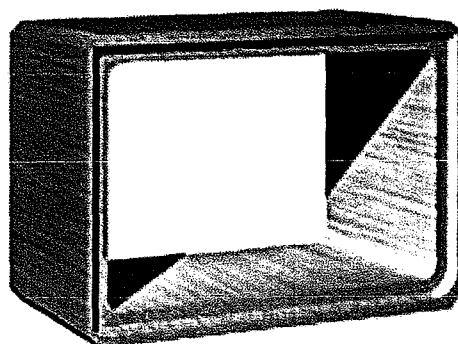


**ANEJO N°8 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LAS
CONDUCCIONES Y ESTRUCTURAS
DE LA OBRA**

MARCO PREFABRICADO 3 x 2

HR 2 +TRAFICO



1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente documento constituye la memoria descriptiva de los cálculos justificativos de la estructura designada como Marco prefabricado 3 x 2 /HR 2 /Tráfico, fabricado y comercializado por EL CALEYO NUEVAS TECNOLOGÍAS SA.

A continuación se exponen las hipótesis consideradas en cuanto a características de la estructura, condicionantes geotécnicos, acciones aplicadas en el cálculo y los modelos numéricos de análisis utilizados.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura consiste en un marco prefabricado de hormigón armado, de dimensiones interiores 3x2 m, espesor de paredes: dintel y solera de 25 cm y hastiales 20 cm, siendo las dimensiones exteriores resultantes de 3.40 x 2.50 m. El módulo prefabricado tiene una longitud de 2 m.

Interiormente se disponen cartelas con borde circular, de 139 mm de radio, en las aristas superiores e inferiores. Exteriormente las esquinas son achaflanadas a 120 mm del vértice, redondeando las aristas resultantes con un radio de 50 mm.

Se dispone un machihembrado frontal y dorsal, de modo que cada pieza de marco se enchufa en la sección que la precede aguas abajo.

La estructura se dimensiona para su funcionamiento bajo una altura de tierras sobre el dintel de 2 m, con tráfico en superficie y flujo de agua en el interior.

3 BASES DE CÁLCULO

El análisis estructural y dimensionamiento de la estructura se realiza de acuerdo con las siguientes bases de cálculo relativas a los materiales, coeficientes de seguridad y cargas consideradas.

3.1 NORMATIVA

Las normas de obligado cumplimiento y recomendaciones que se tienen en cuenta para los cálculos objeto del presente documento son:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP) 1.998.
- Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón estructural (EHE-08).

!! Dpf gj dj f ouf t ! ef ! dpcnj obdj ~ o!
 !!!!! Womps! ef ! dpcnj obdj ~ o! ; !! 1/ 711!
 !!!!! Womps! gsf dvf ouf ! ; !! 1/ 611!
 !!!!! Womps! dbt j ! qf snbof ouf ! ; !! 1/ 311!

3.6! CÁLCULO CON ORDENADOR

Se han utilizado los siguientes programas para la resolución de distintos cálculos intermedios:

π CIVILCAD2000 –Módulo cajones, versión 56.6

4! COMPROBACIONES

El dimensionamiento de los elementos de hormigón armado se ha realizado para las solicitaciones pésimas y de acuerdo con la EHE-08.

Para el cálculo de solicitaciones, esfuerzos y armados de las distintas secciones de las piezas se ha utilizado el programa de cálculo matricial de estructuras CivilCAD2000, en su módulo para cajones.

La estructura se ha discretizado en tres dimensiones. Se ha reproducido la sección del marco mediante elementos tipo barras resistentes a flexocompresión con nudos empotrados dando continuidad de flechas y giros en sus extremos.

Los nodos de la solera están coaccionados verticalmente con unos muelles de constante elástica igual al coeficiente de balasto del terreno multiplicado por el área de la solera representada por cada nodo.

El programa proporciona las envolventes de cada uno de los esfuerzos y sus concomitantes, tanto característicos como de diseño.

Con los resultados obtenidos se dimensionan las armaduras necesarias, comprobando tanto la capacidad resistente en Estado Límite Último como la existencia de fisuración y la abertura máxima de fisura en su caso.

5! OBSERVACIONES DE EJECUCIÓN

5.1! TRANSPORTE Y ACOPIOS

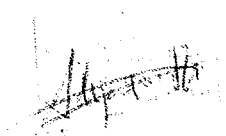
Las piezas se transportarán a la obra cuidando de que no se produzcan roturas en ellas. La edad para el transporte ha de ser tal que asegure una resistencia de, al menos, 20 N/mm².

Los acopios en obra se realizarán de modo que no se haga trabajar a las piezas en forma distinta de aquella para la que han sido diseñadas. Todas ellas se apilarán sobre tacos de madera o superficie de terreno allanada, nunca sobre montones de piedras o sobre rocas. No se apilarán unas piezas sobre otras.

6! CONCLUSIÓN

Con lo anteriormente expuesto, los listados, cálculos, croquis y planos que se acompañan a continuación se considera completamente definido el elemento Marco prefabricado 3 x 2 /HR 2 /Tráfico para su fabricación.

El Caleyó Nuevas Tecnologías, S.A.
El Ingeniero Industrial autor del cálculo



Alejandro Río Álvarez
Colegiado nº 2385

Oviedo, octubre de 2011

!

!

!

!

11

!

!

!

1

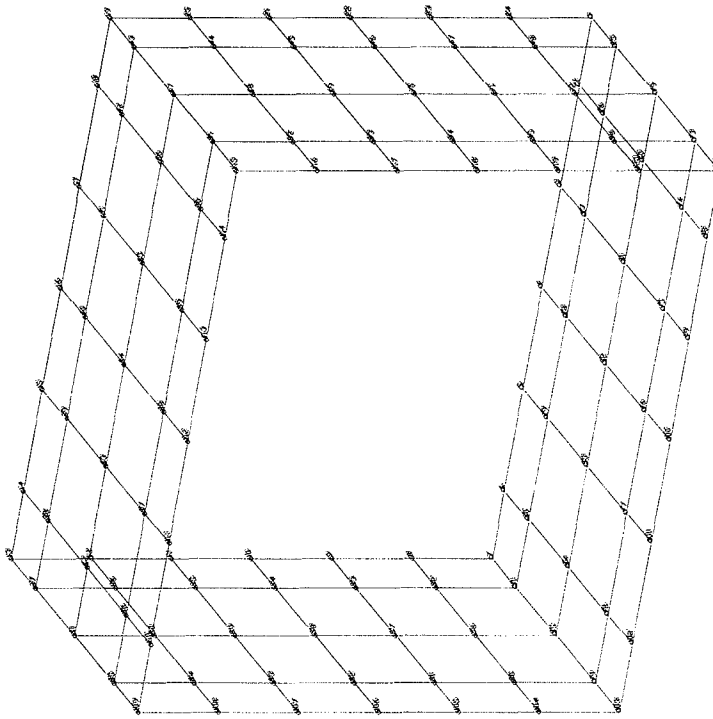
1

1

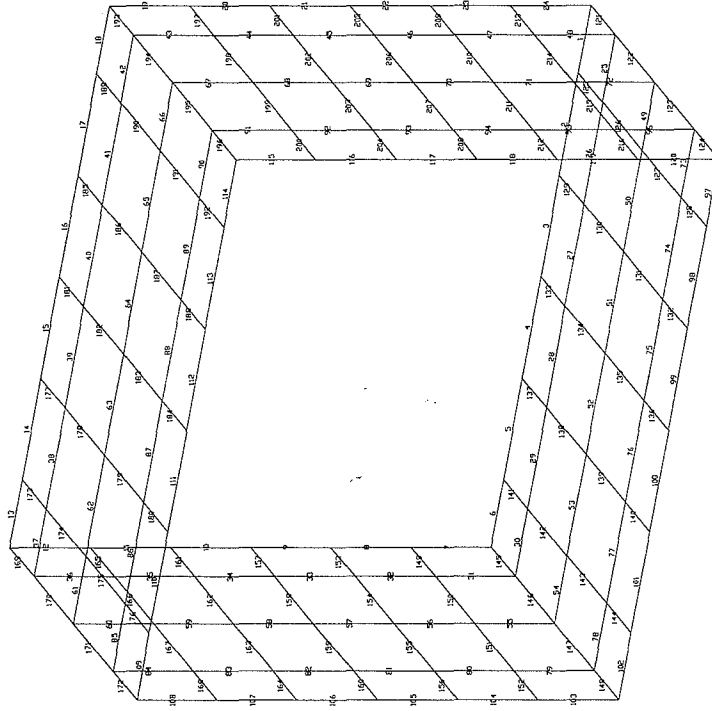
•

•

ESQUEMA NUDDIS



ESQUEMA BARRAS



MARCO PREFABRICADO 2 x 2

HR 0.5 a 4.5 +TRAFICO

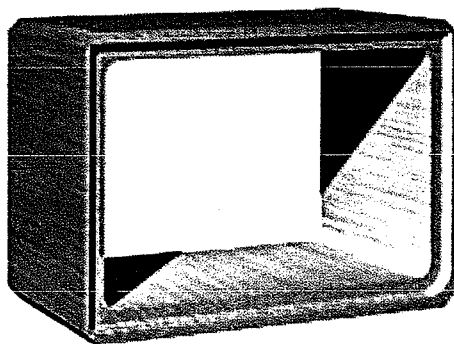


TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	3
2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	3
3	BASES DE CÁLCULO	4
3.1	NORMATIVA	4
3.2	MATERIALES	4
3.2.1	Hormigones	4
3.2.2	Acero pasivo corrugado	4
3.2.3	Terreno de cimentación.	4
3.3	RECUBRIMIENTOS	5
3.4	COEFICIENTES DE SEGURIDAD	5
3.5	ACCIONES CONSIDERADAS	7
3.6	CÁLCULO CON ORDENADOR	8
4	COMPROBACIONES	8
5	OBSERVACIONES DE EJECUCIÓN	8
5.1	TRANSPORTE Y ACOPIOS	8
5.2	PREPARACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN	9
5.3	COLOCACIÓN	9
5.4	RELLENO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	10
6	CONCLUSIÓN	11
7	LISTADOS DE CÁLCULO. CASO A	12
8	LISTADOS DE CÁLCULO. CASO B	172
9	LISTADOS DE CÁLCULO. CASO C	360
10	LISTADOS DE CÁLCULO. CASO D	534

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente documento constituye la memoria descriptiva de los cálculos justificativos de la estructura designada como Marco prefabricado 2 x 2 /HR 0.5 a 4.5 /Tráfico, fabricado y comercializado por EL CALEYO NUEVAS TECNOLOGÍAS SA.

A continuación se exponen las hipótesis consideradas en cuanto a características de la estructura, condicionantes geotécnicos, acciones aplicadas en el cálculo y los modelos numéricos de análisis utilizados.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura consiste en un marco prefabricado de hormigón armado, de dimensiones interiores 2x2 m, espesor de paredes (dintel, solera y hastiales) 25 cm, siendo las dimensiones exteriores resultantes de 2.50 x 2.50 m. El módulo prefabricado tiene una longitud de 2,10 m.

Interiormente se disponen cartelas con borde circular, de 114 mm de radio, en las aristas superiores e inferiores. Exteriormente las esquinas son achaflanadas a 150 mm del vértice, redondeando las aristas resultantes con un radio de 50 mm.

Se dispone un machihembrado frontal y dorsal, de modo que cada pieza de marco se enchufa en la sección que la precede aguas abajo.

La estructura se dimensiona para su funcionamiento bajo una altura de tierras sobre el dintel de 0.5 a 4.5 m, con tráfico en superficie y flujo de agua en el interior. Se han considerado 4 situaciones de carga en función de la carga de tierras, el coeficiente de balasto y el tipo de circulación del carro.

Altura de tierras (m)	Balasto (t/m^3)	Circulación	Caso	Marco
0.50	1500	Longitudinal	A	Tipo I
2.50	1500	Longitudinal	B	Tipo I
1.50	1500	Perpendicular	C	Tipo I
4.50	10000	Perpendicular	D	Tipo II

En cuanto al tipo de circulación, lo normal es una circulación perpendicular al marco (0°) pero el programa de cálculo no permite exactamente simular la circulación longitudinal (90°) para este tipo de marco el ángulo alcanzado es de 78° .

3 BASES DE CÁLCULO

El análisis estructural y dimensionamiento de la estructura se realiza de acuerdo con las siguientes bases de cálculo relativas a los materiales, coeficientes de seguridad y cargas consideradas.

3.1 NORMATIVA

Las normas de obligado cumplimiento y recomendaciones que se tienen en cuenta para los cálculos objeto del presente documento son:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP) 1.998.
- Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón estructural (EHE-08).
- Recomendaciones para el Proyecto, Ejecución y Montaje de Elementos Prefabricados.
- Guía de cimentaciones en obras de carretera.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG- 3.
- Código Modelo CEB-FIP de 1990 para Hormigón Estructural.
- Obras de Paso de Carreteras. Colección de Pequeñas Obras de Paso 4.2. IC. MOPT, 1986.
- Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. José Calavera Ruiz.
- Hormigón Armado. Jiménez Montoya, García Meseguer y Morán Cabré.
- Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02).

3.2 MATERIALES

3.2.1 Hormigones

- En marcos prefabricados: hormigón armado HA-35/P/20/IIa.
- En capa de nivelación y limpieza: hormigón armado Hm-20
- Coeficientes de minoración de resistencia $\gamma_c = 1,5$.

3.2.2 Acero pasivo corrugado

- En todos los casos se adopta B-500S con $f_{yk} > 500 \text{ N/mm}^2$.
- Coeficiente de minoración de resistencia $\gamma_s = 1,15$.

3.2.3 Terreno de cimentación.

- Coeficiente medio de balasto: 10000 T/m^3 . (terreno arcilloso)
- Coeficiente medio de balasto: 1500 T/m^3 . (terreno competente)

3.3 RECUBRIMIENTOS

De acuerdo al apartado 37.2.4.- Recubrimientos, de la Instrucción EHE, se tienen los siguientes valores de los recubrimientos nominales a considerar en la presente estructura:

ELEMENTO	AMBIENTE	RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm)	MARGEN DE RECUBRIMIENTO (mm)	RECUBRIMIENTO NOMINAL (mm)
MARCO	Ila	20	10	30

3.4 COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Para justificar la seguridad de la estructura, y su aptitud en servicio, se ha utilizado el Método de los Estados Límites.

Los Estados Límites a verificar son:

- Estados Límite de Servicio:

- Fisuración

- Estados Límite Últimos:

- Flexión compuesta
- Cortante

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, IAP*. De este modo, los coeficientes adoptados son:

Coeficientes de seguridad

	E.L.Servicio		E.L.Último			
			Situación persistente		Situación accidental	
	E.F.	E.D.	E.F.	E.D.	E.F.	E.D.
Peso Propio de Hormigón	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso Propio de Tierras	1.00	1.00	1.00	1.73	1.00	1.00
Empuje de Tierras	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Superestructura	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga de tráfico	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Carro de cargas puntuales	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Acción del agua	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Gradiente térmico	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Acción sísmica	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

E.F. : Coeficiente para el efecto favorable.
E.D. : Coeficiente para el efecto desfavorable.

Coeficientes de combinación
Valor de combinación : 0.600
Valor frecuente : 0.500
Valor casi permanente : 0.200

3.5 ACCIONES CONSIDERADAS

Para el cálculo de esfuerzos y su combinación se han considerado las siguientes acciones en todos los casos:

Acciones permanentes:

- Peso propio elementos resistentes: evaluado mediante el área teórica de las secciones multiplicada por el peso específico del hormigón $\gamma_h = 25 \text{ KN/m}^3$ en las secciones de hormigón.
- Peso propio de las tierras que rodean al elemento: se considera un relleno con las siguientes características:
 - peso específico aparente: $20,0 \text{ KN/m}^3$
 - ángulo de rozamiento interno: 30°
 - índice de huecos: 40%.

Acciones Variables:

- Sobrecarga de uso:
 - 4 KN/m^2 actuando sobre el dintel.
 - 10 KN/m^2 a efectos del cálculo del empuje transversal del terreno sobre los hastiales.
- Carro de 600 KN (IAP).
- Sobre la solera, en el interior del marco, se aplica una sobrecarga de 20 KN/m^2 correspondiente al flujo de agua a sección llena.

Empujes:

- Empujes del terreno: se considera el efecto más desfavorable entre el empuje activo y al reposo.
- Se considera el empuje de tierras actuando simétricamente sobre los hastiales.
- No se considera el empuje por diferencias de nivel freático a ambos lados de los hastiales.
- No se ha considerado empujes inducidos por edificaciones cercanas.

Acciones accidentales:

- Sismo: De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSP-07) se considera la estructura como de importancia normal, ubicada en una zona cuya aceleración sísmica básica (a_b) es inferior a $0,04 \text{ g}$, siendo g la aceleración de la gravedad, por lo que no es necesario tener en cuenta la acción del sismo.

3.6 CÁLCULO CON ORDENADOR

Se han utilizado los siguientes programas para la resolución de distintos cálculos intermedios:

- CIVILCAD2000 –Módulo cajones, versión 55.11

4 COMPROBACIONES

El dimensionamiento de los elementos de hormigón armado se ha realizado para las solicitaciones pésimas y de acuerdo con la EHE.

Para el cálculo de solicitaciones, esfuerzos y armados de las distintas secciones de las piezas se ha utilizado el programa de cálculo matricial de estructuras CivilCAD2000, en su módulo para cajones.

La estructura se ha discretizado en tres dimensiones. Se ha reproducido la sección del marco mediante elementos tipo barras resistentes a flexocompresión con nudos empotrados dando continuidad de flechas y giros en sus extremos.

Los nodos de la solera están coaccionados verticalmente con unos muelles de constante elástica igual al coeficiente de balasto del terreno multiplicado por el área de la solera representada por cada nodo.

El programa proporciona las envolventes de cada uno de los esfuerzos y sus concomitantes, tanto característicos como de diseño.

Con los resultados obtenidos se dimensionan las armaduras necesarias, comprobando tanto la capacidad resistente en Estado Límite Último como la existencia de fisuración y la abertura máxima de fisura en su caso.

5 OBSERVACIONES DE EJECUCIÓN

5.1 TRANSPORTE Y ACOPIOS

Las piezas se transportarán a la obra cuidando de que no se produzcan roturas en ellas.

La edad para el transporte ha de ser tal que asegure una resistencia de, al menos, 20 N/mm².

Los acopios en obra se realizarán de modo que no se haga trabajar a las piezas en forma distinta de aquella para la que han sido diseñadas. Todas ellas se apilarán sobre tacos de madera o superficie de terreno allanada, nunca sobre montones de piedras o sobre rocas. No se apilarán unas piezas sobre otras.

Las piezas se deben colgar siempre de los puntos previstos para ello, y con los medios adecuados (setas, anillas, etc.).

5.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN

Se verificarán las condiciones del terreno de cimentación valorando sus características de resistencia y deformabilidad y su posible modificación como consecuencia de quedar expuestos en las excavaciones durante el proceso constructivo así como por causa de la posible acción del agua de escorrentía, del nivel freático o del drenaje de las obras.

En caso de que el terreno natural tenga la capacidad portante especificada en los cálculos, la estructura se colocará sobre éste intercalando bien una capa de unos 10 cm de hormigón de nivelación y limpieza HM-20, bien una capa de similar espesor de arcillo, de modo que se asegure el correcto apoyo de la solera. La capa de nivelación tendrá el espesor necesario para uniformizar las pequeñas protuberancias o huecos en el suelo, pero de forma que éste se compacte totalmente por el peso de las piezas.

Si la capacidad portante del suelo fuera menor que la exigida, habrá que realizar una sustitución del terreno en una anchura igual al doble del ancho de la estructura. La profundidad de la capa sustituida será la suficiente para que el conjunto del suelo del cimiento ofrezca la tensión admisible pedida. Se exige una anchura de tierras de reposición doble del ancho de la estructura para asegurar una compresibilidad de las tierras igual en las inmediaciones del marco que bajo el mismo. El terreno natural o de reposición, se compactará adecuadamente hasta conseguir la tensión admisible exigida en los cálculos. Sobre la capa repuesta se extenderá la correspondiente capa de limpieza y nivelación ya sea de hormigón en masa o de arcillo.

El terreno será horizontal en dirección perpendicular al eje del conducto.

5.3 COLOCACIÓN

Es imprescindible que la zona de colocación de la estructura, así como sus alrededores, sean accesibles en toda su longitud para camiones trailer y grúas autopropulsadas.

Se colgarán las piezas con los medios adecuados, y de los puntos previstos para ello.

Las grúas deberán transportar las piezas lo menos elevadas posible y de modo que nunca haya personas bajo las mismas.

Debido al diferente armado de las secciones (dintel y solera), se deben colocar según la posición que se fija en los planos, es decir, el dintel en la parte superior y la solera en la parte inferior.

Las piezas se colocarán a tope, unas a continuación de otras, observando el sentido de flujo del agua para que el enchufe se realice correctamente, de modo que la circulación del agua tienda a cerrar las juntas.

5.4 RELLENO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN

Se seguirán las directrices especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3 artículo 330.

Se compactarán en tongadas alternativas a cada lado de la estructura, de forma que ésta no se vea sometida a cargas asimétricas superiores a cuarenta centímetros de altura de tierras. Se cargará un lado de la estructura en capas hasta alcanzar una altura de cuarenta centímetros y se compactará esta zona. A continuación se procederá de modo análogo en el lado opuesto hasta alcanzar una altura máxima de ochenta centímetros y se continuará así sucesivamente.

El relleno se realizará en tongadas de profundidad tal que se pueda obtener una buena compactación, mayor del 98% P.N. Este grado de compactación se deberá conseguir al menos a una distancia de los hastiales igual al ancho del marco.

Deberán utilizarse compactadores ligeros a menos de 0,50 metros de los laterales y compactadores sin vibración por encima de la clave, máximo 50 KN con una carga máxima por eje de 30 KN con distancia entre ejes superior a 2,10 metros.

El material de relleno deberá cumplir al menos las condiciones exigidas en el PG-3 para "suelos adecuados". Se ha de garantizar el correcto drenaje del trasdós mediante la colocación de material filtrante con dren poroso o mediante soluciones similares.

No circularán vehículos por encima de la estructura sin la cubrición mínima de tierras considerada en los cálculos.

Es imprescindible observar las condiciones mínimas de Seguridad e Higiene en la colocación de los distintos elementos prefabricados, accesos de los camiones con las diferentes piezas, plataformas de almacenamiento de las mismas, utilización de grúas para izado, descarga y colocación, control y delimitación de accesos durante la colocación de las diferentes unidades, sellado de juntas, etc.