

ANEJO Nº 7 CÁLCULOS ESTRUCTURALES.

ÍNDICE.

ANEJO Nº 7 CÁLCULOS ESTRUCTURALES.....	1
1.- OBJETIVOS.	1
2.- DIMENSIONAMIENTO DEL ANCLAJE DE LAS CONDUCCIONES A LA ARQUETAS.....	1
3.- CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LAS ARQUETAS.....	5
3.1.- CIMENTACIÓN.	5
3.2.- BASES DE CÁLCULO.....	5
3.2.1.- Normas de acciones	5
3.2.2.- Normas de construcción.	6
3.3.- CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA.	6
3.4.- MATERIALES.....	6
3.4.1.- Hormigón.	6
3.4.1.1.- Clases de exposición.....	6
3.4.1.2.- Resistencia y dosificación.	6
3.4.1.3.- Tipo de cemento.....	7
3.4.1.4.- Vida útil de la obra.....	7
3.4.1.5.- Recubrimiento.	7
3.4.1.6.- Fisuración.	8
3.4.1.7.- Estabilidad ante el fuego	8
3.4.1.8.- Nivel de control y coeficiente de seguridad del hormigón.	8
3.4.2.- Acero pasivo en armaduras.	8
3.5.- ACCIONES.....	9
3.5.1.- Coeficientes de mayoración de acciones.	9
3.5.2.- Factores de simultenidad.....	9
3.5.3.- Acciones consideradas.	10
3.5.3.1.- Permanentes de valor constante.....	10
3.5.3.2.- Permanentes de valor no constante.....	10
3.5.3.3.- Acciones variables.....	10
3.5.3.4.- Acciones accidentales.	11
3.6.- CÁLCULO.....	13
3.7.- COMBINACIÓN DE HIPÓTESIS Y EFECTOS CONSIDERADOS.	18
3.8.- DIMENSIONAMIENTO DEL ARMADO DE LAS ARQUETAS.	20
3.8.1.- Modelo 6x3,50x4,7.....	23
3.8.2.- Modelo 6x5x3.....	23

3.8.3.-	Modelo 6x5x5.....	24
3.8.4.-	Modelo 3.75x2,75x2.....	25
3.8.5.-	Modelo Conexión.....	26
3.8.6.-	Modelo T-06 y 18.....	26
3.9.-	COMPROBACIÓN DE TENSIONES TRANSMITIDAS AL TERRENO.....	27
3.9.1.-	Modelo 6x3,50x4,7.....	27
3.9.2.-	Modelo 6x5x3.....	28
3.9.3.-	Modelo de 6x5x5.....	28
3.9.4.-	Modelo 3.75x2,75x2.....	29
3.9.5.-	Modelo Conexión.....	30
3.9.6.-	Modelo T-06 y 18.....	30
APÉNDICE Nº 1	CÁLCULO DEL MACIZO DE ANCLAJE DE REGISTROS Y	
	CÁMARAS.....	33

1.- OBJETIVOS.

El presente estudio tiene por objeto principal realizar el cálculo estructural de los elementos que componen el “Proyecto de Suministro de Agua de Riego con Agua Reutilizable en Algete. T.M. Algete”.

Las diferentes partes que se van a estudiar a continuación son las siguientes:

- Dimensionamiento y armado de los anclajes de las conducciones a las arquetas.
- Cálculo del armado de las arquetas.

2.- DIMENSIONAMIENTO DEL ANCLAJE DE LAS CONDUCCIONES A LA ARQUETAS.

El dimensionamiento de los macizos de anclaje de las conducciones a las arquetas se ha calculado conforme a establecido por las Normas para redes de abastecimiento versión 2012 del Canal Isabel II, explicado en el anejo nº 8 en el apartado nº 3 con objeto de dimensionamiento de los macizos de anclaje de la conducción en los cambios de dirección. Dado que para el diseño de la mayor parte de las arquetas no hemos podido acogernos a las tipologías ya dimensionadas en las referida norma de Abastecimiento, bien por que van dos conducciones en paralelo o bien por que la tipología cambia, ha sido necesario el cálculo del volumen de la solera, dimensiones del dado de anclaje y armado del mismo.

El dimensionamiento de estos elementos se ha realizado conforme lo establecido por la norma en el punto III.7.2 Dimensionamiento de macizos de anclaje con las siguientes consideraciones particulares para cada elemento.

Dados de anclajes:

- o Todos los dados de anclajes en las arquetas se han proyectado con pasamuros con bridas de anclaje.
- o Para los dados de anclaje de tubería única hemos considerado las dimensiones establecidas en el plano tipo nº 1 “Registro para válvula de seccionamiento” de la Normas para Redes de Abastecimiento versión 2.012 de Canal de Isabel II Gestión.

- o Para los datos de anclaje de tubería doble hemos calculado el valor de S (altura del dado) y P (espesor) considerando el diámetro mayor. Para obtener el valor de d (anchura) hemos sumado el valor de d para cada uno de los diámetros y timbraje.
- o El armado de dados para tubería única se ha sacado del cuadro de armaduras establecidas en el plano tipo nº 1 "Registro para válvula de seccionamiento" de la Normas para Redes de Abastecimiento versión 2.012 de Canal de Isabel II Gestión.
- o El armado para los datos de tubería doble se ha calculado sumando las armaduras necesarias para cada una de las conducciones en función de su diámetro y timbraje.

De esta forma han resultado los siguientes valores:

EJE Nº	PK	TIPO NUEVO	OBSERV.	Nº TUB	DN	PN	P (m)	S (m)	d (m)	S1 (cm2)	S2 (cm2)
1	0+016.64	T-01	Calderín antiarriete.	1	250	25	0.4	0.7	1.5	6Ø16	3Ø12
1	0+357.88	Hinca		1	250	25	0.4	0.7	1.5	6Ø16	3Ø12
1	0+486.16	T-13		1	250	25	0.4	0.7	1.5	6Ø16	3Ø12
3	1+311.75	T-04	Derivación eje 4	2	250+110	25+16	0.4	0.7	2.45	12Ø16	6Ø12
3	2+672.60	T-05	Derivación eje 6	2	250+110	25+16	0.4	0.7	2.45	12Ø16	6Ø12
3	3+673.30	T-06	Derivación eje 7	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	4+103.00	T-08		2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	4+212.16	Hinca		2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	4+264.00	T-13	Doble Derivación eje	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	4+548.58	T-02	17.	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	4+860.00	T-08		2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	5+220.30	T-03	Derivación eje 15.	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	5+230.06	T-07	Derivación eje 11.	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	5+588.85	T-03	Derivación fin eje 10.	2	250+250	25+16	0.4	0.7	2.8	12Ø16	6Ø12
3	5+872.00		Arqueta conexión.	3	250+ 250+90	25+ 16+16	0.4	0.7	3.55	12Ø16	10Ø12
4	0+000.00	T-04	Inicio en eje 3. Derivación eje	1	110	16	0.4	0.6	0.95	4Ø12	3Ø12
4	0+221.49	T-16	5	1	110	16	0.4	0.6	0.95	4Ø12	3Ø12
5	0+000.00	T-16	Inicio en eje 4.	1	110	16	0.4	0.6	0.95	4Ø12	3Ø12
6	0+000.00	T-05	Inicio en eje 3.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
7	0+000.00	T-06	Inicio en eje 3. Derivación eje	1	200	16	0.4	0.65	1.1	6Ø12	3Ø12
7	0+566.54	T-15	8.	1	200	16	0.4	0.65	1.1	6Ø12	3Ø12
7	0+590.92	T-18	Derivación eje 9.	1	160	16	0.4	0.65	1.1	6Ø12	3Ø12
8	0+000.00	T-15	Inicio en eje 7.	1	110	16	0.4	0.6	0.95	4Ø12	3Ø12
9	0+000.00	T-18	Inicio en eje 7.	1	160	16	0.4	0.65	1.1	6Ø12	3Ø12

EJE Nº	PK	TIPO NUEVO	OBSERV.	Nº TUB	DN	PN	P (m)	S (m)	d (m)	S1 (cm2)	S2 (cm2)
9	0+820.00	T-11		1	160	16	0.4	0.65	1.1	6Ø12	3Ø12
			Derivación eje								
10	0+379.50	T-17	11.	1	140	16	0.4	0.6	0.95	6Ø12	3Ø12
10	0+775.18	T-03	Fin en eje 3	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Inicio en eje								
11	0+000.00	T-17	10.	1	110	16	0.4	0.6	0.95	4Ø12	3Ø12
			Derivación eje								
11	0+340.16	T-15	12.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
11	0+610.18	T-19		1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
11	0+949.64	T-12		1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
11	1+440.66	T-07	Fin en eje 3	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Inicio en eje								
12	0+000.00	T-15	11.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Derivación eje								
12	0+718.04	T-15	13.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
12	1+011.06	T-19	Fin en eje 11.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Inicio en eje								
13	0+000.00	T-15	12.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Derivación eje								
13	0+194.70	T-14	14.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
			Inicio en eje								
14	0+000.00	T-14	13.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
15	0+000.00	T-03	Inicio en eje 3.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12
17	0+000.00	T-02	Inicio en eje 3.	1	90	16	0.4	0.55	0.75	4Ø12	3Ø12

En algunos tipos de arquetas ha sido necesario aumentar la altura del dado (S) ya que en ocasiones la solera la hemos deprimido más de 0,30 sobre la generatriz inferior de la tubería.

Dimensionamiento de solera:

- o En primero lugar hemos dimensionado la arqueta en planta de acuerdo con la valvulería que debe alojar.
- o En el caso de arquetas con tuberías dobles hemos calculado el empuje de cada una en función de su diámetro y timbraje suponiendo que actúan en la misma dirección y sentido para quedarnos del lado de la seguridad.
- o Conocido las dimensiones en planta y empuje total hemos determinado el espesor de la solera para que cumpla los coeficientes de seguridad a deslizamiento y vuelco de la norma, comprobando posteriormente que las tensiones transmitidas son menores a $10t/m^2$.

En el apéndice nº 1 de este anejo adjuntamos el cuadro de cálculo en detalle de los macizos para cada tipo de arqueta. Los espesores resultantes para cada tipo de arqueta son:

TIPO NUEVO	Nº TUBERÍAS	NOMBRE DEL PLANO.	ESP SOLERA (m)
T-01	1	Calderín antiarriete.	0.60
T-02	2	Cámara tubería doble, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	1.50
T-03	2	Cámara tubería doble, derivación con ventosa, 2 seccionamiento con 2 desagües.	0.80
T-04	2	Cámara tubería doble, derivación con ventosa, 2 seccionamiento y reductora.	0.80
T-05	2	Cámara tubería doble, derivación con desagüe, 2 seccionamiento y reductora.	0.70
T-06	2	Cámara tubería doble, derivación con reductora+desagüe, 1 seccionamiento con reductora, desagüe + aeración.	0.85
T-07	2	Cámara tubería doble, derivación con reductora+ventosa	0.40
T-08	2	Cámara tubería doble, 1 reductora con desagüe y aeración.	0.60
T-09	2	Cámara tubería doble con dos ventosas.	Según plano tipo
T-10	2	Cámara tubería doble con dos desagües.	Según plano tipo
T-11	1	Cámara tubería simple, 1 reductora con desagüe y aeración.	0.60
T-12	1	Cámara tubería simple, 1 seccionamiento con doble aeración.	0.40
T-13	1	Cámara tubería simple, 1 seccionamiento. (Plano tipo 1)	Según plano tipo
T-14	1	Cámara tubería simple, derivación con aeración, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	0.60
T-15	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	0.60
T-16	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con doble aeración.	0.60
T-17	1	Cámara tubería simple, derivación con aeración, 1 seccionamiento con doble desagüe.	0.60
T-18	1	Cámara tubería simple, derivación con reductora+aeración, 1 seccionamiento con reductora, desagüe + aeración.	0.60
T-19	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, reductora con aeración y desagüe.	0.60
T-20	1	Cámara tubería simple con aeración.	Según plano tipo
T-21	1	Cámara tubería simple con desagüe.	Según plano tipo
T-22	2	Cámara tubería doble, 2 seccionamiento con aeración y desagüe.	0.60
Conex	3	Cámara de conexión en depósito C/ Pazos.	1.00

3.- CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LAS ARQUETAS.

3.1.- CIMENTACIÓN.

De los ensayos realizados en el estudio geotécnico para determinar la capacidad portante del terreno, se desprende que estamos ante un terreno competente con una alta capacidad portante dando tensiones admisibles superiores a 3Kp/cm² a cotas de 1,50m de profundidad. No obstante vamos a tomar un criterio conservador dimensionando las arquetas para una tensión admisible de 2,0 Kp/cm². Las propiedades mecánicas del suelo considerado en el cálculo son:

PROPIEDADES MECÁNICAS							
Ref.	Descripción	Ángulo rozamiento interno (°)	Cohesión efectiva (N/mm ²)	K ₃₀ (N/mm ³)	Módulo elasticidad (N/mm ²)	Angulo rozamiento suelo-cimentación (°)	Presión admisible (N/mm ²)
SW CTE media	Arena bien graduada de compacidad media CTE	31.00	0.00	0.05	80.00	23.25	0.20

3.2.- BASES DE CÁLCULO.

Para la elaboración del proyecto se emplean las normas y recomendaciones enumeradas a continuación. Se distingue entre documentos relativos a las acciones a considerar y documentos referentes a la resistencia de la estructura.

3.2.1.- NORMAS DE ACCIONES

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. IPA-11.
- Código técnico de la edificación.
- Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 Parte General y Edificación.
- Guía de cimentaciones en obras de carreteras.

3.2.2.- NORMAS DE CONSTRUCCIÓN.

- “EHE-08” Instrucción de Hormigón estructural” (Real Decreto 1247/2008)
- Instrucción de acero estructural. EAE -11.

3.3.- CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Establecemos un nivel de control de ejecución **normal** de la estructura de acuerdo con el artículo 92.3 de la EHE-08.

3.4.- MATERIALES.

3.4.1.- HORMIGÓN.

3.4.1.1.- Clases de exposición.

Determinamos los ambientes de exposición de los diferentes elementos que componen la obra de acuerdo con las tablas 8.2.2, 8.2.2.a y 8.2.2.b y de la EHE-08 según como sigue:

ELEMENTO	AMBIENTE	OBSERVACIÓN
Arquetas red de distribución	Ila	

3.4.1.2.- Resistencia y dosificación.

La resistencia y dosificaciones del hormigón la establecemos de acuerdo con las tablas 37.3.2.a y 37.3.2.b de la EHE-08:

ELEMENTO	AMBIENTE	RESISTENCIA	MAX. a/c	Min cont cemento (Kg/m3)
Arquetas red de distribución	Ila	HA-25	0,60	275

3.4.1.3.- Tipo de cemento.

En el Anejo nº 4 de la EHE-08 se detallan una serie de recomendaciones para la selección del tipo de cemento en función de la tipología estructural, ambientes y fin de la obra.

ELEMENTO	CEMENTO
Arquetas red de distribución	CEM II/A

3.4.1.4.- Vida útil de la obra.

Consideramos una vida útil de 100 años.

3.4.1.5.- Recubrimiento.

Los recubrimientos los establecemos de acuerdo con el artículo 37.2.4 y las tablas 37.2.4.1.a, 37.2.4.1.b y 37.2.4.1.c de la EHE-08:

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

Dado que se trata de un nivel normal de control $\Delta r = 10\text{mm}$.

ELEMENTO	AMBIENTE	r_{min} (mm)	r_{nom} (mm)
Arquetas red de distribución ALZADOS	Ila	30	40
Arquetas red de distribución SOLERA	Ila	60	70

3.4.1.6.- Fisuración.

La abertura máxima de la fisura la establecemos de acuerdo con el artículo 49.2.3 y la tabla 5.1.1.2 de la EHE-08.

ELEMENTO	AMBIENTE	Wmax (mm)
Arquetas red de distribución	Ila	0,3

3.4.1.7.- Estabilidad ante el fuego

Según se establece en el Art. 14º de la NBE CPI-96 Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios:

“La estructura, tanto sustentante como sostenida, de carácter administrativo, debe garantizar su estabilidad al fuego durante 60 minutos como mínimo”.

No procede.

3.4.1.8.- Nivel de control y coeficiente de seguridad del hormigón.

A continuación se establecen los niveles de control de ejecución del hormigón de acuerdo con el artículo 86.5.3 de la EHE-08 y el coeficiente de seguridad del mismo según la tabla 15.3:

ELEMENTO	AMBIENTE	NIVEL DE CONTROL	COEF DE SEGURIDAD
Arquetas red de distribución	Ila	Normal	1,50

3.4.2.- ACERO PASIVO EN ARMADURAS.

El acero pasivo a colocar en todos los elementos de hormigón armado será:

ELEMENTO	ACERO	NIVEL DE CONTROL.	COEF SEGURIDA MATERIAL.
Todos	B-500-S	Normal	1,15

3.5.- ACCIONES.

3.5.1.- COEFICIENTES DE MAYORACIÓN DE ACCIONES.

Hemos considerado los del Código Técnico de la Edificación.

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD γ_1 PARA LAS ACCIONES (CTE-DB-SE 4.2.4)						
Situación persistente o transitoria						
Estado	Acciones	Permanentes			Variables	Accidentales
		Peso propio	Empuje del terreno	Presión del agua		
E.L.U.	Efecto desfavorable	1.35	1.35	1.20	1.50	0.00
	Efecto favorable	0.80	0.70	0.90	0.00	0.00
E.L.S.	Efecto desfavorable	1.00			1.00	0.00
	Efecto favorable	1.00			0.00	0.00
Situación accidental						
Estado	Acciones	Permanentes			Variables	Accidentales
E.L.U.	Efecto desfavorable	1.00			1.00	1.00
	Efecto favorable	1.00			0.00	0.00

3.5.2.- FACTORES DE SIMULTANEIDAD.

La siguiente tabla muestra los coeficientes de simultaneidad considerados en la obtención de las hipótesis de cálculo; estos coeficientes se obtienen de la tabla 4.2. del CTE-DB-SE:

Tabla 3.2.3.1 Coeficientes de simultaneidad (ψ) considerados en la combinación de acciones.

COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD					
Grupo de carga	Abreviatura	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Trafico	SVP	1.00	0.50	0.30	
Sobrecarga de Nieve (-1000m)	SNV	0.60	0.20	0.00	

Presión de agua variable Exterior	PA1	1.00	0.60	0.60
Presión de agua variable Interior	PA2	1.00	0.60	0.60

3.5.3.- ACCIONES CONSIDERADAS.

3.5.3.1.- Permanentes de valor constante.

Peso propio de la arqueta.

3.5.3.2.- Permanentes de valor no constante.

Empuje del terreno. Hemos considerado el empuje del terreno exterior de la arqueta considerando el empuje al reposo mayorándolo un 10% en un lado de la arqueta y reduciéndolo un 10% en el lado contrario. Los valores considerados son:

Peso de tierras: 20KN/m^3

Coef de empuje al reposo: 0,50

Coef de empuje activo: 0,33

3.5.3.3.- Acciones variables.

Sobrecarga de variable en coronación de rellenos.

Hemos considerado la sobrecarga del tráfico suponiendo una carga uniforme e infinita repartida en la coronación del relleno de tierras de las arquetas de valor 10 KN/m^2

Acción del agua.

Hemos considerado el empuje del agua tanto en los paramentos interiores como exteriores de la arqueta. No obstante hemos considerado independientes ambas situaciones.

Acciones climáticas.

Las acciones climáticas existentes son: Viento (no se considera), nieve y acción térmica (no se considera).

Nieve.

Tomamos la sobrecarga de nieve en un terreno horizontal para la zona climática 4 y 750m de altura $0,7 \text{KN/m}^2$

3.5.3.4.- Acciones accidentales.

Sismo.

DE acuerdo con Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, parte general y edificación la infraestructura proyectada se puede catalogar como de **importancia especial**.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica que se adjunta. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b - un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La lista del anejo 1 incluida en la norma detalla por municipios los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a $0,04g$, junto con los del coeficiente de contribución K .

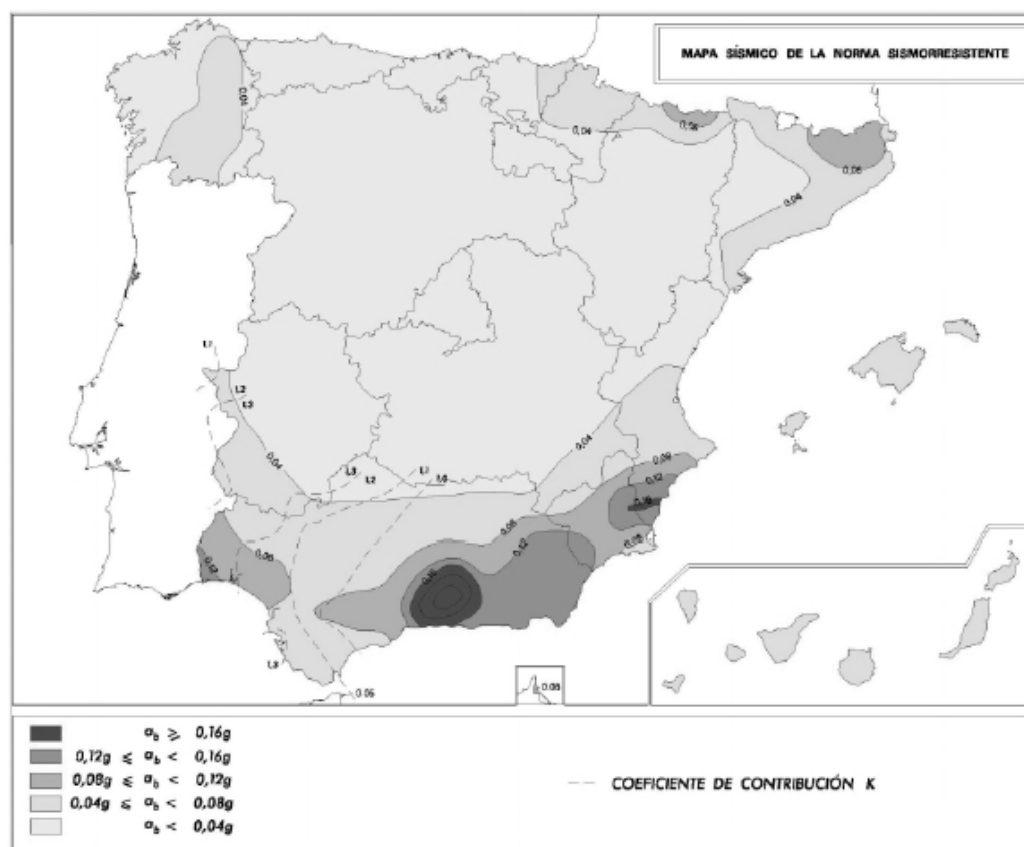


Figura 3.1. Mapa de Peligrosidad Sísmica.

Como se puede apreciar toda la Comunidad de Madrid tiene una aceleración sísmica básica menor a 0,04g

La aplicación de la Norma es obligatoria en todas las construcciones, excepto:

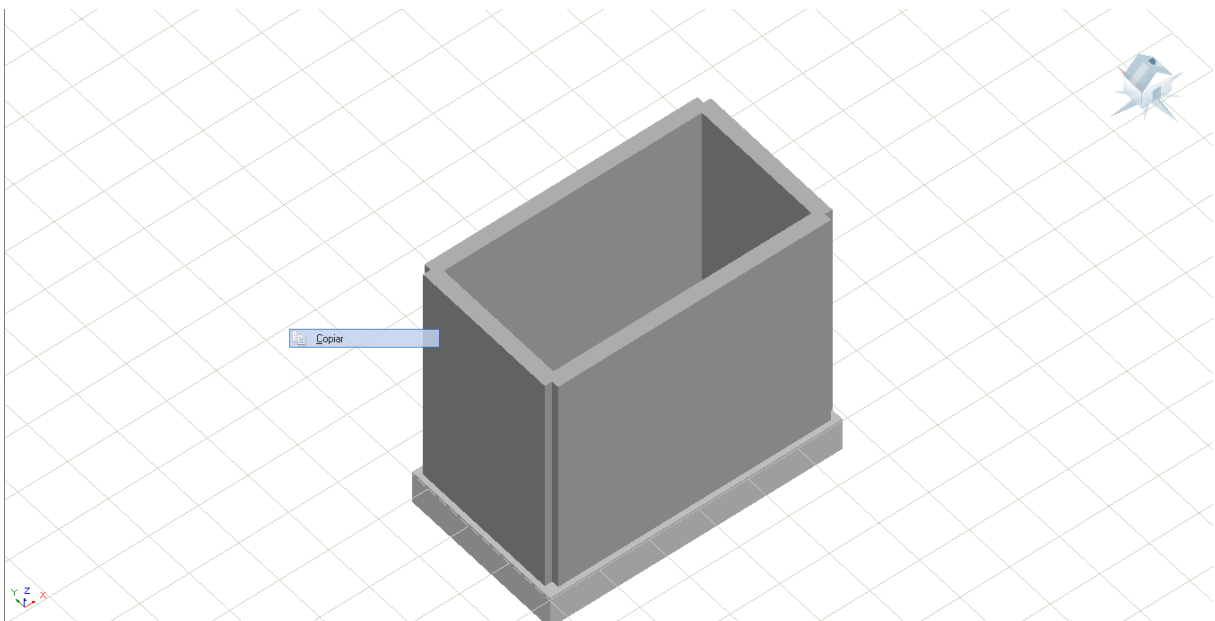
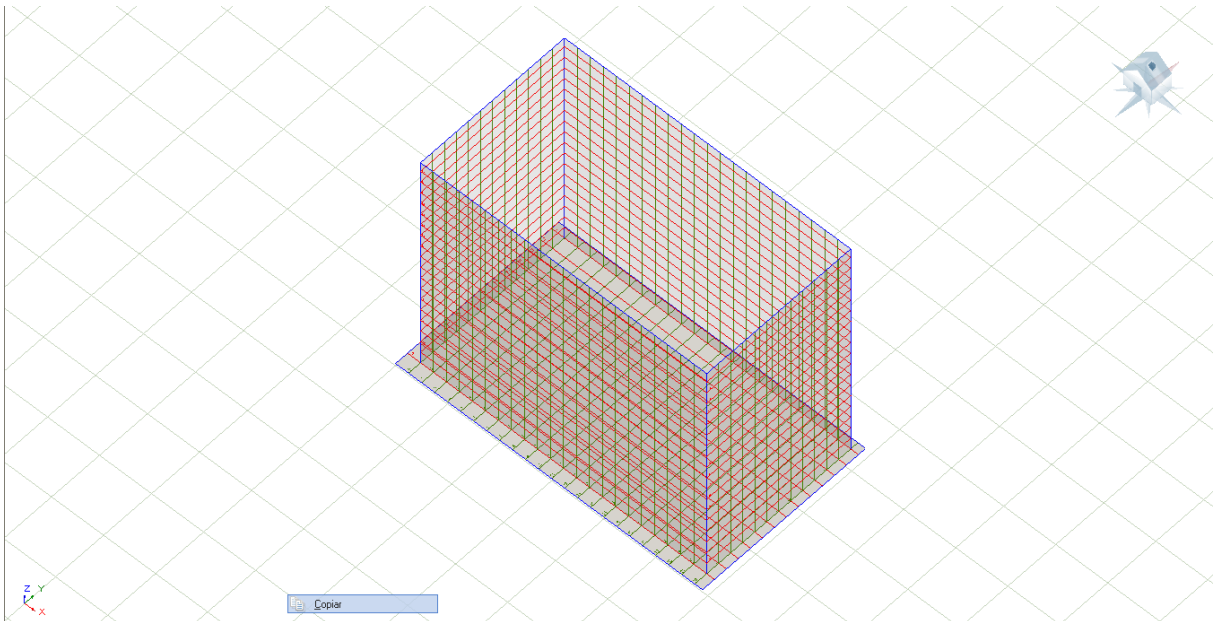
- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art.2.1) sea inferior a 0,08g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c (art.2.2) es igual o mayor de 0,08 g.

Por lo tanto, al ser construcciones de importancia **especial** pero con una aceleración sísmica menor a 0,04g, **NO** es de aplicación la Norma de Construcción Sismo Resistente NCSE-02, por lo que no tendremos en cuenta las acciones sísmicas.

3.6.- CÁLCULO.

El cálculo se ha desarrollado por medio de un programa informático, Estructuras Tridimensionales V1.8.0.8 de iMventa Ingenieros.

Los alzados y solera de las arquetas las hemos modelizado como un emparrillado plano de barras de hormigón separadas a una distancia máxima de 25cm.



El cálculo de esfuerzos y desplazamientos en los nudos se ha realizado mediante un análisis matricial de la estructura, en el que se ha supuesto que las barras son rectas, de sección constante y se comportan según la teoría elástica de primer orden.

El tratamiento de barras de sección variable se realiza fraccionando el elemento en al menos cuatro partes en las cuales se considera la sección fija e igual al valor medio de la sección en los dos extremos.

Las barras se consideran unidas rígidamente entre sí por medio de unos puntos denominados nudos, los cuales poseen seis grados de libertad (tres en desplazamientos y tres en giros). Se supone en todo el cálculo matricial que las deformaciones son pequeñas ya que las condiciones de equilibrio y de compatibilidad se refieren a la geometría de la estructura previa a la deformación (teoría elástica de primer orden).

Se denominan Apoyos los nudos de la estructura en los que algunos de los posibles grados de libertad están coartados. Esta coacción puede ser rígida si los movimientos están totalmente impedidos, o bien elástica, si los movimientos son proporcionales a las acciones que los provocan.

La estructura estará sometida a acciones (fuerzas o momentos) aplicadas en los nudos, y cargas puntuales o uniformemente repartidas en las barras. Se supone que estas acciones son estáticas.

Las relaciones que ligán las cargas aplicadas en los nudos extremos de una barra con los recorridos de éstos son lineales y pueden representarse en forma matricial según la expresión:

$$[f] = [r] \cdot [\delta]$$

Siendo:

- ***n**: Número de grados de libertad de cada nudo (en nuestro caso $n = 6$).*
- ***[f]**: Vector de $2n$ componentes representativo de las cargas aplicadas en los extremos de la barra y referido a ejes propios de la misma.*
- ***[r]**: Matriz cuadrada $2n \times 2n$ elementos denominada Matriz de Rigidez de la barra en ejes propios de la misma.*
- ***[δ]**: Vector de $2n$ componentes que representa los desplazamientos y giros de los nudos referidos a ejes propios de la barra.*

Por otra parte hay que tener en cuenta que los movimientos de los extremos de las barras tienen que coincidir con los movimientos de los nudos a los que están unidas. La representación matricial de esta condición toma la forma siguiente:

$$[\delta] = [\alpha] \cdot [\Delta]$$

Siendo:

- **N:** Número de nudos de la estructura.
- **$[\delta]$:** Vector de $2n$ componentes que representa los desplazamientos y giros de los nudos extremos de la barra referidos a sus ejes propios.
- **$[\alpha]$:** Matriz de cambio de los ejes globales de la estructura a los ejes locales de la barra.
- **$[\delta]$:** Vector de $n \times N$ componentes que representa los movimientos y giros de los nudos respecto de los ejes globales de la estructura.

Por último es necesario plantear las condiciones de equilibrio de la estructura; para lo cual hay que convertir las cargas actuando en los extremos de las barras y referidas a sus ejes propios, a ejes globales de la estructura; de tal forma que en cada nudo la condición de equilibrio que se establece es que las cargas exteriores aplicadas en los nudos sean iguales a la suma de los esfuerzos que transmiten los extremos de las barras que en él concurren. Esta condición se puede expresar de modo matricial del siguiente modo:

$$[F] = [\alpha^T] \cdot [f]$$

Siendo:

- **$[F]$:** Vector de $n \times N$ componentes que representan a las fuerzas y momentos aplicadas en los nudos en ejes globales de la estructura.
- **$[\alpha^T]$:** Matriz de cambio de los ejes locales de la barra a los ejes globales de la estructura. Es la traspuesta de la matriz $[\alpha]$.
- **$[f]$:** Vector de $2n$ componentes representativo de las cargas aplicadas en los extremos de la barra y referido a los ejes propios de la misma.

Sustituyendo las expresiones anteriores y eliminando los vectores $[f]$ y $[\delta]$ se obtiene una ecuación matricial que expresa el equilibrio de la estructura, y que relaciona los desplazamientos y giros en los nudos con las fuerzas y momentos exteriores aplicadas en los mismos.

$$[F] = [R] \cdot [\Delta]$$

Siendo $[R] = [\alpha^T] \cdot [r] \cdot [\alpha]$ una matriz cuadrada de $n \times N$ filas y columnas denominada **Matriz de Rigidez de la Estructura**.

Una vez resuelto el sistema de ecuaciones y obtenidos los desplazamientos en los nudos de la estructura es posible obtener los esfuerzos resultantes en los extremos de las barras según la expresión:

$$[f] = [r] \cdot [\alpha] \cdot [\Delta]$$

Combinando las acciones obtenidas en los extremos de cada barra con las fuerzas y momentos externos que actúan sobre ellas es posible obtener las leyes de esfuerzos y deformaciones que se utilizarán para realizar los procesos de dimensionado y comprobación de los elementos de la estructura.

Analizando las dimensiones y formas de los tipos de arquetas proyectadas vemos que se corresponden basicamente con arquetas rectangulares de diversos tamaños, arquetas tipo del Canal y arquetas irregulares.

Las arquetas tipo del Canal (Tipologías nº 9, 10, 13, 20 y 21) serán armadas de acuerdo con los planos tipo. Las arquetas irregulares (Tipologías 6 y 18) realizaremos un modelo para las dos ya que son de dimensiones muy similares. Para el resto las hemos agrupado en 4 modelos distintos.

En la tabla que adjuntamos a continuación detallamos el modelo de cálculo asignado a cada una.

TIPO NUEVO	Nº TUBERÍAS	NOMBRE DEL PLANO.	Dimensiones ext de alzados arquetas			Modelo calc armado
			L (m)	A (m)	H (m)	
T-01	1	Calderín antiarriete.	5.4	4.7	1.8	6x5x3
T-02	2	Cámara tubería doble, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	4.2	3.1	1.8	6x5x3
T-03	2	Cámara tubería doble, derivación con ventosa, 2 seccionamiento con 2 desagües.	6.1	5	1.6	6x5x3
T-04	2	Cámara tubería doble, derivación con ventosa, 2 seccionamiento y reductora.	5.8	3.1	4.6 8	6x3.5x4.7
T-05	2	Cámara tubería doble, derivación con desagüe, 2 seccionamiento y reductora.	5.7	3.4	2.5 4	6x3.5x4.7
T-06	2	Cámara tubería doble, derivación con reductora+desagüe, 1 seccionamiento con reductora, desagüe + aeración.	Irregular			T-06 y 18
T-07	2	Cámara tubería doble, derivación con reductora+ventosa	5.4	2	1.1 5	6x5x3
T-08	2	Cámara tubería doble, 1 reductora con desagüe y aeración.	5.75	3.15	3.1 7	6x5x3
T-09	2	Cámara tubería doble con dos ventosas.				Según plano tipo
T-10	2	Cámara tubería doble con dos desagües.				Según plano tipo

TIPO NUEVO	Nº TUBERÍAS	NOMBRE DEL PLANO.	Dimensiones ext de alzados arquetas			Modelo calc armado
			L (m)	A (m)	H (m)	
T-11	1	Cámara tubería simple, 1 reductora con desagüe y aeración.	4.7	2.45	2.2	6x5x3
T-12	1	Cámara tubería simple, 1 seccionamiento con doble aeración.	2.6	1.9	1.6 5	3.75x2,75x2
T-13	1	Cámara tubería simple, 1 seccionamiento, aeración y desagüe.	2.59	3.96	6.7 1	Según plano tipo
T-14	1	Cámara tubería simple, derivación con aeración, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	3.75	2.5	1.6 5	3.75x2,75x2
T-15	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con desagüe + aeración.	4.7	3.9	3.0 2	6x5x3
T-16	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, 1 seccionamiento con doble aeración.	3	2.7	1.3	3.75x2,75x2
T-17	1	Cámara tubería simple, derivación con aeración, 1 seccionamiento con doble desagüe.	5.5	2.75	1.3	6x5x3
T-18	1	Cámara tubería simple, derivación con reductora+aeración, 1 seccionamiento con reductora, desagüe + aeración.	Irregular			T-06 y 18
T-19	1	Cámara tubería simple, derivación con desagüe, reductora con aeración y desagüe.	6.4	2.7	1.6	6x5x3
T-20	1	Cámara tubería simple con aeración.				Según plano tipo
T-21	1	Cámara tubería simple con desagüe.				Según plano tipo
Conexión	3	Cámara de conexión en depósito C/ Pazos.	3.9	3.55	4.7 7	Conexión
T-22	2	Cámara tubería doble, 2 seccionamiento con aeración y desagüe.	5.6	6.63	5.2 5	6x5x5

Así los modelos de arquetas que calcularemos serán:

- o T-06 y 18. Arquetas irregulares.
- o Arqueta de conexión en depósito Calle Pazos.
- o 6x3,50x4,7
- o 6x5x3

- o 6x5x5
- o 3.75x2,75x2

3.7.- COMBINACIÓN DE HIPÓTESIS Y EFECTOS CONSIDERADOS.

A continuación detallamos las hipótesis básicas de cálculo consideradas y las hipótesis finales (EFECTOS) que consideran el coeficiente de mayoración de acciones y el de simultaneidad. Las abreviaturas se corresponden con:

- o PPP: Peso propio.
- o EPT: Empuje de tierras.
- o SVP: Sobrecarga de tráfico.
- o SNV: Sobrecarga de nieve.
- o PA1: Empuje del agua exterior.
- o PA2: Empuje del agua interior.

HIPÓTESIS BÁSICAS							
Valores del coeficiente de simultaneidad ϕ							
Tipo	Estado	PPP	EPT	SVP	SNV	PA1	PA2
1.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	0.000
2.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	0.600	0.000	1.000
3.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
4.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000
5.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	0.000
6.CTE.Elu.Per	ELU	1.000	1.000	1.000	0.600	0.000	1.000
7.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	0.000
8.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	0.600	0.000	1.000
9.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
10.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000
11.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	0.000
12.CTE.Els.Ppb	ELS	1.000	1.000	1.000	0.600	0.000	1.000
13.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.500	0.000	0.600	0.000
14.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.600
15.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.300	0.200	0.600	0.000
16.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.300	0.200	0.000	0.600
17.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.300	0.000	0.600	0.000
18.CTE.Els.Fct	ELS	1.000	1.000	0.300	0.000	0.000	0.600
19.CTE.Els.Cpt	ELS	1.000	1.000	0.300	0.000	0.600	0.000
20.CTE.Els.Cpt	ELS	1.000	1.000	0.300	0.000	0.000	0.600

EFECTOS								
Combinaciones de acciones considerando los coeficientes γ (de mayoración de acciones) y ϕ (de simultaneidad)								
Tipo	Nº	Estado	PPP	EPT	SVP	SNV	PA1	PA2
1.CTE.Elu.Per	H1-CG0	ELU*	1.350	1.350	1.500	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG2	ELU	1.350	1.350	1.500	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG4	ELU	1.350	1.350	1.500	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG6	ELU	1.350	1.350	1.500	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG8	ELU	1.350	1.350	0.000	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG10	ELU	1.350	1.350	0.000	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG12	ELU	1.350	1.350	0.000	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG14	ELU	1.350	1.350	0.000	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG16	ELU	1.350	0.700	1.500	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG18	ELU	1.350	0.700	1.500	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG20	ELU	1.350	0.700	1.500	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG22	ELU	1.350	0.700	1.500	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG24	ELU	1.350	0.700	0.000	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG26	ELU	1.350	0.700	0.000	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG28	ELU	1.350	0.700	0.000	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG30	ELU	1.350	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG32	ELU	0.800	1.350	1.500	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG34	ELU	0.800	1.350	1.500	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG36	ELU	0.800	1.350	1.500	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG38	ELU	0.800	1.350	1.500	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG40	ELU	0.800	1.350	0.000	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG42	ELU	0.800	1.350	0.000	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG44	ELU	0.800	1.350	0.000	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG46	ELU	0.800	1.350	0.000	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG48	ELU	0.800	0.700	1.500	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG50	ELU	0.800	0.700	1.500	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG52	ELU	0.800	0.700	1.500	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG54	ELU	0.800	0.700	1.500	0.000	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG56	ELU	0.800	0.700	0.000	0.900	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG58	ELU	0.800	0.700	0.000	0.900	0.000	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG60	ELU	0.800	0.700	0.000	0.000	1.500	0.000
1.CTE.Elu.Per	H1-CG62	ELU	0.800	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000
2.CTE.Elu.Per	H2-CG0	ELU*	1.350	1.350	1.500	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG4	ELU	1.350	1.350	1.500	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG8	ELU	1.350	1.350	0.000	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG12	ELU	1.350	1.350	0.000	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG16	ELU	1.350	0.700	1.500	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG20	ELU	1.350	0.700	1.500	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG24	ELU	1.350	0.700	0.000	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG28	ELU	1.350	0.700	0.000	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG32	ELU	0.800	1.350	1.500	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG36	ELU	0.800	1.350	1.500	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG40	ELU	0.800	1.350	0.000	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG44	ELU	0.800	1.350	0.000	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG48	ELU	0.800	0.700	1.500	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG52	ELU	0.800	0.700	1.500	0.000	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG56	ELU	0.800	0.700	0.000	0.900	0.000	1.500
2.CTE.Elu.Per	H2-CG60	ELU	0.800	0.700	0.000	0.000	0.000	1.500
3.CTE.Elu.Per	H3-CG0	ELU*	1.350	1.350	1.500	1.500	1.500	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG2	ELU	1.350	1.350	1.500	1.500	0.000	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG8	ELU	1.350	1.350	0.000	1.500	1.500	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG10	ELU	1.350	1.350	0.000	1.500	0.000	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG16	ELU	1.350	0.700	1.500	1.500	1.500	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG18	ELU	1.350	0.700	1.500	1.500	0.000	0.000
3.CTE.Elu.Per	H3-CG24	ELU	1.350	0.700	0.000	1.500	1.500	0.000

EFECTOS									
Combinaciones de acciones considerando los coeficientes γ_i (de mayoración de acciones) y ϕ_i (de simultaneidad)									
Tipo	Nº	Estado	PPP	EPT	SVP	SNV	PA1	PA2	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG26	ELU	1.350	0.700	0.000	1.500	0.000	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG32	ELU	0.800	1.350	1.500	1.500	1.500	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG34	ELU	0.800	1.350	1.500	1.500	0.000	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG40	ELU	0.800	1.350	0.000	1.500	1.500	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG42	ELU	0.800	1.350	0.000	1.500	0.000	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG48	ELU	0.800	0.700	1.500	1.500	1.500	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG50	ELU	0.800	0.700	1.500	1.500	0.000	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG56	ELU	0.800	0.700	0.000	1.500	1.500	0.000	
3.CTE.Elu.Per	H3-CG58	ELU	0.800	0.700	0.000	1.500	0.000	0.000	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG0	ELU*	1.350	1.350	1.500	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG8	ELU	1.350	1.350	0.000	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG16	ELU	1.350	0.700	1.500	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG24	ELU	1.350	0.700	0.000	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG32	ELU	0.800	1.350	1.500	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG40	ELU	0.800	1.350	0.000	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG48	ELU	0.800	0.700	1.500	1.500	0.000	1.500	
4.CTE.Elu.Per	H4-CG56	ELU	0.800	0.700	0.000	1.500	0.000	1.500	
7.CTE.Els.Ppb	H7-CG0	ELS*	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	0.000	
8.CTE.Els.Ppb	H8-CG0	ELS*	1.000	1.000	1.000	0.600	0.000	1.000	
9.CTE.Els.Ppb	H9-CG0	ELS*	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
10.CTE.Els.Ppb	H10-CG0	ELS*	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	
13.CTE.Els.Fct	H13-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.500	0.000	0.600	0.000	
14.CTE.Els.Fct	H14-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.600	
15.CTE.Els.Fct	H15-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.300	0.200	0.600	0.000	
16.CTE.Els.Fct	H16-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.300	0.200	0.000	0.600	
19.CTE.Els.Cpt	H19-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.300	0.000	0.600	0.000	
20.CTE.Els.Cpt	H20-CG0	ELS*	1.000	1.000	0.300	0.000	0.000	0.600	

3.8.- DIMENSIONAMIENTO DEL ARMADO DE LAS ARQUETAS.

Como armado mínimo tanto en el alzado de la arqueta como en solera hemos considerado un #Ø12 a 10cm en ambas caras de acuerdo con los planos tipo del Canal. Las armaduras aquí calculadas son independientes de las calculadas para el armado del dado de anclaje.

Una vez realizado el cálculo matricial de la estructura y obtenidas las leyes de esfuerzos y deformaciones para todos los efectos generados a partir de las hipótesis de cálculo, de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2. del presente documento, comienza la fase de comprobación y dimensionamiento de las barras de hormigón; para ello se agrupan las barras en elementos constructivos (vigas, pilares, o tirantes). Un elemento constructivo es un grupo de barras unidas geométricamente, de comportamiento y características (tipo de material) similares, que constituye el elemento básico para el cálculo y comprobación de la armadura (por ejemplo: un dintel de un edificio).

Una vez estén agrupadas las barras en elementos constructivos; comienza el cálculo y comprobación del mismo; para ello se discretiza el elemento constructivo en un número adecuado de secciones, sobre las que efectuará las comprobaciones que marca la Instrucción de Hormigón Estructural EHE; en cuanto a estado límite último y estado límite de servicio.

Sobre cada sección del elemento constructivo se realizan los siguientes cálculos y comprobaciones para cada uno de los efectos provenientes de las hipótesis de cálculo:

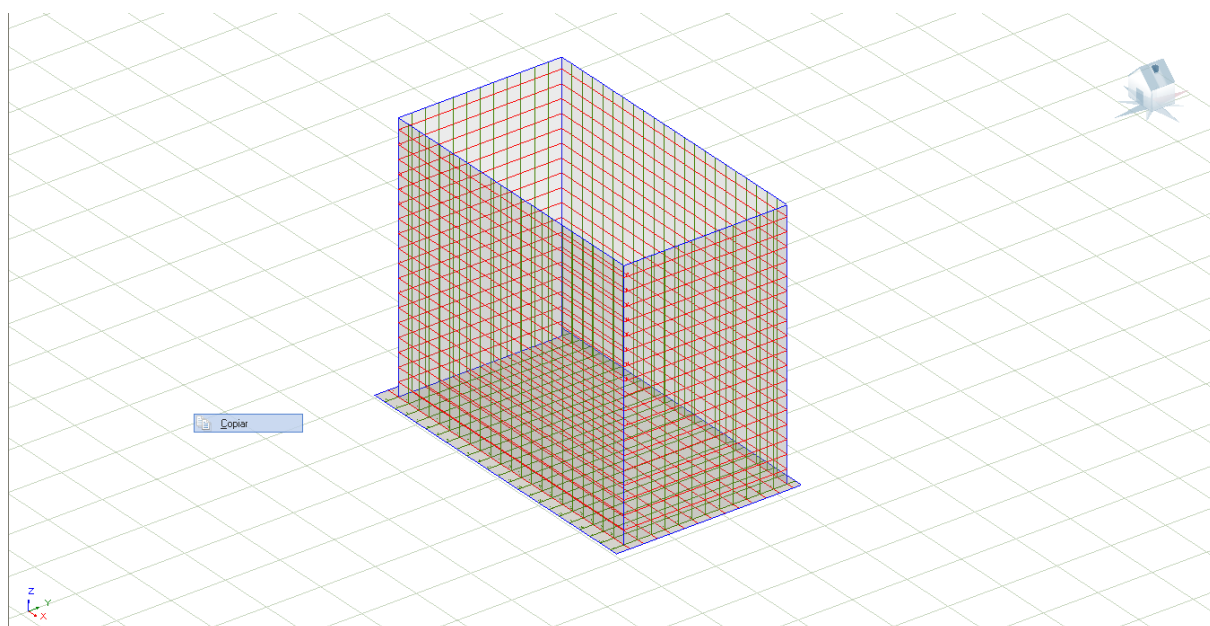
1. Determina la armadura necesaria en función de los esfuerzos que solicitan la sección (flexión simple o compuesta, compresión simple o compuesta, tracción simple o compuesta, flexión esviada simétrica o asimétrica) y el tipo de elemento al que pertenezca la sección (pilar, viga, o tirante). Para ello utiliza las fórmulas del Anejo 8 de la EHE “Cálculo simplificado de secciones en Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”, y otros métodos obtenidos de diversa bibliografía técnica. Además se tiene en cuenta la inestabilidad a pandeo del elemento de acuerdo con el método aproximado expuesto en el artículo 43º de la EHE “Estado límite de inestabilidad”.
2. Determina los dominios de deformación de la sección, y calcula y comprueba las tensiones y deformaciones sobre el material, con vistas a establecer la validez de la armadura y determinar el tipo de cuantía mínima mecánica a aplicar en la sección (artículo 42º de la EHE “Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”).
3. Establece la cuantía mínima geométrica a aplicar en función del elemento constructivo que sea (pilar o viga) (Art. 42º de la EHE “Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”).
4. Calcula la armadura necesaria transversal en función de los cortantes que solicitan la sección y del momento torsor; de acuerdo con el artículo 44º “Estado límite de agotamiento frente a cortante” y 45º “Estado límite de agotamiento por torsión en elementos lineales” de la EHE. Para ello compara los cortantes solicitantes con los cortantes de agotamiento de la sección; y el torsor solicitante con los de agotamiento de la sección.
5. Comprueba la interacción torsión combinada con flexión y axil; determinando la armadura longitudinal de refuerzo debida a torsión. (Art. 45.3.2.1 de la EHE). Y comprueba la interacción torsión combinada con cortante para evitar compresiones excesivas en el hormigón (Art. 45.3.2.2. de la EHE).

6. Establece las disposiciones relativas a las armaduras (Art. 42.3.1 , 44.2.3.4 y 45.2.3. de la EHE); en cuanto a separación máxima y cuantía mínima de la armadura transversal, diámetro mínimo de la armadura transversal y decalaje de la ley de momentos para soportar el incremento de tracción debida al cortante.
7. Se comprueba que la profundidad de la fibra neutra de la sección sea inferior al 45% del canto útil de la misma; siempre que se esté trabajando con esfuerzos redistribuidos en el elemento (análisis lineal con redistribución limitada), en lugar de los esfuerzos obtenidos del cálculo lineal. (Art. 21.4 de la EHE). (El trabajar con esfuerzos redistribuidos o no es configurable por el usuario).
8. Se comprueba la fisuración de la sección en estado límite de servicio y para las hipótesis cuyo carácter (cuasipermanente, frecuente o poco probable) defina el usuario. Se comprueba tanto la aparición de fisuras por compresión (limitando la tensión sobre el hormigón), como la aparición de fisuras por tracción (limitando la abertura máxima de fisura) (Art.49.2 de la EHE).
9. Se establecen limitaciones relativas a la separación de las armaduras transversales, para controlar así la fisuración por torsión y esfuerzos cortantes. (Art. 49.3 y 49.4 de la EHE).
10. Se comprueba el estado límite de deformación controlando tanto la flecha total, como la flecha activa, (obtenidas como suma de la flecha instantánea y diferida). El cálculo se realiza en base al historial de cargas introducido; haciéndose un análisis temporal de la deformación de la pieza; teniendo en cuenta la variación con el tiempo de las características del hormigón y la inercia fisurada de la sección, (obtenida con la fórmula de Branson). (Art. 50º de la EHE)
11. En el caso de estar la sección sometida a compresión simple o compuesta, se comprueba que no se rebase la cuantía máxima de armadura longitudinal establecida en el artículo 42.3.3 de la EHE.

Una vez calculada y comprobada la armadura de cada una de las secciones del elemento constructivo; se distribuye a lo largo de este, determinando las longitudes de anclaje, empalme y doblado necesarias para el correcto funcionamiento de la armadura. Todo ello calculado a partir de lo prescrito en el artículo 66º de la EHE “Elaboración de ferralla y colocación de las armaduras pasivas”.

3.8.1.- MODELO 6X3,50X4,7

Dispuesta la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas resulta que es suficiente a excepción del lado largo de 6m que necesita unos refuerzos en la armadura vertical exterior de Ø12 a 10cm y de una longitud de 0,60m, así como una armadura de cortante de cercos de Ø8 con ramales a 20cm separados 20cm, dispuestos en los primeros 75cm del alzado largo. Estos refuerzos sólo son necesario en el alzado largo.



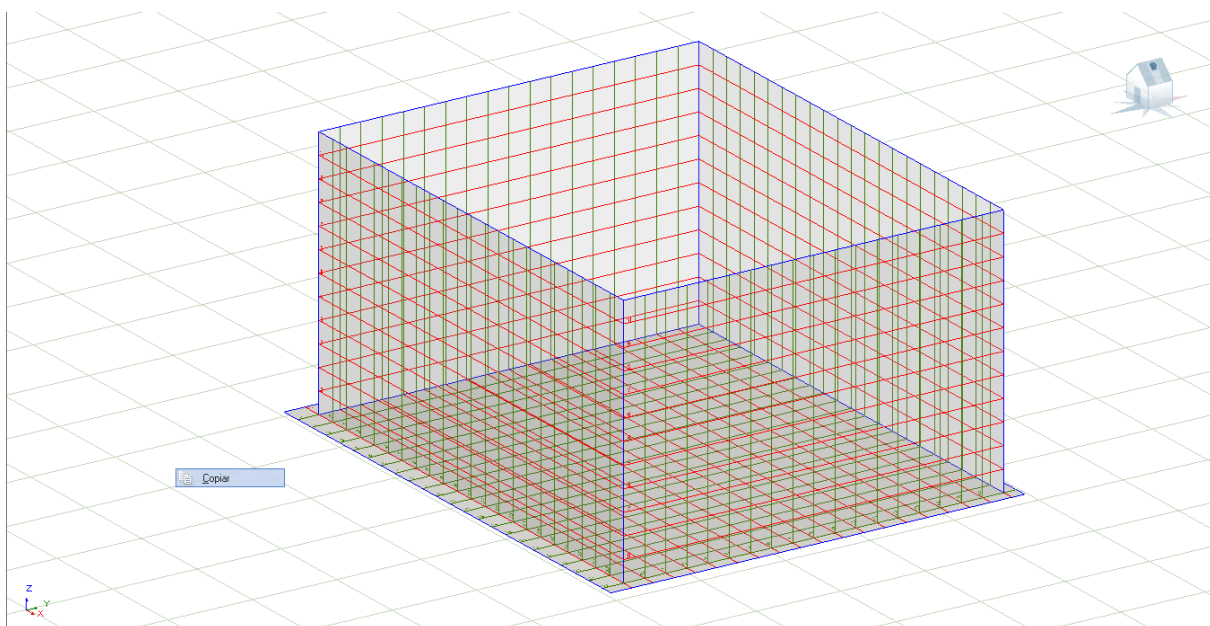
3.8.2.- MODELO 6X5X3.

Aplicada la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas caras en todos los alzados resulta que es suficiente armada sin necesidad de ningún refuerzo adicional.

El armado de la solera depende del espesor de la misma ya que en este modelo hay una gran variabilidad con espesores de solera entre 40cm a 150cm. Hemos calculado los diferentes espesores de solera resultando:

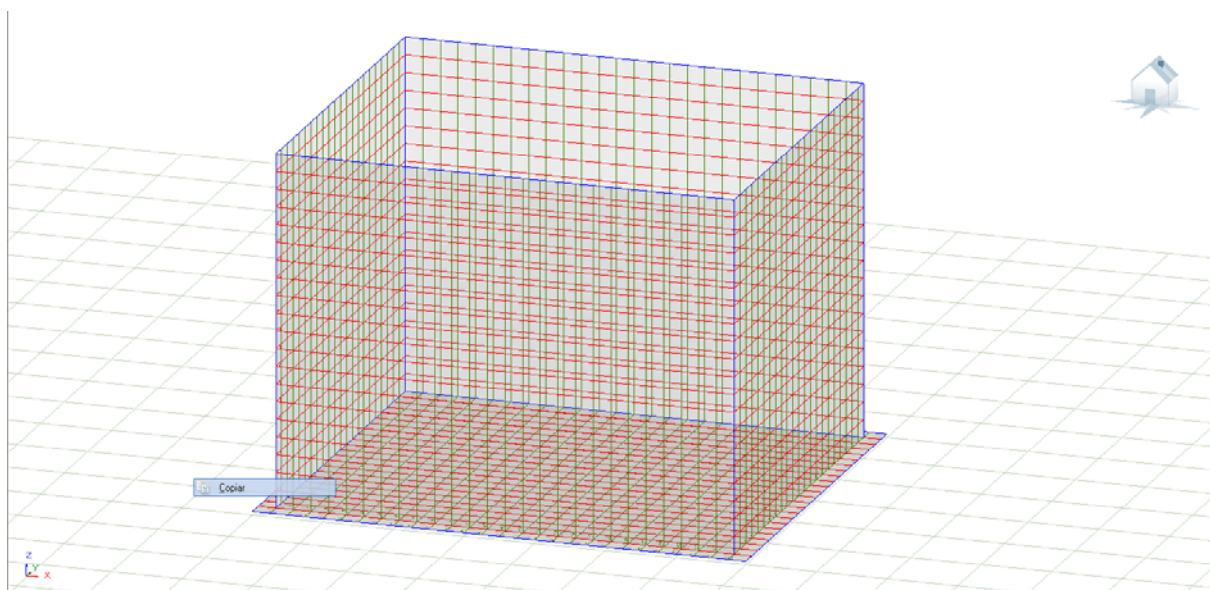
Espesor de solera (cm)	Armadura superior	Armadura inferior
40	#Ø12 a 10cm	#Ø12 a 10cm

60	#Ø12 a 10cm	#Ø12 a 10cm
80	#Ø12 a 10cm	#Ø12 a 10cm
150 (T-02)	#Ø16 a 15cm	#Ø16 a 10cm



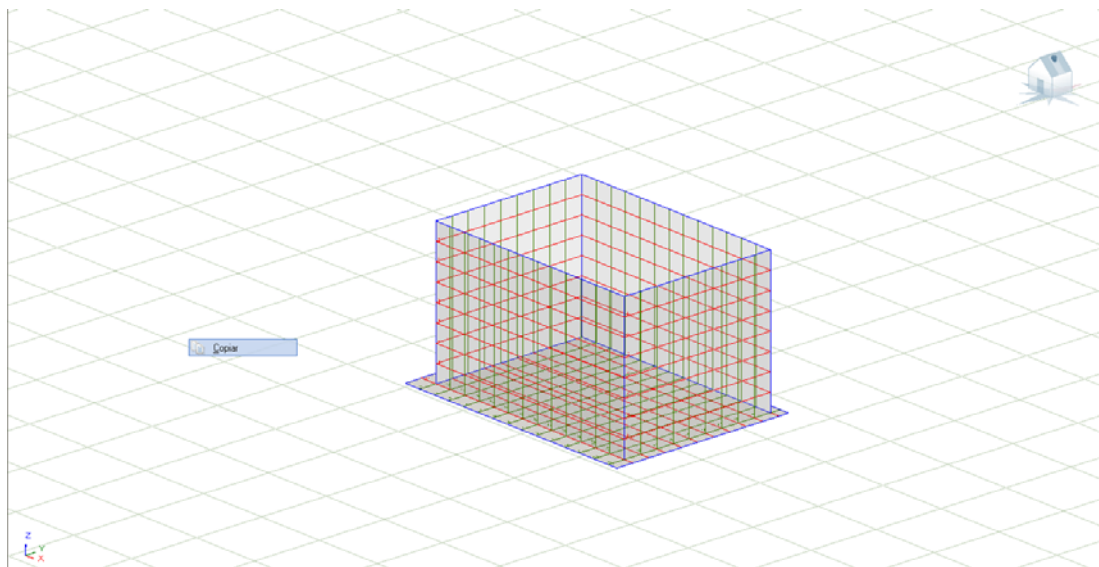
3.8.3.- Modelo 6x5x5.

Aplicado la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas caras en todos los alzados y solera hemos comprobado que es suficiente en la solera pero en alzados resultan necesarios numerosos refuerzos. Por ellos hemos dejado el #Ø12 a 10cm en solera y en alzados le hemos aplicado un #Ø16 a 10cm, siendo necesario sólo refuerzos de cortante en la parte inferior del lado largo. El refuerzo de cortante consiste en cercos de Ø8 con ramales a 20cm separados 20cm, dispuestos en los primeros 75cm del alzado largo.



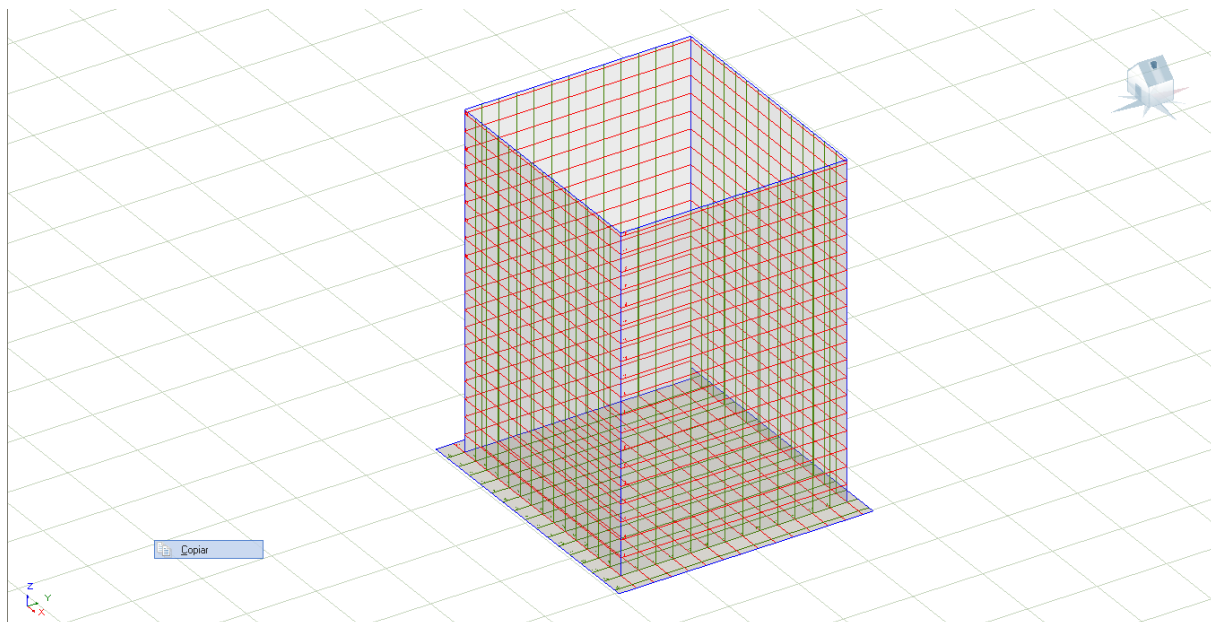
3.8.4.- MODELO 3.75X2.75X2.

Aplicada la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas caras en todos los alzados y solera resulta que es suficiente armadura sin necesidad de ningún refuerzo adicional.



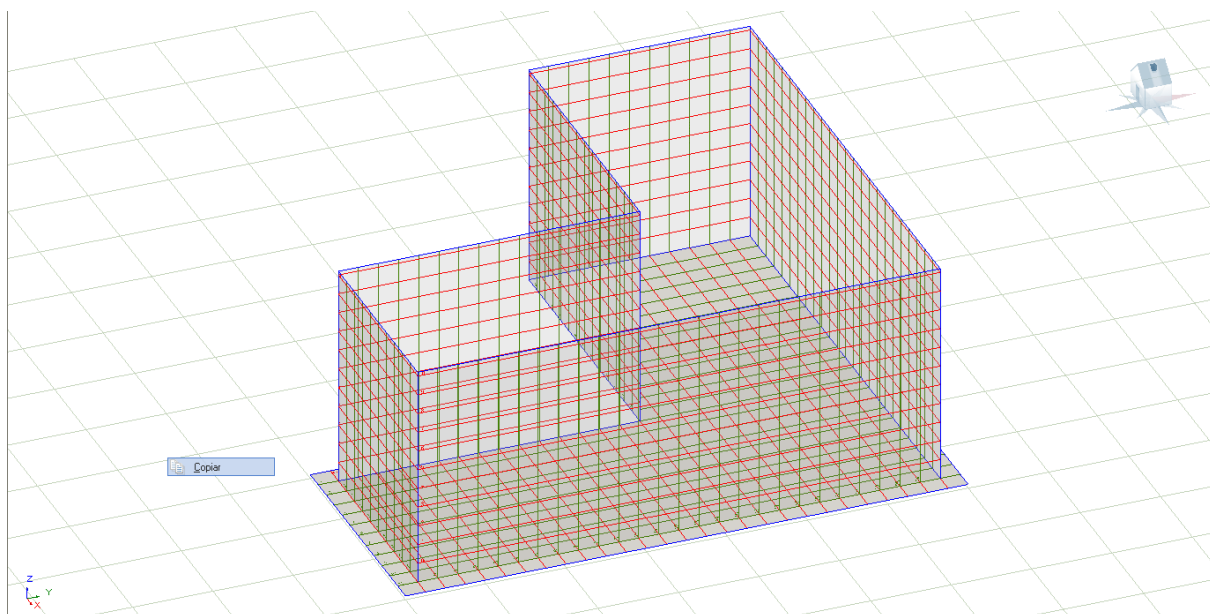
3.8.5.- MODELO CONEXIÓN.

Aplicada la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas caras en todos los alzados y solera resulta que es suficiente armada sin necesidad de ningún refuerzo adicional.



3.8.6.- MODELO T-06 Y 18.

Aplicada la armadura mínima de #Ø12 a 10cm en ambas caras en todos los alzados y solera resulta que es suficiente armada sin necesidad de ningún refuerzo adicional.



3.9.- COMPROBACIÓN DE TENSIONES TRANSMITIDAS AL TERRENO.

A continuación detallamos para cada una de las arquetas calculadas las tensiones transmitidas al terreno.

3.9.1.- MODELO 6X3,50X4,7

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1												
Presiones sobre el terreno y asientos.												
Hipótesis	ΣR_v (kN)	Peso (kN)	σ_{adm} (N/mm ²)	δ_{adm} (mm)	Valores medios		Valores máximos			Valores mínimos		
					$\bar{\sigma}_t$ (N/mm ²)	$\bar{\delta}_z$ (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	612.19	354.99	0.20	50.00	0.03	2.03	1375	0.05	3.64	1400	0.00	0.32
H8-CG0	2,518.96	354.99	0.20	50.00	0.12	8.37	1375	0.15	10.04	1400	0.10	6.72
H9-CG0	612.19	354.99	0.20	50.00	0.03	2.03	1375	0.05	3.64	1400	0.00	0.32
H10-CG0	2,518.96	354.99	0.20	50.00	0.12	8.37	1375	0.15	10.04	1400	0.10	6.72
H13-CG0	993.54	354.99	0.20	50.00	0.05	3.30	1375	0.07	4.92	1400	0.02	1.60
H14-CG0	2,137.61	354.99	0.20	50.00	0.11	7.10	1375	0.13	8.76	1400	0.08	5.44
H15-CG0	993.54	354.99	0.20	50.00	0.05	3.30	1375	0.07	4.92	1400	0.02	1.60
H16-CG0	2,137.61	354.99	0.20	50.00	0.11	7.10	1375	0.13	8.76	1400	0.08	5.44
H19-CG0	993.54	354.99	0.20	50.00	0.05	3.30	1375	0.07	4.92	1400	0.02	1.60
H20-CG0	2,137.61	354.99	0.20	50.00	0.11	7.10	1375	0.13	8.76	1400	0.08	5.44
Estabilidad												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	134.91	230.92	1.71	1.50	1,040.72	214.51	4.85	2.00	0.0005	6.81		

H8-CG0	134.91	950.16	7.04	1.50	4,282.24	214.51	19.96	2.00	0.0005	6.81
H9-CG0	134.91	230.92	1.71	1.50	1,040.72	214.51	4.85	2.00	0.0005	6.81
H10-CG0	134.91	950.16	7.04	1.50	4,282.24	214.51	19.96	2.00	0.0005	6.81
H13-CG0	134.91	374.77	2.78	1.50	1,689.02	214.51	7.87	2.00	0.0005	6.81
H14-CG0	134.91	806.31	5.98	1.50	3,633.93	214.51	16.94	2.00	0.0005	6.81
H15-CG0	134.91	374.77	2.78	1.50	1,689.02	214.51	7.87	2.00	0.0005	6.81
H16-CG0	134.91	806.31	5.98	1.50	3,633.93	214.51	16.94	2.00	0.0005	6.81
H19-CG0	134.91	374.77	2.78	1.50	1,689.02	214.51	7.87	2.00	0.0005	6.81
H20-CG0	134.91	806.31	5.98	1.50	3,633.93	214.51	16.94	2.00	0.0005	6.81

3.9.2.- MODELO 6X5X3.

A continuación adjuntamos los resultados obtenidos para la arqueta de solera de 150cm de espesor.

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1												
Presiones sobre el terreno y asientos.												
Hipótesis	ΣR_v (kN)	Peso (kN)	σ_{adm} (N/mm ²)	δ_{adm} (mm)	Valores medios		Valores máximos			Valores mínimos		
					$\bar{\sigma}_t$ (N/mm ²)	$\bar{\delta}_z$ (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	670.63	1,093.76	0.20	50.00	0.02	1.63	1061	0.03	1.97	1086	0.02	1.28
H8-CG0	2,420.64	1,093.76	0.20	50.00	0.08	5.88	1061	0.09	6.23	1086	0.08	5.55
H9-CG0	670.63	1,093.76	0.20	50.00	0.02	1.63	1061	0.03	1.97	1086	0.02	1.28
H10-CG0	2,420.64	1,093.76	0.20	50.00	0.08	5.88	1061	0.09	6.23	1086	0.08	5.55
H13-CG0	1,020.63	1,093.76	0.20	50.00	0.03	2.48	1061	0.04	2.82	1086	0.03	2.13
H14-CG0	2,070.64	1,093.76	0.20	50.00	0.07	5.03	1061	0.08	5.38	1086	0.07	4.69
H15-CG0	1,020.63	1,093.76	0.20	50.00	0.03	2.48	1061	0.04	2.82	1086	0.03	2.13
H16-CG0	2,070.64	1,093.76	0.20	50.00	0.07	5.03	1061	0.08	5.38	1086	0.07	4.69
H19-CG0	1,020.63	1,093.76	0.20	50.00	0.03	2.48	1061	0.04	2.82	1086	0.03	2.13
H20-CG0	2,070.64	1,093.76	0.20	50.00	0.07	5.03	1061	0.08	5.38	1086	0.07	4.69
Estabilidad												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	61.42	252.96	4.12	1.50	1,643.04	67.67	24.28	2.00	0.0001	7.67		
H8-CG0	61.42	913.08	14.87	1.50	5,930.58	67.67	87.64	2.00	0.0001	7.67		
H9-CG0	61.42	252.96	4.12	1.50	1,643.04	67.67	24.28	2.00	0.0001	7.67		
H10-CG0	61.42	913.08	14.87	1.50	5,930.58	67.67	87.64	2.00	0.0001	7.67		
H13-CG0	61.42	384.99	6.27	1.50	2,500.54	67.67	36.95	2.00	0.0001	7.67		
H14-CG0	61.42	781.05	12.72	1.50	5,073.07	67.67	74.97	2.00	0.0001	7.67		
H15-CG0	61.42	384.99	6.27	1.50	2,500.54	67.67	36.95	2.00	0.0001	7.67		
H16-CG0	61.42	781.05	12.72	1.50	5,073.07	67.67	74.97	2.00	0.0001	7.67		
H19-CG0	61.42	384.99	6.27	1.50	2,500.54	67.67	36.95	2.00	0.0001	7.67		
H20-CG0	61.42	781.05	12.72	1.50	5,073.07	67.67	74.97	2.00	0.0001	7.67		

3.9.3.- Modelo de 6x5x5.

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1							
Presiones sobre el terreno y asientos.							
Hipótesis	ΣR_v	Peso	σ_{adm}	δ_{adm}	Valores medios	Valores máximos	Valores mínimos

	(kN)	(kN)	(N/mm ²)	(mm)	σ_t (N/mm ²)	δ_z (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	901.88	630.94	0.20	50.00	0.02	1.55	2041	0.03	2.21	2070	0.01	0.59
H8-CG0	5,108.13	630.94	0.20	50.00	0.12	8.80	2041	0.13	9.69	2070	0.11	8.06
H9-CG0	901.88	630.94	0.20	50.00	0.02	1.55	2041	0.03	2.21	2070	0.01	0.59
H10-CG0	5,108.13	630.94	0.20	50.00	0.12	8.80	2041	0.13	9.69	2070	0.11	8.06
H13-CG0	1,743.13	630.94	0.20	50.00	0.04	3.00	2041	0.05	3.72	2070	0.03	2.09
H14-CG0	4,266.88	630.94	0.20	50.00	0.10	7.35	2041	0.11	8.20	2070	0.09	6.58
H15-CG0	1,743.13	630.94	0.20	50.00	0.04	3.00	2041	0.05	3.72	2070	0.03	2.09
H16-CG0	4,266.88	630.94	0.20	50.00	0.10	7.35	2041	0.11	8.20	2070	0.09	6.58
H19-CG0	1,743.13	630.94	0.20	50.00	0.04	3.00	2041	0.05	3.72	2070	0.03	2.09
H20-CG0	4,266.88	630.94	0.20	50.00	0.10	7.35	2041	0.11	8.20	2070	0.09	6.58
Estabilidad												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	207.77	340.19	1.64	1.50	2,705.63	270.16	10.02	2.00	0.0002	9.22		
H8-CG0	207.77	1,926.80	9.27	1.50	15,324.38	270.16	56.72	2.00	0.0002	9.22		
H9-CG0	207.77	340.19	1.64	1.50	2,705.63	270.16	10.02	2.00	0.0002	9.22		
H10-CG0	207.77	1,926.80	9.27	1.50	15,324.38	270.16	56.72	2.00	0.0002	9.22		
H13-CG0	207.77	657.51	3.16	1.50	5,229.38	270.16	19.36	2.00	0.0002	9.22		
H14-CG0	207.77	1,609.48	7.75	1.50	12,800.63	270.16	47.38	2.00	0.0002	9.22		
H15-CG0	207.77	657.51	3.16	1.50	5,229.38	270.16	19.36	2.00	0.0002	9.22		
H16-CG0	207.77	1,609.48	7.75	1.50	12,800.63	270.16	47.38	2.00	0.0002	9.22		
H19-CG0	207.77	657.51	3.16	1.50	5,229.38	270.16	19.36	2.00	0.0002	9.22		
H20-CG0	207.77	1,609.48	7.75	1.50	12,800.63	270.16	47.38	2.00	0.0002	9.22		

3.9.4.- MODELO 3.75X2,75X2.

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1												
Presiones sobre el terreno y asientos.												
Hipótesis	ΣR_v (kN)	Peso (kN)	σ_{adm} (N/mm ²)	δ_{adm} (mm)	Valores medios		Valores máximos			Valores mínimos		
					σ_t (N/mm ²)	δ_z (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	117.71	147.50	0.20	50.00	0.01	0.77	408	0.02	1.12	424	0.01	0.41
H8-CG0	609.37	147.50	0.20	50.00	0.06	3.99	408	0.07	4.35	424	0.06	3.63
H9-CG0	117.71	147.50	0.20	50.00	0.01	0.77	408	0.02	1.12	424	0.01	0.41
H10-CG0	609.37	147.50	0.20	50.00	0.06	3.99	408	0.07	4.35	424	0.06	3.63
H13-CG0	196.37	147.50	0.20	50.00	0.02	1.29	408	0.03	1.64	424	0.01	0.92
H14-CG0	491.37	147.50	0.20	50.00	0.05	3.22	408	0.06	3.58	424	0.04	2.86
H15-CG0	196.37	147.50	0.20	50.00	0.02	1.29	408	0.03	1.64	424	0.01	0.92
H16-CG0	491.37	147.50	0.20	50.00	0.05	3.22	408	0.06	3.58	424	0.04	2.86
H19-CG0	196.37	147.50	0.20	50.00	0.02	1.29	408	0.03	1.64	424	0.01	0.92
H20-CG0	491.37	147.50	0.20	50.00	0.05	3.22	408	0.06	3.58	424	0.04	2.86
Estabilidad												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	14.91	44.40	2.98	1.50	155.96	15.54	10.04	2.00	0.0002	4.51		
H8-CG0	14.91	229.86	15.42	1.50	807.41	15.54	51.96	2.00	0.0002	4.51		
H9-CG0	14.91	44.40	2.98	1.50	155.96	15.54	10.04	2.00	0.0002	4.51		
H10-CG0	14.91	229.86	15.42	1.50	807.41	15.54	51.96	2.00	0.0002	4.51		
H13-CG0	14.91	74.07	4.97	1.50	260.20	15.54	16.75	2.00	0.0002	4.51		
H14-CG0	14.91	185.35	12.43	1.50	651.07	15.54	41.90	2.00	0.0002	4.51		
H15-CG0	14.91	74.07	4.97	1.50	260.20	15.54	16.75	2.00	0.0002	4.51		
H16-CG0	14.91	185.35	12.43	1.50	651.07	15.54	41.90	2.00	0.0002	4.51		

H19-CG0	14.91	74.07	4.97	1.50	260.20	15.54	16.75	2.00	0.0002	4.51
H20-CG0	14.91	185.35	12.43	1.50	651.07	15.54	41.90	2.00	0.0002	4.51

3.9.5.- MODELO CONEXIÓN.

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1												
Presiones sobre el terreno y asientos.												
Hipótesis	ΣR_v (kN)	Peso (kN)	σ_{adm} (N/mm ²)	δ_{adm} (mm)	Valores medios		Valores máximos			Valores mínimos		
					$\bar{\sigma}_t$ (N/mm ²)	$\bar{\delta}_z$ (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	446.60	380.04	0.20	50.00	0.03	2.00	1150	0.05	3.62	1168	0.01	0.34
H8-CG0	1,905.97	380.04	0.20	50.00	0.13	8.54	1150	0.15	10.18	1168	0.10	6.90
H9-CG0	446.60	380.04	0.20	50.00	0.03	2.00	1150	0.05	3.62	1168	0.01	0.34
H10-CG0	1,905.97	380.04	0.20	50.00	0.13	8.54	1150	0.15	10.18	1168	0.10	6.90
H13-CG0	738.47	380.04	0.20	50.00	0.05	3.31	1150	0.07	4.93	1168	0.02	1.65
H14-CG0	1,614.09	380.04	0.20	50.00	0.11	7.24	1150	0.13	8.87	1168	0.08	5.59
H15-CG0	738.47	380.04	0.20	50.00	0.05	3.31	1150	0.07	4.93	1168	0.02	1.66
H16-CG0	1,614.09	380.04	0.20	50.00	0.11	7.24	1150	0.13	8.87	1168	0.08	5.59
H19-CG0	738.47	380.04	0.20	50.00	0.05	3.31	1150	0.07	4.93	1168	0.02	1.66
H20-CG0	1,614.09	380.04	0.20	50.00	0.11	7.24	1150	0.13	8.87	1168	0.08	5.59
Estabilidad												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	107.39	168.46	1.57	1.50	815.04	149.19	5.46	2.00	0.0006	5.49		
H8-CG0	107.39	718.94	6.69	1.50	3,478.39	149.19	23.32	2.00	0.0006	5.49		
H9-CG0	107.39	168.46	1.57	1.50	815.04	149.19	5.46	2.00	0.0006	5.49		
H10-CG0	107.39	718.94	6.69	1.50	3,478.39	149.19	23.32	2.00	0.0006	5.49		
H13-CG0	107.39	278.55	2.59	1.50	1,347.71	149.19	9.03	2.00	0.0006	5.49		
H14-CG0	107.39	608.84	5.67	1.50	2,945.72	149.19	19.75	2.00	0.0006	5.49		
H15-CG0	107.39	278.55	2.59	1.50	1,347.71	149.19	9.03	2.00	0.0006	5.49		
H16-CG0	107.39	608.84	5.67	1.50	2,945.72	149.19	19.75	2.00	0.0006	5.49		
H19-CG0	107.39	278.55	2.59	1.50	1,347.71	149.19	9.03	2.00	0.0006	5.49		
H20-CG0	107.39	608.84	5.67	1.50	2,945.72	149.19	19.75	2.00	0.0006	5.49		

3.9.6.- MODELO T-06 Y 18.

COMPROBACIÓN TERRENO LOSA LH1												
Presiones sobre el terreno y asientos.												
Hipótesis	ΣR_v (kN)	Peso (kN)	σ_{adm} (N/mm ²)	δ_{adm} (mm)	Valores medios		Valores máximos			Valores mínimos		
					$\bar{\sigma}_t$ (N/mm ²)	$\bar{\delta}_z$ (mm)	Nudo virtual	σ_{max} (N/mm ²)	δ_{max} (mm)	Nudo virtual	σ_{min} (N/mm ²)	δ_{min} (mm)
H7-CG0	321.75	675.01	0.20	50.00	0.01	0.71	1356	0.01	0.81	1329	0.01	0.51
H8-CG0	2,100.60	675.01	0.20	50.00	0.07	4.64	1356	0.07	4.77	1329	0.06	4.48
H9-CG0	321.75	675.01	0.20	50.00	0.01	0.71	1356	0.01	0.81	1329	0.01	0.51
H10-CG0	2,100.60	675.01	0.20	50.00	0.07	4.64	1356	0.07	4.77	1329	0.06	4.48
H13-CG0	677.52	675.01	0.20	50.00	0.02	1.50	1356	0.02	1.61	1329	0.02	1.31
H14-CG0	1,744.83	675.01	0.20	50.00	0.05	3.85	1356	0.06	3.98	1329	0.05	3.69

H15-CG0	677.52	675.01	0.20	50.00	0.02	1.50	1356	0.02	1.61	1329	0.02	1.31
H16-CG0	1,744.83	675.01	0.20	50.00	0.05	3.85	1356	0.06	3.98	1329	0.05	3.70
H19-CG0	677.52	675.01	0.20	50.00	0.02	1.50	1356	0.02	1.61	1329	0.02	1.31
H20-CG0	1,744.83	675.01	0.20	50.00	0.05	3.85	1356	0.06	3.98	1329	0.05	3.70
<i>Estabilidad</i>												
Hipótesis	Deslizamiento				Vuelco				Distorsión angular			
	ΣR_H (kN)	$R_{H,adm}$ (kN)	γ_{RD}	$\gamma_{RD,adm}$	ΣM_{EST} (kN·m)	ΣM_{DST} (kN·m)	γ_{EV}	$\gamma_{EV,adm}$	θ_{max} (rad)	L_θ (m)		
H7-CG0	67.73	121.37	1.79	1.50	722.15	32.64	22.13	2.00	0.0000	7.09		
H8-CG0	66.51	792.36	11.91	1.50	4,714.69	32.62	144.54	2.00	0.0000	7.09		
H9-CG0	67.74	121.37	1.79	1.50	722.15	32.64	22.13	2.00	0.0000	7.09		
H10-CG0	66.51	792.36	11.91	1.50	4,714.69	32.62	144.53	2.00	0.0000	7.09		
H13-CG0	67.46	255.56	3.79	1.50	1,520.66	32.62	46.62	2.00	0.0000	7.09		
H14-CG0	66.72	658.16	9.86	1.50	3,916.18	32.61	120.11	2.00	0.0000	7.09		
H15-CG0	67.45	255.56	3.79	1.50	1,520.66	32.61	46.63	2.00	0.0000	7.09		
H16-CG0	66.71	658.16	9.87	1.50	3,916.18	32.60	120.13	2.00	0.0000	7.09		
H19-CG0	67.45	255.56	3.79	1.50	1,520.66	32.61	46.63	2.00	0.0000	7.09		
H20-CG0	66.71	658.16	9.87	1.50	3,916.18	32.60	120.13	2.00	0.0000	7.09		

APÉNDICE Nº 1 CÁLCULO DEL MACIZO DE ANCLAJE DE REGISTROS Y CÁMARAS.

CÁLCULO DE MACIZOS DE REGISTROS Y CÁMARAS SEGÚN NORMA DE ABASTECIMIENTO DEL CYII

							PREDIMENSIONAMIENTO DEL MACIZO (Csd>1,5 y Csv>1,8)													COMPROBACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO					
Tipo de arqueta	Dirección	D1. (mm)	MPD 1 (kg/cm²)	D2. (mm)	MPD 2 (kg/cm²)	Empuje total (Tn)	L1 (m)	L2(m)	H(m)	h(m)	Vol macizo HM (m³)	Peso arqueta (tn)	Empuje terreno (tn)	ΣF estabil (tn)	ΣF desest (tn)	Cs desliz. ≥1,5	ΣM estabiliz (mTn)	ΣM desest (mTn)	Cs vuelco ≥1,8	N (Tn)	M (mTn)	e (m)	Área equiv. (m²)	σ (tn/m²) ≤ 10 (tn/m²)	Validez dimensionamiento
1	Long	250	25			12.27	5.400	4.700	0.600	0.630	15.23	11.73	0.58	20.797	12.272	1.69	94.728	15.094	6.28	46.75	15.09	0.323	25.67	1.821	VÁLIDO
	Trans	250	25			12.27	4.700	5.400	0.600	0.630	15.23	11.73	0.58	20.797	12.272	1.69	82.469	15.094	5.46	46.75	15.09	0.323	19.06	2.454	VÁLIDO
2	Long	250	25	250	16	20.13	4.400	3.400	1.500	0.630	22.44	14.55	1.84	31.641	20.126	1.57	114.760	42.868	2.68	66.16	42.87	0.648	13.66	4.844	VÁLIDO
	Trans	250	25	250	16	20.13	3.400	4.400	1.500	0.630	22.44	14.55	1.84	31.641	20.126	1.57	88.954	42.868	2.08	66.16	42.87	0.648	7.15	9.248	VÁLIDO
3	Long	250	25	250	16	20.13	6.100	5.000	0.800	0.630	24.40	22.29	0.82	33.216	20.126	1.65	171.466	28.780	5.96	78.41	28.78	0.367	32.73	2.395	VÁLIDO
	Trans	250	25	250	16	20.13	5.000	6.100	0.800	0.630	24.40	22.29	0.82	33.216	20.126	1.65	140.600	28.780	4.89	78.41	28.78	0.367	21.33	3.676	VÁLIDO
4	Long	250	25	110	16	13.79	6.200	3.200	0.800	0.630	15.87	21.53	0.82	21.892	13.792	1.59	113.468	19.723	5.75	58.03	19.72	0.340	34.23	1.696	VÁLIDO
	Trans	110	16			1.52	3.200	6.200	0.800	0.630	15.87	21.53	0.82	21.892	1.521	14.40	58.709	2.174	27.00	58.03	2.17	0.037	10.00	5.803	VÁLIDO
5	Long	250	25	110	16	13.79	6.150	3.500	0.700	0.630	15.07	22.22	0.69	20.701	13.792	1.50	106.790	18.344	5.82	56.87	18.34	0.323	33.86	1.680	VÁLIDO
	Trans	90	16			1.02	3.500	6.150	0.700	0.630	15.07	22.22	0.69	20.701	1.018	20.34	60.872	1.354	44.96	56.87	1.35	0.024	12.08	4.707	VÁLIDO
6	Long	250	25	250	16	20.13	7.000	3.900	0.850	0.630	23.21	25.67	0.88	31.693	20.126	1.57	187.143	29.786	6.28	79.04	29.79	0.377	43.72	1.808	VÁLIDO
	Trans	200	16			5.03	3.900	7.000	0.850	0.630	23.21	25.67	0.88	31.693	5.027	6.31	104.417	7.439	14.04	79.04	7.44	0.094	14.48	5.460	VÁLIDO
7	Long					0.00	2.350	5.600	0.400	0.630	5.26	8.76	0.36	7.350	0.000	#DIV/0!	14.295	0.000	#DIV/0!	20.87	0.00	0.000	5.52	3.779	VÁLIDO
	Trans	90	16			1.02	5.600	2.350	0.400	0.630	5.26	8.76	0.36	7.350	1.018	7.22	33.969	1.048	32.40	20.87	1.05	0.050	30.80	0.678	VÁLIDO
8	Long			250	16	7.85	6.150	3.350	0.600	0.630	12.36	21.80	0.58	16.990	7.854	2.16	87.589	9.660	9.07	50.24	9.66	0.192	35.46	1.417	VÁLIDO
	Trans	80	16			0.80	3.350	6.150	0.600	0.630	12.36	21.80	0.58	16.990	0.804	21.13	47.785	0.989	48.31	50.24	0.99	0.020	11.09	4.530	VÁLIDO
10	Long	80	25	80	16	2.06	2.900	3.000	0.600	0.630	5.22	11.87	0.58	7.507	2.061	3.64	17.571	2.535	6.93	23.87	2.53	0.106	7.79	3.063	VÁLIDO
11	Long			160	16	3.22	4.700	2.400	0.600	0.630	6.77	15.18	0.58	9.563	3.217	2.97	36.743	3.957	9.29	30.75	3.96	0.129	20.88	1.473	VÁLIDO
	Trans	80	16			0.80	2.400	4.700	0.600	0.630	6.77	15.18	0.58	9.563	0.804	11.89	18.842	0.989	19.05	30.75	0.99	0.032	5.61	5.485	VÁLIDO
12	Long			90	16	1.02	2.750	2.100	0.400	0.630	2.31	5.83	0.36	3.427	1.018	3.37	7.374	1.048	7.03	11.14	1.05	0.094	7.05	1.582	VÁLIDO
13	Long	250	25			12.27	3.000	3.000	1.500	0.500	13.50	0.00	1.84	19.770	12.272	1.61	47.789	24.544	1.95	31.05	24.54	0.790	4.26	7.293	VÁLIDO
13	Long	250	16			7.85	2.600	2.600	1.300	0.500	8.79	0.00	1.52	13.189	7.854	1.68	27.154	14.137	1.92	20.21	14.14	0.699	3.12	6.472	VÁLIDO
14	Long	90	16			1.02	2.600	2.650	0.600	0.630	4.13	7.56	0.58	6.065	1.018	5.96	12.522	1.252	10.00	17.06	1.25	0.073	6.38	2.675	VÁLIDO
	Trans	90	16			1.02	2.650	2.600	0.600	0.630	4.13	7.56	0.58	6.065	1.018	5.96	12.760	1.252	10.19	17.06	1.25	0.073	6.63	2.572	VÁLIDO
15	Long	200	16			5.03	5.100	4.100	0.600	0.630	12.55	15.73	0.58	17.235	5.027	3.43	73.744	6.183	11.93	44.59	6.18	0.139	24.60	1.813	VÁLIDO
	Trans	110	16			1.52	4.100	5.100	0.600	0.630	12.55	15.73	0.58	17.235	1.521	11.34	59.316	1.870	31.72	44.59	1.87	0.042	16.47	2.708	VÁLIDO
16	Long	110	16			1.52	3.000	2.700	0.600	0.630	4.86	8.49	0.58	7.029	1.521	4.62	16.929	1.870	9.05	19.67	1.87	0.095	8.43	2.333	VÁLIDO
	Trans	110	16			1.52	2.700	3.000	0.600	0.630	4.86	8.49	0.58	7.029	1.521	4.62	15.252	1.870	8.16	19.67	1.87	0.095	6.78	2.902	VÁLIDO
17	Long	140	16			2.46	5.900	3.000	0.600	0.630	10.62	15.11	0.58	14.678	2.463	5.96	72.219	3.030	23.84	39.54	3.03	0.077	33.91	1.166	VÁLIDO
	Trans	110	16			1.52	3.000	5.900	0.600	0.630	10.62	15.11	0.58	14.678	1.521	9.65	36.801	1.870	19.68	39.54	1.87	0.047	8.72	4.536	VÁLIDO
18	Long	160	16			3.22	5.800	3.800	0.600	0.630	13.22	16.56	0.58	18.136	3.217	5.64	88.366	3.957	22.33	46.98	3.96	0.084	32.66	1.438	VÁLIDO
	Trans	160	16			3.22	3.800	5.800	0.600	0.630	13.22	16.56	0.58	18.136	3.217	5.64	57.951	3.957	14.65	46.98	3.96	0.084	13.80	3.404	VÁLIDO
19	Long	90	16			1.02	6.300	2.900	0.600	0.630	10.96	15.73	0.58	15.132	1.018	14.87	79.582	1.252	63.56	40.94	1.25	0.031	39.30	1.042	VÁLIDO
	Trans	90	16			1.02	2.900	6.300	0.600	0.630	10.96	15.73	0.58	15.132	1.018	14.87	36.720	1.252	29.33	40.94	1.25	0.031	8.23	4.973	VÁLIDO
22	Long	250	16	250	16	15.71	6.600	5.600	0.600	0.630	22.18	21.94	0.58	30.023	15.708	1.91	168.478	19.321	8.72	72.95	19.32	0.265	40.06	1.821	VÁLIDO

