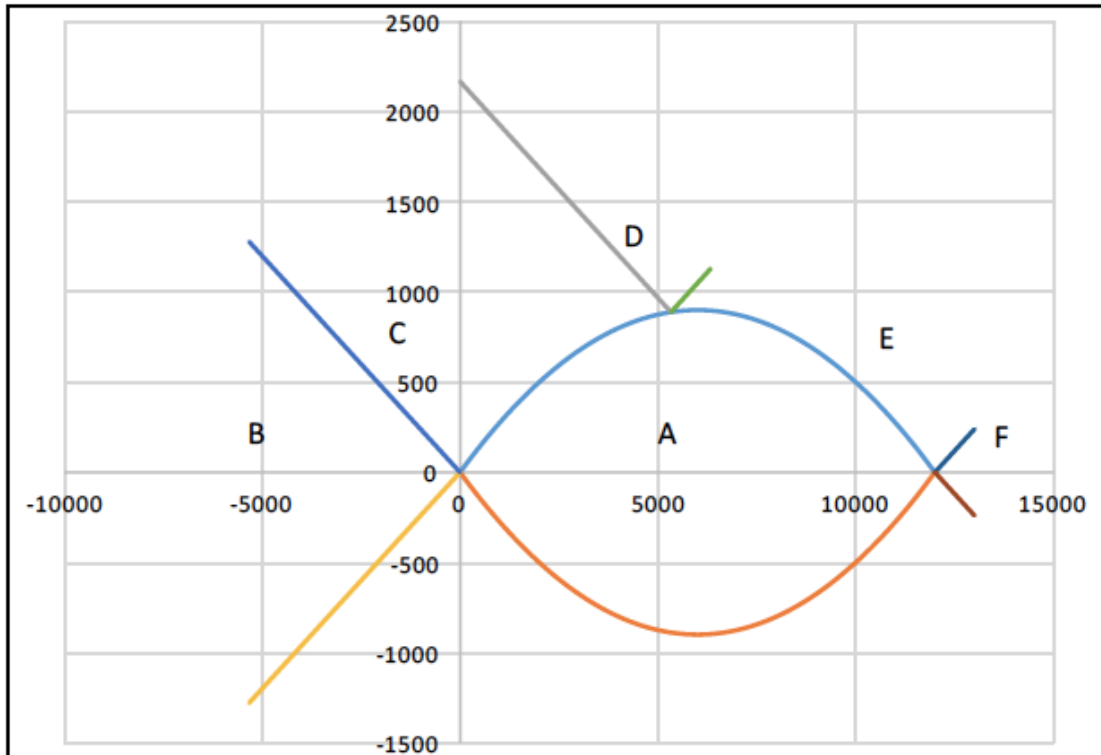
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,16316 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 9,3896 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -1,7896 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,14 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,03 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,03 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00108763551927623 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 4 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$X = -\infty$$

$$X = -\infty$$

$$M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$X = +\infty$$

$$X = +\infty$$

$$M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,93   | 12,84    |

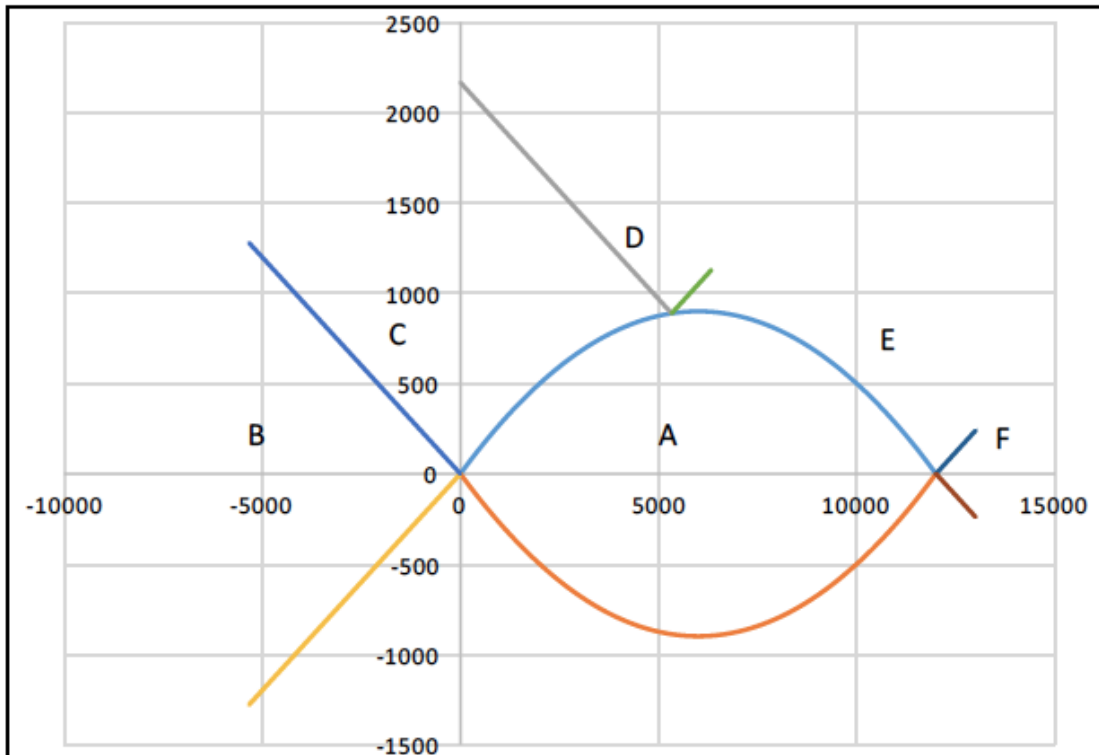
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,36759 \text{ m}$$

$$M1D = 21,2232 \text{ mKN}$$

$$M2D = 4,4568 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |     | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-----|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,1 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0   | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00246087474407858 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 5 MURO DIVISORIO**

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\*Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 46,575  | 30,42    |

FLEXIÓN COMPUESTA

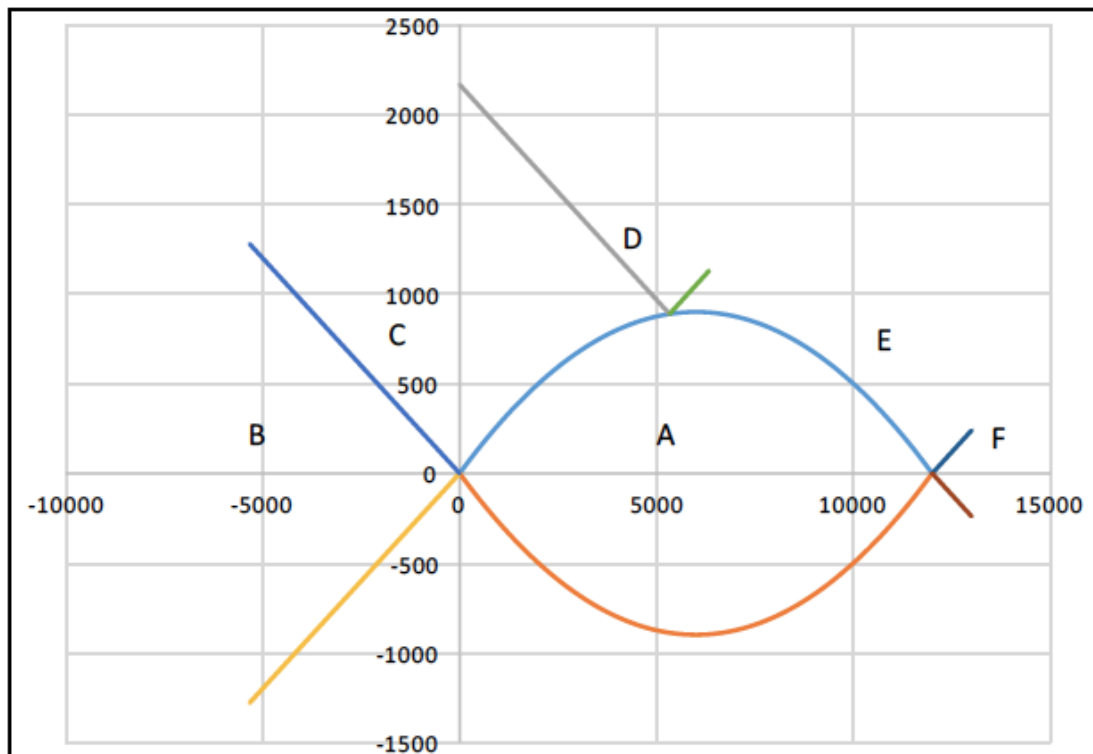
Excentricidad  $e_0 = 0,65314 \text{ m}$

$M_{1D} = 41,598 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 19,242 \text{ mKN}''$



SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,71 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00483187743671365 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



## Sección: 6 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 58,215  | 59,41    |

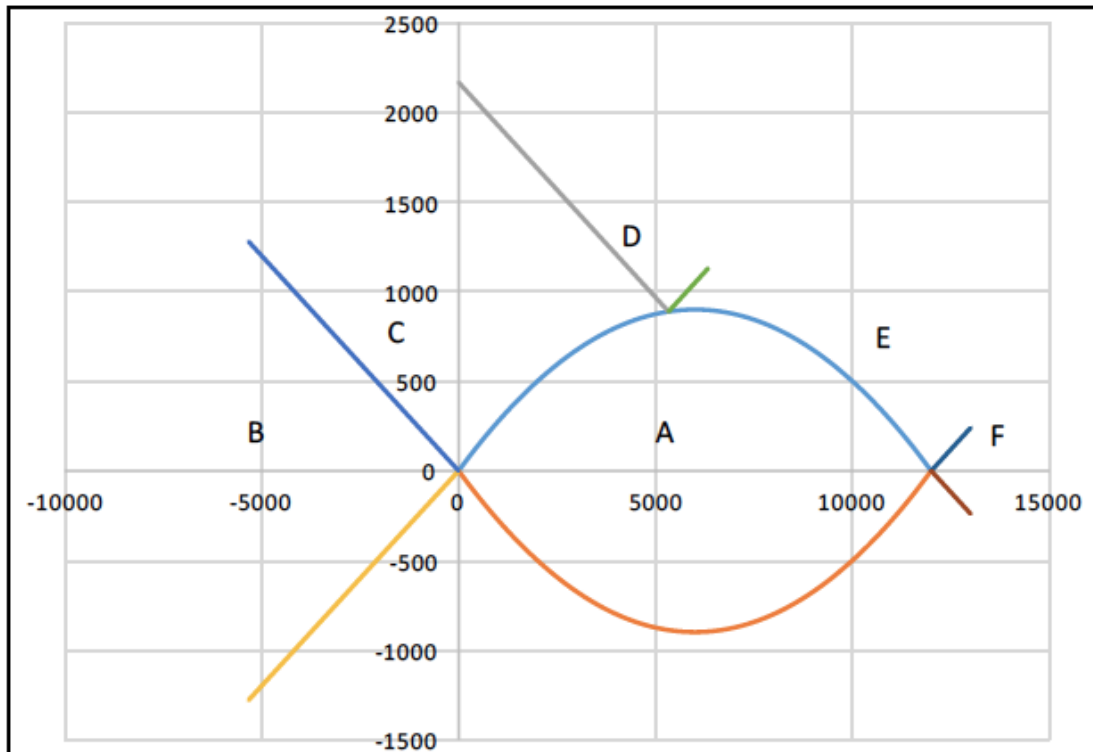
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,02053 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 73,3816 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 45,4384 \text{ mKN}$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 1,81 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00854735727135122 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 7 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69,86   | 102,7    |

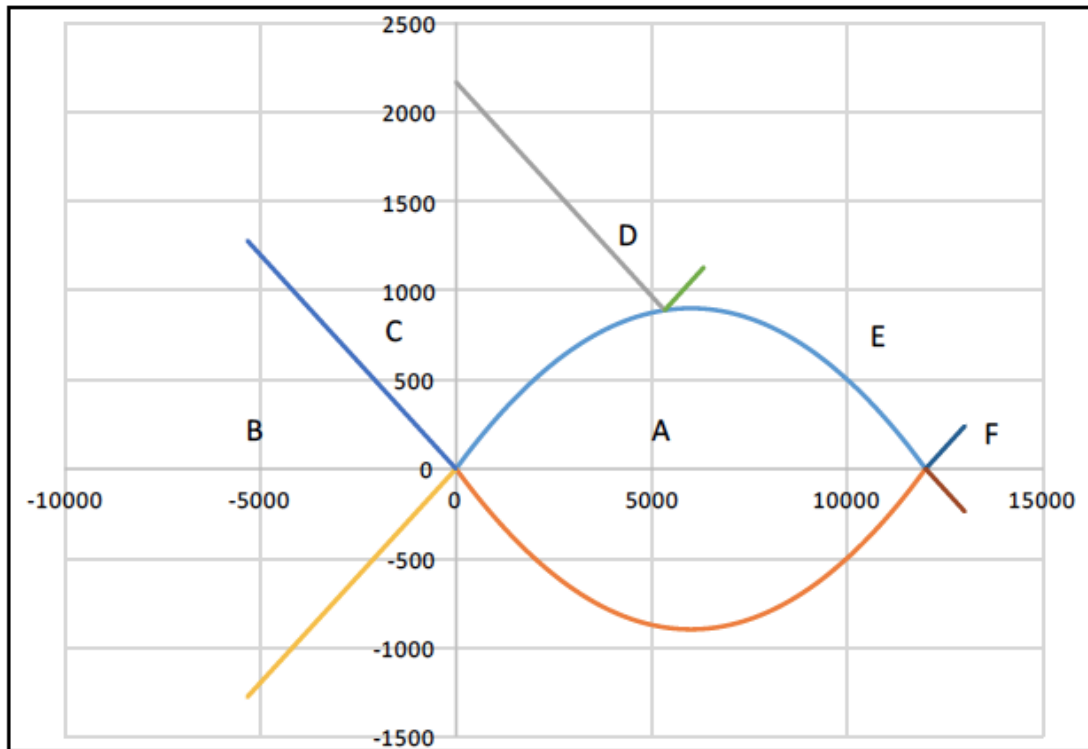
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,47008 \text{ m}$$

$$M1D = 119,4664 \text{ mKN}$$

$$M2D = 85,9336 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,53 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,013971729046329 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 8 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$NcX_{lim} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$Mc(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$Nc(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$Mc(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 81,5    | 163,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

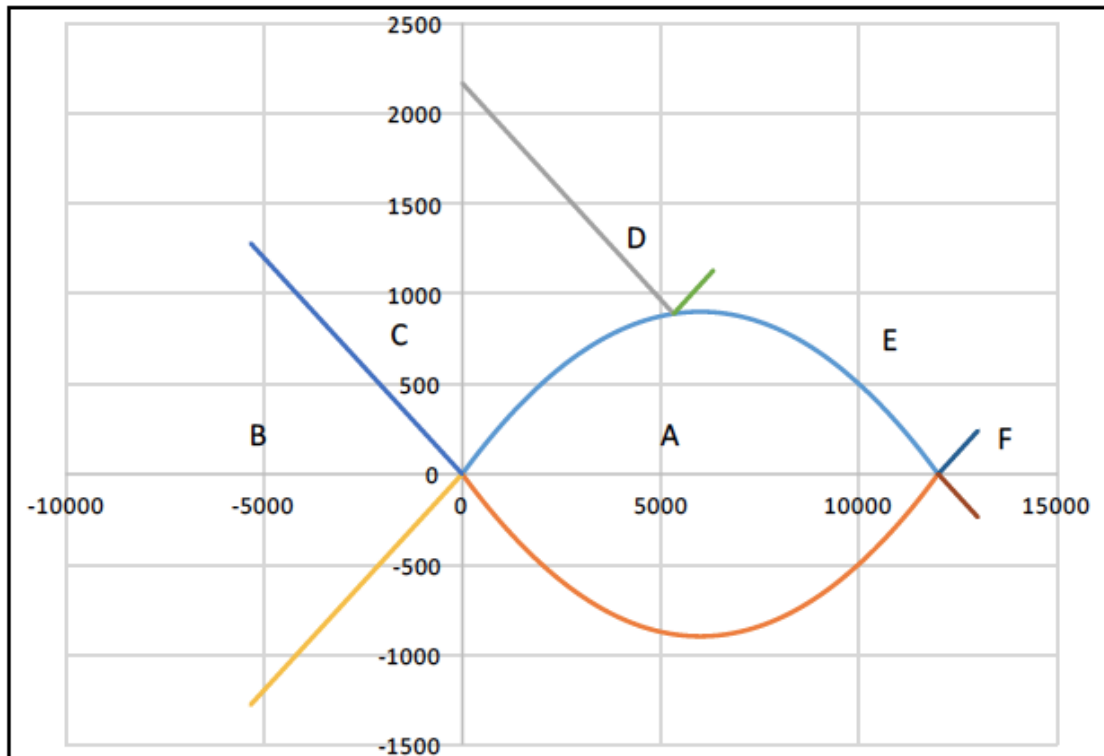
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,00123 \text{ m}$$

$$M1D = 182,66 \text{ mKN}$$

$$M2D = 143,54 \text{ mKN}''$$



SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,03 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0214830721396729 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



## Sección: 9 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 93,15   | 243,34   |

FLEXIÓN COMPUESTA

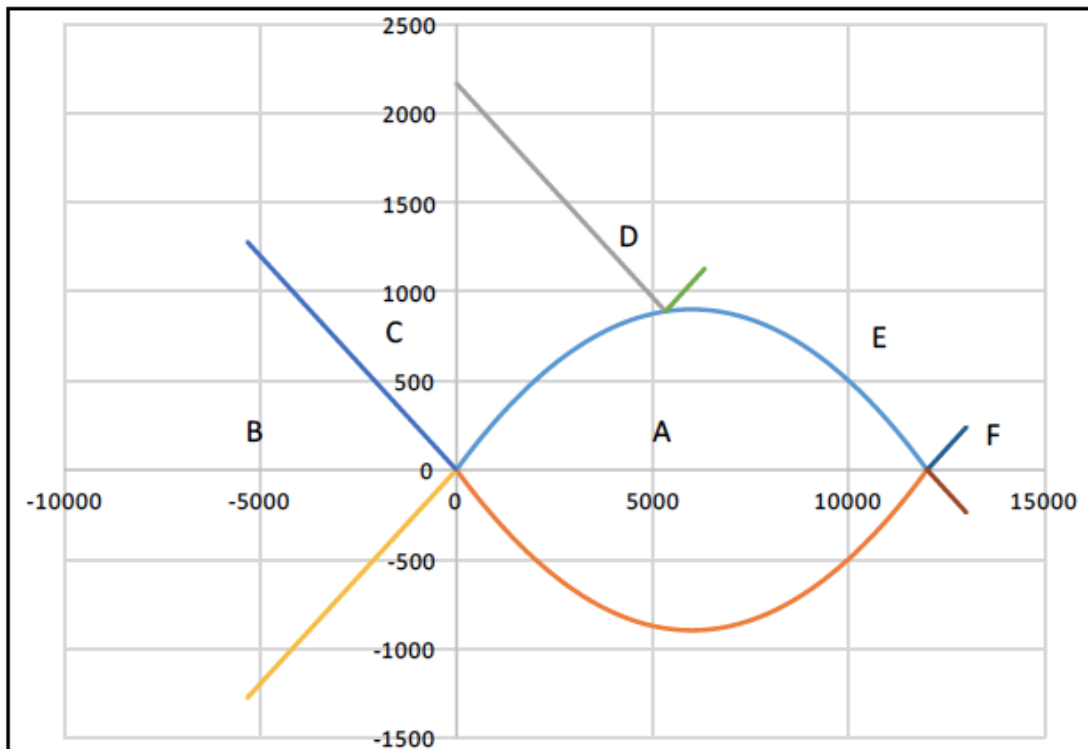
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,61235 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 265,696 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 220,984 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,44 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,11  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,11  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0314862083840003 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fis} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32

**Sección: 10 MURO DIVISORIO**

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO**

\* Dominios de deformación según E.H.E

**Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

Nd (KN)

Md (mKN)

104,8

346,47

FLEXIÓN COMPUESTA

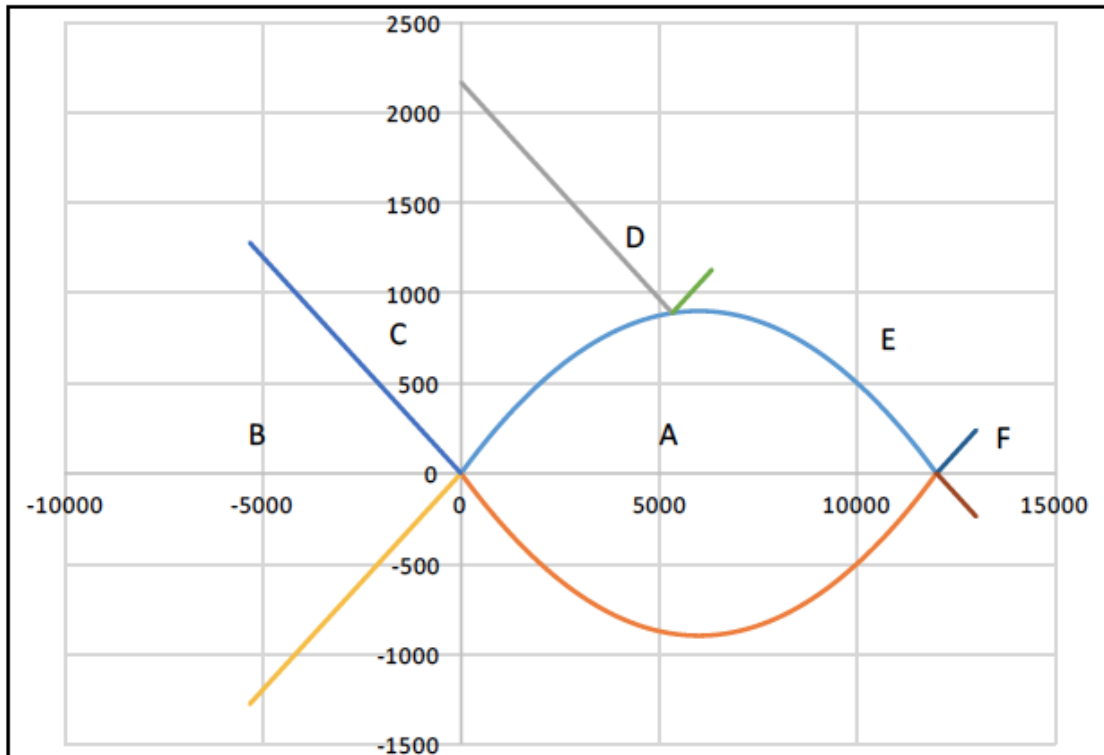
Excentricidad  $e_0 = 3,30601 \text{ m}$

$M_{1D} = 371,622 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 321,318 \text{ mKN}$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,12  |

| A DISPOSNER            |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 13,96 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,12  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0444771514845795 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 Mpaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 11 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M1c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(x = -\infty)} = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c(x = -\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M1c(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M2c(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c(x = +\infty)} = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c(x = +\infty)} = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN)  | Md (mKN) |
|----------|----------|
| 116,4375 | 475,28   |

FLEXIÓN COMPUESTA

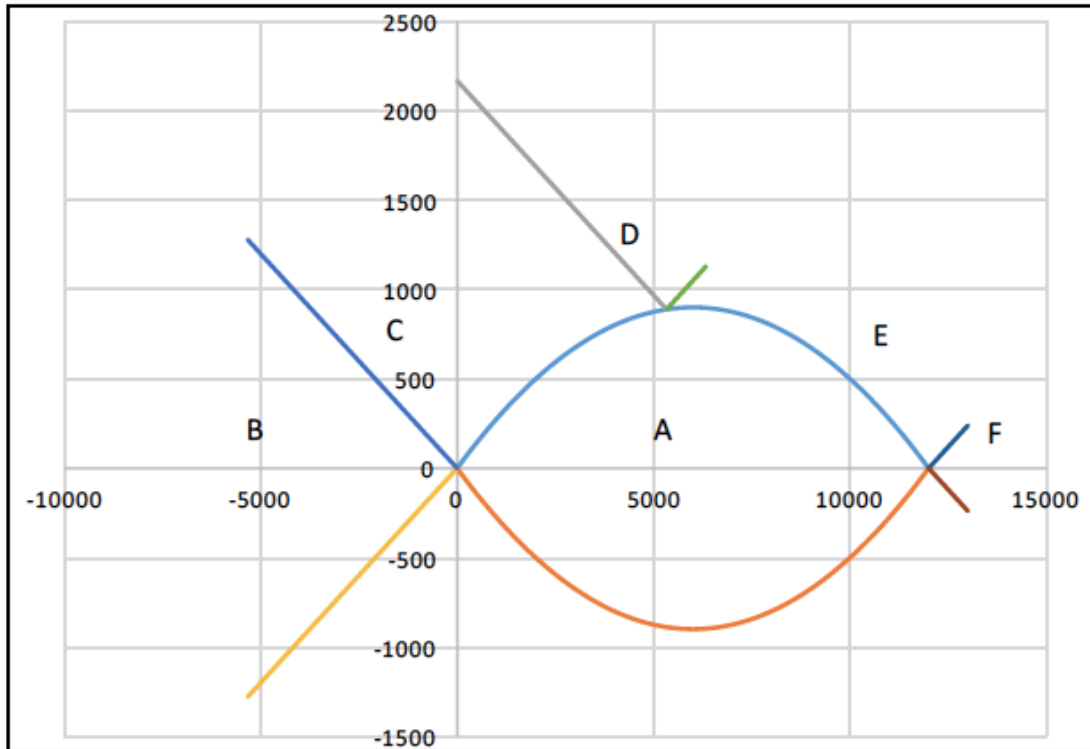
$$\text{Excentricidad } e_0 = 4,08185 \text{ m}$$

$$M1D = 503,225 \text{ mKN}$$

$$M2D = 447,335 \text{ mKN}$$



SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,13  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 19,77 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,13  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0609999236563566 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

### 19.1.10-Muro divisorio ( $N_{MIN}-V_{MAX}-M_{MAX} / N_{MIN}-V_{MIN}-M_{MIN}$ )

Sección: 2 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$\gamma_c = 1,5$

Tipo de Acero: B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

Posiciones de las armaduras:

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

##### $x=-\infty$

$x=-\infty$

$M1c(x=-\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M2c(x=-\infty) = 0 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x=-\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_c(x=-\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### $x=+\infty$

$x = +\infty$

$M1c(x=+\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M2c(x=+\infty) = -2880 \text{ mKN}$

Fuerza del bloque comprimido

$N_c(x=+\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_c(x=+\infty) = 0 \text{ mKN}$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 8,625   | 0,48     |

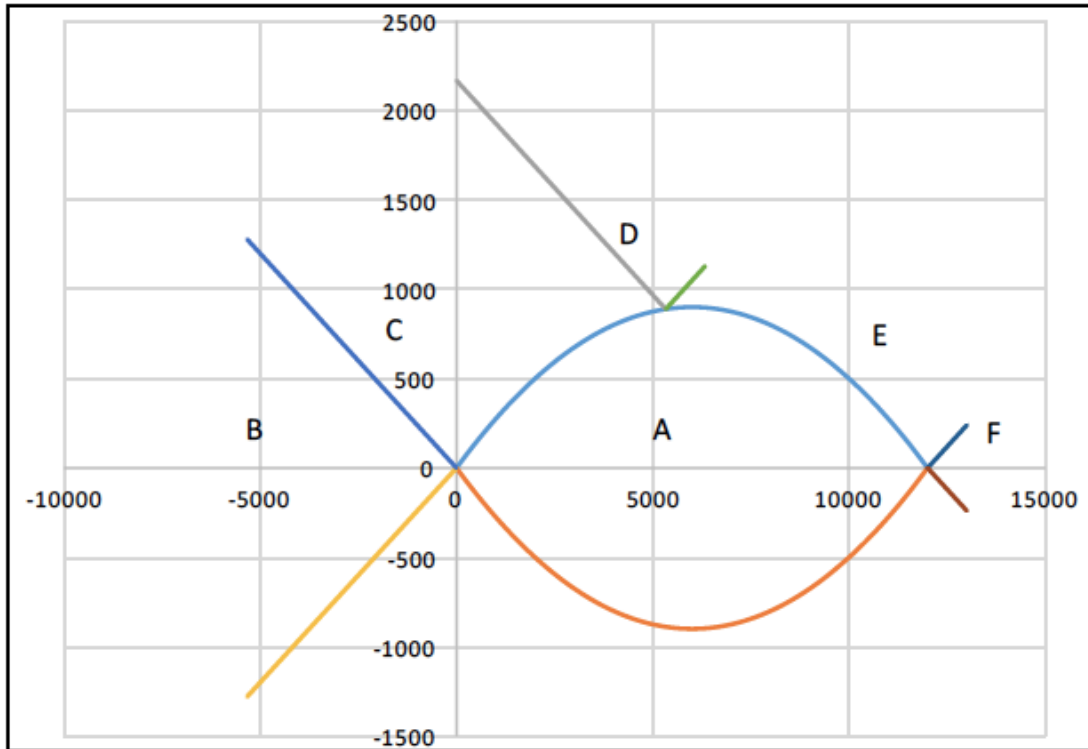
##### COMPRESIÓN COMPUESTA

Excentricidad  $e_0 = 0,05365 \text{ m}$

$M1D = 2,55 \text{ mKN}$

$M2D = -1,59 \text{ mKN}$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO    |       | Mínima MECÁNICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | -0,09 | AS'1 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS'2 (cm <sup>2</sup> )              | 0,01 |

| A DISPONER              |      |
|-------------------------|------|
| AS'1 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |
| AS'2 (cm <sup>2</sup> ) | 0,01 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000295203440793728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



### Sección: 3 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Coef.de seguridad:

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

##### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

##### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 17,25   | 3,8      |

COMPRESIÓN COMPUESTA

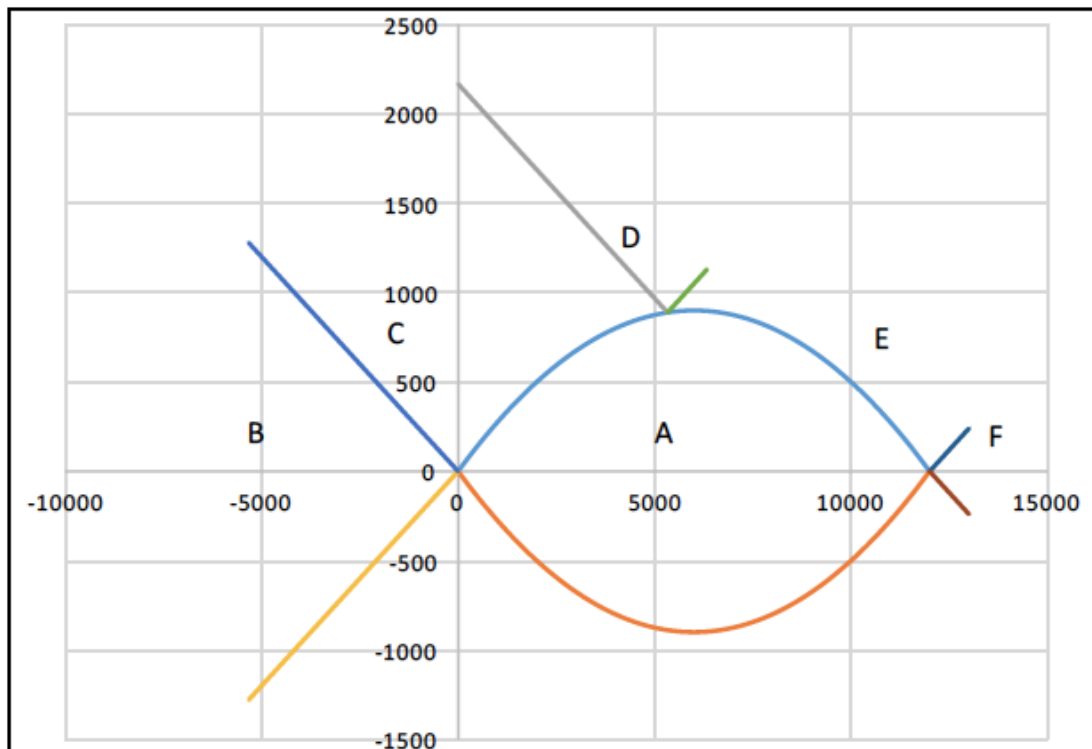
$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,22029 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 7,94 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = -0,34 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$$AS' = 0$$

| ARMADURA POR CÁLCULO |       | Mínima MECANICA COMPRESIÓN COMPUESTA |      |
|----------------------|-------|--------------------------------------|------|
| AS'1 (cm2)           | -0,06 | AS'1 (cm2)                           | 0,02 |
| AS'2 (cm2)           | 0     | AS'2 (cm2)                           | 0,02 |

| A DISPONER |      |
|------------|------|
| AS'1 (cm2) | 0,02 |
| AS'2 (cm2) | 0,02 |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,000919607910154383 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$$
$$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$$
$$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32

**Sección: 4 MURO DIVISORIO****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef. de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular**

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\*Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 3329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:****Nd (KN)****Md (mKN)**

25,875

12,84

**FLEXIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 0,49623 \text{ m}$**

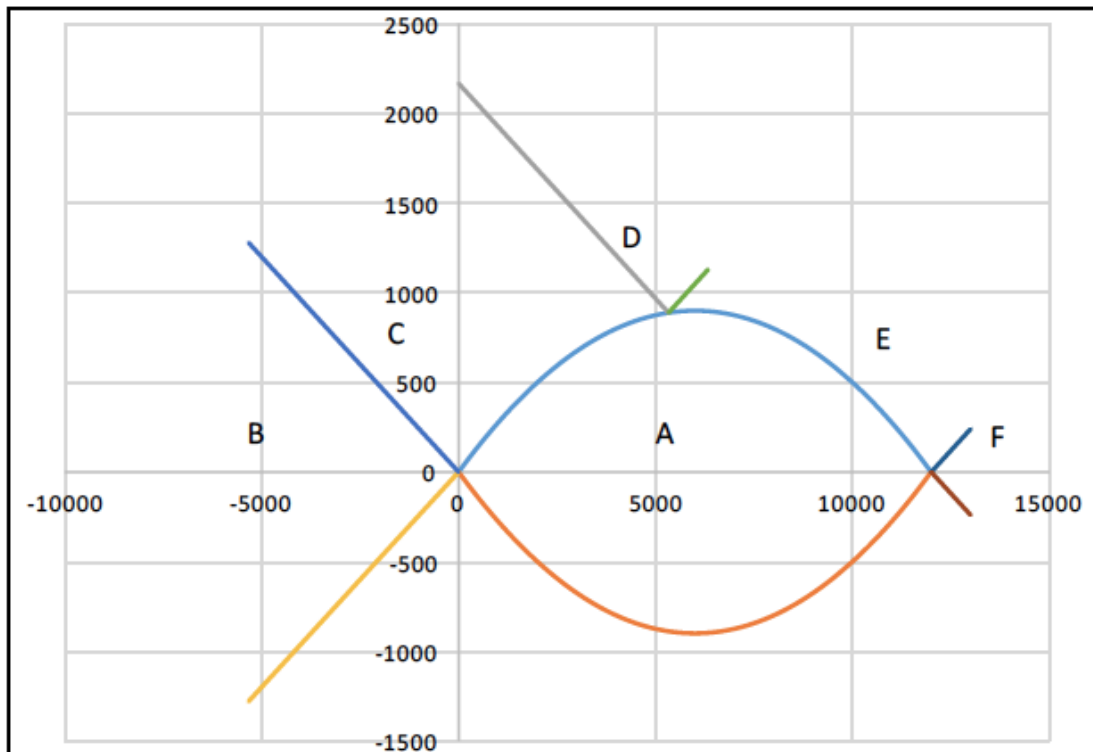
$M_{1D} = 19,05 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 6,63 \text{ mKN}$



**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,22 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,03  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,03  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00220847396834728 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

 $f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$  $M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$ Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup> $f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$  $f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$ 

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 5 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,331 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_c(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_c(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_c(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 34,5    | 30,42    |

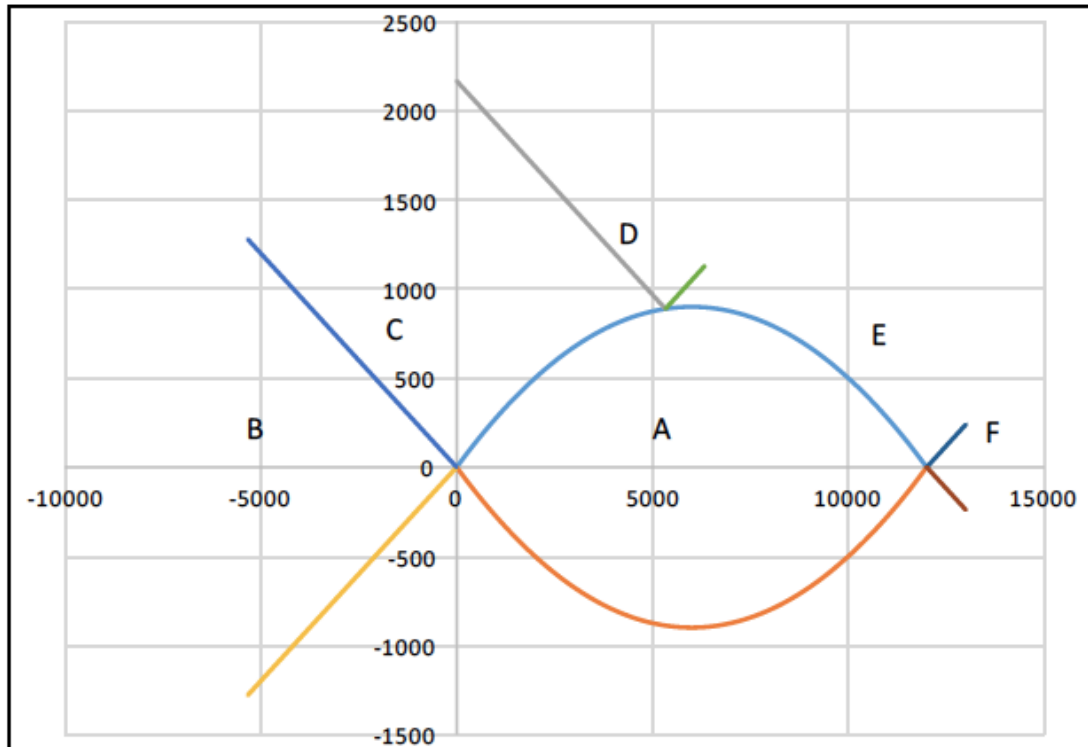
#### FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 0,88174 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 38,7 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 22,14 \text{ mKN}''$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 0,86 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,04  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,04  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,00449412754249494 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



## Sección: 6 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef.de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 43,125  | 59,41    |

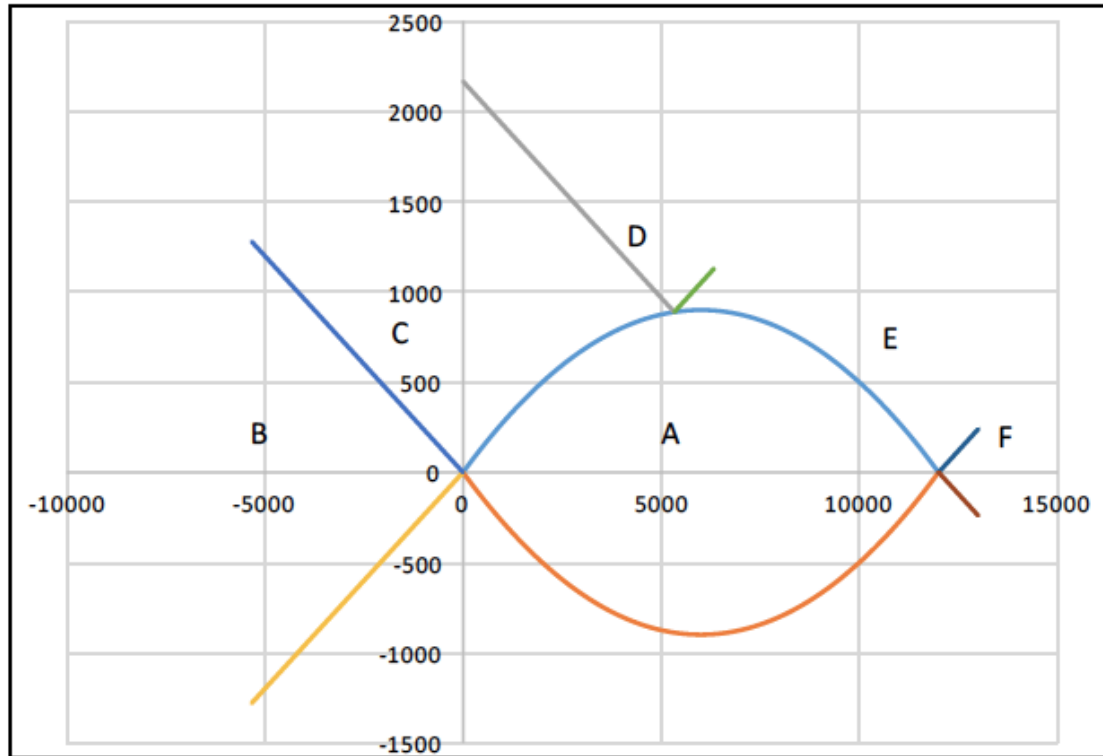
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,37762 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 69,76 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 49,06 \text{ mKN}$$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |   | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|---|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 2 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0 | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,05  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,05  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,00812294986257029 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



## Sección: 7 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\* Dominios de deformación según E.H.E

| Profundidad límite                    |
|---------------------------------------|
| $X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$        |
| $M1c(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$ |
| $M2c(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido          |
| $N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$   |

| $X = -\infty$                      |
|------------------------------------|
| $X = -\infty$                      |
| $M1c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| $M2c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido       |
| $N_c(X = -\infty) = 0 \text{ KN}$  |
| $M_c(X = -\infty) = 0 \text{ mKN}$ |

| $X = +\infty$                          |
|--|
| $X = +\infty$                          |
| $M1c(X = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$  |
| $M2c(X = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$ |
| Fuerza del bloque comprimido           |
| $N_c(X = +\infty) = 12000 \text{ KN}$  |
| $M_c(X = +\infty) = 0 \text{ mKN}$     |

| ESFUERZOS DE CÁLCULO: |          |
|-----------------------|----------|
| Nd (KN)               | Md (mKN) |
| 51,75                 | 102,7    |

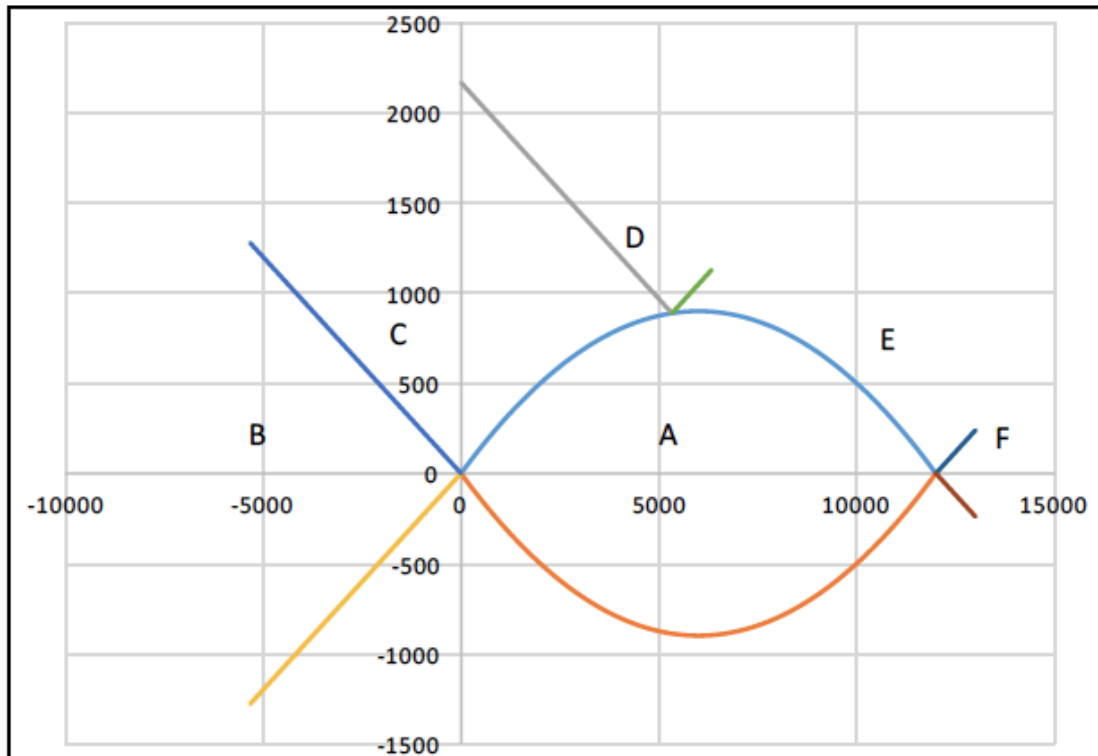
FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 1,98454 \text{ m}$$

|                            |
|----------------------------|
| $M1D = 115,12 \text{ mKN}$ |
| $M2D = 90,28 \text{ mKN}$  |



**SITUACIÓN :**  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lím})$



**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:**

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 3,76 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,06  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,06  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0134582401692241 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

$f_{yc,d} = 400000 \text{ KN/m}^2$

$M_{fls} = 173,79 \text{ mKN}$

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

$f_{ct,m} = 2,8965 \text{ Mpa}$

$f_{ct,m,fl} = 2,8965 \text{ MPa}$

coeficiente de reducción de armadura ( $\alpha$ ) = 1,32



## Sección: 8 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 60,375  | 163,1    |

FLEXIÓN COMPUESTA

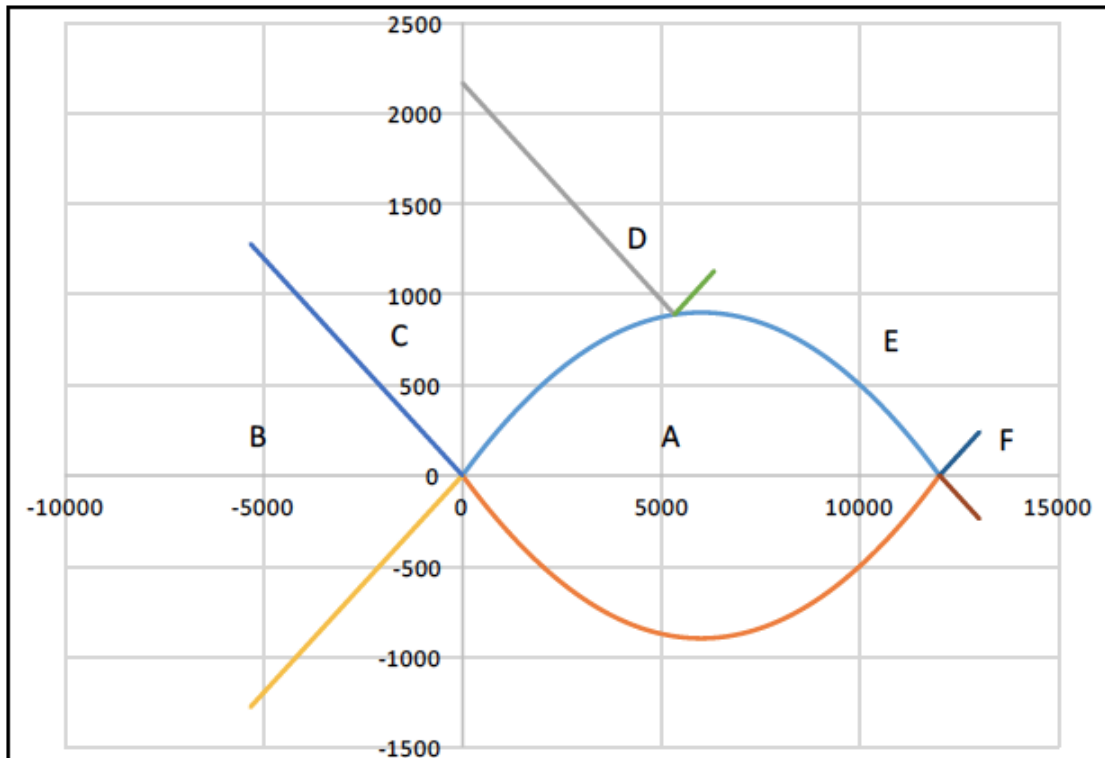
$$\text{Excentricidad } e_0 = 2,70145 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 177,59 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 148,61 \text{ mKN}$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 6,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,07  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,07  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0208772573132777 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

**Sección: 9 MURO DIVISORIO****Características geométricas de la sección:**

$h = 0,6 \text{ m}$

$A_c = 0,6 \text{ m}^2$

$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$

$b = 1 \text{ m}$

$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$

**Características de los materiales:****Coef.de seguridad:**

**Hormigón :**  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1,5$

**Tipo de Acero:** B-500S

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1,15$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Resistencias de cálculo (minoradas) :**

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

**Ecuación constitutiva del hormigón:** Diagrama rectangular

$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

$\epsilon_{cu} = 0,0035$

**Posiciones de las armaduras:**

$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$

$A_{s'} \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$

**DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO****\* Dominios de deformación según E.H.E****Profundidad límite**

$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$

$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$

$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$

$x = -\infty$

$x = -\infty$

$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$

$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$

$x = +\infty$

$x = +\infty$

$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$

$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$

**Fuerza del bloque comprimido**

$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$

$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$

**ESFUERZOS DE CÁLCULO:**

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 69      | 243,34   |

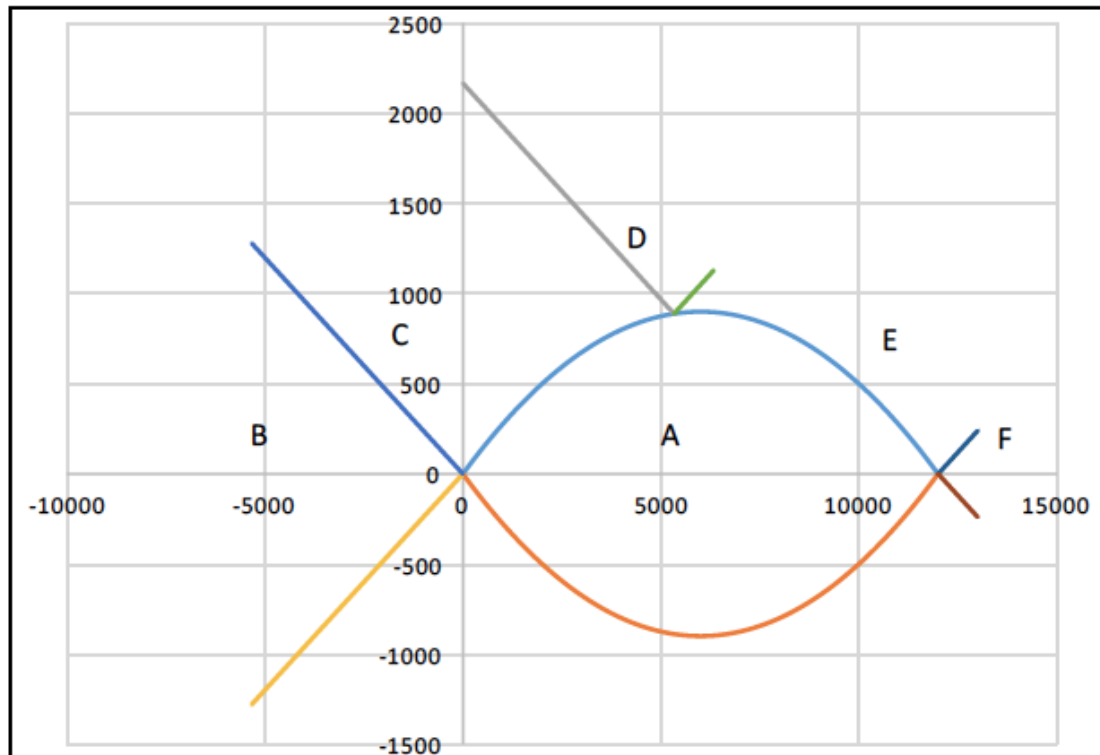
**FLEXIÓN COMPUESTA**

**Excentricidad  $e_0 = 3,52667 \text{ m}$**

$M_{1D} = 259,9 \text{ mKN}$

$M_{2D} = 226,78 \text{ mKN}''$

SITUACIÓN :  $M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

$AS'=0$

| ARMADURA POR CÁLCULO   |      | Mínima MECÁNICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 9,74 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0    | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,08  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,08  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,030782936425928 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfis = 173,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 10 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

#### Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$$x = -\infty$$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$x = +\infty$$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

#### ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 77,625  | 346,47   |

#### FLEXIÓN COMPUESTA

$$\text{Excentricidad } e_0 = 4,46338 \text{ m}$$

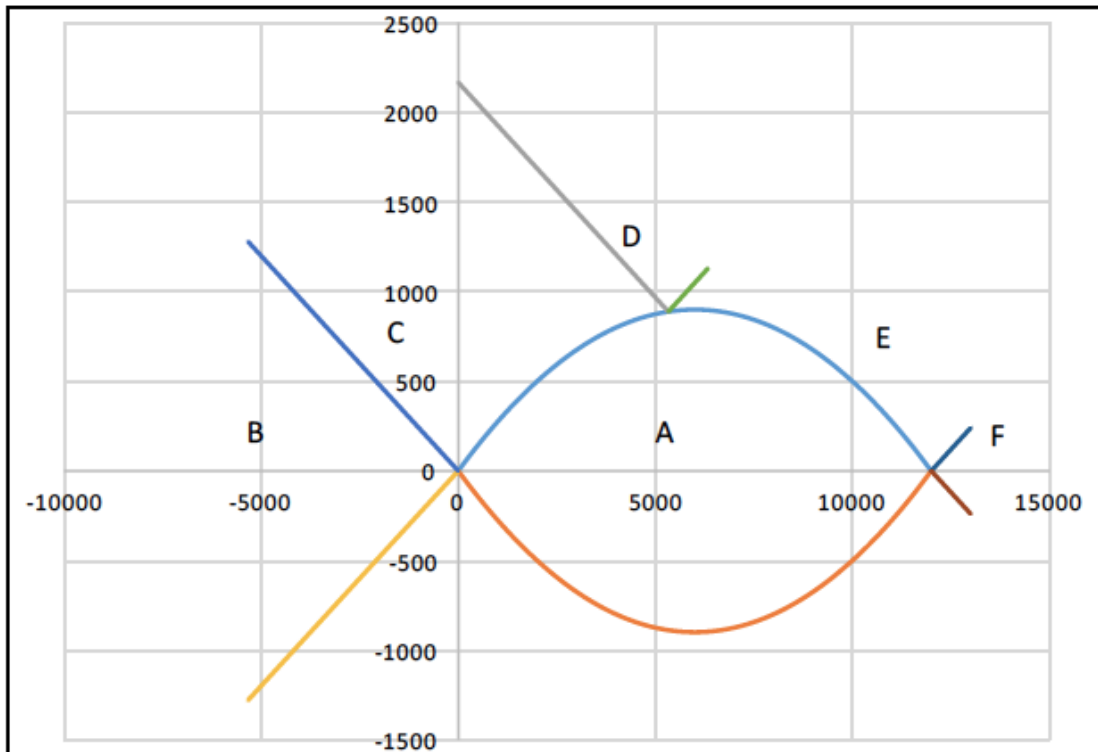
$$M_{1D} = 365,1 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 327,84 \text{ mKN}''$$



SITUACIÓN :

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{l\text{tm}})$$



ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :

C

CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:

AS'=0

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,09  |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 14,29 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,09  |

Otros cálculos de interés :

Profundidad de fibra neutra en rotura=0,0436695595807216 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

f<sub>yc,d</sub> = 400000 KN/m<sup>2</sup>M<sub>fls</sub> = 173,79 mKNInercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>f<sub>ct,m</sub> = 2,8965 MPaf<sub>ct,m,fl</sub> = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32



## Sección: 11 MURO DIVISORIO

Características geométricas de la sección:

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$r_{\text{mec sup}} = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$r_{\text{mec inf}} = 0,06 \text{ m}$$

Características de los materiales:

Coef. de seguridad:

Hormigón :  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

Tipo de Acero: B-500S

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Resistencias de cálculo (minoradas) :

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Ecuación constitutiva del hormigón: Diagrama rectangular

$$f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\eta = 1$$

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

Posiciones de las armaduras:

$$A_s \Rightarrow d = 0,54 \text{ m}$$

$$A_s' \Rightarrow d' = 0,06 \text{ m}$$

### DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE DIMENSIONAMIENTO

\*Dominios de deformación según E.H.E

Profundidad límite

$$X_{lim} = 0,333103 \text{ m}$$

$$M_{1c}(X_{lim}) = 2167,883 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(X_{lim}) = -390,351 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{cX_{lim}} = 5329,66 \text{ KN}$$

$x = -\infty$

$$x = -\infty$$

$$M_{1c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = -\infty) = 0 \text{ mKN}$$

$x = +\infty$

$$x = +\infty$$

$$M_{1c}(x = +\infty) = 2880 \text{ mKN}$$

$$M_{2c}(x = +\infty) = -2880 \text{ mKN}$$

Fuerza del bloque comprimido

$$N_{c}(x = +\infty) = 12000 \text{ KN}$$

$$M_{c}(x = +\infty) = 0 \text{ mKN}$$

ESFUERZOS DE CÁLCULO:

| Nd (KN) | Md (mKN) |
|---------|----------|
| 86,25   | 475,28   |

FLEXIÓN COMPUESTA

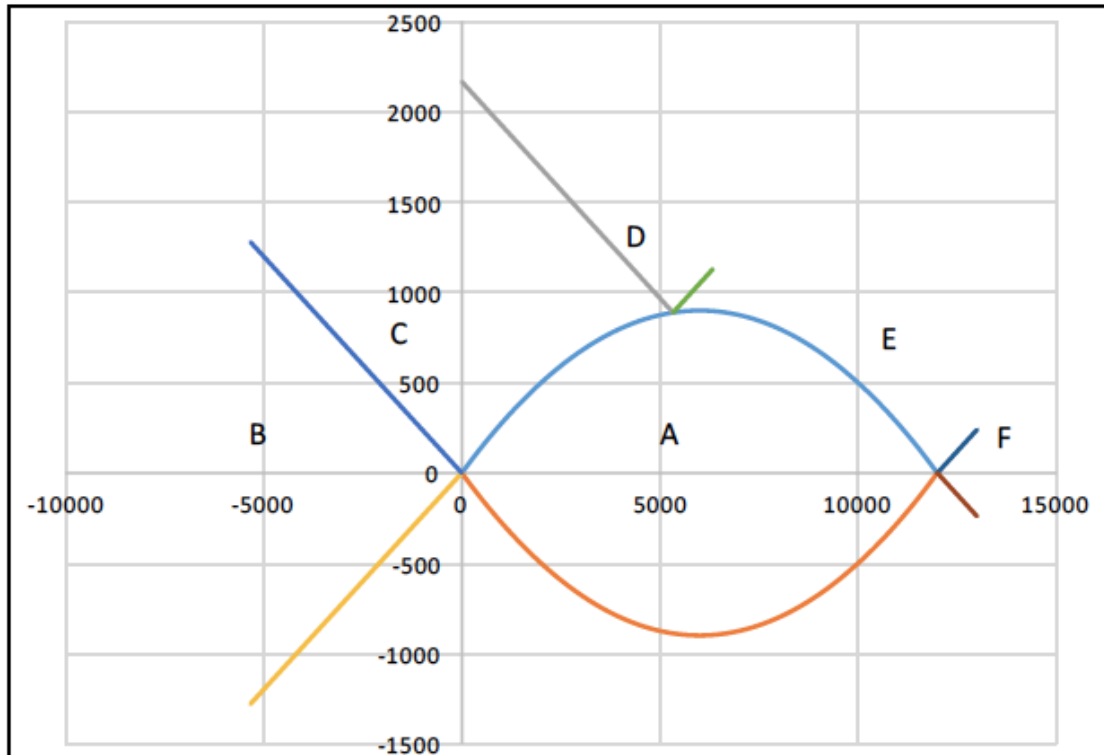
$$\text{Excentricidad } e_0 = 5,51049 \text{ m}$$

$$M_{1D} = 495,98 \text{ mKN}$$

$$M_{2D} = 454,58 \text{ mKN}''$$

**SITUACIÓN :**

$$M1C(-\infty) < M1D \leq M1C(X_{lim})$$

**ZONA DE DIMENSIONAMIENTO :**

C

**CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO:** $AS'=0$ 

| ARMADURA POR CÁLCULO   |       | Mínima MECANICA FLEXIÓN COMPUESTA |       |
|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 | AS (cm <sup>2</sup> )             | 11,04 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0     | AS' (cm <sup>2</sup> )            | 0,1   |

| A DISPONER             |       |
|------------------------|-------|
| AS (cm <sup>2</sup> )  | 20,13 |
| AS' (cm <sup>2</sup> ) | 0,1   |

**Otros cálculos de interés :**

Profundidad de fibra neutra en rotura = 0,0600787652064697 m

Canto útil (d) = 0,54 m      d' = 0,06 m

fyc,d = 400000 KN/m<sup>2</sup>

Mfls = 1'73,79 mKN

Inercia bruta = 0,018 m<sup>4</sup>

fct,m = 2,8965 Mpa

fct,m,fl = 2,8965 MPa

coeficiente de reducción de armadura (alpha) = 1,32

## 19.2-CÁLCULOS RELATIVOS A LA COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN

### 19.2.1-Hipótesis de vaso vacío en zona R

#### Sección 8

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA R

##### Dimensiones de la sección

$h = 0,6 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   
 $c = 0,05 \text{ m}$   
 $d = 0,54 \text{ m}$

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$\# \text{ barras} = 4 \text{ ud}$   
 $\phi = 20 \text{ mm}$   
 $s = 25 \text{ cm}$   
 $A_s = 12,57 \text{ cm}^2$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 2  
 $A_{c,eficaz} = 0,150 \text{ m}^2$   
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$   
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

$N_d = 60,375 \text{ KN}$   
 $M_d = 123,6 \text{ mKN}$

#### RESULTADOS :

|       |            |               |            |                 |              |
|-------|------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| $M_f$ | 173,79 mKN | $\sigma_s$    | 250,84 MPa | $s_m$           | 269,37 mm    |
|       |            | $\sigma_{sr}$ | 314,31 MPa | $\epsilon_{sm}$ | 0,50 por mil |

#### LA SECCIÓN NO FISURA

#### Sección 11

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA R

##### Dimensiones de la sección

$h = 0,6 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   
 $c = 0,05 \text{ m}$   
 $d = 0,54 \text{ m}$

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$\# \text{ barras} = 8 \text{ ud}$   
 $\phi = 20 \text{ mm}$   
 $s = 12 \text{ cm}$   
 $A_s = 25,13 \text{ cm}^2$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 3  
 $A_{c,eficaz} = 0,45 \text{ m}^2$   
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$   
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

$N_d = 86,250 \text{ KN}$   
 $M_d = 356,8 \text{ mKN}$

#### RESULTADOS :

|       |            |               |            |                 |              |
|-------|------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| $M_f$ | 173,79 mKN | $\sigma_s$    | 342,15 MPa | $s_m$           | 189,68 mm    |
|       |            | $\sigma_{sr}$ | 157,15 MPa | $\epsilon_{sm}$ | 1,53 por mil |

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,47 \text{ mm}$**

### 19.2.2-Hipótesis de empuje de tierras más sobrecarga de terreno en situación de depósito lleno. Zona A

#### Sección 8

#### HIPÓTESIS: TIERRAS+ SCT- D. LLENO ZONA A

##### Dimensiones de la sección

h = 0,6 m  
b = 1 m  
c = 0,05 m  
d = 0,54 m

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30$  MPa  
 $f_{ctm,fl} = 4,63$  MPa

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

# barras = 4 ud  
 $\phi = 20$  mm  
s = 25 cm  
 $A_s = 12,57$  cm<sup>2</sup>

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 2  
 $A_{c,eficaz} = 0,150$  m<sup>2</sup>  
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18$  MPa  
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

Nd = 60,375 KN  
Md = 35,99 mKN

#### RESULTADOS :

$M_f$  173,79 mKN

$\sigma_s$  92,39 MPa

$s_m$  269,37 mm

$\sigma_{sr}$  314,31 MPa

$\epsilon_{sm}$  0,18 por mil

#### LA SECCIÓN NO FISURA

#### Sección 11

#### HIPÓTESIS: TIERRAS+ SCT- D. LLENO ZONA A

##### Dimensiones de la sección

h = 0,6 m  
b = 1 m  
c = 0,05 m  
d = 0,54 m

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30$  MPa  
 $f_{ctm,fl} = 4,63$  MPa

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

# barras = 7 ud  
 $\phi = 20$  mm  
s = 15 cm  
 $A_s = 21,99$  cm<sup>2</sup>

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 3  
 $A_{c,eficaz} = 0,45$  m<sup>2</sup>  
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18$  MPa  
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

Nd = 86,250 KN  
Md = 104,9 mKN

#### RESULTADOS :

$M_f$  173,79 mKN

$\sigma_s$  130,7 MPa

$s_m$  198,21 mm

$\sigma_{sr}$  179,61 MPa

$\epsilon_{sm}$  0,26 por mil

#### LA SECCIÓN NO FISURA

### 19.2.3-Hipótesis de vaso vacío en zona A

#### Sección 8

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA A

##### Dimensiones de la sección

$h = 0,6 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   
 $c = 0,05 \text{ m}$   
 $d = 0,54 \text{ m}$

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$\# \text{ barras} = 5 \text{ ud}$   
 $\phi = 20 \text{ mm}$   
 $s = 20 \text{ cm}$   
 $A_s = 15,71 \text{ cm}^2$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 2  
 $A_{c,eficaz} = 0,150 \text{ m}^2$   
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$   
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

$N_d = 60,375 \text{ KN}$   
 $M_d = 76,74 \text{ mKN}$

#### RESULTADOS :

$M_f = 173,79 \text{ mKN}$

$\sigma_s = 132,87 \text{ MPa}$

$s_m = 235,49 \text{ mm}$

$\sigma_{sr} = 251,45 \text{ MPa}$

$\epsilon_{sm} = 0,27 \text{ por mil}$

#### LA SECCIÓN NO FISURA

#### Sección 11

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA A

##### Dimensiones de la sección

$h = 0,6 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   
 $c = 0,05 \text{ m}$   
 $d = 0,54 \text{ m}$

##### Características de los materiales

$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$\# \text{ barras} = 5 \text{ ud}$   
 $\phi = 20 \text{ mm}$   
 $s = 20 \text{ cm}$   
 $A_s = 15,71 \text{ cm}^2$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 3  
 $A_{c,eficaz} = 0,45 \text{ m}^2$   
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$   
 $\beta = 1,70$

##### Esfuerzos de cál.

$N_d = 86,250 \text{ KN}$   
 $M_d = 220,2 \text{ mKN}$

#### RESULTADOS :

$M_f = 173,79 \text{ mKN}$

$\sigma_s = 347,63 \text{ MPa}$

$s_m = 235,49 \text{ mm}$

$\sigma_{sr} = 251,45 \text{ MPa}$

$\epsilon_{sm} = 1,28 \text{ por mil}$

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,51 \text{ mm}$**



### 19.2.4-Hipótesis de vaso vacío en muro divisorio

#### Sección 8 HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN MURO DIVISORIO

| <b>Dimensiones de la sección</b>     | <b>Características de los materiales</b> | <b>Acciones</b>          |
|--------------------------------------|--|--------------------------|
| h = 0,6 m                            | $f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$               | Otros casos              |
| b = 1 m                              | $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$          |                          |
| c = 0,05 m                           |  |                          |
| d = 0,54 m                           |  |                          |
| <b>Armadura principal a tracción</b> | <b>Área eficaz del hormigón</b>          | <b>Esfuerzos de cál.</b> |
| # barras = 4 ud                      | Tipo de Área: caso 2                     | Nd = 60,375 KN           |
| $\phi = 20 \text{ mm}$               | $A_{c,eficaz} = 0,150 \text{ m}^2$       | Md = 109,2 mKN           |
| s = 25 cm                            | $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$     |                          |
| $A_s = 12,57 \text{ cm}^2$           | $\beta = 1,70$                           |                          |

#### RESULTADOS :

|       |            |               |            |                 |              |
|-------|------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| $M_f$ | 173,79 mKN | $\sigma_s$    | 224,8 MPa  | $s_m$           | 269,37 mm    |
|       |            | $\sigma_{sr}$ | 314,31 MPa | $\epsilon_{sm}$ | 0,45 por mil |

#### LA SECCIÓN NO FISURA

#### Sección 11 HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN MURO DIVISORIO

| <b>Dimensiones de la sección</b>     | <b>Características de los materiales</b> | <b>Acciones</b>          |
|--------------------------------------|--|--------------------------|
| h = 0,6 m                            | $f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$               | Otros casos              |
| b = 1 m                              | $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$          |                          |
| c = 0,05 m                           |  |                          |
| d = 0,54 m                           |  |                          |
| <b>Armadura principal a tracción</b> | <b>Área eficaz del hormigón</b>          | <b>Esfuerzos de cál.</b> |
| # barras = 7 ud                      | Tipo de Área: caso 2                     | Nd = 86,250 KN           |
| $\phi = 20 \text{ mm}$               | $A_{c,eficaz} = 0,150 \text{ m}^2$       | Md = 318,2 mKN           |
| s = 15 cm                            | $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$     |                          |
| $A_s = 21,99 \text{ cm}^2$           | $\beta = 1,70$                           |                          |

#### RESULTADOS :

|       |            |               |            |                 |              |
|-------|------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| $M_f$ | 173,79 mKN | $\sigma_s$    | 349,59 MPa | $s_m$           | 198,21 mm    |
|       |            | $\sigma_{sr}$ | 179,61 MPa | $\epsilon_{sm}$ | 1,53 por mil |

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,51 \text{ mm}$**

### 19.2.5-Resultados de las modificaciones

#### Sección 11

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA R

##### Dimensiones de la sección

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$c = 0,05 \text{ m}$$

$$d = 0,54 \text{ m}$$

##### Características de los materiales

$$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$$\# \text{ barras} = 12 \text{ ud}$$

$$\phi = 25 \text{ mm}$$

$$s = 6 \text{ cm}$$

$$A_s = 58,9 \text{ cm}^2$$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 3

$$A_{c,eficaz} = 0,45 \text{ m}^2$$

$$0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1,70$$

##### Esfuerzos de cál.

$$N_d = 86,250 \text{ KN}$$

$$M_d = 356,8 \text{ mKN}$$

#### RESULTADOS :

$$M_f = 173,79 \text{ mKN}$$

$$\sigma_s = 145,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 67,05 \text{ MPa}$$

$$s_m = 143,83 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} = 0,65 \text{ por mil}$$

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,16 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$**

**CUMPLE**

#### Sección 11

#### HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN ZONA A

##### Dimensiones de la sección

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$c = 0,05 \text{ m}$$

$$d = 0,54 \text{ m}$$

##### Características de los materiales

$$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$$

##### Acciones

Otros casos

##### Armadura principal a tracción

$$\# \text{ barras} = 10 \text{ ud}$$

$$\phi = 20 \text{ mm}$$

$$s = 8 \text{ cm}$$

$$A_s = 31,42 \text{ cm}^2$$

##### Área eficaz del hormigón

Tipo de Área: caso 3

$$A_{c,eficaz} = 0,45 \text{ m}^2$$

$$0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1,70$$

##### Esfuerzos de cál.

$$N_d = 86,250 \text{ KN}$$

$$M_d = 220,2 \text{ mKN}$$

#### RESULTADOS :

$$M_f = 173,79 \text{ mKN}$$

$$\sigma_s = 174,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 125,72 \text{ MPa}$$

$$s_m = 163,75 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sm} = 0,65 \text{ por mil}$$

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,18 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$**

**CUMPLE**



## Sección 11

## HIPÓTESIS: VASO VACÍO EN MURO DIVISORIO

**Dimensiones de la sección**

$h = 0,6 \text{ m}$   
 $b = 1 \text{ m}$   
 $c = 0,05 \text{ m}$   
 $d = 0,54 \text{ m}$

**Características de los materiales**

$f_{ckj} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm,fl} = 4,63 \text{ MPa}$

**Acciones**

Otros casos

**Armadura principal a tracción**

$\# \text{ barras} = 10 \text{ ud}$   
 $\phi = 25 \text{ mm}$   
 $s = 7,5 \text{ cm}$   
 $A_s = 49,09 \text{ cm}^2$

**Área eficaz del hormigón**

Tipo de Área: caso 2  
 $A_{c,eficaz} = 0,150 \text{ m}^2$   
 $0,6 \cdot f_{ckj} = 18 \text{ MPa}$   
 $\beta = 1,70$

**Esfuerzos de cál.**

$N_d = 86,250 \text{ KN}$   
 $M_d = 318,2 \text{ mKN}$

**RESULTADOS :**

|       |            |               |            |                 |              |
|-------|------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| $M_f$ | 173,79 mKN | $\sigma_s$    | 157,31 MPa | $s_m$           | 153,12 mm    |
|       |            | $\sigma_{sr}$ | 80,46 MPa  | $\epsilon_{sm}$ | 0,68 por mil |

**Abertura característica de la fisura :  $W_k = 0,18 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$**

**CUMPLE**

### 19.3-CÁLCULOS RELATIVOS A LA COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE CORTANTE

COMPROBACIÓN A CORTANTE      SECCIÓN      8      ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 4     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 12,57 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 4     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 12,57 | cm <sup>2</sup> |

ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

#### Comprobaciones (Art. 44.2.3)

$V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

$V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.

#### CÁLCULO DE $V_{u1}$

$$V_{u1} = K \cdot f_{tcd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>tcd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240$  KN**

#### CÁLCULO DE $V_{u2}$

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ed} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} z f_{ct}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$     | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{si} f_{yi,d}$                           |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 60,375               | 197,8    | 145,79   |

|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |
|-----|-----|-----|---|
| VCU | 486 | VSU | 0 |
|-----|-----|-----|---|

486 KN

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |           |
|------------------|------------|----------------|-----------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 197,8 mKN |
|------------------|------------|----------------|-----------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 145,79 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

8

## ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 4     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 12,57 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 4     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 12,57 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y\alpha,d} f_{yd}$                    |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1.A

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 60,375               | 163,1    | 121,5    |





## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 540,674055379152 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |                     |
|-----|-----|-----|---|---------------------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 540,674055379152 KN |
|-----|-----|-----|---|---------------------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |           |
|------------------|------------|----------------|-----------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 163,1 mKN |
|------------------|------------|----------------|-----------|

La sección no fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 121,5 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |                     |
|-----|--------|-----------------|---------------------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 540,674055379152 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |                     |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| V <sub>U</sub> | 540,674055379152 KN |
|----------------|---------------------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

9

## ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha} f_{ya,d}$                           |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 69                   | 293,98   | 189,9    |



|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 %                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{u2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 293,98 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 189,9 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

9

## ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_e} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_e} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,j} f_{y\alpha,d}$                     |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 69                   | 243,34   | 158,7    |



|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 243,34 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 158,7 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

10

ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha} f_{y\alpha,d}$                  |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 77,625               | 417,25   | 239,81   |





## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 417,25 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 239,81 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**

## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

10

## ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ad} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_0} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] b_0 d$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y,d} f_{yd}$                          |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 77,625               | 346,47   | 200,86   |



### Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

### RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 346,47 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 200,86 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

11

ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha} f_{y\alpha,d}$                      |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 86,25                | 579,9    | 295,55   |

|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ'cd                             | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |
|-----|-----|-----|---|
| VCU | 486 | VSU | 0 |
|-----|-----|-----|---|

**486 KN**

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |           |
|------------------|------------|----------------|-----------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 579,9 mKN |
|------------------|------------|----------------|-----------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 295,55 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

11

ZONA R

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} b_0^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,i} f_{y,i,d}$                         |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|                  |            |
|------------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN |
|------------------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 86,25                | 475,28   | 247,95   |



## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |
|-----|-----|-----|---|
| VCU | 486 | VSU | 0 |
|-----|-----|-----|---|

486 KN

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 475,28 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 247,95 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**

## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

8

## ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 4     | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 12,57 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 5     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 15,71 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2   |
|---|---|--|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante   |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ed} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_{lv} f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} b_0^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,i} f_{y\alpha,i}$                        |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$   |

|                  |            |
|------------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN |
|------------------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1.A

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 60,375               | 120,23   | 88,7     |



## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 540,674055379152 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |                     |
|-----|-----|-----|---|---------------------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 540,674055379152 KN |
|-----|-----|-----|---|---------------------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 120,23 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección no fisura

|     |         |                 |         |
|-----|---------|-----------------|---------|
| VU1 | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 88,7 KN |
|-----|---------|-----------------|---------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |                     |
|-----|--------|-----|---------------------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 540,674055379152 KN |
| VSU | 0 KN   |     |                     |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |                     |
|----|---------------------|
| VU | 540,674055379152 KN |
|----|---------------------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

8

## ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 5     | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 15,71 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 4     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 12,57 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{ct}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,i} f_{y\alpha,i}$                         |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|                  |            |
|------------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN |
|------------------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1.A

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 60,375               | 163,1    | 121,5    |

|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 540,674055379152 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |                     |
|-----|-----|-----|---|---------------------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 540,674055379152 KN |
|-----|-----|-----|---|---------------------|

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |           |
|------------------|------------|----------------|-----------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 163,1 mKN |
|------------------|------------|----------------|-----------|

La sección no fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 121,5 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |                     |
|-----|--------|-----------------|---------------------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 540,674055379152 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |                     |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| V <sub>U</sub> | 540,674055379152 KN |
|----------------|---------------------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

9

## ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 31,42 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm <sup>2</sup> ) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                        | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{cd} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y\alpha,d} f_{y\alpha,d}$             |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 69                   | 178,75   | 115,45   |





## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{u2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |
|-----|-----|-----|---|
| VCU | 486 | VSU | 0 |
|-----|-----|-----|---|

**486 KN**

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 178,75 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 115,45 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

9

## ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 31,42 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{tcd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>tcd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1   |  | CASO 2   |
|--|--|--|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$  | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$   | CON Arm. de cortante   |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —  | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{ct}^{1/2} + 0,15 \sigma_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha} f_{y\alpha,d}$                     |
|  | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f   | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$   |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 69                   | 243,34   | 158,7    |



|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U,2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

|  |
|--|
| RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS |
|--|

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 243,34 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 158,7 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**

**COMPROBACIÓN A CORTANTE****SECCIÓN****10****ZONA A**

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 31,42 | cm <sup>2</sup> |

**ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE****Comprobaciones (Art. 44.2.3)**
 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
**CÁLCULO DE  $V_{u1}$** 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g \theta \cot g \alpha}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** **CÁLCULO DE  $V_{u2}$** 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ad} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,yu,d} f_{yu,d}$                       |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 77,625               | 259,7    | 145,8    |

|                      |
|----------------------|
| Cálculos intermedios |
|----------------------|

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |           |
|------------------|------------|----------------|-----------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 259,7 mKN |
|------------------|------------|----------------|-----------|

La sección fisura

|                 |         |                 |          |
|-----------------|---------|-----------------|----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 145,8 KN |
|-----------------|---------|-----------------|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**

## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

10

ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 31,42 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_1 \sigma'_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,i} f_{y\alpha,i}$                         |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 77,625               | 346,47   | 200,86   |



## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |            |
|------|------------|----|------------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 346,47 mKN |
|------|------------|----|------------|

La sección fisura

|     |         |     |           |
|-----|---------|-----|-----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 200,86 KN |
|-----|---------|-----|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |     |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |        |
|----|--------|
| VU | 486 KN |
|----|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

11

ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 8     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 25,13 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 31,42 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ed} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y\alpha,d}$                           |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 86,25                | 347,1    | 179,7    |

## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |           |
|------|------------|----|-----------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 347,1 mKN |
|------|------------|----|-----------|

La sección fisura

|     |         |     |          |
|-----|---------|-----|----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 179,7 KN |
|-----|---------|-----|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |     |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |        |
|----|--------|
| VU | 486 KN |
|----|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

11

## ZONA A

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 20    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 31,42 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 8     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 20    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 25,13 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ed} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_s} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_s} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{ed} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y,d}$                                 |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 86,25                | 475,28   | 247,97   |

## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$** **486 KN**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |            |
|------|------------|----|------------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 475,28 mKN |
|------|------------|----|------------|

La sección fisura

|     |         |     |           |
|-----|---------|-----|-----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 247,97 KN |
|-----|---------|-----|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |     |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |        |
|----|--------|
| VU | 486 KN |
|----|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

8

## MURO DIV.

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 5     | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 24,54 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 5     | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 24,54 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{ad} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{ad} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_{l,cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y\alpha,d}$                         |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1.A

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 60,375               | 163,1    | 121,5    |





## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 540,674055379152 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |                     |
|-----|-----|-----|---|---------------------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 540,674055379152 KN |
|-----|-----|-----|---|---------------------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |           |
|------|------------|----|-----------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 163,1 mKN |
|------|------------|----|-----------|

La sección no fisura

|     |         |     |          |
|-----|---------|-----|----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 121,5 KN |
|-----|---------|-----|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |                     |
|-----|--------|-----|---------------------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 540,674055379152 KN |
| VSU | 0 KN   |     |                     |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |                     |
|----|---------------------|
| VU | 540,674055379152 KN |
|----|---------------------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



### Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{u2} = 540,674055379152 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |                     |
|-----|-----|-----|---|---------------------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 540,674055379152 KN |
|-----|-----|-----|---|---------------------|

### RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |           |
|------|------------|----|-----------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 163,1 mKN |
|------|------------|----|-----------|

La sección no fisura

|     |         |     |          |
|-----|---------|-----|----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 121,5 KN |
|-----|---------|-----|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |                     |
|-----|--------|-----|---------------------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 540,674055379152 KN |
| VSU | 0 KN   |     |                     |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |                     |
|----|---------------------|
| VU | 540,674055379152 KN |
|----|---------------------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**

## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

9

## MURO DIV.

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b <sub>0</sub>            | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f <sub>1cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | b <sub>0</sub> (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|---------------------------------------|--------------------|-------|------------|------------|
| 1      | 12                                    | 1                  | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1   |  | CASO 2   |
|--|--|--|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$  | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$   | CON Arm. de cortante   |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_a f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_a \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_{l,cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_a \right] \beta b_0 d$ |
| —  | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_a \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{s,y/d}$                            |
|  | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f   | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$   |

|                  |            |
|------------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN |
|------------------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 69                   | 243,34   | 158,7    |



### Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 %                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} =$**

**486 KN**

|     |     |     |   |
|-----|-----|-----|---|
| VCU | 486 | VSU | 0 |
|-----|-----|-----|---|

**486 KN**

### RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |            |
|------|------------|----|------------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 243,34 mKN |
|------|------------|----|------------|

La sección fisura

|     |         |     |          |
|-----|---------|-----|----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 158,7 KN |
|-----|---------|-----|----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |     |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |        |
|----|--------|
| VU | 486 KN |
|----|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**



## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

10

MURO DIV.

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_1 \sigma_{\alpha'} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_0} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma_{\alpha'} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma_{\alpha'} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_0} \xi^{3/2} f_{ct}^{1/2} + 0,15 \sigma_{\alpha'} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha'} f_{yt,d}$                          |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 77,625               | 346,47   | 200,86   |



### Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| f <sub>1cd</sub>                 | 12         | N/mm <sup>2</sup> | I <sub>z</sub>               | 0,018 m <sup>4</sup> |
| f <sub>ct,k</sub>                | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | S                            | 0,045 m <sup>3</sup> |
| f <sub>ct,d</sub>                | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | ξ                            | 1,60858062 ud.       |
| f <sub>ct,m</sub>                | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | ρ <sub>l</sub>               | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | θ <sub>e</sub>               | 45 °                 |
| K                                | 1          | ud.               | β                            | 1 ud.                |
| σ' <sub>cd</sub>                 | 6          | N/mm <sup>2</sup> | z                            | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{u2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

### RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|                  |            |                |            |
|------------------|------------|----------------|------------|
| M <sub>fis</sub> | 173,79 mKN | M <sub>d</sub> | 346,47 mKN |
|------------------|------------|----------------|------------|

La sección fisura

|                 |         |                 |           |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|
| V <sub>U1</sub> | 3240 KN | V <sub>rd</sub> | 200,86 KN |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |                 |        |
|-----|--------|-----------------|--------|
| VCU | 486 KN | V <sub>U2</sub> | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |                 |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|                |        |
|----------------|--------|
| V <sub>U</sub> | 486 KN |
|----------------|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**





## COMPROBACIÓN A CORTANTE

## SECCIÓN

11

## MURO DIV.

| Dimensiones de la sección |      |   | Disposición de las armaduras |       |                 |
|---------------------------|------|---|------------------------------|-------|-----------------|
| h                         | 0,6  | m | #bS'                         | 10    | ud.             |
| b0                        | 1    | m | ØS'                          | 25    | mm              |
| rMEC,INF                  | 0,06 | m | AS'                          | 49,09 | cm <sup>2</sup> |
| rMEC,SUP                  | 0,06 | m | #bS                          | 10    | ud.             |
| d                         | 0,54 | m | ØS                           | 25    | mm              |
| d'                        | 0,06 | m | AS                           | 49,09 | cm <sup>2</sup> |

## ELEMENTO SIN ARMADURA DE CORTANTE

## Comprobaciones (Art. 44.2.3)

 $V_{rd} \leq V_{u1}$  Agotamiento por compresión oblicua en el alma. En el borde del apoyo.

 $V_{rd} \leq V_{u2}$  Agotamiento por tracción en el alma. A un canto útil del borde del apoyo.
CÁLCULO DE  $V_{u1}$ 

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

| k (ud) | f1cd (N/mm2) | b0 (m) | d (m) | θ (grados) | α (grados) |
|--------|--------------|--------|-------|------------|------------|
| 1      | 12           | 1      | 0,54  | 45         | 90         |

**CORTANTE POR COMPRESIÓN OBLICUA AL ALMA  $V_{u1} = 3240 \text{ KN}$** 
CÁLCULO DE  $V_{u2}$ 

| CASO 1  |   | CASO 2  |
|---|---|---|
| 1.A-SIN Arm. $M_d \leq M_{FIS}$   | 1.B-SIN Arm. $M_d > M_{FIS}$  | CON Arm. de cortante  |
| $V_{u2} = \frac{l \cdot b_0}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha_l \sigma'_{\alpha} f_{ct,d}}$ | $V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$ | $V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] \beta b_0 d$ |
| —   | $V_{u2} = \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} b_0^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{\alpha} \right] b_0 d$       | $V_{su} = z \cdot \sin \alpha (\cot g \alpha + \cot g \theta) \sum A_{\alpha} f_{y\alpha,d}$                      |
|   | *Valor mínimo CASO 1.B y 2 f  | $V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$  |

|      |            |
|------|------------|
| Mfis | 173,79 mKN |
|------|------------|

SITUACIÓN : CASO 1:B

| Esfuerzos de cálculo |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| Nd (KN)              | Md (mKN) | Vrd (KN) |
| 86,25                | 475,28   | 247,97   |



## Cálculos intermedios

| Coef. relativos a los materiales |            |                   | Coef. relativos a la sección |                      |
|----------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| $f_{1cd}$                        | 12         | N/mm <sup>2</sup> | $I_z$                        | 0,018 m <sup>4</sup> |
| $f_{ct,k}$                       | 2,02752771 | N/mm <sup>2</sup> | $S$                          | 0,045 m <sup>3</sup> |
| $f_{ct,d}$                       | 1,35168514 | N/mm <sup>2</sup> | $\xi$                        | 1,60858062 ud.       |
| $f_{ct,m}$                       | 2,89646815 | N/mm <sup>2</sup> | $\rho_l$                     | 0 ‰                  |
| Coef. relativos a los esfuerzos  |            |                   | $\theta_e$                   | 45 °                 |
| $K$                              | 1          | ud.               | $\beta$                      | 1 ud.                |
| $\sigma'_{cd}$                   | 6          | N/mm <sup>2</sup> | $z$                          | 0,486 m              |

**CORTANTE POR TRACCIÓN EN EL ALMA  $V_{U2} = 486 \text{ KN}$**

|     |     |     |   |        |
|-----|-----|-----|---|--------|
| VCU | 486 | VSU | 0 | 486 KN |
|-----|-----|-----|---|--------|

## RESUMEN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS

|      |            |    |            |
|------|------------|----|------------|
| Mfis | 173,79 mKN | Md | 475,28 mKN |
|------|------------|----|------------|

La sección fisura

|     |         |     |           |
|-----|---------|-----|-----------|
| VU1 | 3240 KN | Vrd | 247,97 KN |
|-----|---------|-----|-----------|

La sección cumple a compresión oblicua

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| VCU | 486 KN | VU2 | 486 KN |
| VSU | 0 KN   |     |        |

No requiere Armadura

Cortante que la sección puede resistir:

|    |        |
|----|--------|
| VU | 486 KN |
|----|--------|

Interpretación de resultados

**Cumple, no es necesario aumentar ni armadura ni sección**