

# DAU

# 20/116 B

## Documento de adecuación al uso

Denominación comercial

# Granchio y Mini Hercules

Tipo genérico y uso

Sistemas de piezas plásticas para la formación de encofrados perdidos en la construcción de suelos elevados en general y en sustitución de forjados sanitarios tradicionales.

Titular del DAU

## PROJECT FOR BUILDING SPA

Via Loc. Fornace s/n  
IT24050 Mornico al Serio (Italia)  
Tel. +39 35 44 90 440  
www.projectforbuilding.com

Planta de producción

Via Loc. Fornace s/n  
IT24050 Mornico al Serio (Italia)

Edición vigente y fecha

B 07.02.2024

Validez (condicionada a seguimiento anual [\*])

Desde: 07.02.2024  
Hasta: 29.01.2025

Fecha de concesión inicial del DAU

29.01.2020

[\*] La validez del DAU 20/116 está sujeta a las condiciones del *Reglamento del DAU*. La edición vigente de este DAU es la que figura en el registro que mantiene el ITeC (accesible en [itec.es](http://itec.es) y a través del siguiente código QR).



Este documento consta de 34 páginas.  
Queda prohibida su reproducción parcial.

El ITeC es un organismo autorizado para la concesión del DAU (BOE 94, 19 abril 2002) para productos de construcción (edificación e ingeniería civil) inscrito en el Registro General del CTE (Resolución de 3 septiembre 2010 – Ministerio de Vivienda).

## Control de ediciones

<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Apartados en los que se han producido cambios respecto a la edición anterior</b>
A	29.01.2020	Creación del documento.
B	07.02.2024	Actualización del DAU de acuerdo con el Código Estructural (Real Decreto 470/2021), que sustituye a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

# Índice

1.	Descripción del sistema y usos previstos	5
1.1.	Definición del sistema constructivo	5
1.2.	Usos a los que está destinado	5
1.3.	Limitaciones de uso	5
2.	Componentes de los sistemas	6
2.1.	Encofrados de polipropileno reciclado	6
2.1.1.	Piezas Granchio	6
2.1.2.	Piezas Mini Hercules	8
2.2.	Hormigón	10
2.3.	Armaduras	10
2.4.	Componentes auxiliares para perímetros	10
2.4.1.	Perfiles perimetrales	10
2.4.2.	Placas de poliestireno expandido para juntas	10
2.4.3.	Zuncho perimetral	10
3.	Fabricación y control de producción	11
3.1.	Fabricación	11
3.1.1.	Materias primas	11
3.1.2.	Proceso de fabricación	11
3.1.3.	Presentación del producto	11
3.2.	Control de producción	12
3.2.1.	Control de la materia prima	12
3.2.2.	Control del proceso de fabricación	12
3.2.3.	Control del producto final acabado	12
4.	Almacenamiento, transporte y recepción en obra	12
4.1.	Almacenamiento	12
4.2.	Transporte	12
4.3.	Control de recepción en obra	12
5.	Criterios de proyecto	13
5.1.	Seguridad estructural	13
5.1.1.	Colocación sobre el terreno	15
5.1.2.	Colocación sobre forjado o losa de cimentación	15
5.1.3.	Colocación sobre soporte inclinado	16
5.2.	Seguridad en caso de incendio	16
5.2.1.	Reacción al fuego	16
5.2.2.	Resistencia al fuego	16
5.3.	Salubridad	16
5.3.1.	Impermeabilidad	16
5.3.2.	Limitación de condensación	17
5.3.3.	Otros aspectos del sistema	17
5.4.	Seguridad de utilización y accesibilidad	17
5.5.	Protección frente al ruido	17
5.6.	Ahorro de energía y aislamiento térmico	17
5.7.	Otros criterios de proyecto	17
5.7.1.	Durabilidad	17
5.7.2.	Aspectos dimensionales del sistema	18
5.7.3.	Puntos singulares	18
6.	Criterios de ejecución, de mantenimiento y reparación	19
6.1.	Criterios de ejecución	19
6.1.1.	Condiciones previas	19
6.1.2.	Colocación de las piezas Granchio y Mini Hercules	19
6.1.3.	Solución de perímetros, encuentros con pilares y otros puntos singulares	19
6.1.4.	Hormigonado	20
6.1.5.	Requisitos que cumplir por parte de los instaladores	21
6.2.	Criterios de mantenimiento y reparación	21
6.3.	Detalles constructivos	22

7.	Referencias de utilización	27
8.	Visitas de obra	27
9.	Evaluación de ensayos y cálculos	28
9.1.	Caracterización de los elementos del sistema	28
9.1.1.	Caracterización de las piezas Granchio y Mini Hercules (Base y Gamba)	28
9.1.2.	Caracterización del hormigón	28
9.2.	Evaluación de adecuación al uso del sistema	29
9.2.1.	Resistencia mecánica y estabilidad	29
9.2.2.	Seguridad en caso de incendio	29
9.2.3.	Higiene, salud y medio ambiente	29
9.2.4.	Protección frente al ruido	29
9.2.5.	Ahorro de energía y aislamiento térmico	29
9.3.	Evaluación del sistema en el proceso de ejecución	30
9.3.1.	Resistencia a compresión de los encofrados	30
9.3.2.	Resistencia a los esfuerzos de hormigonado	30
10.	Comisión de Expertos	30
11.	Documentos de referencia	31
12.	Evaluación de la adecuación al uso	32
13.	Seguimiento del DAU	33
14.	Condiciones de uso del DAU	33
15.	Lista de modificaciones de la presente edición	34

# 1. Descripción del sistema y usos previstos

## 1.1. Definición del sistema constructivo

Granchio y Mini Hercules son sistemas de encofrado perdido formados mediante la unión de piezas de polipropileno reciclado para la construcción de suelos elevados (en sustitución de un forjado sanitario tradicional) y recrecidos de estructuras.

Las piezas son fabricadas por Project for Building S.p.A (Project for Building en adelante).

Las gamas de piezas disponibles permiten alcanzar distintas alturas del suelo elevado en función de las características del proyecto (véanse las tablas 2.1, 2.2 y 2.3).

Tanto en el sistema Granchio como en el Mini Hercules, la unión de las piezas da lugar a un encofrado perdido que, mediante su hormigonado, forma un suelo continuo, abovedado por su cara inferior y apoyado sobre los pilares que se forman en la unión de cuatro piezas. Con el mismo vertido se hormigona una capa de compresión por encima del encofrado que define la cota final. Debe colocarse una armadura próxima a la cara superior del suelo final, para evitar una posible fisuración por retracción.

Los sistemas Granchio y Mini Hercules solo se diferencian en el ensamblado de sus piezas. Las del sistema Granchio se unen entre sí gracias a las ranuras perimetrales de que disponen y en el orden que marcan las flechas indicativas situadas en la cúpula superior de las piezas. En el caso de las Mini Hercules, la unión se produce mediante una pieza hueca que forma el pilar (véase la tabla 3), en la que se encastran las cuatro piezas colindantes (véase la tabla 2), de este modo se confiere mayor rigidez a la unión.

Los sistemas no incluyen ningún tipo de piezas especiales para los encuentros con salientes o perímetros ni en el caso de que se deba perforar la solera para pasar instalaciones, tanto de saneamiento como eléctricas. El acabado del encofrado en estos puntos singulares se realiza cortando las piezas, mediante una máquina de corte circular (radial), una caladora con sierra especial para plástico o un taladro con corona de corte, según sea necesario. Además, se recomienda utilizar las soluciones constructivas descritas en el apartado 6.1.3. En ocasiones será necesario valerse de elementos auxiliares como: perfiles perimetrales de polipropileno fabricados por Project for Building, placas de poliestireno expandido o zunchos perimetrales (véase el apartado 2.4).

Una vez terminado el encofrado y colocada la armadura, se hormigona el suelo elevado con camión bomba o con cubilote, pero en cualquier caso debe realizarse controladamente, ya que un vertido excesivamente

rápido puede perjudicar la puesta en obra, por ejemplo, abriendo el encofrado.

La apariencia final, una vez realizado el hormigonado, es la misma independientemente de si se han utilizado piezas Granchio o piezas Mini Hercules para el encofrado.

## 1.2. Usos a los que está destinado

Los sistemas Granchio y Mini Hercules se utilizan para la construcción de suelos elevados en general, por ejemplo, en suelos en contacto con el terreno en sustitución de un forjado sanitario tradicional, recrecidos de pavimentos existentes, rehabilitaciones, zonas peatonales, andenes, zonas de vestuarios, cubiertas aligeradas, etc.

Los sistemas se deben apoyar sobre una base de hormigón, que puede ser una losa o un pavimento existente o una capa de hormigón de limpieza.

La función de las piezas Granchio y Mini Hercules es la de formar el encofrado perdido. Éste debe poder soportar el paso del personal en obra y los esfuerzos provocados por el hormigonado en la ejecución. Una vez el hormigón ha fraguado, la resistencia de las piezas es negligible frente a la resistencia que aporta el hormigón.

El sistema final hormigonado forma un suelo elevado que, colocado sobre el terreno, puede utilizarse en sustitución de un forjado sanitario en distintos casos. Se debe tener en cuenta que este suelo elevado no forma parte de la estructura del edificio. La altura de las piezas utilizadas deberá ser la adecuada para garantizar la ventilación correspondiente a este tipo de forjados.

## 1.3. Limitaciones de uso

Los sistemas Granchio y Mini Hercules deben utilizarse respetando las siguientes condiciones:

- El hormigonado debe realizarse con hormigones de los tipos definidos en el apartado 2.2 o que ofrezcan una resistencia igual o superior a los indicados. Se desaconseja el uso de hormigones fluidificados.
- Los sistemas no están diseñados para cargas especiales, como:
  - Cargas estáticas elevadas (por ejemplo, en naves industriales con maquinaria muy pesada).
  - Cargas dinámicas elevadas (por ejemplo, en aparcamientos para vehículos pesados).
- Los sistemas no tienen ninguna función estructural. Tampoco debe tenerse en cuenta como arriostramiento de la estructura.
- El soporte debe presentar una planeidad adecuada para un buen asentamiento de las piezas.

- Sin contar la capa de compresión, los sistemas permiten elevar la solera hasta 55 cm (Granchio) y 70 cm (Mini Hercules). Pueden apilarse piezas de distintas alturas con el fin de conseguir una altura mayor únicamente bajo la prescripción del departamento técnico de Project for Building.
- La capa de compresión debe tener un espesor mínimo de 5 cm. Capas de espesor inferior quedan fuera del alcance de este DAU y deberán justificarse para cada caso particular.
- Debe colocarse siempre armadura antifisuración.
- Deben respetarse las soluciones constructivas indicadas en este DAU.
- La utilización de distintos modelos de piezas en una misma superficie debe realizarse separándolos adecuadamente mediante placas de poliestireno expandido.
- No deben utilizarse los sistemas sobre terrenos con suelos expansivos. En estos casos los sistemas Granchio y Mini Hercules deberán apoyarse sobre cimientos formados por losas armadas rígidas que contengan dicha expansividad.

Tal como se indica en los criterios de proyecto (véase el apartado 5), puede haber otras limitaciones de uso en función de parámetros específicos de la obra.

## 2. Componentes de los sistemas

### 2.1. Encofrados de polipropileno reciclado

Los encofrados perdidos se fabrican con polipropileno reciclado termo-inyectado de color negro, que en algunos casos puede presentar tonalidades grisáceas debido a cargas minerales.

El alzado de las piezas presenta una geometría abovedada en dos direcciones ortogonales, ligeramente plana en la parte superior; su planta es rectangular. La parte superior forma unos nervios que parten desde la parte central de la pieza y descienden a través de su geometría hasta sus esquinas.

En dos lados contiguos de la pieza (ancho y largo de la pieza) hay una ranura en forma de encastre negativo que es utilizado en la unión entre piezas. En los otros dos lados se encuentra la ranura positiva de unión. La unión encastrada entre piezas se realiza a lo largo de todo el perímetro de estas.

Los nervios de las piezas aseguran su resistencia y permiten los trabajos del personal sobre las piezas durante el proceso constructivo.

La morfología de las piezas permite que la solera final pueda considerarse como un suelo elevado, tal como se define en el DB-HS del CTE, que lo considera como un suelo en la base del edificio en el que la relación entre la suma de las superficies de contacto entre el terreno y los apoyos, y la superficie del suelo es inferior a 1/7.

Las piezas de encofrado pueden ser:

- Piezas Granchio.
- Piezas Mini Hercules.

#### 2.1.1. Piezas Granchio

Las dimensiones y otras características relevantes de la gama de piezas Granchio consideradas en este DAU se resumen en la tabla 2.1. La geometría de cada una de ellas se muestra en las figuras 2.1 y 2.2.

En los modelos GRA 15 hasta GRA 55, cada vértice de la pieza compone la cuarta parte del pilar estructural que se forma con la unión encastrada de cuatro piezas Granchio. Por lo tanto, cada pieza aporta un pilar entero al encofrado.

En cambio, los modelos GRA 5 y GRA 10 disponen de cuartos de pilar en los vértices, mitades de pilar en los lados y pilares enteros en el interior de la pieza. En total, una pieza GRA 5 o GRA 10 aporta 12 pilares estructurales al encofrado. Esta geometría más robusta tiene la finalidad de contrarrestar el bajo coeficiente altura/superficie de estas piezas, que no permite transmitir los esfuerzos que recibe el sistema solamente a través de los pilares situados en los vértices, como ocurre en los modelos de mayor altura.

Pieza	Dimensiones en planta (mm)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura máxima (mm)	Altura interior (mm)	Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza* (l/m <sup>2</sup> )	Nº de pilares (pilares/m <sup>2</sup> )	Superficie de apoyo (cm <sup>2</sup> /pilar)	Superficie de apoyo (%)
GRA 5	780 x 580	0,452	50	25	9	26,5	53,8	14,2
GRA 10	780 x 580	0,452	100	75	15	26,5	48,3	12,8
GRA 15	750 x 500	0,375	150	80	30	2,67	205,1	54,7
GRA 20	750 x 500	0,375	200	130	35	2,67	169,9	45,3
GRA 25	750 x 500	0,375	250	180	40	2,67	224,6	59,9
GRA 30	750 x 500	0,375	300	235	45	2,67	177,8	47,4
GRA 35	750 x 500	0,375	350	285	50	2,67	185,6	49,5
GRA 40	750 x 500	0,375	400	335	55	2,67	164,6	43,9
GRA 45	750 x 500	0,375	450	380	62	2,67	151,9	40,5
GRA 50	750 x 500	0,375	500	430	65	2,67	139,1	37,1
GRA 55	750 x 500	0,375	550	480	70	2,67	126,4	33,7

\* Nota: Consumo de hormigón sin contar la capa de compresión.

Tabla 2.1: Características geométricas principales de las piezas Granchio.

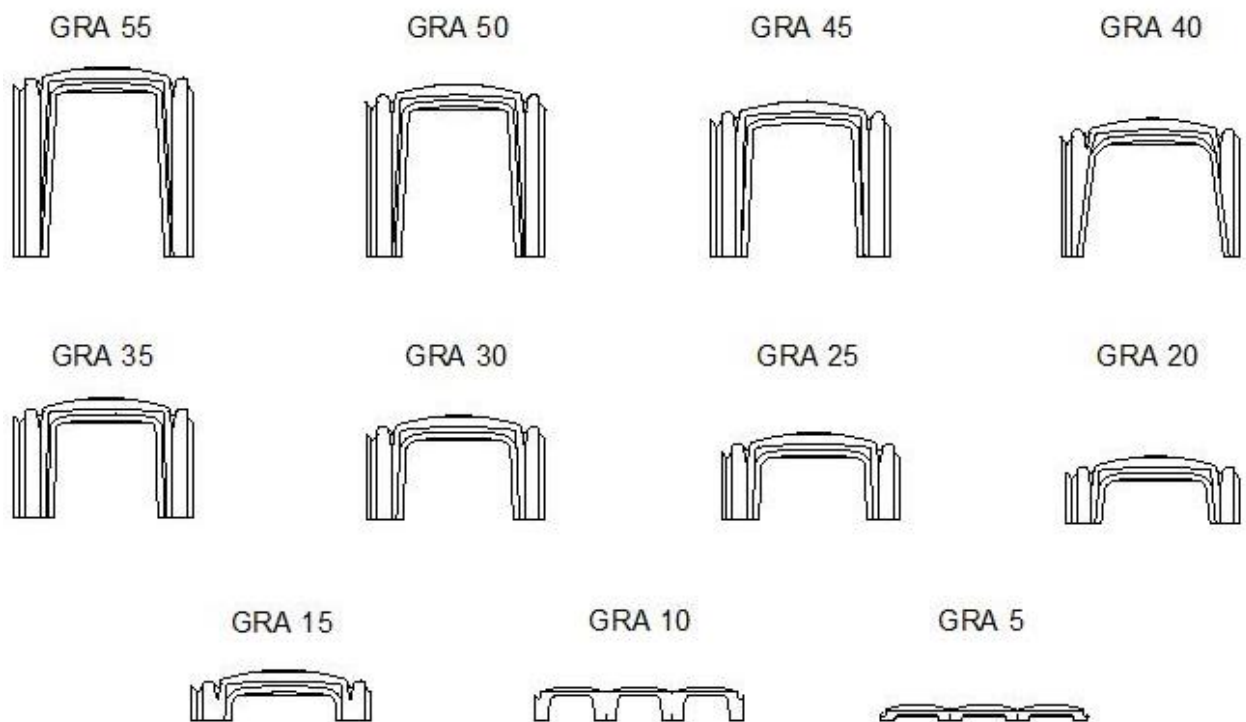


Figura 2.1: Alzado de las piezas Granchio.

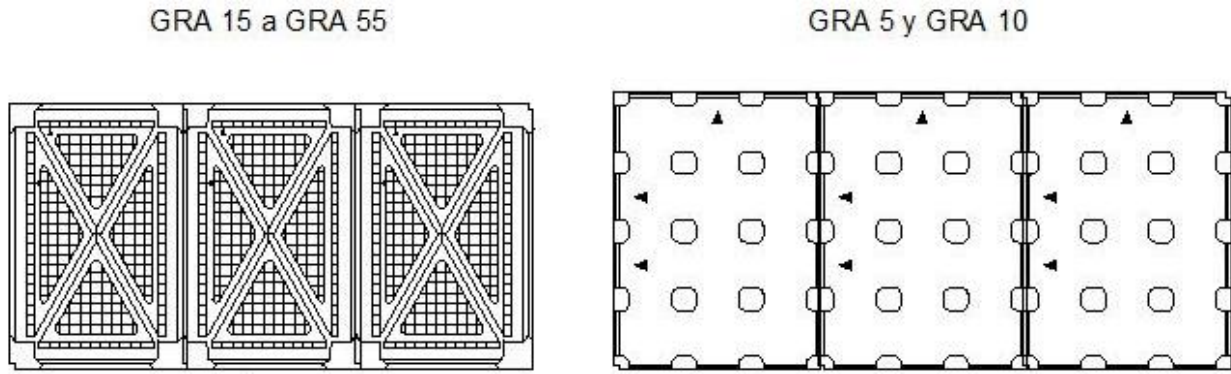


Figura 2.2: Planta de las piezas Granchio (ensamblado de tres piezas).

### 2.1.2. Piezas Mini Hercules

Las dimensiones y otras características relevantes de la gama de piezas Mini Hercules consideradas en este DAU se resumen en las tablas 2.2 y 2.3. La geometría de cada una de ellas se muestra en las figuras 2.3, 2.4 y 2.5.

Los pilares estructurales del sistema Mini Hercules se forman con el encastrado de los cuatro vértices contiguos de cuatro piezas (Base) con una pieza de refuerzo hueca (GAM) que forma el pilar.

La pieza Base forma la cúpula, mientras que cada pieza GAM proporciona la elevación correspondiente a su codificación.

Las piezas GAM, que forman el pilar, confieren mayor rigidez al encofrado que la que se consigue con piezas Granchio. De este modo se otorga mayor estabilidad a los sistemas de mayor altura, más susceptibles a exigencias de seguridad antes del hormigonado, como puede ser sostener el peso de los operarios sin perder la estabilidad general.

Pieza	Dimensiones en planta (mm)	Superficie (m <sup>2</sup> )
BASE	750 x 500	0,375

Tabla 2.2: Características geométricas principales de las piezas Mini Hercules Base.

Pieza	Altura total del sistema* (mm)	Altura interior del sistema* (mm)	Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza (l/m <sup>2</sup> )	Nº de pilares (pilares/m <sup>2</sup> )	Superficie de apoyo (cm <sup>2</sup> /pilar)	Superficie de apoyo (%)
GAM 55	550	500	62	2,67	120	3,2
GAM 60	600	550	64	2,67	120	3,2
GAM 65	650	600	66	2,67	120	3,2
GAM 70	700	650	68	2,67	120	3,2

\* Nota: Dimensión del ensamble entre la pieza BASE y la pieza GAM correspondiente.

Tabla 2.3: Características geométricas principales de las piezas Mini Hercules Gamba.

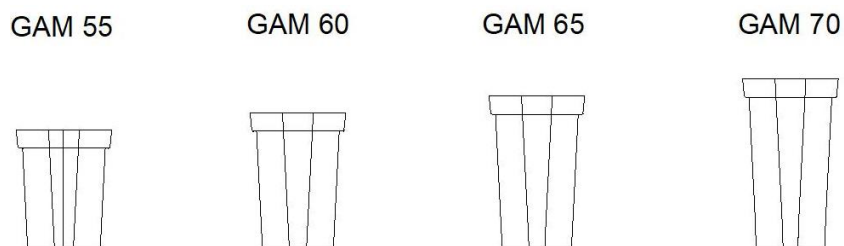
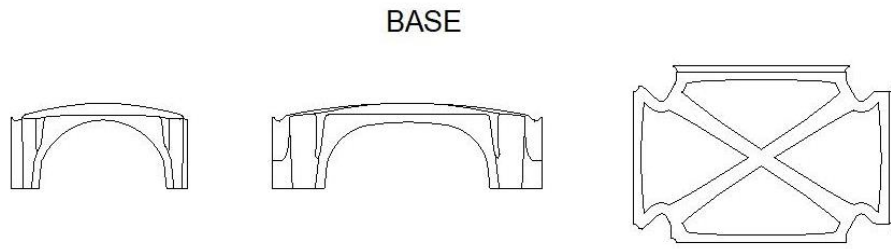
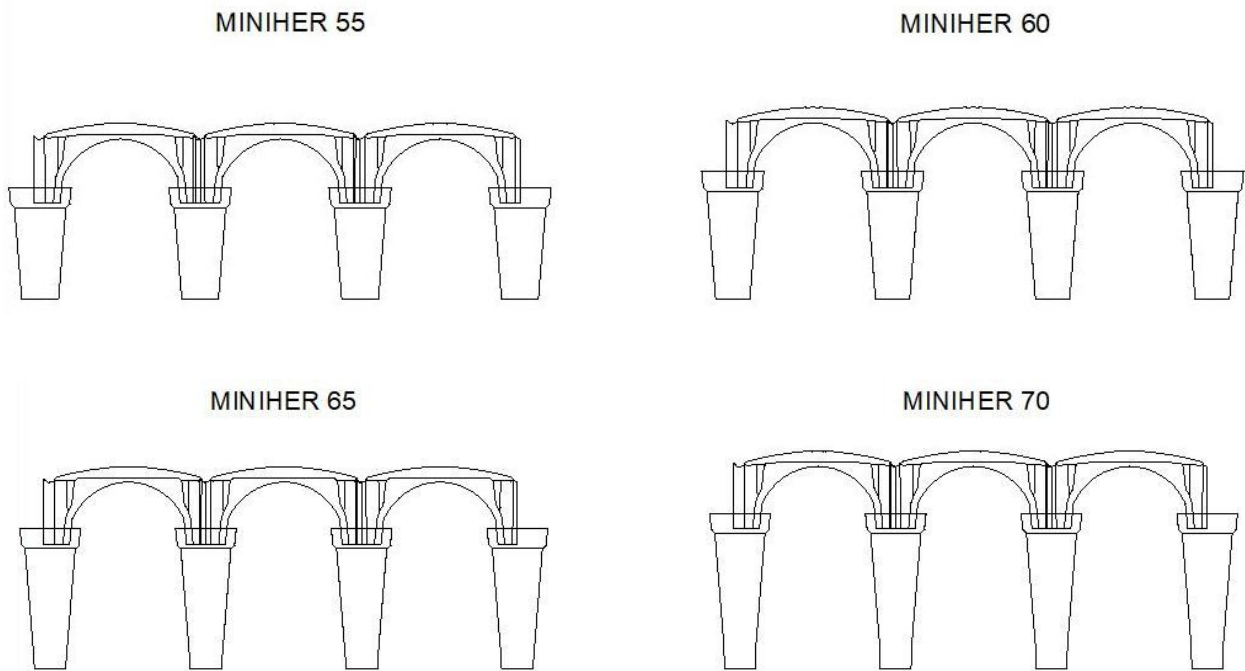


Figura 2.3: Alzado de las piezas Mini Hercules Gamba.





**Figura 2.4:** Alzado y planta de la pieza Mini Hercules Base.



**Figura 2.5:** Alzado de los encofrados con piezas Mini Hercules.

## 2.2. Hormigón

No se limita el tipo de hormigón a utilizar. El tipo de hormigón dependerá principalmente de la resistencia mecánica prevista para la solera y del ambiente en el que se encuentra, y será definido en la fase de proyecto.

El titular del DAU recomienda utilizar hormigones armados de resistencia a compresión 25 N/mm<sup>2</sup>. Se consideran adecuados los hormigones tipo HA-25/B/25/XC2 o de prestaciones superiores para las clases de exposición normal con humedad alta. Estos hormigones pueden ser vertidos mediante bomba o cubilote. En caso de necesitarse una capa previa de hormigón de limpieza se recomienda utilizar hormigón en masa de resistencia a compresión 20 N/mm<sup>2</sup> como mínimo, por ejemplo, HM-20/B/25/X0.

Se desaconseja el uso de hormigones con consistencia líquida (L), con un asentamiento superior a 16 cm, ya que las juntas entre piezas no son completamente estancas y se puede favorecer la pérdida de material.

## 2.3. Armaduras

La armadura en las soleras de compresión se utiliza para evitar la fisuración por retracción de las zonas más superficiales del hormigón. Además, también ayuda a los trabajos de hormigonado, ya que evita que el personal que realiza los trabajos ponga los pies en las cavidades de los pilares.

En general se utilizarán mallas electrosoldadas de acuerdo con las siguientes normas:

- UNE 36060: denominación B-500S
- UNE 36061: denominación B-500SD
- UNE 36092: denominación B-500T

En función de las acciones previstas sobre la solera, se definirá la colocación, dimensiones de la retícula y diámetro de las barras. Como mínimo la retícula será de 200 mm x 200 mm con 6 mm de diámetro. En los casos en los que se prevea colocar una capa de compresión superior a 5 cm, se deberán colocar separadores de armadura convencionales con el fin de mantener la armadura cerca de la superficie.

## 2.4. Componentes auxiliares para perímetros

### 2.4.1. Perfiles perimetrales

Los perfiles perimetrales son piezas planas de polipropileno reciclado destinadas principalmente a cubrir los perímetros libres y evitar que el hormigón vertido se derrame.

Project for Building fabrica los perfiles de la tabla 2.4, especialmente diseñados para este tipo de sistemas de encofrado. La denominación de los perfiles concuerda

con las mismas alturas que las piezas Granchio y Mini Hercules con las que se deben utilizar. Además, disponen de una banda perpendicular a la altura principal del perfil, que se coloca como base para dar estabilidad al perfil bajo los pies de los pilares de las piezas.

Los perfiles perimetrales pueden cortarse, si es necesario, mediante un cúter o sierra de calar.

Pieza	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)
PRO 10	200	17	3,5
PRO 15	200	23	3,5
PRO 20	200	28	3,5
PRO 25	200	33	3,5
PRO 30	200	38	3,5
PRO 35	200	43	5,0
PRO 40	200	48	5,0
PRO 45	200	53	5,0
PRO 50	200	58	5,0
PRO 55	200	63	5,0
PRO 60	200	68	5,0
PRO 65	200	73	5,0
PRO 70	200	78	5,0

**Tabla 2.4:** Geometría de los perfiles perimetrales de Project for Building.

### 2.4.2. Placas de poliestireno expandido para juntas

Se contempla la utilización de placas de poliestireno expandido, de forma general, en encuentros y juntas a hormigonar (véase el apartado 6.1.3).

En general se utilizan placas de poliestireno de 2 cm a 5 cm, pero sin ningún requisito específico en cuanto a resistencia, densidad u otras características.

### 2.4.3. Zuncho perimetral

Alternativamente a la utilización de un perfil y las placas de poliestireno, puede ejecutarse un zuncho perimetral, solidario con la capa de compresión y el resto de la solera, que impida que este extremo de la solera trabaje en voladizo. También puede realizarse un zuncho perimetral con el fin de adecuar el encuentro con los perímetros a la modulación de las piezas y no tener que colocar piezas cortadas.

El hormigonado del zuncho se realizará juntamente con toda la estructura de solera con lo que el hormigón será el mismo según las especificaciones del apartado 2.2. Las piezas cortadas deberán disponer de un perfil perimetral para evitar que se vierta hormigón por la parte inferior de éstas, así como apoyos realizados con ladrillos para que no vuelquen.

El zuncho perimetral es de 20 cm a 25 cm de ancho como mínimo y una altura igual a la de la pieza más la

capa de compresión. No es necesario colocar armadura, pero si por motivos de proyecto se considera necesario, se recomienda colocar acero tipo B-500S de 12 mm de diámetro en la cantidad especificada en el proyecto. Para cada proyecto se realizan detalles de los puntos críticos en los cuales se especifican los armados del zuncho.

Los criterios de utilización de este elemento quedan recogidos en el apartado 6.1.3.3.

## 3. Fabricación y control de producción

### 3.1. Fabricación

Project for Building fabrica los encofrados de polipropileno en su planta ubicada en Mornico al Serio (Bérgamo).

#### 3.1.1. Materias primas

La materia prima para fabricar piezas Granchio y Mini Hercules es polipropileno reciclado por Project for Building. El polipropileno reciclado, totalmente lavado y exento de materias contaminantes, se introduce triturado en el proceso de producción. Es de color negro, aunque en algunos casos puede presentar tonalidades grisáceas.

#### 3.1.2. Proceso de fabricación

Las piezas Granchio y Mini Hercules se fabrican por un proceso de extrusión, secado y triturado de la materia prima y una termo-inyección en moldes de acero. En cada molde se fabrica una sola pieza.

#### 3.1.3. Presentación del producto

Las piezas se presentan apiladas, protegidas con film de polietileno y sujetadas con flejes de plástico. Las unidades por paquete se indican en las tablas 3.1 y 3.2, en función del modelo de pieza. Si el transporte lo exige, se pueden transportar en palés.

Cada paquete se etiqueta indicando el modelo, el número de piezas, fecha y hora de embalaje y el código de fabricación. Cada pedido tiene su albarán correspondiente en el que se indica el cliente, la dirección, el teléfono de contacto, el modelo, el número de piezas y el número de paquetes.

Pieza	Unidades por paquete	Dimensiones del paquete (m)	Superficie aproximada en obra (m <sup>2</sup> )
GRA 5	200	1,20 x 0,80 x 2,14	90,00
GRA 10	160	1,20 x 0,80 x 2,18	72,00
GRA 15	100	1,05 x 0,77 x 2,00	37,50
GRA 20	100	1,05 x 0,77 x 2,05	37,50
GRA 25	100	1,05 x 0,77 x 2,15	37,50
GRA 30	100	1,05 x 0,77 x 2,20	37,50
GRA 35	100	1,05 x 0,77 x 2,25	37,50
GRA 40	100	1,05 x 0,77 x 2,30	37,50
GRA 45	100	1,05 x 0,77 x 2,35	37,50
GRA 50	90	1,05 x 0,77 x 2,20	33,75
GRA 55	90	1,05 x 0,77 x 2,30	33,75

**Tabla 3.1:** Presentación de las piezas Granchio.

Pieza	Unidades por paquete	Dimensiones del paquete (m)	Superficie aproximada en obra (m <sup>2</sup> )
Base	90	1,05 x 0,77 x 2,4	33,75
GAM 55	288	1,20 x 0,80 x 2,34	108,00
GAM 60	270	1,20 x 0,80 x 2,34	101,25
GAM 65	252	1,20 x 0,80 x 2,34	94,50
GAM 70	235	1,20 x 0,80 x 2,34	87,75

**Tabla 3.2:** Presentación de las piezas Mini Hercules.

### 3.2. Control de producción

Con el fin de asegurar las características declaradas de los sistemas Granchio y Mini Hercules en el presente DAU, Project for Building sigue el Plan de Control acordado con el ITeC.

Este Plan de Control define los controles a realizar sobre las materias primas y durante el proceso de fabricación.

Dichos controles se basan tanto en ensayos a realizar en las mismas instalaciones de Project for Building y en laboratorios externos como en controles de los parámetros de fabricación.

#### 3.2.1. Control de la materia prima

El polipropileno recibido se controla mediante el albarán y una inspección de su aspecto y su calidad. Durante el reciclado se controlan los parámetros de producción para asegurar la calidad del material para fabricar los encofrados.

#### 3.2.2. Control del proceso de fabricación

El control de la fabricación consiste en revisar los parámetros del proceso de moldeo.

#### 3.2.3. Control del producto final acabado

El control final del producto se basa en una medición de las dimensiones y el peso y una inspección visual de los siguientes aspectos:

- Presencia de rechupes, ráfagas, exceso de material, rebabas, brillos, líneas de unión y ríos de material.
- Deformaciones y rotura.
- Falta de material.

Además, se realizan pruebas de resistencia a compresión por cada lote de fabricación.

## 4. Almacenamiento, transporte y recepción en obra

### 4.1. Almacenamiento

Las piezas Granchio y Mini Hercules pueden almacenarse a cubierto o a la intemperie, ya que el material no se ve afectado por las inclemencias meteorológicas. No es aconsejable, sin embargo, que el material esté expuesto a la intemperie durante largos periodos de tiempo, ya que las piezas pueden fragilizarse y perder cierta resistencia mecánica. Tampoco es aconsejable almacenarlas expuestas directamente a fuentes de calor.

Asimismo, se recomienda guardar el material en un lugar fuera del alcance de posibles golpes que podrían romper las piezas.

### 4.2. Transporte

El transporte se realiza generalmente en camión, colocando el producto sin dejar espacios entre los embalajes, evitando posibles movimientos y golpes.

El material se debe cargar por personal especializado con la ayuda de la maquinaria correspondiente.

No se considera ningún otro requisito específico para el transporte de las piezas. En general, las piezas se empaquetan con los formatos indicados en las tablas 3.1 y 3.2, pero pueden suministrarse colocadas sobre un palé, si la empresa de transportes así lo requiere.

### 4.3. Control de recepción en obra

En obra debe verificarse que el material entregado se corresponde con el que figura en el albarán de transporte.

Además, se deberá comprobar visualmente que los modelos recibidos se encuentran en buen estado: no han sufrido deformaciones excesivas, no presentan roturas, no presentan faltas de material, o cualquier otro defecto que pueda comprometer la estanquidad del encofrado o su resistencia. Deberán desecharse aquellas piezas que no encajen correctamente.

## 5. Criterios de proyecto

El diseño de los sistemas Granchio y Mini Hercules se basará en el cumplimiento de las exigencias básicas del Código Técnico de la Edificación (de ahora en adelante, CTE) según lo indicado en los documentos básicos DB-SE-AE, DB-SE-C, DB-SI, DB-HS, DB-SUA, DB-HR y DB-HE, además de los requisitos recogidos en el Código Estructural. En cada proyecto deberá comprobarse la adecuación de las soluciones constructivas escogidas.

A continuación, se indican una serie de criterios que se deberán considerar en el momento de proyectar con el sistema objeto del DAU.

### 5.1. Seguridad estructural

Los sistemas Granchio y Mini Hercules se utilizan para formar encofrados perdidos que se rellenan con hormigón con el fin de formar un suelo elevado. Una vez hormigonado, la capacidad resistente de la solera la confiere el hormigón, que forma un suelo elevado de espesor variable (capa de compresión de 5 cm mínimo) que dispone de unos pilares en forma de tronco piramidal invertido uniformemente repartidos que transmiten las cargas al soporte sobre el que se apoya.

Los ensayos realizados en laboratorio, tanto de carga repartida como de carga puntual, muestran que la resistencia de estas soleras puede llegar a ser muy elevada, si se instala sobre un soporte rígido.

En el caso de cargas repartidas, se observa que, en general, el punto crítico de este sistema no es la resistencia de la solera, sino el comportamiento del soporte sobre el que se coloca. De acuerdo con los resultados de los ensayos y los cálculos realizados, los esfuerzos a compresión que puede resistir este tipo de soleras son muy elevados, pero la forma de las soleras no está diseñada para trabajar a flexión si el soporte falla. Si el soporte se deforma excesivamente o los pilares de la solera producen un hundimiento o punzonamiento del soporte, se puede provocar la fisuración o rotura de la solera, debido a que el sistema

pasa a trabajar a flexión y la capa de compresión con el armado antifisuración no puede soportar estos esfuerzos. Por ello, los pilares de la solera deben estar siempre apoyados sobre un soporte suficientemente rígido y plano.

En el caso de carga puntual, el mecanismo de fallo de la solera depende en gran medida de la resistencia de la superficie de soporte, de acuerdo con los ensayos y cálculos realizados (ensayos realizados con un aplicador de carga de 5 cm x 5 cm). Sobre terrenos poco resistentes, el mecanismo principal será similar al indicado para carga repartida: hundimiento de los pilares en el terreno, provocando una flexión inadmisibles en la solera. Sin embargo, en terrenos muy resistentes o sobre losas y forjados, el mecanismo de fallo puede darse por flexión/punzonamiento de la solera debido a la carga puntual.

La resistencia de las soleras en el caso de carga puntual depende en gran medida del espesor de la capa de compresión. Se han ensayado las soleras con el mínimo espesor permitido (5 cm) de capa de compresión; para mayores espesores la resistencia a cargas puntuales aumenta sustancialmente.

Por esta razón, en la fase de proyecto se deberá evaluar tanto la aptitud de la solera como la del soporte con el fin de evitar la rotura de la solera. En general, las sobrecargas de uso pueden tomarse de la tabla 3.1 del DB-SE-AE. En casos de cargas concentradas conocidas, se recomienda realizar un cálculo particular para evaluar la resistencia del soporte.

Como referencia, la tabla 5.1 indica los resultados, debidamente minorados, de los ensayos realizados. Tal como se ha indicado en el primer párrafo, estos valores corresponden a una solera apoyada sobre un soporte muy rígido (condiciones de laboratorio). Por otra parte, las tablas 5.2a y 5.2b dan los pesos de las soleras por metro cuadrado, considerando un hormigón de densidad 2.500 kg/m<sup>3</sup>.

En los apartados 5.1.1, 5.1.2 y 5.1.3 se dan criterios para la consideración de las cargas admisibles en la fase de proyecto, en función del tipo de soporte previsto.

Pieza	Espesor de la capa de compresión (cm)	Resistencia a carga puntual de referencia (*)		Resistencia a carga repartida de referencia
		(kN)	(kg)	(MPa)
GRA 5 y GRA 10	5	46,4	4.640	0,74
De GRA 15 a GRA 55	5	14,7	1.470	0,23
De MINIHER 55 a MINIHER 70	5	12,6	1.260	0,15

(\*) Carga aplicada en una superficie de 5 cm x 5 cm.

**Tabla 5.1:** Resistencia de la solera a carga puntual y carga repartida, sobre soporte rígido.

Pieza	GRA 5	GRA 10	GRA 15	GRA 20	GRA 25	GRA 30	GRA 35	GRA 40
<b>Dimensiones (mm)</b>	780 x 580	780 x 580	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500
<b>Área de la pieza (cm<sup>2</sup>)</b>	4.524	4.524	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750
<b>Área de un pilar (cm<sup>2</sup>)</b>	53,8	48,3	205,1	169,9	224,6	177,8	185,6	164,6
<b>Pilares/pieza</b>	12	12	1	1	1	1	1	1
<b>Área pieza / área pilares</b>	7,0	7,8	18,3	22,1	16,7	21,1	20,2	22,8
<b>Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza (l/m<sup>2</sup>)</b>	9	15	30	35	40	45	50	55
<b>Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza (l)</b>	4,3	7,2	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8	20,6
<b>Peso del sistema por metro cuadrado de solera (kg/m<sup>2</sup>) Capa compresión 5 cm</b>	148	163	200	213	225	238	250	263

Tabla 5.2a: Geometría y peso del sistema para las piezas GRA 5 a GRA 40.

Pieza	GRA 45	GRA 50	GRA 55	MINIHER 55	MINIHER 60	MINIHER 65	MINIHER 70
<b>Dimensiones (mm)</b>	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500	750 x 500
<b>Área de la pieza (cm<sup>2</sup>)</b>	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750
<b>Área de un pilar (cm<sup>2</sup>)</b>	151,9	139,1	126,4	120	120	120	120
<b>Pilares/pieza</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>Área pieza / área pilares</b>	24,7	27,0	29,7	31,3	31,3	31,3	31,3
<b>Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza (l/m<sup>2</sup>)</b>	62	65	70	62	64	66	68
<b>Consumo de hormigón hasta el seno de la pieza (l)</b>	23,3	24,4	26,3	23,3	24,0	24,8	25,5
<b>Peso del sistema por metro cuadrado de solera (kg/m<sup>2</sup>) Capa compresión 5 cm</b>	280	288	300	280	285	290	295

Tabla 5.2b: Geometría y peso del sistema para las piezas GRA 45 a GRA 55 y MINIHER 55 a MINIHER 70.

### 5.1.1. Colocación sobre el terreno

La colocación sobre el terreno debe realizarse interponiendo siempre una capa de hormigón de limpieza HM-20 (sin malla) o HA-25 (con malla) de 5 cm de espesor mínimo, cuya función es regularizar y rigidizar la superficie para proporcionar un buen apoyo a las piezas Granchio y Mini Hercules. Esta capa de hormigón de limpieza deberá presentar una buena planeidad, con unas diferencias máximas de nivel de alrededor de 1 cm por cada metro. El apoyo de las piezas es muy importante para evitar que el hormigón pueda abrir las patas que forman los pilares al ser vertido, además de garantizar que, una vez fraguado, todos los pilares del suelo elevado estarán en contacto con el soporte.

En este caso, deben comprobarse las acciones sobre el terreno, teniendo en cuenta:

- El peso propio de la solera hormigonada.
- El peso de la capa de hormigón de limpieza.
- Las cargas permanentes y las sobrecargas de uso previstas.

El peso de la solera se calcula a partir del consumo de hormigón de cada pieza (véanse las tablas 5.2a y 5.2b) y del espesor de la capa de compresión. Con estos datos y la densidad del hormigón, puede calcularse el peso por metro cuadrado de la solera. Se debe tener en cuenta en el cálculo del esfuerzo que este peso se concentra sobre la superficie inferior de los pilares, lo cual puede producir un punzonamiento del terreno.

Generalmente, la capa de hormigón de limpieza no debe ser considerada como un elemento repartidor de cargas,

debido a su modesto espesor y a que en general no está armada. Si según el criterio del proyectista, se considera un elemento repartidor de cargas, deben recalcularse los valores de la tabla 5.3.

El cálculo de la resistencia y de las acciones del terreno deberá realizarse teniendo en cuenta las consideraciones del DB-SE-C del CTE.

En ningún caso la carga concentrada en el área del pilar deberá ser superior a la capacidad de carga del terreno, para evitar el hundimiento del pilar y la consiguiente rotura potencial de la solera.

En terrenos colapsables, en los que se prevean asientos diferenciales o que se encuentren por debajo del nivel freático se recomienda la colocación de los sistemas Granchio y Mini Hercules sobre una losa de cimentación, u otra solución adecuada a cada caso particular. En cualquier caso, se deberán considerar las condiciones constructivas y el acondicionamiento de los terrenos y cimentaciones indicados en el DB-SE-C.

La tabla 5.3, obtenida a partir de los resultados de ensayos, resume el mecanismo principal de rotura previsto en caso de superarse las cargas máximas admisibles, en función de la resistencia del terreno, y puede utilizarse como una referencia en el diseño de las soleras.

En los casos en los que se considere que el fallo es de la solera y no del terreno, la resistencia de la solera es la indicada en la tabla de resistencias de referencia (tabla 5.1).

Piezas	Mecanismo principal de fallo del sistema en función de la resistencia del terreno ( $\sigma_{adm}$ )			
	Espesor de la capa de compresión	Fallo por punzonamiento del terreno/soporte en cualquier caso	Punzonamiento del terreno/soporte (en carga repartida) o fallo de la solera (en carga puntual)	Fallo de la solera en cualquier caso
	(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
GRA 5 y GRA 10	5	$\sigma_{adm} < 2,24$	$2,24 < \sigma_{adm} < 9,89$	$\sigma_{adm} > 9,89$
De GRA 15 a GRA 55	5	$\sigma_{adm} < 0,16$	$0,16 < \sigma_{adm} < 3,85$	$\sigma_{adm} > 3,85$
De MINIHER 55 a MINIHER 70	5	$\sigma_{adm} < 0,26$	$0,26 < \sigma_{adm} < 4,76$	$\sigma_{adm} > 4,76$

**Tabla 5.3:** Predicción del mecanismo de fallo en caso de superarse las cargas máximas admisibles, en función del terreno.

### 5.1.2. Colocación sobre forjado o losa de cimentación

En este caso, no es necesaria la colocación de una capa de regularización ya que, en general, las superficies de soporte disponibles son suficientemente planas para la correcta colocación de las piezas Granchio y Mini Hercules.

Tanto en proyecto de obras nuevas como en rehabilitaciones, se deberá prever el peso del suelo

elevado, las cargas permanentes y las sobrecargas de uso en la verificación de la capacidad resistente de la estructura (forjado o losa de cimentación). Se recomienda comprobar la resistencia del soporte al punzonamiento provocado por los pilares.

En estructuras en las que se pueda prever una deformación diferida importante, se deberá evaluar si estas deformaciones pueden provocar la fisuración de la capa de compresión de la solera por flexión. Al considerar las cargas puntuales, se deberá considerar

que estas cargas pueden provocar el fallo por flexión/punzonamiento de la capa de compresión de la solera, antes que la deformación excesiva del forjado o losa de soporte.

En los casos en los que se considera que el fallo se produce en la solera, y no debido a la flexión por deformación del soporte, puede considerarse que la resistencia de la solera es la indicada en la tabla de resistencias de referencia (tabla 5.1).

### 5.1.3. Colocación sobre soporte inclinado

Los sistemas Granchio y Mini Hercules se pueden colocar sobre pendientes con una inclinación máxima del 20 %. Los valores dados en este documento no son de aplicación para sistemas instalados sobre soportes inclinados. La resistencia de un suelo elevado sobre un soporte inclinado se debe calcular caso por caso bajo la responsabilidad del proyectista.

Para conseguir un suelo elevado horizontal a partir de un soporte inclinado, la modulación del encofrado debe combinar piezas con distintas alturas (véase la figura 6.9). Debe realizarse una correcta modulación de piezas para asegurar que la capa de compresión en ningún punto sea inferior a 5 cm.

## 5.2. Seguridad en caso de incendio

### 5.2.1. Reacción al fuego

La reacción al fuego del polipropileno tanto de las piezas Granchio como las piezas Mini Hercules no está caracterizada, la del hormigón y del acero son clase A1, tal como se indica en el apartado 9.2.2.1.

La tabla 4.1 del DB-SI resume las exigencias de reacción al fuego de los elementos constructivos en aquellos casos en los que puede haber una propagación del fuego por el interior del edificio. Los sistemas Granchio y Mini Hercules pueden utilizarse en:

- Suelos elevados estancos que no contengan instalaciones susceptibles de iniciar o propagar un incendio.
- Suelos elevados dentro de viviendas.
- Aquellos casos en los que los requisitos de propagación interior del DB-SI no son de aplicación, como en suelos elevados en el exterior o en aquellos casos en los que no haya ninguna posibilidad de que el fuego se inicie o propague por el interior del edificio.

Nota 1: Se entiende como suelo elevado los distintos usos de los sistemas, como son forjados sanitarios, soleras ventiladas y recrecidos (véase el apartado 1.2).

Nota 2: Se entiende como estanco aquel elemento que no tiene ninguna perforación que lo conecte con el espacio interior del edificio.

### 5.2.2. Resistencia al fuego

Los sistemas Granchio y Mini Hercules no son elementos estructurales que delimiten sectores de incendio, por lo que este requisito no es de aplicación.

En caso de utilizar este sistema sobre forjados que compartimentan sectores de incendio, podrá considerarse que el suelo elevado resultante mejora la resistencia al fuego del forjado desde el punto de vista térmico (criterio I). Por otro lado, también deberá tenerse en cuenta el peso añadido que supone el suelo elevado, desde el punto de vista de la capacidad portante en caso de incendio (criterio R).

## 5.3. Salubridad

### 5.3.1. Impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración de agua se define en la tabla 2.3 del DB-HS, en función de la presencia de agua y el coeficiente de permeabilidad del terreno. Los tres grados de presencia de agua en el terreno (baja, media y alta) se definen en el punto 2 del apartado 2.1.1 del DB-HS, en función de la posición del suelo respecto al nivel freático.

La tabla 2.4 del mismo DB indica las condiciones exigidas a las soluciones constructivas más habituales en función del tipo de muro, el tipo de suelo, el tipo de intervención en el terreno y el grado de impermeabilidad exigido. De acuerdo con esta tabla, para ciertos grados de impermeabilidad del suelo elevado, se debe disponer de una ventilación del espacio inferior (condición V1). En los casos en los que es necesaria una solución con cámara ventilada, deben tenerse en cuenta, además, los criterios relativos a la propagación del fuego por el interior del edificio, tal como se indica en el apartado 5.2.1 de este DAU. Cuando el grado de impermeabilidad exigido contemple la necesidad de una ventilación (grado de impermeabilidad 3 o superior), y por cuestiones relativas a la propagación del fuego no se pueda disponer de esta ventilación, se podrá ejecutar una solera o placa bajo el suelo elevado con las condiciones indicadas en la misma tabla 2.4.

El encofrado perdido forma una capa de polipropileno que recubre toda la superficie inferior de la solera, lo cual puede conferir cierta impermeabilidad a esta solera. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las uniones entre piezas no son estancas, o pueden abrirse ligeramente durante el hormigonado, dejando pequeños huecos por los que puede remontar la humedad.

Tal como se indica en el apartado 9.2.3.1 de este DAU, no puede considerarse que los sistemas Granchio y Mini Hercules sean impermeables, ya que las juntas entre piezas no son estancas al agua.



### 5.3.2. Limitación de condensación

Los criterios de proyecto relativos a las posibles condensaciones superficiales e intersticiales se recogen en el apartado 5.6 de este DAU.

### 5.3.3. Otros aspectos del sistema

El apartado 5.1.2 del DB-HS del CTE recoge ciertas instrucciones para la ejecución de suelos en contacto con el terreno que se deberán considerar en fase de proyecto.

En caso de que se deban disponer instalaciones a través del suelo elevado, se tendrán en cuenta los criterios indicados en el apartado 5.4.5 del DB-HS, referente a la ejecución de elementos de conexión a las redes enterradas.

Cuando deba colocarse una lámina impermeabilizante sobre el hormigón de limpieza, la superficie de dicho hormigón debe ser plana. Se deberá considerar que la impermeabilización deberá soportar el peso de la solera y las cargas de uso que transmiten sus pilares.

## 5.4. Seguridad de utilización y accesibilidad

Los criterios relacionados con la resistencia y seguridad de utilización de los suelos elevados ejecutados con los sistemas Granchio y Mini Hercules se indican en el apartado 5.1.

La seguridad durante la puesta en obra de los sistemas queda recogida en los criterios de ejecución del apartado 6.1.

En cuanto al riesgo de caídas por la presencia de desniveles, no se considera ningún criterio especial que difiera de los casos generales, recogidos en el DB-SUA del CTE. Este requisito no se aplica a las piezas del encofrado perdido, ya que éstas no se encuentran al alcance de los usuarios del edificio y su capacidad portante solo es relevante en el proceso de hormigonado. Del mismo modo, tampoco son de aplicación los requisitos de accesibilidad.

## 5.5. Protección frente al ruido

No se ha evaluado la contribución al aislamiento al ruido aéreo ni al aislamiento al ruido de impactos de las particiones horizontales en las que se utilizan los suelos elevados de Granchio y Mini Hercules.

Siempre se recomienda desolidarizar la solera de los elementos estructurales verticales, especialmente en aquellos usos en los que se exijan prestaciones de aislamiento acústico.

## 5.6. Ahorro de energía y aislamiento térmico

No se ha evaluado la contribución al aislamiento térmico de los suelos elevados cuando estos forman parte de la envolvente térmica del edificio. Para realizar el cálculo en cada caso particular se pueden considerar los siguientes puntos:

- Puede desestimarse la contribución al aislamiento térmico de los encofrados perdidos Granchio y Mini Hercules debido a su bajo espesor.
- Los valores de conductividad térmica del hormigón podrán tomarse de la tabla 3.4.1 del *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, en función de su densidad.
- Deberá analizarse, teniendo en cuenta las dimensiones de la solera, cómo debe considerarse la cámara de aire inferior en el cálculo.

Podrá realizarse el cálculo de la resistencia térmica del suelo elevado según lo indicado en el documento de apoyo DA DB-HE-1 *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Debe tenerse en cuenta que, si la cámara de aire es no ventilada o ligeramente ventilada, la resistencia térmica del aire es significativamente superior a la del hormigón. En estos casos debería tenerse en cuenta el posible efecto de puente térmico que puedan tener los pilares del suelo elevado resultante.

De cara a realizar la comprobación del riesgo de condensaciones, podrá realizarse el cálculo según lo indicado en el documento de apoyo DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*. Los encofrados perdidos de polipropileno pueden jugar un papel importante como barrera de vapor, pero no se puede considerar que las juntas entre las piezas Granchio y Mini Hercules sean estancas al vapor de agua. Deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Las juntas entre las piezas son los puntos por los que puede pasar el vapor de agua.
- El aire contenido en la parte inferior del sistema deberá considerarse como una cámara de aire estanca o ventilada en función de la solución constructiva y de acuerdo con el documento de apoyo DA DB-HE/1, apartado 2.1.1.

## 5.7. Otros criterios de proyecto

### 5.7.1. Durabilidad

La durabilidad del hormigón y el mallazo utilizados en los suelos elevados Granchio y Mini Hercules debe satisfacer lo especificado en el Código Estructural., especialmente lo indicado en el capítulo 29.

No se considera ningún requisito específico relativo a la durabilidad de las piezas Granchio y Mini Hercules,

puesto que su función principal termina una vez el hormigón ha fraguado.

### 5.7.2. Aspectos dimensionales del sistema

Los proyectos en los cuales se utilicen los sistemas Granchio y Mini Hercules deben tener presente una serie de criterios geométricos que pueden afectar a la instalación del sistema:

#### Planeidad del soporte

La planeidad del soporte es uno de los factores con más relevancia en la instalación del sistema, debido a que las piezas deben encajar correctamente entre sí. Si el soporte no es suficientemente plano, pueden aparecer problemas durante el vertido del hormigón dando lugar a pérdidas de material por los puntos en los que no se ha producido un buen encaje entre piezas.

Cuando se instalan los sistemas sobre el terreno, se debe ejecutar una capa de hormigón de limpieza de acuerdo con el apartado 5.1.1.

#### Consideración de los perímetros

Los perímetros pueden ser muros de hormigón armado, muros de fábrica resistente, tabiques divisorios, pilares (rectangulares, cuadrados y circulares), zapatas de cimentación, etc. Las piezas se entregarán a los perímetros mediante pieza entera o cortada, en función de los criterios estructurales de la obra (véase el apartado 6.1.3).

#### Modulación

En el diseño de la modulación del sistema Granchio debe considerarse que la colocación de las piezas debe empezar siempre con pieza entera al menos en dos de los lados de la superficie a cubrir.

En cambio, el diseño de la modulación del sistema Mini Hercules debe empezar, siempre que sea posible, con un cuarto de pieza "Base" en un vértice de la superficie y piezas "Base" cortadas por la mitad en los perímetros contiguos. De este modo los pilares (piezas Gamba) nunca se cortan y mantienen la estabilidad del sistema.

Por otro lado, cuando existan instalaciones, ya sean redes de saneamiento o instalaciones eléctricas, se deberá tener en cuenta el replanteo de estas para que no coincidan con los pilares estructurales de los sistemas.

#### Cota final del suelo elevado

Para poder proyectar los sistemas Granchio y Mini Hercules con la solución más adecuada, se debe conocer la cota que debe tener el pavimento final. Con este dato se elegirán las piezas y el espesor de la capa de compresión más adecuados, teniendo en cuenta también que se deben satisfacer las solicitaciones mecánicas previstas.

Tal como se ha indicado en el apartado 1.3 de este DAU, la altura máxima a la que se puede elevar la solera es de 55 cm con piezas Granchio y 70 cm con piezas Mini Hercules, sin contar la capa de compresión. De todas

formas, en los casos en que exista una cota importante a salvar, es posible alzar la solera mediante la colocación de soleras sucesivas.

Estos recrecidos pueden ejecutarse con cualquier combinación de piezas Granchio o Mini Hercules, justificando correctamente su uso en cada caso particular. El espesor de la capa de compresión intermedia deberá garantizar la estabilidad de la solera superior, teniendo en cuenta su peso y las acciones previstas en ella. Es recomendable que la disposición de los pilares de las distintas soleras coincida siempre que sea posible (véase la figura 6.2).

Entre capa y capa se deberá esperar a que el hormigón haya fraguado completamente. Una vez fraguado el hormigón, se puede colocar cualquiera de las otras alturas de piezas. En cualquier caso, pero especialmente en estos recrecidos, deberá tenerse en cuenta el peso total del sistema y la resistencia del soporte, tal como se indica en el apartado 5.1.

#### Suelo elevado inclinado

Con los sistemas Granchio y Mini Hercules se pueden formar suelos elevados con una inclinación máxima del 20 % respecto a la horizontal (véase la figura 6.10).

Se recomienda iniciar el hormigonado desde la parte baja utilizando un hormigón de consistencia seca. En cualquier caso, se tomarán las medidas adecuadas para evitar que el hormigón deslice hacia abajo y pierda planeidad, especialmente durante el vibrado.

### 5.7.3. Puntos singulares

Deberán considerarse, en fase de proyecto, los puntos singulares que se detallan en el apartado 6.1.3.

## 6. Criterios de ejecución, de mantenimiento y reparación

### 6.1. Criterios de ejecución

Se deberán seguir las instrucciones de instalación especificadas por Project for Building y que se entregan con los distintos productos. Además, se tendrán en cuenta las indicaciones de ejecución de soleras de hormigón del Código Estructural.

#### 6.1.1. Condiciones previas

Previamente a la instalación del producto, se deberá comprobar que en los planos de replanteo del sistema se han considerado las instalaciones que puedan atravesar la solera (eléctricas y de saneamiento), así como los elementos verticales presentes en la obra. Se deberá comprobar que se han incluido todos los detalles necesarios para la correcta puesta en obra del sistema.

No hay ningún requisito especial relativo a las condiciones meteorológicas durante la instalación. El rango posible de temperaturas ambientales no afecta a los encofrados ni a su puesta en obra. El sistema puede instalarse siempre que las condiciones meteorológicas se consideren aptas para poder trabajar.

Antes de comenzar la colocación de las piezas se deberá comprobar que la planeidad de la superficie de soporte es adecuada para la instalación del sistema (véase el apartado 5.7.2).

#### 6.1.2. Colocación de las piezas Granchio y Mini Hercules

Una correcta colocación de las piezas Granchio y Mini Hercules es básica para que los sistemas puedan desarrollar satisfactoriamente sus prestaciones.

Las piezas deben ser colocadas manualmente por instaladores debidamente formados. Deben seguirse los planos del proyecto para mantener el replanteo previsto.

La colocación de cada pieza debe respetar la orientación indicada por las flechas situadas en la cúpula de la pieza, que indican qué lado debe utilizarse para encajar las siguientes piezas a colocar. También se deberá respetar la posición de la pieza indicada en proyecto, es decir, si se coloca en dirección longitudinal o transversal.

En los encuentros con elementos verticales, como pilares, muros, etc. se cortarán las piezas con una radial o con una sierra de calar especial para plástico, de modo que se adapten a la geometría del elemento.

En todos los encuentros entre las piezas y los elementos verticales existentes en obra (muros, pilares, fosos salientes, arquetas, etc.) se recomienda colocar una placa de poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm de espesor y de altura igual a la de la solera (altura de la

pieza + altura de la capa de compresión), que actuará como junta de hormigonado. Esta placa puede fijarse al elemento vertical mediante pequeñas pelladas de silicona.

Si el proyecto lo requiere, pueden instalarse anclajes químicos con resinas epoxi entre la capa de compresión y la estructura existente. Cada 50 cm o 75 cm, se utilizarán barras corrugadas de 12 mm de diámetro, de longitud mínima de 50 cm y un empotramiento de 20 cm. Las barras corrugadas y la malla de la capa de compresión se solaparán como mínimo 20 cm (véase la figura 6.10).

#### 6.1.3. Solución de perímetros, encuentros con pilares y otros puntos singulares

En general se recomienda utilizar las soluciones constructivas indicadas en este DAU. Pueden ejecutarse, si es necesario, otras soluciones no recogidas en este documento, siempre que se garantice que las piezas Granchio y Mini Hercules cortadas están bien apoyadas, que no se deja ningún hueco por el que pueda escapar el hormigón al verterlo y que no haya ninguna parte de la solera final que trabaje a flexión o en voladizo.

##### 6.1.3.1. Perímetros libres

En el caso de que no existan muros perimetrales o puntos de entrega de las piezas, se deben colocar perfiles perimetrales para evitar la pérdida de hormigón durante el hormigonado. Las dimensiones de los perfiles perimetrales deben adecuarse a la altura de la solera prevista.

##### 6.1.3.2. Perímetros en los que se inicia el replanteo

Cuando existen elementos verticales a partir de los cuales se realiza el replanteo, las piezas pueden atestarse contra ellos sin necesidad de ser cortadas.

En este caso, no será necesaria la colocación del perfil perimetral. Puede colocarse una placa de poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm de espesor entre el elemento vertical y las piezas para formar una junta de hormigonado.

##### 6.1.3.3. Resto de perímetros

De mayor a menor carga, los perímetros en los que las piezas no encajan perfectamente con la modulación del sistema (véase el apartado 5.7.2) pueden resolverse de las tres formas siguientes:

- Acabando o con pieza entera o media pieza y formando un zuncho perimetral hasta el encuentro con el elemento vertical correspondiente, tal como se indica en la figura 6.3. Se deberá tener en cuenta el incremento de peso provocado por el hormigón de este zuncho.

En el caso de terminar con media pieza, es necesario colocar un tabique de ladrillos bajo las piezas cortadas, con el fin de evitar que estas vuelquen durante el hormigonado. No puede

considerarse que estos tabiques confieran estabilidad ni apoyo a la capa de compresión.

- Para cargas de uso bajas, y siempre que en la fase de ejecución la pieza cortada sea estable al vuelco, podrá ejecutarse la solera en vuelo, sin la ejecución de zuncho perimetral.

Esta solución deberá justificarse debidamente en cada caso particular. Deberán tenerse en cuenta no sólo las cargas repartidas, sino también las cargas puntuales que puedan aplicarse en los extremos en vuelo de la solera, así como su resistencia a cortante.

El zuncho perimetral puede ir armado, si las condiciones de la obra lo exigen o si se ha definido así en el proyecto.

#### 6.1.3.4. Encuentros con pilares

##### Encuentros con pilares de hormigón

En general, los pilares de hormigón no tienen una forma que haga necesaria una consideración especial del encuentro de las piezas con estos. Así pues, se seguirán los mismos criterios que los indicados en los apartados anteriores para resolver estos encuentros (véase la figura 6.4).

##### Encuentros con pilares metálicos

En este caso se colocan las piezas hasta la placa de apoyo del pilar metálico. Tanto si se acaba con pieza entera o con pieza cortada, se deberán seguir los criterios generales descritos anteriormente. El espacio restante hasta llegar al pilar puede rellenarse en su totalidad con hormigón, o con una mezcla de hormigón y grava a partes iguales. En ambos casos debe utilizarse un hormigón tipo HA-25 N/mm<sup>2</sup>. Se recomienda separar el hormigonado del pilar mediante una junta de poliestireno, si bien la dirección facultativa podrá optar por otras soluciones.

#### 6.1.3.5. Juntas estructurales

En las juntas estructurales se seguirán las mismas soluciones que las indicadas para perímetros en los que se inicia el replanteo. Si el replanteo permite partir de la junta estructural en sentidos opuestos, simplemente se colocarán las piezas atestadas contra una placa de poliestireno expandido (véase la figura 6.5). Si esto no es posible, se ejecutará un zuncho perimetral enrasado con la junta estructural. El material a utilizar en la junta será el que se especifique en el proyecto.

En cualquier caso, los suelos elevados realizados con los sistemas deberán respetar las juntas estructurales presentes en el soporte, si las hubiera, prolongando dichas juntas a las soleras siguiendo las soluciones constructivas propuestas en este apartado.

#### 6.1.3.6. Cambios de cota

En el caso de realizar un cambio de cota con los sistemas Granchio y Mini Hercules, se colocará como elemento separador un murete de fábrica de ladrillo. Como alternativa se colocará un perfil perimetral para la

cota inferior y un encofrado provisional que cubra la diferencia de cotas y evite que el hormigón vertido en la cota superior se pierda (véanse las figuras 6.6 y 6.7).

#### 6.1.3.7. Paso de instalaciones a través de la solera

Debido a la gran variedad de situaciones posibles, el paso de las instalaciones deberá estudiarse para cada caso particular. Como criterio general, las soluciones que se adopten deberán garantizar la estabilidad y estanquidad del encofrado durante el hormigonado, así como la estabilidad de la solera una vez fraguado el hormigón.

Se recomienda sellar los pasos de instalaciones con una espuma, por ejemplo, de poliuretano.

En el caso particular de las arquetas, se recomienda realizar unos tabiquillos laterales de gero que eviten tener que cortar las piezas, y facilitar de este modo el proceso de instalación y hormigonado (véase la figura 6.12).

### 6.1.4. Hormigonado

#### 6.1.4.1. Operaciones previas

Una vez colocadas todas las piezas y resueltos todos los puntos singulares, se procede a la colocación de la malla electrosoldada. Es conveniente colocar esta malla justo después de terminar la colocación de las piezas, con el fin de evitar que posibles golpes, el tránsito sobre las piezas o cualquier incidente pueda producir daños o desplazamientos en el encofrado y así evitar reposiciones innecesarias.

Cuando sea necesario, deberán utilizarse de forma temporal los elementos auxiliares necesarios para garantizar la seguridad del personal durante el hormigonado (por ejemplo, tablonés). No es necesaria esta precaución en piezas Granchio tipo GRA 5 o GRA 10 debido a que la propia pieza es capaz de dar seguridad y estabilidad al personal que realiza los trabajos de preparación de la solera.

Antes del hormigonado, la sustitución de piezas en el caso de rotura es fácil y rápida. Si la rotura no es muy grande es suficiente con tapar la zona afectada. Si el daño es irreparable deberán sustituirse por completo las piezas afectadas.

La malla electrosoldada se colocará en toda la superficie de la solera. La función de esta armadura es evitar la fisuración superficial de la solera provocada por la retracción del hormigón. Por esta razón, se recomienda que la armadura se sitúe cerca de la superficie final hormigonada, a unos 30 mm como máximo de esta. En cualquier caso, deberán respetarse los recubrimientos mínimos indicados en el apartado 44.2.1 del Código Estructural. Se deberán colocar separadores de armadura convencionales con el fin de mantener dicho recubrimiento.

Las distintas mallas se solaparán entre sí, con una longitud mínima de solape entre mallas de 20 cm.

#### 6.1.4.2. Vertido del hormigón

El hormigón puede ser vertido mediante bomba o cubilote. En ambos casos se tomarán las medidas oportunas para la correcta puesta en obra. Debido a que el encaje entre piezas no es completamente estanco, se desaconseja utilizar hormigones fluidificados, ya que se podría provocar la pérdida de material entre juntas.

Se deberá controlar el caudal y la altura de vertido para que las juntas entre las piezas no se abran al verter el hormigón. La altura máxima recomendada para el vertido del hormigón es de 1 m. Primero se verterá el hormigón en los pilares, con el fin de estabilizar las piezas de polipropileno, y luego en el resto de la superficie, hasta alcanzar la altura de la capa de compresión.

Se necesitarán dos operarios para manipular el elemento de hormigonado (bomba o cubilote), y el resto repartirán el hormigón por toda la superficie mediante rastrillos y talochas. Uno de ellos deberá introducir de forma rápida el vibrador de pilares para evitar coqueas en el interior de la estructura y facilitar el proceso de fraguado y endurecimiento. Se debe tener en cuenta que hay poca cantidad de hormigón en los pilares, y por lo tanto no es necesario un vibrado prolongado. Es importante que el vibrado se realice con vibradores de pilares, y no de forjados, así como que el vibrado tenga la duración justa. Un vibrado excesivo puede provocar la apertura de las juntas entre piezas, dejando escapar el hormigón vertido y teniendo que empezar todo el proceso de nuevo.

En el caso que la superficie de hormigón deba terminarse con un acabado fratasado, una vez el hormigón empieza a endurecer se podrá espolvorear polvo de cuarzo y a continuación pasar el helicóptero, tratando la superficie como una solera tradicional.

#### 6.1.4.3. Curado del hormigón

El hormigón deberá ser curado siguiendo las indicaciones del artículo 52 del Código Estructural, según el tipo de hormigón utilizado.

En periodos de altas temperaturas (principalmente en verano) se deberá humedecer la superficie hormigonada para dar lugar a un buen curado del hormigón.

El tiempo prudencial que hay que esperar para poder cargar la solera, ya sea con puntales para levantar plantas posteriores u otras estructuras, es de 15 días como mínimo desde el hormigonado. Se pueden utilizar acelerantes de fraguado en situaciones en las que la estructura deba entrar en carga antes de este periodo. Los puntales deberán estar situados sobre durmientes a efectos de repartir cargas.

#### 6.1.5. Requisitos que cumplir por parte de los instaladores

Los operarios encargados de la puesta en obra de los sistemas deberán cumplir los siguientes requisitos definidos por Project for Building:

- Los instaladores deben haber visto previamente el sistema de colocación y el orden que se debe seguir para un buen encaje entre piezas.
- Deben saber cómo se resuelven los puntos con piezas cortadas para evitar las pérdidas de material por las juntas.
- Deben conocer las formas de manipulación del producto igual que la maquinaria de corte de piezas.
- Deberán tener los conocimientos adecuados de seguridad y salud y llevar puestos los elementos de protección individual (EPI) para los trabajos con hormigón.

Además, se deberá prestar especial atención al caminar sobre el encofrado antes y durante el hormigonado ya que los huecos formados por los pilares tienen un tamaño significativo y pueden provocar la caída del operario. La colocación de la armadura antifisuración puede mejorar la seguridad frente a estas caídas, ya que evita que el pie quepa en el hueco, pero, en cualquier caso, los operarios deben estar atentos al trabajar sobre el encofrado frente a la posibilidad de tropiezos. También habrá que tener en cuenta que los separadores de armadura utilizados en capas superiores a los 5 cm (véase el apartado 2.3) pueden entorpecer el paso de los operarios durante el proceso de hormigonado.

Se deberá controlar que las piezas utilizadas están en buen estado y no presentan ningún defecto que pueda comprometer la estabilidad de los operarios al caminar sobre ellas.

Se han realizado ensayos para evaluar la resistencia de las piezas al paso de los operarios, cuyos resultados se recogen en el apartado 9.3.1.

## 6.2. Criterios de mantenimiento y reparación

Una vez la solera ha sido hormigonada se seguirán los requisitos de mantenimiento de cualquier elemento de hormigón ejecutado en obra.

En general, en caso de ser necesaria una reparación por colapso o perforación del suelo elevado, se deberá sanear la zona afectada, solucionar la causa de fallo y realizar una solera igual a la existente. En cada caso deben valorarse las actuaciones a realizar.

### 6.3. Detalles constructivos

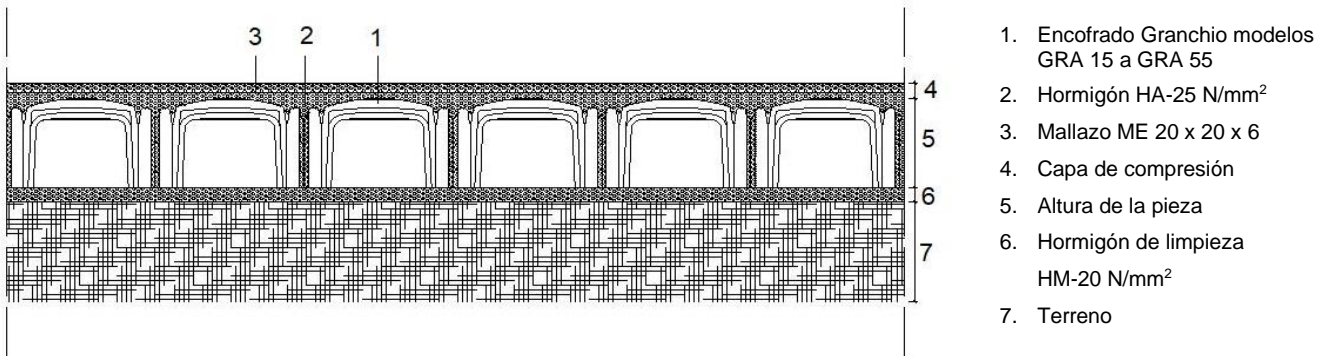


Figura 6.1: Detalle general del sistema Granchio.

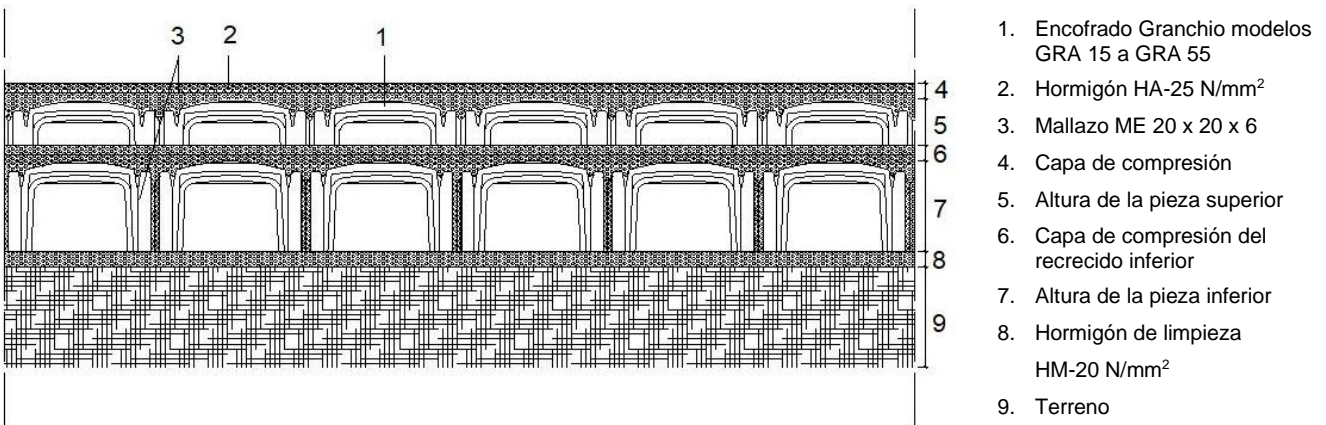


Figura 6.2: Ejecución de recrecido doble con piezas GRA 15 a GRA 55.

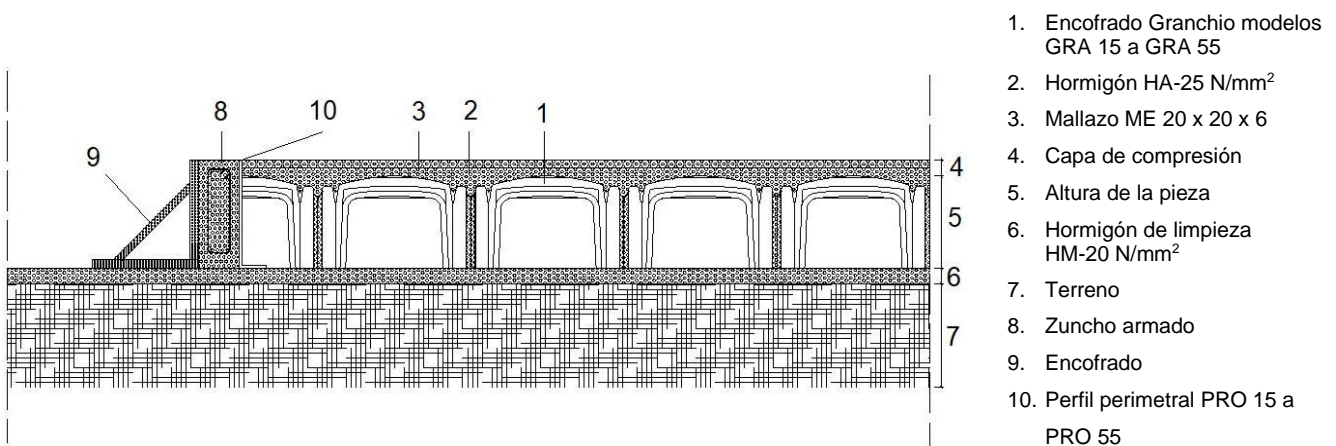
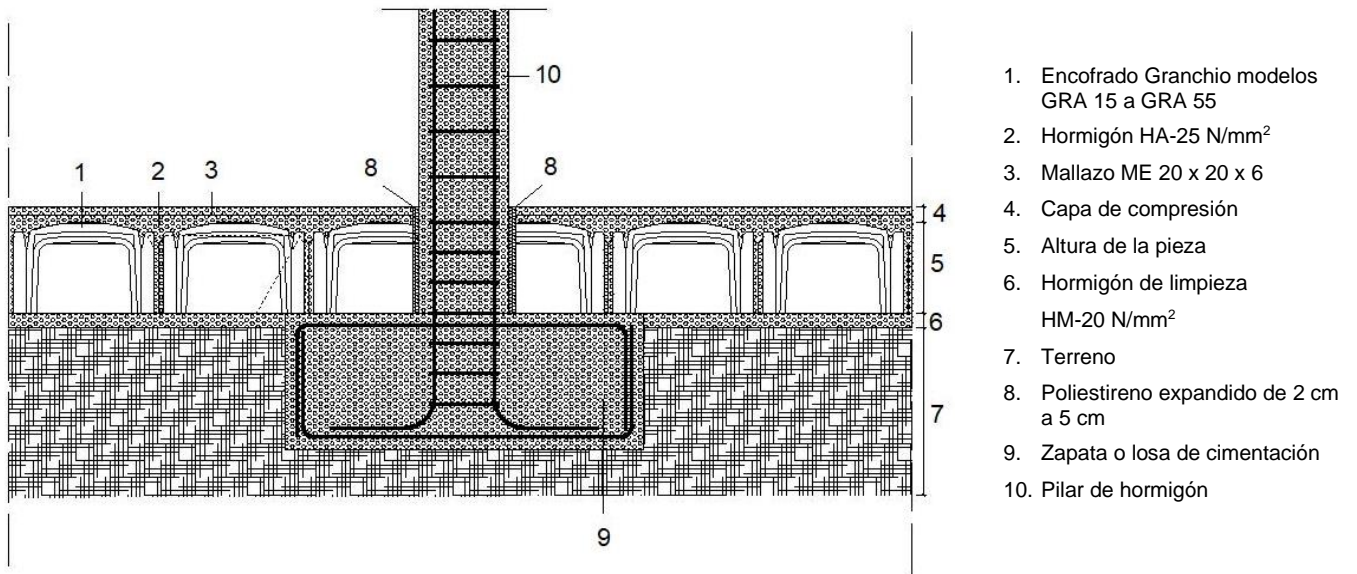
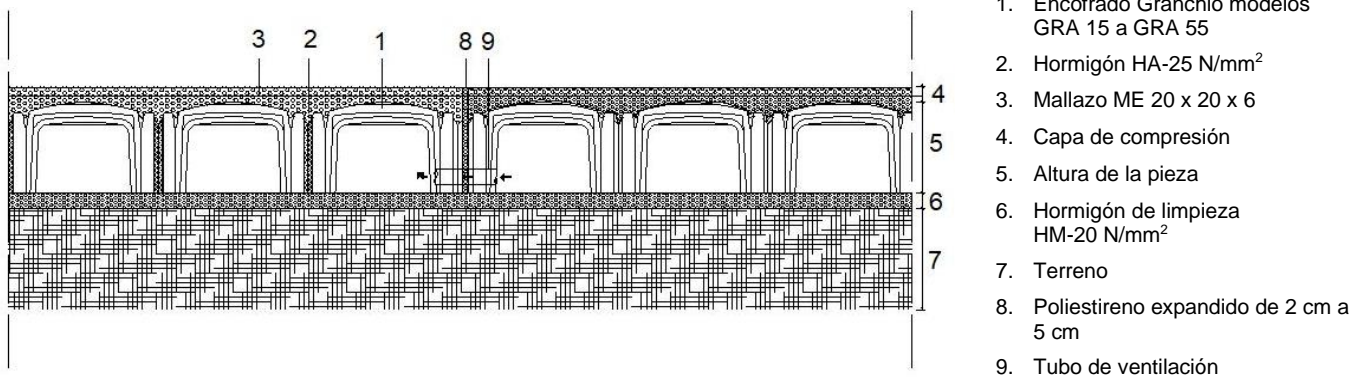


Figura 6.3: Solución de perímetro con zuncho perimetral.



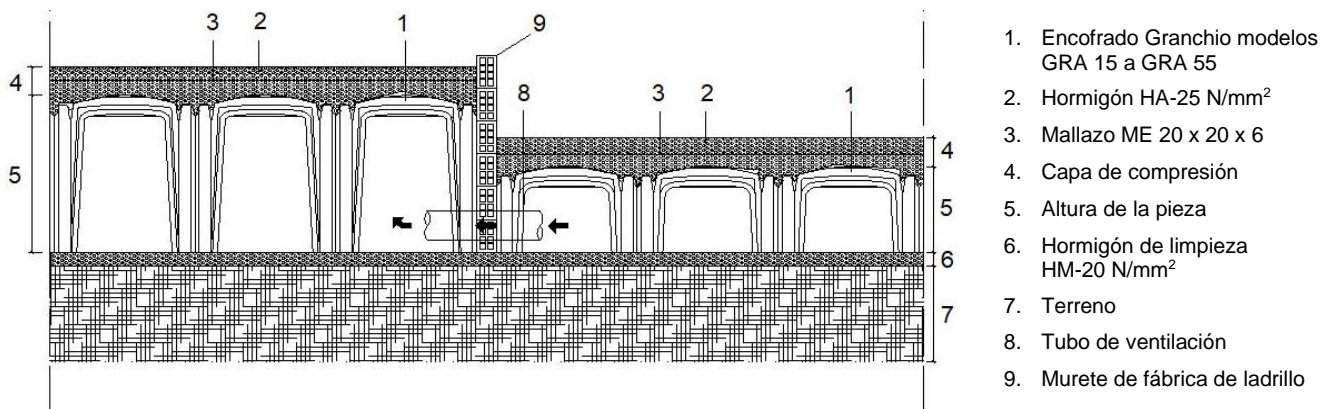
1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm
9. Zapata o losa de cimentación
10. Pilar de hormigón

Figura 6.4: Encuentro con pilar de hormigón.



1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm
9. Tubo de ventilación

Figura 6.5: Junta de dilatación.



1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Tubo de ventilación
9. Murete de fábrica de ladrillo

Figura 6.6: Cambio de sección de piezas con murete de fábrica.

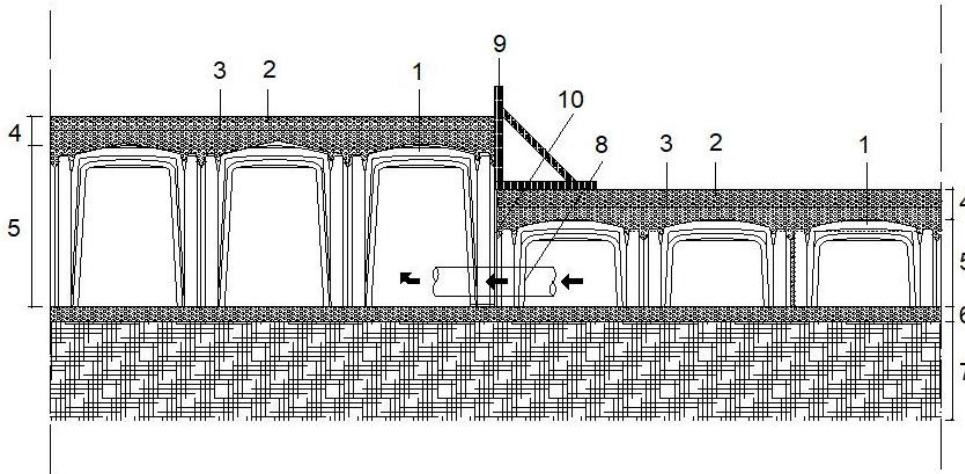


Figura 6.7: Cambio de sección de piezas con encofrado temporal.

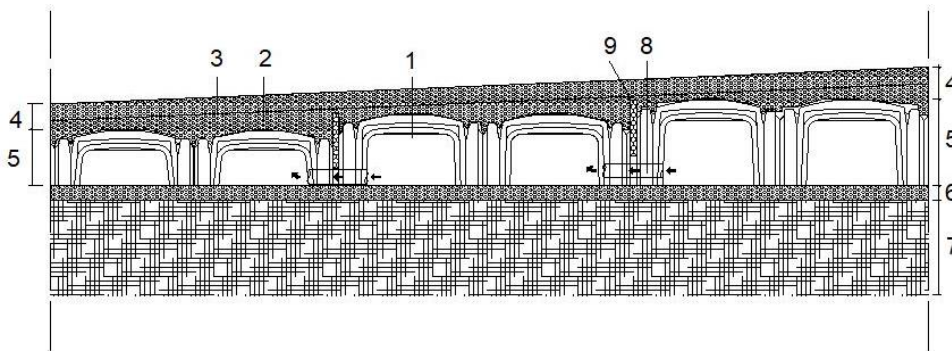


Figura 6.8: Formación de un suelo elevado inclinado a partir de un soporte horizontal.

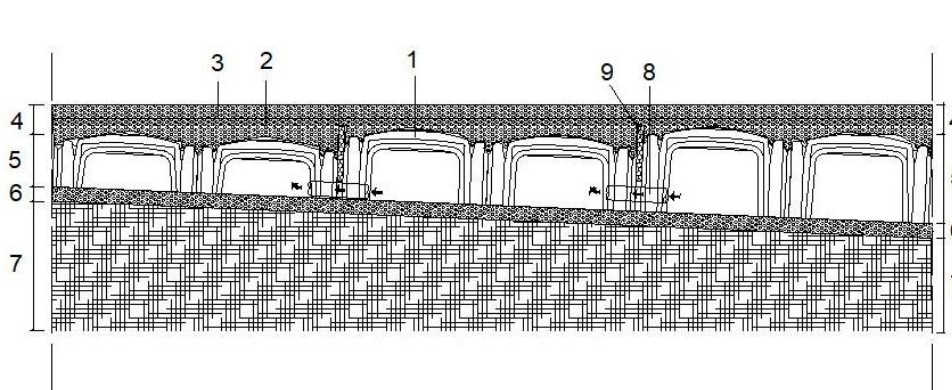
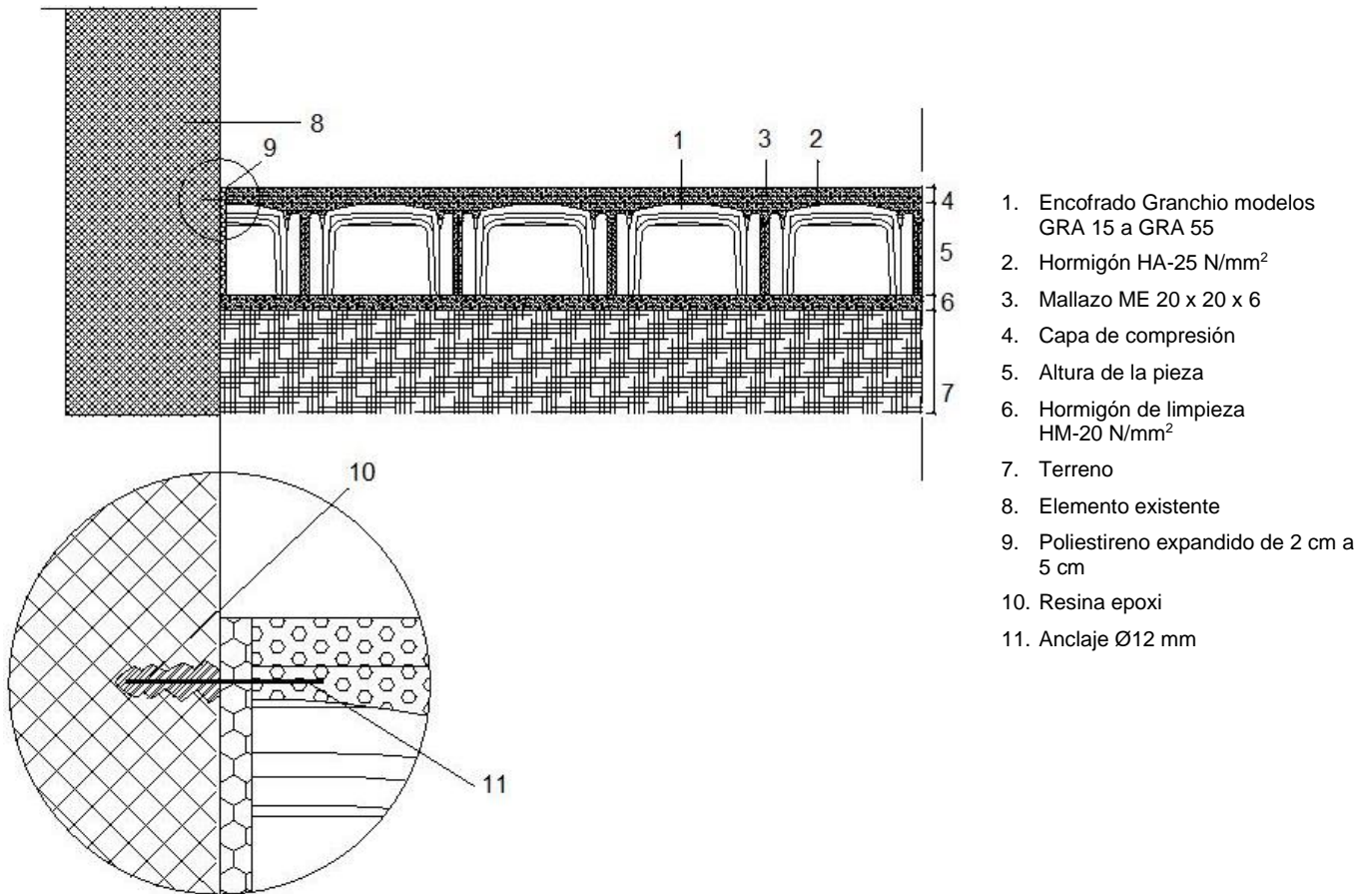


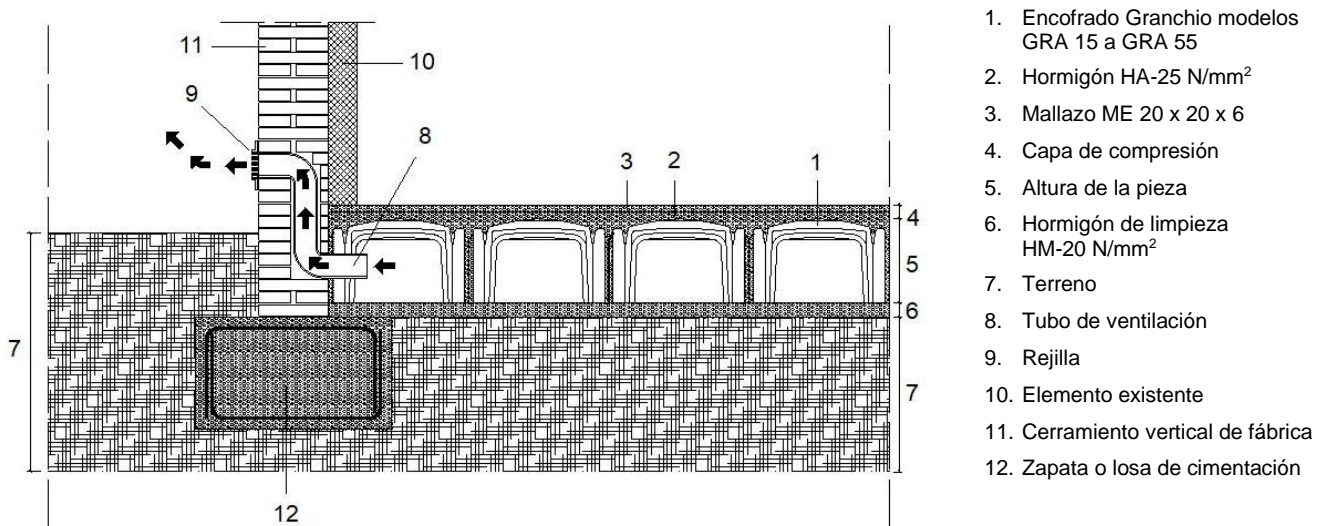
Figura 6.9: Formación de un suelo elevado horizontal a partir de un soporte inclinado.





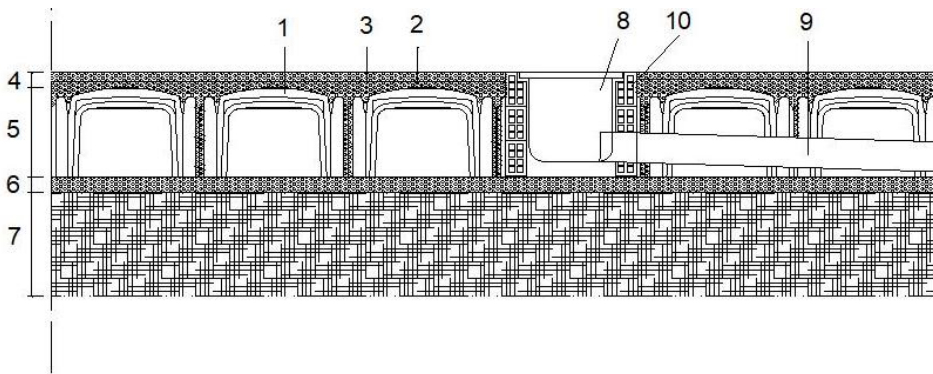
1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Elemento existente
9. Poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm
10. Resina epoxi
11. Anclaje Ø12 mm

Figura 6.10: Anclaje del suelo elevado a estructura existente.



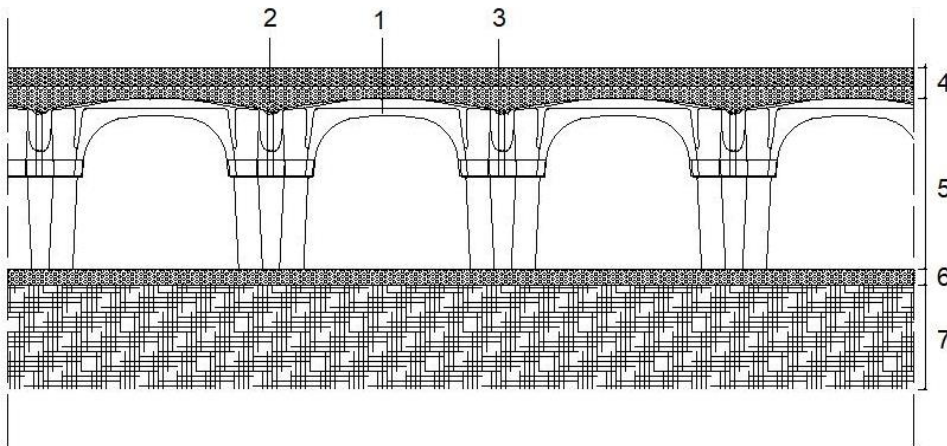
1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Tubo de ventilación
9. Rejilla
10. Elemento existente
11. Cerramiento vertical de fábrica
12. Zapata o losa de cimentación

Figura 6.11: Paso de instalaciones de ventilación.



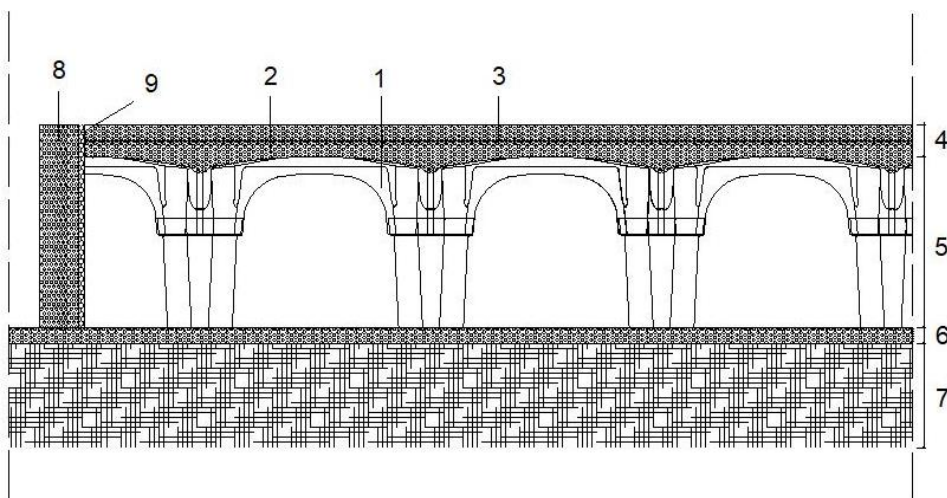
1. Encofrado Granchio modelos GRA 15 a GRA 55
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura de la pieza
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Arqueta
9. Tubo de saneamiento
10. Tabique de obra para colocación de arqueta

Figura 6.12: Colocación de arquetas.



1. Encofrado Mini Hercules modelos MINIHHER 55 a MINIHHER 70
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura del encofrado
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno

Figura 6.13: Detalle general del sistema Mini Hercules.



1. Encofrado Mini Hercules modelos MINIHHER 55 a MINIHHER 70
2. Hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>
3. Mallazo ME 20 x 20 x 6
4. Capa de compresión
5. Altura del encofrado
6. Hormigón de limpieza HM-20 N/mm<sup>2</sup>
7. Terreno
8. Zuncho armado existente
9. Poliestireno expandido de 2 cm a 5 cm

Figura 6.14: Solución del perímetro con zuncho perimetral

## 7. Referencias de utilización

Este sistema de construcción de suelos elevados se lleva utilizando desde el año 1995. Project for Building facilita como referencias de utilización la siguiente relación de obras, en la que se indica, por orden, la obra, la localización, los tipos de piezas utilizados y los usos del sistema:

Módulos Granchio:

- Juventus Village (Turín) (8.294 m<sup>2</sup>, GRA 30)
- Università degli studi di Milano (Milán) (2.000 m<sup>2</sup>, GRA 20)
- Università la Sapienza (Roma) (2.150 m<sup>2</sup>, GRA 20)
- Nuovo Polo Amazon (Fieve Romano) (9.000 m<sup>2</sup>, GRA 35)
- Grifogel (Tavern di Ponciano) (24.000 m<sup>2</sup>, GRA 45)
- Open Sky (Madrid) (5.200 m<sup>2</sup>, GRA 25)
- Hotel Ikos (Málaga) (1.050 m<sup>2</sup>, GRA 25)
- Centro de salud (Murcia) (1.224 m<sup>2</sup>, GRA 45)
- Local comercial (Premià de Mar) (2.000 m<sup>2</sup>, GRA20)
- Residencial Tamarindos (El Puig) (5.000 m<sup>2</sup>, GRA 5)
- Colegio Santiago Apóstol (Valencia) (800 m<sup>2</sup>, GRA 20 y GRA 50)

Módulos Mini Hercules:

- National Stadium of Tirana (Tirana) (30.000 m<sup>2</sup>, MH 70)
- BMW-MINI (Isola delle Femmine) (6.000 m<sup>2</sup>, MH 70)
- Milano Complesso Residenziale (Milán) (3000 m<sup>2</sup>, MH 70)
- CEIP Carraixet (Almácer) (2.000 m<sup>2</sup>, MH 70)
- CEIP El Rajolar (Aldaia) (2.500 m<sup>2</sup>, MH 65)

## 8. Visitas de obra

Se ha efectuado un muestreo de obras realizadas con los sistemas Granchio y Mini Hercules, ejecutadas y en proceso de ejecución.

Las obras seleccionadas fueron inspeccionadas por personal del ITeC, dando lugar al Informe de visitas de obras recogido en el *Dossier Técnico del DAU 20/116*.

El objetivo de las visitas ha sido, por un lado, contrastar la aplicabilidad de las instrucciones de puesta en obra con los medios humanos y materiales definidos por Project for Building y, por otro, identificar los aspectos que permitan evitar posibles patologías que puedan afectar al sistema ejecutado.

Los aspectos relevantes destacados en el transcurso de la realización de las visitas de obra se han incorporado a los criterios de proyecto y ejecución indicados en los capítulos 5 y 6.

## 9. Evaluación de ensayos y cálculos

Se ha evaluado la adecuación al uso de los sistemas Granchio y Mini Hercules en relación con el cumplimiento del *Procedimiento Particular de Evaluación del DAU 20/116*.

Este procedimiento ha sido elaborado por el ITeC considerando la reglamentación española de construcción aplicable en cada caso:

- en edificación se consideran las exigencias básicas que establece el CTE para cada uno de los requisitos básicos,
- y los requisitos establecidos en el Código Estructural para estructuras de hormigón.

Además, se han considerado requisitos adicionales relacionados con la durabilidad y las condiciones de servicio del sistema.

La fase experimental de este DAU ha consistido en la realización de los ensayos y cálculos siguientes:

1. Ensayos de caracterización de las piezas Granchio y Mini Hercules (Base y Gamba).
2. Ensayos y cálculos de los suelos elevados ejecutados con los sistemas Granchio y Mini Hercules.
3. Ensayos de evaluación de los sistemas durante el proceso de ejecución.

Estos ensayos han sido llevados a cabo por Applus+ LGAI, de acuerdo con las directrices especificadas por el ITeC. Los ensayos han sido realizados con muestras tomadas por un técnico del ITeC.

Los informes de ensayos y cálculos, así como los informes de toma de muestras, quedan recogidos en el *Dossier Técnico del DAU 20/116*. A continuación, se presenta un resumen del resultado de los mismos.

### 9.1. Caracterización de los elementos del sistema

#### 9.1.1. Caracterización de las piezas Granchio y Mini Hercules (Base y Gamba)

Se han realizado ensayos para la identificación de las piezas que se han utilizado en los ensayos de sistema. Los resultados obtenidos son coherentes con los valores declarados por el fabricante, que quedan recogidos en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3.

#### Caracterización del polipropileno de las piezas

Los resultados de los ensayos realizados con el polipropileno reciclado que forma las piezas se indican en la tabla 9.1. Estos ensayos de caracterización, según la UNE-EN 15345, que forman parte del control de producción en fábrica de Project for Building, han sido realizados con probetas formadas a partir de la materia prima tomada en fábrica y corresponden al material utilizado para los ensayos del apartado 9.2.

Característica	Norma de ensayo	Resultado de ensayo
Índice de fluidez en masa (IFM)	UNE-EN ISO 1133 (condición M)	3,14 g/10 min
Densidad	UNE-EN ISO 1183-1 (método A)	1,015 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia al impacto (Charpy)	UNE-EN ISO 179-1	3,5 kJ/m <sup>2</sup>
Contenido en cenizas	UNE-EN ISO 3451-1	12,5 %
Módulo de flexión	UNE-EN ISO 178 (método A)	1.180 MPa
Temperatura de reblandecimiento Vicat	UNE-EN ISO 306	71 °C

**Tabla 9.1:** Resultados de identificación del polipropileno de las piezas Granchio y Mini Hercules (Base y Gamba).

#### 9.1.2. Caracterización del hormigón

El hormigón utilizado en las probetas ha sido preparado en el laboratorio y se han realizado los ensayos de identificación especificados obteniendo los resultados de la tabla 9.2. En ambos casos, el hormigón encargado ha sido del tipo HA-25/B/25/IIa<sup>1</sup>.

Característica	Norma de ensayo	Resultado de ensayo
Consistencia (Cono de Abrams)	UNE-EN 12350-2	9 cm
Densidad en seco	UNE-EN 12390-7	2.223 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a compresión (7 días)	UNE-EN 12390-3	24,91 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión (28 días)		28,58 N/mm <sup>2</sup>

**Tabla 9.2:** Resultados de identificación del hormigón utilizado en la elaboración de las probetas.

Los resultados obtenidos muestran que la resistencia es superior a la mínima exigida por el fabricante. Se ha tenido en cuenta este efecto en el tratamiento posterior de los resultados de resistencia a compresión de la solera (apartado 9.2.1).

<sup>1</sup> Tipificación del hormigón utilizado para el ensayo, según EHE-08 (HA-25/B/25/XC2 según el actual Código Estructural).

## 9.2. Evaluación de adecuación al uso del sistema

### 9.2.1. Resistencia mecánica y estabilidad

Se han realizado ensayos de resistencia a carga puntual y repartida de probetas representativas de los sistemas. La tipología de las probetas se resume en la tabla 9.3.

La aplicación de la carga en el ensayo de carga puntual se ha realizado mediante un aplicador de carga en el centro de las probetas de 5 cm x 5 cm, tal como se indica en la tabla 3.1 del DB SE-AE.

En el caso de carga repartida, el aplicador ha transmitido la carga en una superficie rectangular centrada en las probetas cubriendo un área equivalente

a cuatro de las piezas que forman el encofrado de las probetas.

En ambos casos, el ensayo se ha prolongado hasta que han aparecido fisuras de 2 mm de espesor. Los resultados obtenidos en estos ensayos, una vez aplicados distintos coeficientes de minoración, se resumen en la tabla 5.1.

En general, los resultados obtenidos han sido muy superiores a los límites de la tabla 3.1 del DB SE-AE del CTE, que indican el valor característico de las sobrecargas de uso. En el caso de cargas puntuales, los valores minorizados superan los requisitos en zonas de tráfico y aparcamiento de vehículos ligeros (categoría de uso E). Esta prestación no se cumpliría para las exigencias de vehículos pesados, por lo que el sistema no es apto en estos casos.

Pieza	Capa de compresión (cm)	Malla antifisuración (cm x cm x mm)	Formato de la probeta	Aplicación de carga puntual	Aplicación de carga repartida
GRA 5	5	20 x 20 x 6	9 piezas (3 x 3)	5 cm x 5 cm (centrada en la probeta)	156 cm x 116 cm (centrada en la probeta)
GRA 30	5	20 x 20 x 6	9 piezas (3 x 3)	5 cm x 5 cm (centrada en la probeta)	150 cm x 100 cm (centrada en la probeta)
GRA 55	5	20 x 20 x 6	9 piezas (3 x 3)	5 cm x 5 cm (centrada en la probeta)	150 cm x 100 cm (centrada en la probeta)
MINIHER 55	5	20 x 20 x 6	9 piezas (3 x 3)	5 cm x 5 cm (centrada en la probeta)	150 cm x 100 cm (centrada en la probeta)
MINIHER 70	5	20 x 20 x 6	9 piezas (3 x 3)	5 cm x 5 cm (centrada en la probeta)	150 cm x 100 cm (centrada en la probeta)

**Tabla 9.3:** Tipología de las probetas ensayadas a compresión puntual y repartida.

### 9.2.2. Seguridad en caso de incendio

#### 9.2.2.1. Reacción al fuego

De acuerdo con la Decisión 96/603/CE de la Comisión y sus posteriores modificaciones, el hormigón y el acero pueden clasificarse como clase A1 de reacción al fuego sin necesidad de ensayo.

La reacción al fuego de las piezas de polipropileno reciclado no se ha evaluado.

#### 9.2.2.2. Resistencia al fuego

No se han realizado ensayos de la contribución de la resistencia al fuego de los sistemas Granchio y Mini Hercules. Deberán seguirse los criterios de proyecto indicados en el apartado 5.2.2.

### 9.2.3. Higiene, salud y medio ambiente

#### 9.2.3.1. Impermeabilidad

Se han analizado los sistemas durante su ejecución y se ha observado que las juntas entre las piezas de polipropileno no son totalmente estancas. Se estima que

en una situación en la que pueda haber agua permanentemente encharcada sobre el soporte del sistema, esta podría remontar por capilaridad por los pilares.

#### 9.2.4. Protección frente al ruido

No se ha evaluado el efecto de los sistemas al aislamiento acústico del suelo elevado, para los casos en los que éste forma parte de una partición horizontal.

#### 9.2.5. Ahorro de energía y aislamiento térmico

No se han evaluado las prestaciones de ahorro de energía y aislamiento térmico de los sistemas. Se considera que los valores higrotérmicos necesarios para realizar los cálculos de aislamiento térmico y posibilidad de condensaciones se obtendrán de distintas referencias, según se indica en el apartado 5.6.

### 9.3. Evaluación del sistema en el proceso de ejecución

Se ha evaluado la capacidad de las piezas Granchio y Mini Hercules de soportar las cargas a las que se ven sometidos durante su ejecución. Se han comprobado dos aspectos:

- Capacidad de los encofrados de resistir los esfuerzos provocados por el paso de los operarios (resistencia a compresión de los encofrados).
- Capacidad de los encofrados de resistir los esfuerzos del hormigonado.

#### 9.3.1. Resistencia a compresión de los encofrados

Se han realizado ensayos de resistencia a compresión de piezas Granchio y Mini Hercules sin hormigonar. Las probetas de ensayo han constado de cuatro piezas iguales encajadas entre sí y la carga se ha aplicado sobre una sola pieza.

Los resultados muestran que las piezas pueden soportar sin problemas las cargas correspondientes al paso de un operario.

Las piezas GRA 15 hasta GRA 55 y las piezas MINIHHER 55 hasta MINIHHER 70 pueden soportar cargas de aproximadamente 200 kg sin romperse. Las piezas GRA 5 y GRA 10, debido a su geometría más robusta, pueden soportar cargas de más de 800 kg.

Se concluye que estas piezas, si se encuentran en buen estado y sin roturas, pueden soportar el tránsito de los operarios que deben trabajar sobre ellas.

En cualquier caso, se deberán seguir las indicaciones del apartado 6.1.6. referente a la seguridad de los instaladores.

#### 9.3.2. Resistencia a los esfuerzos de hormigonado

Durante las visitas de obra se ha observado la ejecución del proceso de hormigonado y vibrado, con el fin de comprobar cómo afectan estos a la estanquidad del encofrado.

Se ha observado que en general, si el hormigonado se realiza desde baja altura, aproximadamente 1 m, y a una velocidad moderada, el encofrado puede resistir sin problemas el empuje del hormigón. En algún caso se ha observado una ligera apertura de las juntas entre piezas o pequeñas fugas de hormigón en la base de los pilares, que en ningún caso se consideran relevantes para el correcto fraguado del suelo elevado y que pueden haber sido debidas a un vibrado excesivo.

Como conclusión, el vertido debe realizarse de forma cuidadosa y controlada, con un vibrado adecuado y con personal debidamente formado y equipado, según queda descrito en el apartado 6.1.4.

## 10. Comisión de Expertos

Este DAU ha sido sometido a la consideración de una Comisión de Expertos, tal y como se indica en el *Reglamento del DAU* y en la Instrucción de trabajo para la elaboración del DAU.

La Comisión de Expertos ha estado constituida por representantes de distintos organismos e instituciones, que han sido seleccionados en función de sus conocimientos, independencia e imparcialidad para emitir una opinión técnica respecto al ámbito cubierto por este DAU.

La relación general de los expertos que han constituido las comisiones de expertos de los DAU puede ser consultada en la página web del ITeC, [itec.es](http://itec.es).

Los comentarios y observaciones realizados por los miembros de esta Comisión han sido incorporados al texto del presente DAU.

## 11. Documentos de referencia

- Código Técnico de la Edificación de 17 de marzo de 2006. Documentos Básicos del CTE: DB-SE (diciembre 2019), DB-SI (diciembre 2019), DB-SUA (diciembre 2019), DB-HE (diciembre 2019), DB-HR (diciembre 2019) y DB-HS (diciembre 2019).
- Documentos de apoyo:
  - DA DB-HE-1: Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.
  - DA DB-HE/2: Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos.
- Catálogo de elementos constructivos del CTE.
- Código Estructural 470/2021.
- UNE-EN 15345. Plásticos. Plásticos reciclados. Caracterización de reciclados de polipropileno.
- UNE-EN ISO 1133. Plásticos. Determinación del índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV).
- UNE-EN ISO 1183-1. Plásticos. Métodos para determinar la densidad de plásticos no celulares. Parte 1: Método de inmersión, método del picnómetro líquido y método de valoración. (ISO 1183-1:2012).
- UNE-EN ISO 179-1/A1. Plásticos. Determinación de la resistencia al impacto Charpy. Parte 1: Ensayo de impacto no instrumentado.
- UNE-EN ISO 3451-1. Plásticos. Determinación del contenido en cenizas. Parte 1: Métodos generales.
- UNE-EN ISO 178. Plásticos. Determinación de las propiedades de flexión.
- UNE-EN ISO 306. Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento Vicat (VST). (ISO 306:2013).
- UNE-EN 12350-2. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.
- UNE-EN 12390-3. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- UNE-EN 12390-7. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 7: Densidad del hormigón endurecido.
- UNE 36060. Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con barras de acero B 500 SD.
- UNE 36061. Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con barras de acero B 500 S.
- UNE 36092. Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con alambres de acero B 500 T.
- 96/603/CE. Decisión de la Comisión de 4 de octubre de 1996 por la que se establece la lista de productos clasificados en la clase A <sin contribución al fuego> previsto en la Decisión 94/611/CE por la que se aplica el artículo 20 de la Directiva 89/106/CEE del Consejo sobre los productos de construcción.

## 12. Evaluación de la adecuación al USO

Vistas las siguientes evidencias técnicas experimentales obtenidas durante la elaboración del DAU 20/116 siguiendo los criterios definidos en el *Procedimiento Particular de Evaluación del DAU 20/116*, elaborado por el ITeC:

- resultados de los ensayos y cálculos,
- información obtenida en las visitas de obra,
- control de producción en fábrica,
- instrucciones del montaje y ejecución del sistema,
- criterios de proyecto y ejecución del sistema,

y teniendo en cuenta la metodología prescrita por el *Reglamento del DAU*, la autorización y registro del ITeC para la concesión del DAU\* y lo indicado en el apartado 5.2 del artículo 5 del *Código Técnico de la Edificación*, relativo a la evaluación de productos y sistemas constructivos innovadores, se considera que el ITeC tiene evidencias para declarar que los sistemas de

encofrados perdidos a partir de las piezas Granchio y Mini Hercules, fabricadas en la planta de producción de Mornico al Serio (Italia), y construido de acuerdo con las instrucciones que constan en este DAU, es adecuado para:

- la formación de encofrados perdidos en la construcción de suelos elevados en general y en sustitución de forjados sanitarios tradicionales,

puesto que da respuesta a los requisitos reglamentarios relevantes en materia de resistencia y estabilidad, seguridad en caso de incendio, seguridad de uso, salud e higiene, así como los requisitos de durabilidad y servicio.

En consecuencia, y una vez sometido este documento a la consideración de la Comisión de Expertos y recogidos los comentarios realizados por la Comisión, el ITeC otorga el DAU al producto fabricado por Project for Building S.p.A.

La validez del DAU queda sujeta a las acciones y condiciones de seguimiento que se especifican en el capítulo 13 y a las condiciones de uso del capítulo 14.

(\*) El ITeC es un organismo autorizado para la concesión del DAU (BOE 94, 19 abril 2002) para productos de construcción (edificación e ingeniería civil) y está inscrito en el Registro General del CTE: <https://www.codigotecnico.org/RegistroCTE/OrganismosAutorizados.html>.

**DAU** 20/116  
Documento  
de adecuación al uso



El Director Técnico del ITeC





## 13. Seguimiento del DAU

El presente DAU queda sujeto a las acciones de seguimiento que periódicamente lleva a cabo el ITeC, de acuerdo con lo establecido en el *Reglamento del DAU*. El objeto de este seguimiento es comprobar que las características del producto y del sistema constructivo, así como las condiciones de puesta en obra y de fabricación, siguen siendo válidas para los usos a los que el sistema está destinado.

En caso de que existan cambios relevantes que afecten a la validez del DAU, éstos darán lugar a una nueva edición del DAU que anulará a la anterior (esta nueva edición tomará el mismo código del DAU que anula y una nueva letra de edición).

Cuando las modificaciones sean menores y no afecten a la validez del DAU, éstas se recogerán en una lista de modificaciones, que se incorporará como capítulo 15 del DAU; además, dichas modificaciones se incorporarán al texto del DAU.

El usuario del DAU debe consultar siempre la versión informática del DAU disponible en formato pdf en la página web del ITeC [itec.es](http://itec.es), para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia. Este documento es también accesible a través del código QR que consta en el sello del DAU.

## 14. Condiciones de uso del DAU

La concesión del DAU no supone que el ITeC sea responsable de:

- La posible presencia o ausencia de patentes, propiedad intelectual o derechos similares existentes en el producto objeto del DAU o en otros productos, ni de derechos que afecten a terceras partes o al cumplimiento de obligaciones hacia estas terceras partes.
- El derecho del titular del DAU para fabricar, distribuir, instalar o mantener el producto objeto de DAU.
- Las obras reales o partidas individuales en que se instale, se use y se mantenga el producto; tampoco es responsable de su naturaleza, diseño o ejecución.

Asimismo, el DAU nunca podrá interpretarse como una garantía, compromiso o responsabilidad del ITeC respecto a la viabilidad comercial, patentabilidad, registrabilidad o novedad de los resultados derivados de la elaboración del DAU. Es, pues, responsabilidad del titular del DAU la comprobación de la viabilidad, patentabilidad y registrabilidad del producto.

La evaluación del DAU no supone la conformidad del producto con los requisitos previstos por la normativa de seguridad y salud o de prevención de riesgos laborales, en relación con la fabricación, distribución, instalación, uso y mantenimiento del producto. Por lo tanto, el ITeC no se responsabiliza de las pérdidas o daños personales que puedan producirse debido a un incumplimiento de requisitos propios del citado marco normativo.

## 15. Lista de modificaciones de la presente edición

La versión informática del DAU recoge, si las hubiera, las actualizaciones, modificaciones y correcciones de la edición B del DAU 20/116, indicando para cada una de ellas su fecha de incorporación a la misma, de acuerdo con el formato de la tabla siguiente. Los cambios recogidos en la tabla se incorporan también al texto del DAU, que se encuentra disponible en la página web del Instituto, [itec.es](http://itec.es).

El usuario del DAU debe consultar siempre esta versión informática del DAU para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia.

Número	Página y capítulo	Donde decía...	Dice...
--------	-------------------	----------------	---------



**Institut de  
Tecnologia de la Construcció  
de Catalunya**

Wellington 19  
ES08018 Barcelona  
T +34 933 09 34 04  
[qualprod@itec.cat](mailto:qualprod@itec.cat)  
[itec.es](http://itec.es)

