DISEÑO DE LA LOSA MACIZA DEL PUENTE {{ nombre }}

## Características del Proyecto

## Materiales

A continuación, se determinan los materiales usados en el diseño del presente puente y sus especificaciones.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Material | Resistencia [MPa] | Peso específico [kN/m3] |
| Concreto | {{ fc }} | {{ pespecifico\_concreto }} |
| Acero | {{ fy }} | {{ pespecifico\_carpeta\_asfaltica }} |

Tabla 1. Materiales utilizados.

## Dimensiones de las secciones longitudinal y transversal del puente.

En la Figura 2 y Figura 3 se muestran las dimensiones de la sección longitudinal y transversal del puente.

Se debe tener en cuenta que la sección propuesta corresponde a un tablero monolítico de acuerdo con la tabla 4.6.2.3-1.

Figura 2. Sección longitudinal del puente.

Figura 3. Sección transversal del puente.

|  |  |
| --- | --- |
| Dimensión | Cantidad [m] |
| L | {{ L }} |

Tabla 2. Dimensiones sección longitudinal.

|  |  |
| --- | --- |
| Dimensión | Cantidad [m] |
| Ancho de carril | {{ ancho\_de\_carril }} |
| Ancho de berma | {{ ancho\_de\_berma }} |
| Ancho de anden | {{ ancho\_de\_anden }} |
| Espesor carpeta asfáltica | {{ espesor\_carpeta\_asfaltica }} |
| Ancho inferior de barrera | {{ ancho\_inferior\_de\_barrera }} |
| Ancho superior de barrera | {{ ancho\_superior\_de\_barrera }} |
| Altura de barrera | {{ altura\_de\_barrera }} |
| Ancho total del puente | {{ ancho\_total }} |

Tabla 3. Dimensiones sección transversal del puente.

# Diseño de losa maciza

## Determinación de altura de la losa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Altura de losa (h) |  | {{ h }} m | Según 2.5.2.6.3-1 |

## Ancho de franja equivalente

Debido a que la luz del puente es superior a 4,5 m, se debe tomar los anchos de franja equivalente indicados en 4.6.2.3-1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ancho de Franja Equivalente | | [m] | Referencia |
| Un carril cargado (E) |  | {{ E\_un\_carril }} | Según 4.6.2.3-1 |
| Dos o más carriles cargados (E) |  | {{ E\_dos\_carriles }} | Según 4.6.2.3-1 |
| Valor tomado (E) | Se toma el menor valor | {{ E\_tomado }} |  |

Tabla 4. Anchos de franja equivalente.

## Solicitación de cargas permanentes

### Cargas muertas

Se determinan las cargas provenientes del peso propio de la losa y el peso de la carpeta asfáltica:

|  |  |
| --- | --- |
| Carga | [kN] |
| Concreto | {{ DC }} |
| Carpeta asfáltica | {{ DW }} |

### Momentos máximos

#### Por cargas permanentes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo de carga | Momento máximo | [ kNm/m ] |
| Concreto |  | {{ MDC }} |
| Carpeta asfáltica |  | {{ MDW }} |

#### Por cargas transitorias

Figura 4. Posición de los ejes del camión de diseño (360kN) que produce el máximo momento del puente.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Camión de diseño [360 kN] |  | {{ MAcamion }} |
| Tándem de diseño [250 kN] |  | {{ Mtandem }} |
| Carril de diseño [10,3 kN/m] |  | {{ Mcarril }} |
| Carga viva por metro de ancho de franja |  | {{ MLLIMafequiv }} |

Nota: El tándem gobierna el diseño por lo que el momento máximo por carga viva se presenta cuando comete al sumar los momentos, supuestos máximos en el centro de la luz, es mínimo.

## Diseño a flexión

### Cálculo de armadura para resistir el momento máximo flector

Estado límite de resistencia I

Se supone que los factores modificadores de carga (1.3.2) son:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Momento de diseño (Mu) |  | {{ Mu }} kNm/m | Límite de resistencia I , tabla 3.4.1-1 |
| d | Recubrimiento de {{ recub }} cm | {{ d }} m |  |
| Cuantía de acero |  | {{ cuantia\_kN }} |  |
| Área de acero de refuerzo |  | {{ As\_flexion }} cm² |  |
| Número de barras #8 |  | {{ No\_barras\_8\_flexion }} |  |
| Separación |  | {{ espac\_arm\_prin\_flexion }} cm |  |

### Verificación del factor Φ=0,9 para el diseño a flexión

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Profundidad del bloque de compresiones (a) |  | {{ a\_f }} m |
| Profundidad del eje neutro (c) |  | {{ c\_f }} m |
| Deformación unitaria total |  | {{ defor\_total }} |

En consecuencia, se verifica que Φ=0,90 (Figura C5.5.4.2.1-1)

## Armadura de distribución para las losas con armadura principal paralela a la dirección de tráfico (9.7.3.2)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Armadura de distribución |  | {{ Armadura\_de\_distribucion }} |
| Área de acero de distribución |  | {{ As\_Armadura\_de\_distribucion }} cm² |
| Número de barras #4 |  | {{ No\_barras\_4\_dist }} |
| Separación |  | {{ espac\_arm\_dist }} cm |

## Armadura mínima

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Módulo de rotura del concreto (fr) |  | {{ fr }} MPa | Según 5.4.2.6 |
| y |  |  | Según 5.7.3.3.2 |
| Módulo elástico de la sección (Sc) |  | {{ Sc }} m3 |  |
|  |  | {{ Mcr }} kNm/m | 5.7.3.3.2.1 |

Se comprueba que se cumple:

## Control de fisuración (5.7.3.4)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Factor de exposición ( |  | 1 | clase 1, según 5.7.3.4 |
|  |  |  |  |
|  |  | {{ beta\_s }} |  |
| Momento producido por el estado límite de servicio I |  | {{ Msi }} kNm/m | 3.4.1.1-1 |
| Módulo de elasticidad del concreto |  | {{ E\_concreto }} MPa | 5.2.4.2 |
| Módulo de elasticidad del acero |  | 200000 MPa | 5.4.3.2 |
| Relación modular |  | {{ rel\_mod }} |  |
| Tomando momentos con respecto al eje neutro de la sección |  | {{ X\_cf }} m |  |
| Momento de inercia de la sección fisurada |  | {{ I\_c }} m4 |  |
| Esfuerzo actuante sobre el acero, producido por el momento de servicio MSI () |  | {{ fss }} MPa |  |
| Espaciamiento máximo del refuerzo en la capa más cercana a la fibra extrema a tracción |  | {{ espac\_control\_fisuracion }} cm |  |

La separación, centro a centro de las barras #8 es {{ espac\_arm\_prin\_flexion }} cm, menor que {{ espac\_control\_fisuracion }} cm, por lo que el diseño es satisfactorio.

En consiguiente la separación libre entre barras es: {{ espac\_arm\_prin\_flexion }} cm – 2,54 cm= {{ espac\_libre }} cm.

Por otra parte, la Norma CCp-14 determina en 5.10.3 el siguiente espaciamiento mínimo de la armadura para concreto vaciado in situ:

* 1,5 veces el diámetro de las barras: 1,5\*2,54 cm=3,81 cm< {{ espac\_libre }} cm
* 1,5 veces el tamaño máximo del agregado (3/4 pulg): 1,5\*1,905 cm =2,86 cm< {{ espac\_libre }} cm
* 38 mm < {{ espac\_libre }} cm

## Armadura por retracción de fraguado y temperatura ( 5.10.8 ).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Armadura de retracción y temperatura |  | {{ As\_retytemp }} mm²/m. | Debe cumplir: |
| Número de barras #4 |  | {{ No\_barras\_4\_retytemp }} |  |
| Separación |  | {{ espa\_arm\_retytemp }} cm |  |

Se dispone, en ambas direcciones de la cara superior de la losa, una armadura de retracción y fraguado mayor que la mínima:

Separación máxima del refuerzo de acuerdo con 5.10.8:

* Tres veces el espesor del elemento estructural (3 × {{ h }} m = {{ h3 }} m) o 0,45 m

Para muros o zapatas con alturas mayores que 0,45 m. 0.3 m

## Verificación por fatiga

De acuerdo con 3.6.1.4.1 la carga de fatiga debe ser el camión de diseño (360 kN) especificado en el artículo 3.6.1.2.2 con un espaciamiento constante de 9000 mm entre los ejes de 160 kN.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ancho de franja equivalente () |  | {{ anchofreq\_uncarril\_fatiga  }} m | Según 3.6.1.4.3b |
| Momento debido a camión de diseño |  | {{ MLLIM\_fatiga }} kNm | Según 3.6.1.1.2 |
| Carga viva por metro de ancho de franja |  | {{ MLLIM\_fatiga\_fraequiv }} kNm/m |  |
| Momento debido a cargas permanentes más 1,5 carga de fatiga ( M fatiga ) |  | {{ Mseccion\_fisurada }} kNm/m |  |
| Esfuerzo sobre el concreto en la sección no fisurada ( |  | {{ f\_c\_nofisurado }} MPa |  |
| Condición de esfuerzo para empleo de sección fisurada |  | {{ condicion\_esf\_seccion\_fisurada  }} MPa |  |
| Factor de carga para combinación de carga de fatiga I |  | {{ gamma\_fatiga }} | Según 3.4.1-1 |
| Esfuerzo sobre la sección fisurada |  | {{ f\_seccion\_fisurada }} MPa |  |
| Esfuerzo mínimo |  | {{ f\_min }} MPa |  |
| Umbral de fatiga de amplitud constante ( |  | {{ deltaF\_TH }} MPa |  |
| Verificación de rango máximo de esfuerzos |  | {{ f\_seccion\_fisurada }} MPa < {{ deltaF\_TH }} MPa |  |

## Diseño a flexión de franja exterior

### Ancho de franja equivalente en franja exterior

De acuerdo con el articulo 4.6.2.1.4b se debe tomar como ancho de franja equivalente el menor valor entre:

En consecuencia:

= {{ Eborde1 }} m

= {{ Eborde2 }} m

Se toma el menor valor: = {{ E\_borde }} m

### Cargas muertas en franja exterior

Se determinan las cargas provenientes del peso propio de la losa, la barrera de tráfico y el peso de la carpeta asfáltica:

|  |  |
| --- | --- |
| Carga | [kN/m] |
| Concreto | {{ DC }} |
| Barreras | {{ DC\_barrera }} |
| Carpeta asfáltica | {{ DW\_ext }} |

### Momento máximo:

#### Cargas permanentes

MDC = {{ MDC\_ext }} kNm/m

MDW = {{ MDW\_ext }} kNm/m

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo de carga | Momento máximo | [ kNm/m ] |
| Concreto |  | {{ MDC\_ext }} |
| Carpeta asfáltica |  | {{ MDW\_ext }} |

#### Por cargas transitorias

En el numeral 3.4 se mostró que la combinación tándem de diseño más el carril de diseño gobierna el diseño a flexión. Además, puesto que en la franja exterior del puente actúa una rueda (en lugar de un eje), es necesario dividir en 2 las solicitaciones debidas al camión y en {{ E\_borde }} m, correspondientes al ancho de franja exterior, para obtener el máximo momento debido a las cargas transitorias.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Momento por carga viva () |  | {{ MLLIM\_ext }} kNm/m |

### Determinación de armadura a flexión de la franja exterior

Estado límite de resistencia I

Se supone que los factores modificadores de carga (1.3.2) son:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Momento de diseño (Mu) |  | {{ Mu\_ext }} kNm/m | Límite de resistencia I , tabla 3.4.1-1 |
| d | Recubrimiento de {{ recub }} cm | {{ d }} m |  |
| Cuantía de acero |  | {{ cuantia\_ext }} |  |
| Área de acero de refuerzo |  | {{ As\_flexion\_ext }} cm² |  |
| Número de barras #8 |  | {{ No\_barras\_8\_flexion\_ext }} |  |
| Separación |  | {{ espac\_arm\_prin\_flexion\_ext }} cm |  |