

---

# Estructuras en celosía asimétricas realizadas con composite: caracterización mecánica experimental.

26 jun. 19

---

AUTOR:

**INMACULADA BOSCH ABAD**

TUTOR ACADÉMICO:

DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ

DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

---

ETS d'Enginyeria d'Edificació  
Universitat Politècnica de València



## Agradecimientos

*“Ha sido un error. No deberíamos ni haber llegado hasta aquí... pero hemos aquí. Igual que en las grandes historias, señor Frodo, las que realmente importan, llenas de oscuridad y de constantes peligros, esas de las que no quieres saber el final porque ¿cómo van a acabar bien? ¿Cómo volverá el mundo a ser como era después de tanta maldad como ha sufrido?”*

*Pero al final todo es pasajero, como esta sombra. Incluso la oscuridad se acaba para dar paso a un nuevo día. Y cuando el Sol brilla, brilla más radiante aún. Esas son las historias que llenan el corazón, porque tienen mucho sentido aun cuando eres demasiado pequeño para entenderlas.*

*Pero creo, señor Frodo, que ya lo entiendo, ahora lo entiendo: los protagonistas de esas historias se rendirían si quisieran, pero no lo hacen, siguen adelante, porque todos luchan por algo.”*

*J. R. R. Tolkien.*

*En primer lugar, se lo dedico a mi madre y padre, por haberme apoyado durante estos largos cinco años, a mis hermanos, mis sobrinos y cuñados; al pequeño Smaug, gracias a todos vosotros por haberme apoyado en este recorrido.*

*A mi tío Vicente, gracias y muchas, allá en donde estés. Sé que te habría alegrado verme conseguirlo.*

*También a aquella persona que aún desde muchos kms me ha apoyado y dado todo su amor, gracias Carles Costa, porque te has convertido en el amor de mi vida, espero que algún día no tengamos que lidiar con la distancia.*

*A mis amigas íntimas de infancia; Yasmina y Cristina. Gracias por confiar en mí.*

*A los compañeros y compañeras que he ido conociendo a lo largo de mis estudios superiores y de Grado y que gracias a su apoyo tanto en los momentos buenos como malos han hecho realidad esto, gracias, Nico (te has convertido en uno de mis mejores amigos, gracias por tu apoyo), Carmen Torlai (cómplice y leal amiga desde que te conocí, incluso más allá de la ETSIE jeje), Javier y Alejandro (los melones jaja, inseparables), Andrea, Sergio (todavía te debo una cerve jaja) y Pablo, Luis y Ricky (gracias por haberme salvado la vida), al mejor grupo de chicas; Eli, Estela, MariaJosé, Lorena.*

*Por supuesto, al grupo Delegación de alumnos ETSIE-UPV, por sus magníficos apuntes y su apoyo moral.*

*Dar las gracias a todos los compañeros y compañeras de Grupo Vedrí, S.L., por haberme enseñado la parte profesional de esta bonita carrera, la de ser Arquitecto Técnico.*

*Y, por último, una de las personas más importantes en este proyecto, mi tutor, Dr. José Ramón Albiol Ibáñez, gracias por tu ayuda y tus conocimientos, sin ti nada de esto habría sido posible.*

*También dar las gracias al apoyo prestado por el departamento de Construcciones Arquitectónicas y los Técnicos del laboratorio de materiales de la escuela de Edificación.*



## Acrónimos utilizados

**CFRP:** Carbon Fiber Reinforced Polymer (Polímero reforzado con fibra de carbono)

**GFRP:** Glass Fiber Reinforced Polymer (Plástico reforzado con vidrio)

**IAAC:** Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña

**PCEM:** Peso del CEMENTo

**PLA:** Ácido poliláctico

**TFG:** Trabajo Fin de Grado

**UHPC:** Ultra High Performance Concrete (Hormigón de altas prestaciones)

**EHE-08:** Instrucción de hormigón estructural (Real Decreto 1247/2008)



## Índice

|  |    |
|--|----|
| Agradecimientos .....  | 2  |
| Acrónimos utilizados .....   | 5  |
| Capítulo 1. ....   | 10 |
| Resumen.....   | 10 |
| Abstract .....   | 11 |
| Capítulo 2. ....   | 12 |
| Estructura y contenido del TFG .....   | 12 |
| Capítulo 3. ....   | 14 |
| Estado del arte .....  | 14 |
| 3.1 Estructuras singulares .....   | 14 |
| <i>Estructura singular: puente Alfenz (Austria)</i> .....  | 14 |
| <i>Estructura singular: puente de las ovejas (Alicante)</i> .....                                  | 15 |
| <i>Estructura singular: puente Acciona (Alcobendas, Madrid)</i> .....                              | 17 |
| <i>Estructura singular: Proyecto futuro digital (Shanghái)</i> .....                               | 18 |
| <i>Estructura singular: MX3D Bridge Star (Ámsterdam)</i> .....                                     | 19 |
| 3.2 Materiales compuestos.....   | 20 |
| <i>CFRP (Carbon fiber reinforced plastics) / Material compuesto de fibra de carbono</i> .....      | 20 |
| <i>GFRP (Glass fiber reinforced plastics) / Material compuesto de fibra de vidrio</i> .....        | 21 |
| <i>UHPC (Ultra high performance concrete) / Hormigón de alta resistencia / Microhormigón</i> ..... | 23 |
| <i>Resina de poliéster</i> .....   | 24 |
| <i>PLA (Ácido poliláctico)</i> .....   | 25 |
| 3.3 Enlaces y uniones en piezas impresas en 3d.....  | 26 |
| 3.4 Impresoras 3d.....   | 32 |
| Capítulo 4. ....   | 34 |
| Programa experimental .....  | 34 |
| Capítulo 5. ....   | 37 |
| Metodología experimental.....  | 37 |
| 5.1 Elección del modelo y diseño de piezas .....   | 38 |
| 5.2 Creación de archivo en formato lectura para una impresora 3d.....                              | 38 |
| 5.3 Impresión de piezas mediante impresoras 3d .....   | 38 |
| 5.4 Elaboración de microhormigón-UHPC para probetas.....   | 42 |
| 5.5 Ejecución de estructura genérica simple .....  | 50 |
| 5.6 Ejecución de estructura genérica reforzada con CFRP (fibra de carbono).....                    | 53 |
| 5.7 Ejecución de estructura genérica reforzada con microhormigón-UHPC en barras comprimidas .      | 55 |



|   |     |
|---|-----|
| 5.8 Ejecución de estructura rellena completamente con microhormigón-UHPC y reforzada con armadura de fibra de carbono ..... | 60  |
| 5.9 Equipos de protección individual (EPIS) .....   | 68  |
| Capítulo 6. ....  | 70  |
| Ensayos y resultados .....  | 70  |
| 6.1 Ensayo a compresión de probetas de microhormigón–UHPC .....   | 70  |
| <i>Ensayos previos de probetas UHPC</i> .....   | 70  |
| <i>Resultados</i> .....   | 71  |
| <i>Ensayos de probetas de UHPC utilizado en estructuras</i> .....   | 74  |
| <i>Resultados</i> .....   | 74  |
| 6.2 Ensayo a flexión en tres puntos de las estructuras .....  | 76  |
| <i>Preparación para el ensayo</i> .....   | 76  |
| <i>Ensayo</i> .....   | 77  |
| <i>Resultados</i> .....   | 80  |
| <i>Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA A – PLA sin refuerzo</i> .....                           | 80  |
| <i>Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA B – PLA + CFRP</i> .....                                 | 83  |
| <i>Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA C – PLA + UHPC en barras</i> .....                       | 86  |
| Capítulo 7. ....  | 100 |
| Conclusiones .....  | 100 |
| Capítulo 8. ....  | 102 |
| Futuras líneas de trabajo .....   | 102 |
| Capítulo 9. ....  | 103 |
| Capítulo 10. ....   | 105 |
| Índice de Figuras .....   | 105 |
| Capítulo 11. ....   | 109 |
| Índice de Tablas .....  | 109 |
| Capítulo 12. ....   | 110 |
| Índice de Gráficas .....  | 110 |
| Anexos .....  | 111 |
| - Planos .....  |     |
| - Presupuesto .....   |     |
| - Fichas técnicas .....   |     |



## Capítulo 1.

### Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo conocer el funcionamiento mecánico de una estructura en celosía, asimétrica, realizada con materiales composite, utilizando a escala la estructura del puente Alfenz.

Se construyen cuatro estructuras ultraligeras híbridas mediante sistemas prefabricados.

Este proyecto fomenta las técnicas de nueva construcción, de impresión 3D, construcción ecológica, reciclado de plásticos, disminución de materias primas de desechos en una construcción, menores costes de producción, ahorro de tiempos, ligereza en elementos constructivos, etc.

Se realizarán;

estructuras asimétricas en celosía y se estudiará su comportamiento mecánico.

En cuanto al uso;

se utilizarán materiales compuestos; fibra de carbono, microhormigón-UHPC, resina de poliéster, ácido poliláctico.

Aplicación del trabajo;

en construcción industrializada, impresión 3D y en modulación de piezas.

Además, todo esto aplicado a un modelo real.

El proyecto consistirá en combinar y estudiar el funcionamiento de la tecnología de impresión 3d, la fibra de carbono y el microhormigón-UHPC. Análisis de su comportamiento mecánico de forma conjunta. Se estudiarán cuatro estructuras, cada una reforzada de diferente manera y combinando materiales. Ensayo a flexión en tres puntos. Análisis de resultados y obtención de conclusiones.

Aprenderemos como trabajan estos materiales y donde encajarán para su uso en el campo de la edificación.

**Palabras clave:** Alfenz, composite, estructura en celosía, impresión 3d, microhormigón-UHPC.

## Abstract

The aim of this Final Degree Project is to know the mechanical working of an asymmetrical lattice structure made with composite materials, using a scaled version of the Alfenz bridge's structure.

Four ultralight hybrid structures are built using prefabricated systems.

This project promotes the use of techniques of new construction, 3D printing, ecological construction, as well as the recycling of plastics, the reduction of waste of raw materials in a construction, achieving lower production time and costs, lightness in construction elements, etc.

### Target:

To make asymmetric lattice structures and to study their mechanical behavior.

### Resources:

The project will use composite materials; carbon fiber, micro-concrete-UHPC, polyester resin, polylactic acid.

### Applications:

The project has use in industrialized construction, 3D printing and in modulation of parts.

### A model of the project will be printed.

The project will combine and study the working of 3d printing technology, carbon fiber and microconcrete-UHPC. It will also analyze their joint mechanical behavior. Four structures will be studied, each reinforced differently and combining materials. Bending test in three points. Analysis of results and extraction of conclusions.

We will learn how these materials work and what use will they have in the field of construction.

**Keywords:** Alfenz, composite, lattice structure, 3d printing, microconcrete-UHPC.

## Capítulo 2.

### Estructura y contenido del TFG

1. Estado del arte
2. Programa experimental
3. Metodología experimental
4. Ensayos y resultados
5. Futuras líneas de trabajo
6. Bibliografía
7. Anexos

En cuanto a la estructura y contenido de este trabajo, en primer lugar, existe una primera parte del **estado del arte** donde se analizarán estructuras singulares, se verán varias estructuras similares y/o parecidas a la escogida para este trabajo y se observarán sus características.

Citaremos el puente de las ovejas en Alicante, el puente Acciona (Madrid), puente proyecto Shanghái (Universidad de Arquitectura y urbanismo de Shanghái) y puente Mx3d bridge star (Ámsterdam). Examinando cada uno de ellos y observando sus características físicas, mecánicas, etc.

El segundo apartado del estado del arte contemplará los materiales compuestos, se centrará en estos porque serán materiales con los que se trabajará para la construcción de las estructuras. Se citan los materiales compuestos siguientes: CFRP, GFRP, UHPC, Resina de poliéster y PLA.

Seguidamente, el tercer punto del estado del arte engloba los enlaces y uniones que se pueden utilizar para las piezas impresas en 3d, se estudian los sistemas modulares, diferentes tipos de unión para las piezas impresas y uniones a utilizar.

El último apartado del estado del arte será para la impresora 3d, se redactará sobre los modelos existentes en el mercado y el nivel de capacidad de los mismos.

Después del estado del arte, viene el siguiente capítulo, que es el **programa experimental**. Este es uno de los capítulos más importantes, ya que expone qué se va a hacer en el trabajo expuesto. Por tanto, se habla de las cuatro estructuras a realizar y las características que dispondrá cada una de ellas en cuanto a los materiales utilizados y qué finalidad tiene el uso de uno u otro.

Otro de los capítulos más importantes de este trabajo es el denominado **metodología experimental**, que se lleva a cabo justo después del capítulo programa experimental. Aquí se estudia cómo se realiza la construcción del programa experimental y qué medios se utilizan para ello. Exponiendo los medios para realizar el proyecto planteado, cómo se ejecuta, pasos a seguir, etc. Se trata por tanto de toda una guía a seguir en cuanto a la realización de este trabajo experimental.

Es, por tanto, que después de todo este largo trabajo, se expondrán los **ensayos** realizados **y** cuáles han sido los **resultados**. Toda una información muy valiosa y de carácter importantísimo pues es nuestro objetivo principal en este proyecto y que sin ella no se podría llevar a cabo el capítulo conclusiones. El capítulo **conclusiones** engloba toda una explicación de a donde se ha llegado después de recorrer el largo camino y qué es lo que ha ocurrido y porqué.

Una vez llegados a este punto, el trabajo se enfrentará a un capítulo denominado **futuras líneas de trabajo**. Este capítulo nos conduce a conocer qué nos depara el futuro con estos conocimientos estudiados, cómo encajan los mismos, en qué campos se incluirían.

Dispondremos además de un capítulo destinado a la **bibliografía**, organizando y citando los diferentes autores y direcciones que se han tenido en cuenta a la hora de redactar este documento.

Finalmente, se añadirán los **anexos**. Los anexos son documentación complementaria al trabajo, pero no por ello es de menor importancia. Cumple la función de complementar los conocimientos redactados. Aquí se añadirá el presupuesto, planos, fichas técnicas, etc.

## Capítulo 3.

### Estado del arte

#### 3.1 Estructuras singulares

Las estructuras singulares son elementos constructivos que presentan características geométricas simples y fáciles de visualizar para el ojo humano, además de utilizar un material de construcción predominante y constante en toda la estructura.

##### *Estructura singular: puente Alfenz (Austria)*

El puente Alfenz es una estructura que fue diseñada para dar paso a bicicletas (en especial, conecta con la ruta ciclista Bludenz-Schruns) y peatones, esta estructura se encuentra en el Valle de Montafon en Austria y atraviesa el río Alfenz, se encuentra justo en los Alpes austriacos.

Fue construida en nada más que 5 meses; la obra se inició en mayo de 2010 y finalizó en septiembre de ese mismo año. Se trata de una estructura construida completamente en hormigón y no cuenta con ningún elemento de apoyo bajo ella. Los lados laterales son los que soportan la carga de la misma. (ver Figura 1)

En cuanto a las dimensiones geométricas; tiene una longitud de 38,3 metros, una altura comprendida entre 3,8 y 4,3 metros y una anchura de 4,2 y 4,7 metros. Pesa 300 toneladas. El diseño de esta pasarela con sus huecos en forma de triángulos de diferentes tamaños da pie a que los visitantes tengan acceso a contemplar desde muy cerca la naturaleza del entorno en donde se encuentra. [1]

Se trata por tanto de una estructura con un uso muy eficiente de los materiales. Fue encargada su construcción al estudio austriaco Marte.MarteArchitects.

Este estudio fue fundado por los hermanos Bernhard Marte (1966) y Stefan Marte (1967), que estudiaron arquitectura en la Universidad Técnica de Innsbruck. Los dos hermanos participaron en el consejo de la Asociación central de Arquitectos Vorarlbergs. Además, Marte.MarteArchitects han obtenido premios considerables en el campo de la educación, cultura, infraestructura y salud. Sus edificios tienen una gran comprensión con la ubicación de los mismos, una reducción y son abstractos físicamente hablando. Se trata por tanto y debido a sus éxitos, una oficina importante.

En la actualidad tiene sede en Feldkirch (ciudad del estado federal Vorarlberg, Austria) y dispone de una plantilla de 22 personas. [2]



Figura 1. Puente Alfenz. 2017. Fuente: Arquitectura Blanca.

#### *Estructura singular: puente de las ovejas (Alicante)*

El denominado puente de las ovejas, situado en la localidad de Alicante (Com.Valenciana, España), (ver Figura 2) encargado a la Universidad Politécnica de Valencia fue terminado en julio de 2013. Se sitúa exactamente sobre el barranco y a la altura de la c/Perú con Panamá, en la localidad de Alicante.[3]

Esta estructura fue diseñada y construida para un uso exclusivo de bicicletas y peatones. Además, por su localización y la proximidad al mar, se descartaron materiales como la madera o el acero y se utilizó un hormigón ligero muy resistente (ver Figura 3). [4]

Se trata de una pasarela de 42,81 metros (ver Figuras 4 y 5), está constituida por dos celosías tipo Warren. Estas celosías están conectadas en la zona inferior por otra celosía en X, y en la parte intermedia por el tablero, a una distancia de 1 metro de los cordones superiores que realizan la función de barandilla. [5]

En 2014 fue un año histórico para la estructura, ya que recibió el premio de diseño y construcción de la Asociación Científico-Técnica de Hormigón Estructural (un premio que es todo un prestigio nacional).





Figura 2. Ubicación de la pasarela en el puerto de Alicante. Fuente: Revista H'A Hormigón y acero.



Figura 3. Puente de las ovejas (Alicante, Com.Valenciana, España) Fuente: AlicantePress.

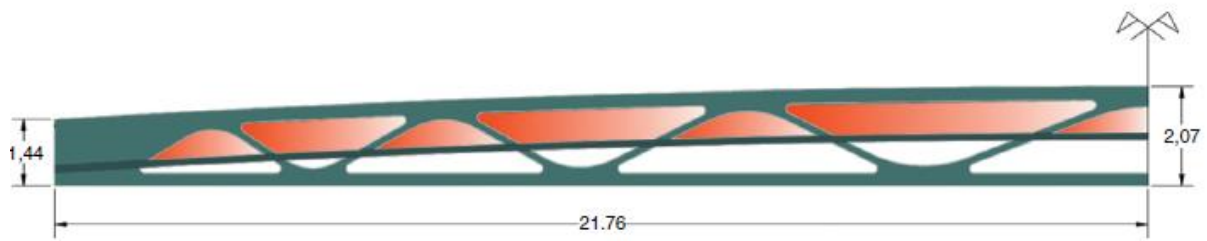


Figura 4. Alzado de la pasarela del puente de las ovejas en Alicante. Fuente: Pedro Serna, Juan Ángel López, Hugo Coll, Esteban Camacho, Juan-Navarro Gregori, Fernando Galán.

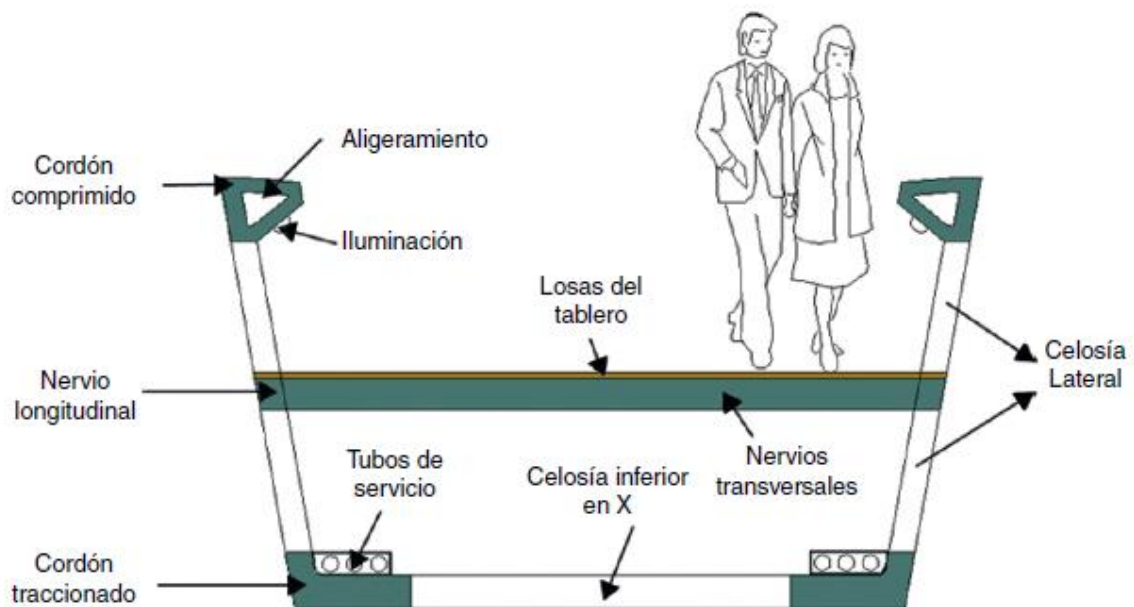


Figura 5. Sección transversal de la pasarela del puente de las ovejas en Alicante. Fuente: Pedro Serna, Juan Ángel López, Hugo Coll, Esteban Camacho, Juan-Navarro Gregori, Fernando Galán.

### Estructura singular: puente Acciona (Alcobendas, Madrid)

El puente impreso en 3d que se encuentra en Alcobendas (parque de Castilla-la Mancha, en la localidad de Madrid) fue un encargo que recibió la empresa Acciona y que construyó en un corto periodo de tiempo, al tratarse de una estructura impresa en 3d (ver Figura 6).

Este se trata del primer puente impreso en el mundo con tecnología en 3d y utilizando como material el hormigón. Fue inaugurado el 14 de diciembre de 2016.[6]

Es una estructura de unos 2 metros de ancho y 12 metros de largo, es una estructura cuya función es la del paso peatonal e incluso para bicicletas.

Se destaca que, aunque la construcción la realizó la empresa Acciona, el diseño arquitectónico lo realizaron en el Instituto de arquitectura avanzada de Cataluña (IAAC). [7]

De nuevo, se observa con esta estructura impresa en 3d las características que se obtienen al usar esta avanzada tecnología; libre de moldes, flexibilidad, adaptabilidad a cualquier forma, reducción de recursos, de energía, reducción de residuos de desperdicio tras su construcción, etc. [8]



Figura 6. Construcción puente Acciona impreso en 3d – Alcobendas (Madrid). Fuente: Imprimalia3d.

#### *Estructura singular: Proyecto futuro digital (Shanghái)*

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Shanghái ha diseñado y desarrollado estos dos puentes impresos en 3d, de plástico. La función principal de los mismos es peatonal y miden 11 y 4 metros respectivamente (ver Figura 7).

El proyecto “Shanghái futuro digital” se ha creado para fomentar las nuevas tecnologías en la arquitectura y el urbanismo, es con esto por lo que han presentado estas impresiones 3d para dicho proyecto.

Se han necesitado 360 horas de impresión para poder crear dichos puentes y un día entero para montarlos. [9]



Figura 7. Puente impreso en 3d por el proyecto “Shanghái futuro digital” de la Universidad de Shanghái. Fuente: 3dnatives.

### *Estructura singular: MX3D Bridge Star (Ámsterdam)*

La empresa statup holandesa MX3D ha impreso en 3d una estructura de acero inoxidable para atravesar uno de los canales de Ámsterdam, el canal OudezijdsAchterburgwal. Esta impresión se realizó equipando a robots industriales típicos con las herramientas específicas e instalándoles unos softwares para controlarlos, desarrollados por la propia empresa (ver Figura 8 y Figura 9).

En el año 2018, la empresa, gracias a esta magnífica estructura ganó el premio Dutch Design Award 2018 en la categoría Design Research. [10] [11]



*Figura 8. Puente de acero impreso en 3d por MX3D en el centro de Ámsterdam. Fuente: MX3D.*



*Figura 9. Puente de acero impreso en 3d por MX3D en el centro de Ámsterdam. Fuente: MX3D.*

## 3.2 Materiales compuestos

Los materiales compuestos son aquellos que se componen de varios materiales y no se produce ninguna reacción química cuando se juntan. Además, estos generalmente se componen con la finalidad de mejorar las características y/o de obtener propiedades que estos materiales de forma individual no son capaces de obtener. Aquí nos centraremos en algunos de los materiales compuestos avanzados, que se utilizan para elementos estructurales.

Los materiales compuestos están formados por la matriz (es un componente que se encarga de ligar y dar estabilidad, proteger de desgaste químico y/o mecánico, eliminar la posibilidad de grietas) y el refuerzo (este se trata de un elemento resistente).

En cuanto a las matrices, estas se clasifican en matriz metálica, de carbón, cerámica y orgánica. Las más usuales son las matrices orgánicas, estas pueden ser termoplásticas, termoestables (resinas) o elastómeras. [12]

Por otro lado, los refuerzos, los hay de dos tipos: cargas (se utilizan en elementos que dispongan de una mínima responsabilidad estructural) y de fibras (que son elementos en forma de hilo; algunas de las que podemos encontrar son; las fibras de vidrio, de carbono, cerámicas, orgánicas, de boro, metálicas)

### *CFRP (Carbon fiber reinforced plastics) / Material compuesto de fibra de carbono*

El CFRP o material compuesto por fibra de carbono con matriz orgánica se trata de un material compuesto.

Este material compuesto de matriz orgánica en tejido o también en cinta, se trata de un material que está embebido en una matriz orgánica que generalmente es la resina epoxi. Por tanto, se trata de un plástico reforzado con fibra de carbono.

Cuando el material viene en forma de cintas, estos son hilos en paralelo de una forma unidireccional (ver Figura 11).

También aparecen en forma de tejidos, esto es cuando los hilos son entrelazados perpendicularmente creando un tejido o forma de malla. Aquí es relevante saber la dirección de los hilos y la cantidad de capas que contiene la malla. Estos dos datos son importantes porque las propiedades de resistencia direccional se adquieren por la dirección de las fibras y la cantidad de capas que contiene (ver Figura 10).

En cuanto a sus características mecánicas; los CFRP junto con epoxi se obtiene un material con una resistencia y una elasticidad elevada. Un inconveniente de este material es su escasa resistencia a la fatiga, al contrario de otros materiales como el acero y otros materiales estructurales.

Por otro lado, cabe decir que tiene una alta resistencia a la temperatura y la humedad y una excelente resistencia a la corrosión y ya que es resistente a la temperatura cabe decir que es muy bueno frente al fuego. (ver Tablas 1 y 2) [13] [14]

Tabla 1. Características físicas de tejido unidireccional de fibra de carbono.

Fuente: DRIZORO Construction Products

| Características físicas de tejido UNIDIRECCIONAL de fibra de carbono dependiendo del ancho |                  |                  |                  |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Ancho  | 200              | 300              | 600              |
| Espesor (mm)   | 0,111            | 0,167            | 0,333            |
| Módulo elasticidad (MPa)   | $2,3 \cdot 10^5$ | $2,3 \cdot 10^5$ | $2,3 \cdot 10^5$ |

Tabla 2. Características físicas de tejido bidireccional de fibra de carbono.

Fuente: DRIZORO Construction Products

| Características físicas de tejido BIDIRECCIONAL de fibra de carbono dependiendo del ancho |                  |          |          |
|---|------------------|----------|----------|
| Ancho   | 160              | 210      | 300      |
| Gramaje (g/m <sup>2</sup> )   | 160 ± 5%         | 210 ± 5% | 300 ± 5% |
| Módulo elasticidad (MPa)  | $2,3 \cdot 10^5$ |          |          |

Los campos donde encajan los materiales con CFRP son la ingeniería aeroespacial, automotriz, civil, fabricación de micro electrodos de fibra de carbono, artículos deportivos.

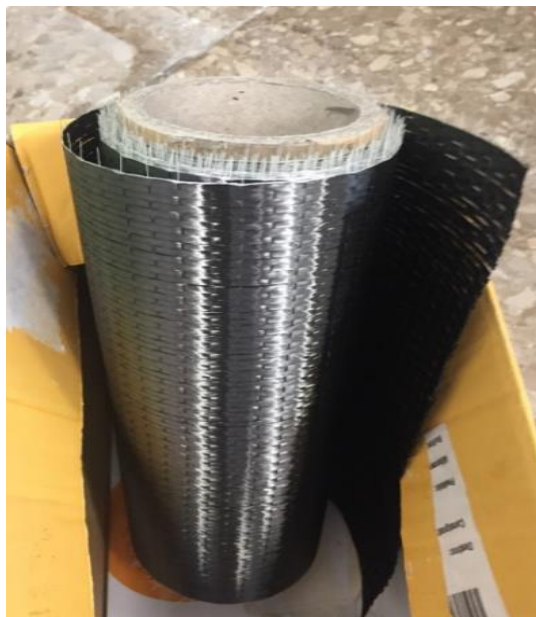


Figura 10. Malla de fibra de carbono unidireccional.2019 Fuente: Autor.



Figura 11. Bobina de hilos de fibra de carbono unidireccional.2019. Fuente: Autor.

### GFRP (Glass fiber reinforced plastics) / Material compuesto de fibra de vidrio

El GFRP (Glass fiber reinforced plastics) o material compuesto por fibra de vidrio con matriz orgánica se trata de un material compuesto.

Una de sus mayores ventajas del GFRP es el bajo coste del mismo, se trata de un poliéster que se encuentra reforzado con fibras de vidrio. Generalmente se encuentra en el mercado en forma de tejido o cintas (se suministra de similar forma al CFRP, como se ha citado en el apartado anterior) (ver Figura 12).

En cuanto a sus características mecánicas; este se trata de un material que tiene una alta resistencia a compresión a lo largo del eje de la fibra, alta resistencia a la tensión, y gran dureza. Mas ventajas son; este es un material ligero, fuerte y robusto, es muy flexible, no necesita ningún tipo de mantenimiento y presenta alta resistencia al fuego. En la Tabla 3 aparecen las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio. Como inconveniente encontramos que este no trabaja bien a cortante a lo largo de su eje. [14] [15]

Tabla 3. Propiedades mecánicas fibra de vidrio. Fuente: Scientia et Technica Año XIII, No 36, septiembre 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

|                 | Carga máxima (N) | Elongación (mm/mm) | Esfuerzo máximo (GPa) |
|-----------------|------------------|--------------------|-----------------------|
| Fibra de vidrio | $0.58 \pm 0.15$  | $0.023 \pm 0.009$  | $3.6 \pm 2.52$        |

Dentro de las aplicaciones; en el mercado industrial lo encontraremos en rejas, persianas, andamios, cubiertas, ventanas, varillas de protección de perímetros, en vigas, pasarelas, escaleras, etc.



Figura 12. Diferentes formas de encontrar la fibra de vidrio - GFRP. 2011 Fuente: Tecnología de los plásticos.

### *UHPC (Ultra high performance concrete) / Hormigón de alta resistencia / Microhormigón*

El UHPC (Ultra high performance concrete), microhormigón, se trata de un material compuesto y realizado con una gran cantidad de cemento. Con este tipo de hormigón se puede conseguir estructuras singulares en la edificación para la creación de elementos estructurales realmente impresionantes.

En cuanto a sus características mecánicas, este dispone de una alta resistencia mecánica y su durabilidad es más elevada a la del hormigón convencional, debido a su dosificación es un material con plasticidad y autocompactante. [14] [16] [17]

Otras características del mismo son la incombustibilidad, el aislamiento térmico y acústico, la permeabilidad, la resistencia a la flexo-tracción, reducción del agua de amasado ofreciendo hormigones con mucha densidad, buena plasticidad, fluidez, compactación, el aditivo utilizado disminuye la retracción. El aditivo utilizado no contiene cloruros y esto favorece la no corrosión del acero en cuanto a hormigones armados o pretensados.

En cuanto a su aplicación, se trata de un material muy bien mirado en el campo arquitectónico debido a su gran versatilidad para elementos premoldeados con muy poco espesor y con un aspecto pétreo.

Se trata de un hormigón realizado con una relación agua: cemento de 0,3 (ver Figura 13) y con un porcentaje comprendido entre 3- 10% de aditivo, con respecto al peso del cemento. Este hormigón deberá tener, además, una dosificación de cemento de 800 kg/m<sup>3</sup>. [18]

Materiales para la confección: CEM-52,5R, Agua, Aditivo SIKA ViscoCrete -3425 porque es superplastificante, Árido fino.



*Figura 13. UHPC-Microhormigón amasado en Laboratorio de materiales ETSIE-UPV.2019 Fuente: Autor.*



### Resina de poliéster

La resina de poliéster es una matriz (ver Figura 14). Esta se utiliza para realizar materiales compuestos, como son los citados en los apartados del GFRP y CFRP. La resina de poliéster se trata de una de las resinas más comunes y realiza una matriz termoestable. Las características intrínsecas de la resina de poliéster se reflejan en las Tablas 4 y 5. [19]

Tabla 4. Características intrínsecas de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,1-1,2 |
| Viscosidad 25º C (cP)         | 150-750 |
| Dureza Barcol                 | 30-55   |

En cuanto a las características mecánicas de la resina de poliéster se pueden apreciar en la Tabla 5;

Tabla 5. Características mecánicas de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| Resistencia a Tracción (Mpa) | 50-75     |
| Resistencia a Flexión (Mpa)  | 80-150    |
| Módulo a Flexión (Mpa)       | 3500-4500 |

Generalmente es de las resinas más utilizadas ya que tiene una gran variedad de aplicaciones y es relativamente barata, con respecto a otros materiales de su misma condición. Además, se adapta muy bien frente a diferentes materiales, cuando se combina con ellos.

Estas son moldeables a los usuarios, porque estos utilizando catalizadores (se suele añadir en relación, 100 gramos de resina, 2 gramos de catalizador, para hacer activar la reacción química exotérmica), se juega con la temperatura de curado de la resina. Con los catalizadores (ver Figura 15) y aceleradores se obtiene el siguiente paso que es la gelificación de la resina (ver Figura 16), donde llegamos al punto de gel (que es cuando la resina pasa de estado líquido a viscoso) y entonces viene la reacción exotérmica donde llegamos al curado. [14] [19]

La resina de poliéster es de aplicación en la industria náutica, de automoción, artística, edificación, etc.



Figura 15. Resina de poliéster.2019  
Fuente: Autor.



Figura 14. Catalizador y pincel.2019  
Fuente: Autor.

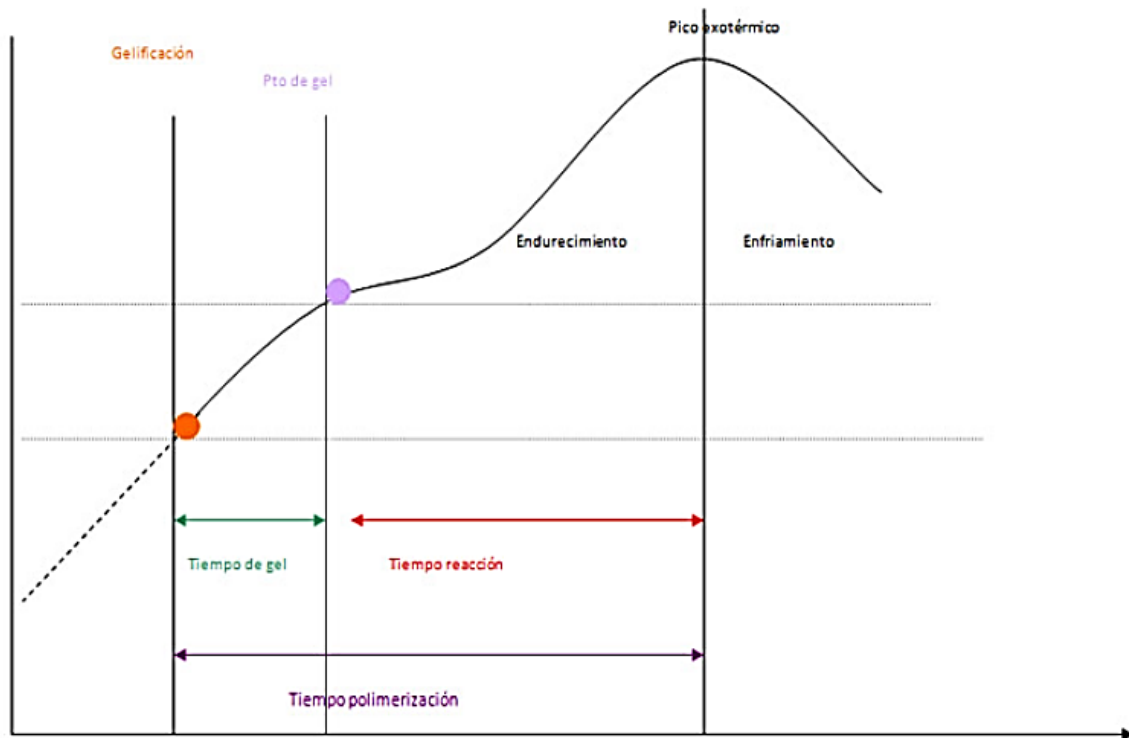


Figura 16. Proceso de gelificación de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica.

### PLA (Ácido poliláctico)

El PLA o ácido poliláctico es un material que se utiliza para generar bobinas de filamento para la impresión 3d mediante la deposición de filamento fundido o proceso aditivo.

Este material proviene del maíz y es muy común en el mercado de la actualidad. Además, podemos encontrarlo con diferentes diámetros de hilo y de diferentes colores (ver Figura 17).

El uso de este material se ha centrado principalmente porque lo que se busca en la impresión 3d es tener un material que se solidifique rápidamente, que además presente pequeñas deformaciones producidas por la tensión térmica y que presente una buena adherencia.

Este material se funde en torno a los 190º-220ºC, aunque según algunos estudios se considera una temperatura óptima para imprimir la de 205ºC.

Este material es completamente biodegradable ya que este se obtiene por polimerización de los ácidos lácticos (estos vienen de la fermentación de azúcar de proveniencia vegetal) y no se utiliza ningún derivado del petróleo.

En cuanto a sus características mecánicas [20], véase la Tabla 6. Véase ficha técnica PLA en Anexos.

Tabla 6. Características mecánicas de PLA (ácido poliláctico). 2017. Fuente: Ultimaker.

| Impresión en 3D   |                       |                    |
|---|-----------------------|--------------------|
|   | Valor típico          | Método de ensayo   |
| Módulo de elasticidad a tracción                          | 2346,5 MPa            | ISO 527 (1mm/min)  |
| Esfuerzo a tracción a la deformación                      | 49,5 MPa              | ISO 527 (50mm/min) |
| Esfuerzo de tracción a la rotura                          | 45,6 MPa              | ISO 527 (50mm/min) |
| Alargamiento a la deformación                             | 3,3%                  | ISO 527 (50mm/min) |
| Alargamiento a rotura                                     | 5,2%                  | ISO 527 (50mm/min) |
| Resistencia a la flexión                                  | 103,0 MPa             | ISO 178            |
| Módulo de flexión   | 3150,0 MPa            | ISO 178            |
| Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (23°C) | 5,1 kJ/m <sup>2</sup> | ISO 180            |
| Resistencia a prueba de impacto Charpy (23°C)             | -                     | -                  |
| Dureza  | 83 (Shore D)          | Durómetro          |



Figura 17. Bobina de filamento PLA (ácido poliláctico) de 1,75 mm de diámetro. 2019 Fuente: Autor.

### 3.3 Enlaces y uniones en piezas impresas en 3d

Los enlaces y uniones son el método por el cual mediante la forma dada a la superficie de contacto se unen unas piezas con otras. Generalmente se utilizan debido al tamaño que presentan algunas estructuras, figuras o elementos impresos en 3d.

Como referencia para la realización de ensamblajes y enlaces entre piezas, tenemos los métodos utilizados para las piezas de carpintería de madera;

- **Ensamblajes de nudos:** estos ensamblajes pueden resolver los encuentros en esquinas, cruces y encuentros.

- Ensamblajes de caja; realizando rebajas en caja y empotrando una pieza en la otra. Se puede observar en las Figuras 18 y 19.

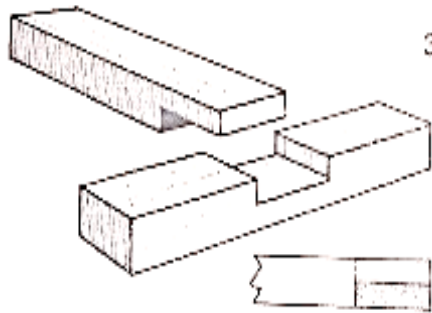


Figura 18. Ensamble de caja – a media madera. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

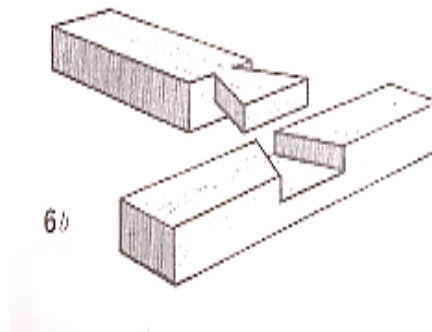


Figura 19. Ensamble de caja – en cola de milano doble y por tabla. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- Ensamblajes de caja y espiga: se penetra la espiga en otra pieza, la cual tiene una caja tallada en su interior, véase Figura 20.

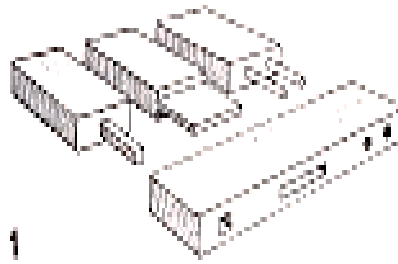


Figura 20. Ensamble de caja y espiga –recta. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- Ensamblados de quijera: disponen de una horquilla, que, gracias a la forma de la misma, cogen unas piezas con otras debido a los cantos de la horquilla, véase Figura 21.

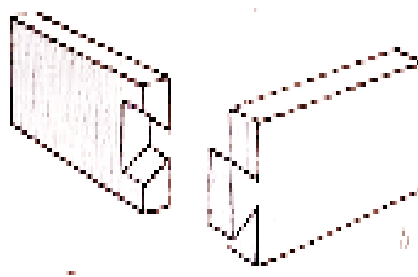


Figura 21. Ensamble de quijera –en cola de milano canto simple. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- Ensamblados de barbilla: se pueden encontrar, pasantes, que no transmiten empujes; o a tope, que absorben esfuerzos horizontales, véase Figura 22.

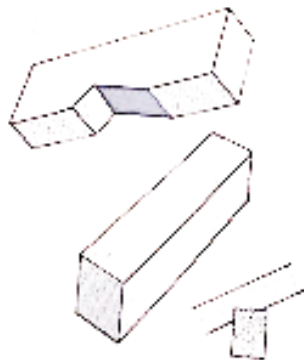


Figura 22. Ensamble de barbilla – simple pasante. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- Ensamblados de espera: estos sí que permiten la transmisión de esfuerzos, la diferencia que existe con los ensamblados de barbilla es el tipo de corte. En lugar de ser cóncavo, forma un ángulo diedro convexo, véase Figura 23.

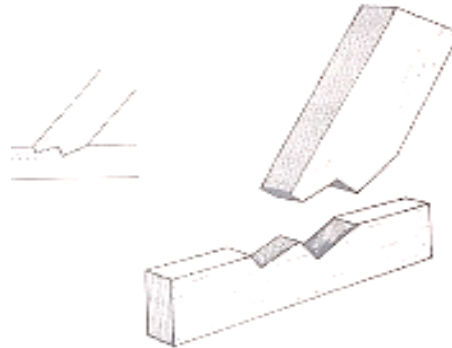


Figura 23. Ensamble de espera – simple. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- **Ensamblados de empalme**: la función principal es obtener piezas de considerable longitud. Se ensamblan las testas de las piezas alineadas. Según el empalme realizado se clasifican en empalmes a compresión o tracción, véase Figura 24 y Figura 25.

- Empalmes a compresión

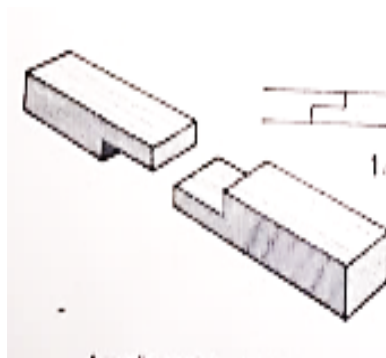


Figura 24. Ensamble de empalme - compresión. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

- Empalmes a tracción

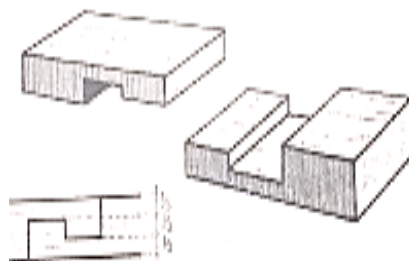


Figura 25. Ensamble de empalme - tracción. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV.

### - Ensamblaje de acoplamiento

- Por superposición: para evitar el deslizamiento en la propia unión y poder aumentar el canto, véase Figura 26.

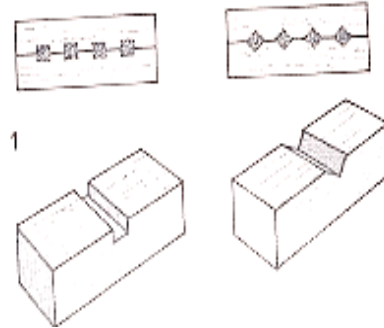


Figura 26. Ensamble de acoplamiento - superposición. 2013.  
Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá.  
ETSIE-UPV.

- Por yuxtaposición: para poder aumentar la superficie, véase Figura 27.

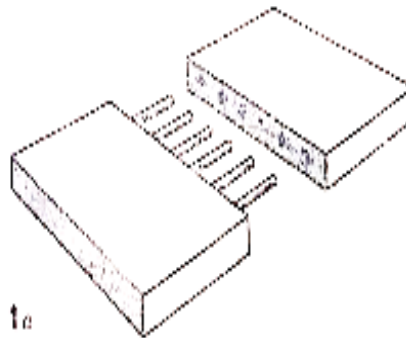


Figura 27. Ensamble de acoplamiento - yuxtaposición. 2013.  
Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá.  
ETSIE-UPV.

Por otro lado, en cuanto a **la impresión 3d**, muchas veces debido al tamaño de las piezas que se desean imprimir, no se hace posible la impresión de la pieza de una sola vez (debido a un menor volumen de impresión causado por el tipo de impresora utilizado, cabe decir que sí que existen en el mercado impresoras 3d para grandes volúmenes y que estas se presentan bajo un coste de adquisición elevado), por tanto, se realizan diferentes cortes. En cada corte y para garantizar una buena unión posterior, se diseña una forma de unión, por ejemplo, la cola de milano.

Existen múltiples formas de realizar estas uniones y enlaces, se pueden utilizar la metodología citada anteriormente. La elección de cada una de ellas vendrá dada según las necesidades de las piezas impresas y el futuro de uso de las mismas. **En las Figuras 28 y 29 se observa un tipo de enlace utilizado para la producción de las estructuras de este proyecto, el cual denominamos enlace tipo "puzzle".**



Figura 28. Piezas de enlace tipo “puzle”. Fuente: Gabimtec ingeniería.



Figura 29. Enlace entre piezas impresas con metodología 3d. 2019 Fuente: Autor.



### 3.4 Impresoras 3d

Las impresoras 3d han sido un gran avance tecnológico en la historia de la humanidad. Esto significa que gracias a ellas se han podido realizar muchos avances en un gran abanico de campos existentes. Como por ejemplo en la industria automovilística, aeronáutica, industrial, edificación, biomédica, etc.

Además, la impresión 3d hace cosa de pocos años llegó al sector del usuario particular, dejando de ser el uso de estas exclusivo para las grandes industrias. Todo esto fue una revolución, que en la actualidad sigue en auge. Una de las capacidades que otorga esta tecnología es la de dar poder al usuario particular, este tiene la capacidad de crear elementos únicos en su propia vivienda y con materiales a un coste asequible e incluso rápido de adquirir.

Algunas de las impresoras que tienen un buen rendimiento y son de las más codiciadas en el mercado son:

- Prusa i3 mk2(ver Figura 30)

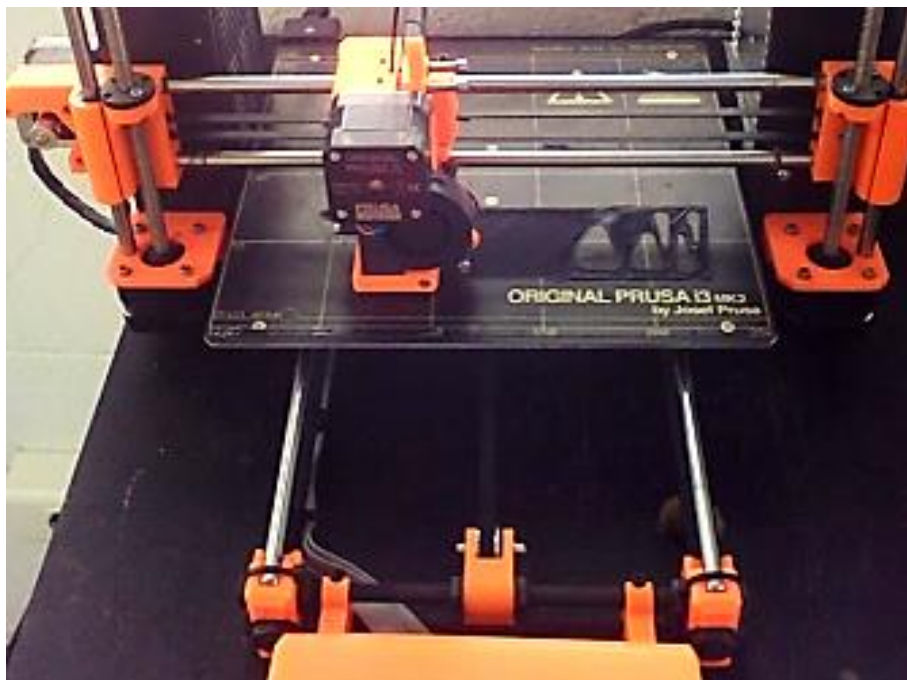
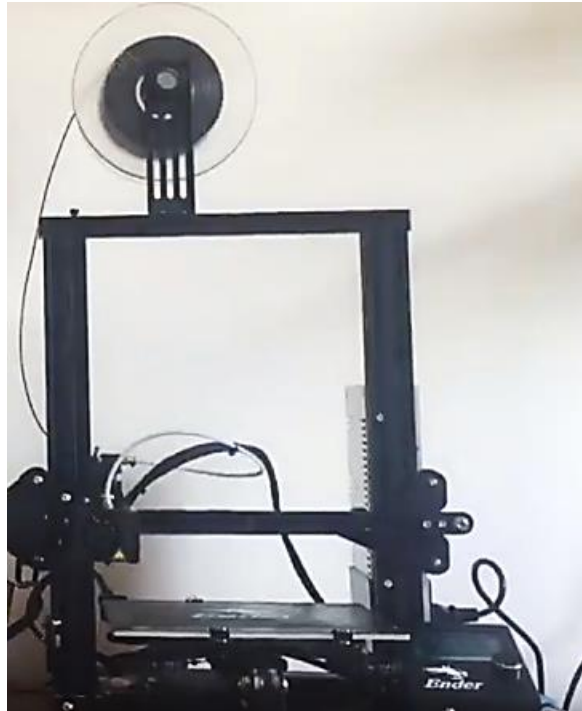


Figura 30. Impresora Prusa i3 mk2. 2019. Fuente: Autor.

- Creality Ender prusa i3 (ver Figura 31)



*Figura 31. Impresora Creality Ender prusa i3. 2019. Fuente: Autor.*

Programa experimental

El programa experimental que se seguirá aparece en la Figura 32.

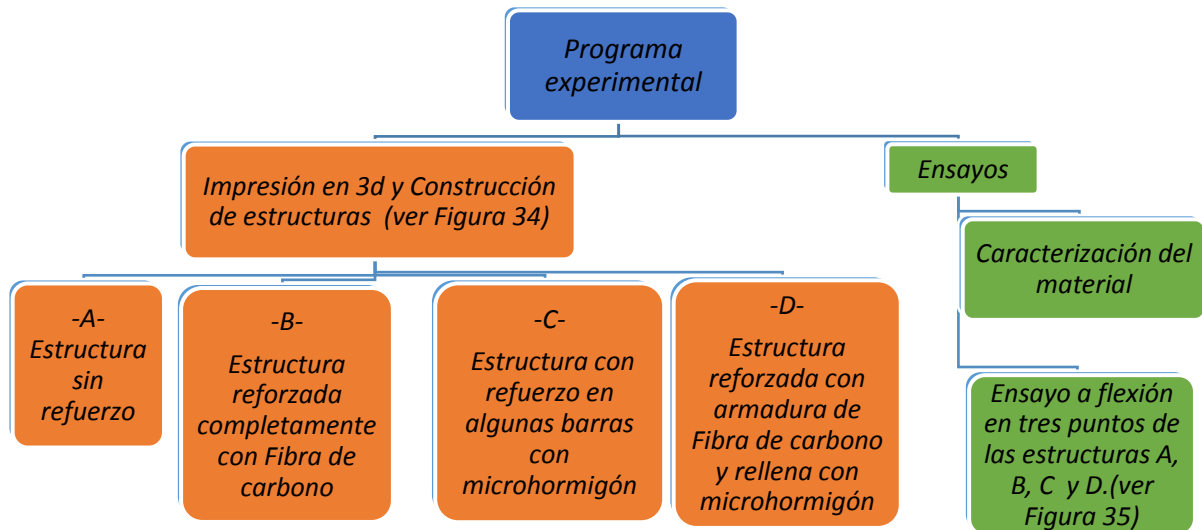


Figura 32. Esquema de programa experimental empleado en este TFG. 2019. Fuente: Autor.

El diseño de cada estructura se ha centrado en el famoso puente Alfenz, ubicado en Austria y diseñado por el grupo de arquitectos Marte.MarteArchitects. Se trata de un diseño espectacular, una pasarela para ciclistas y peatones con vistas a los Alpes Austriacos. Ver render en la Figura 33.

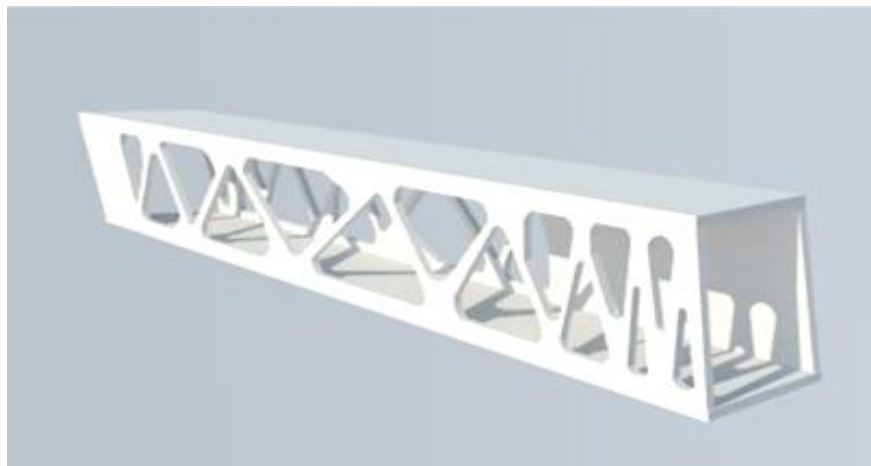


Figura 33. Render de estructura puente Alfenz. 2019. Fuente: Autor.

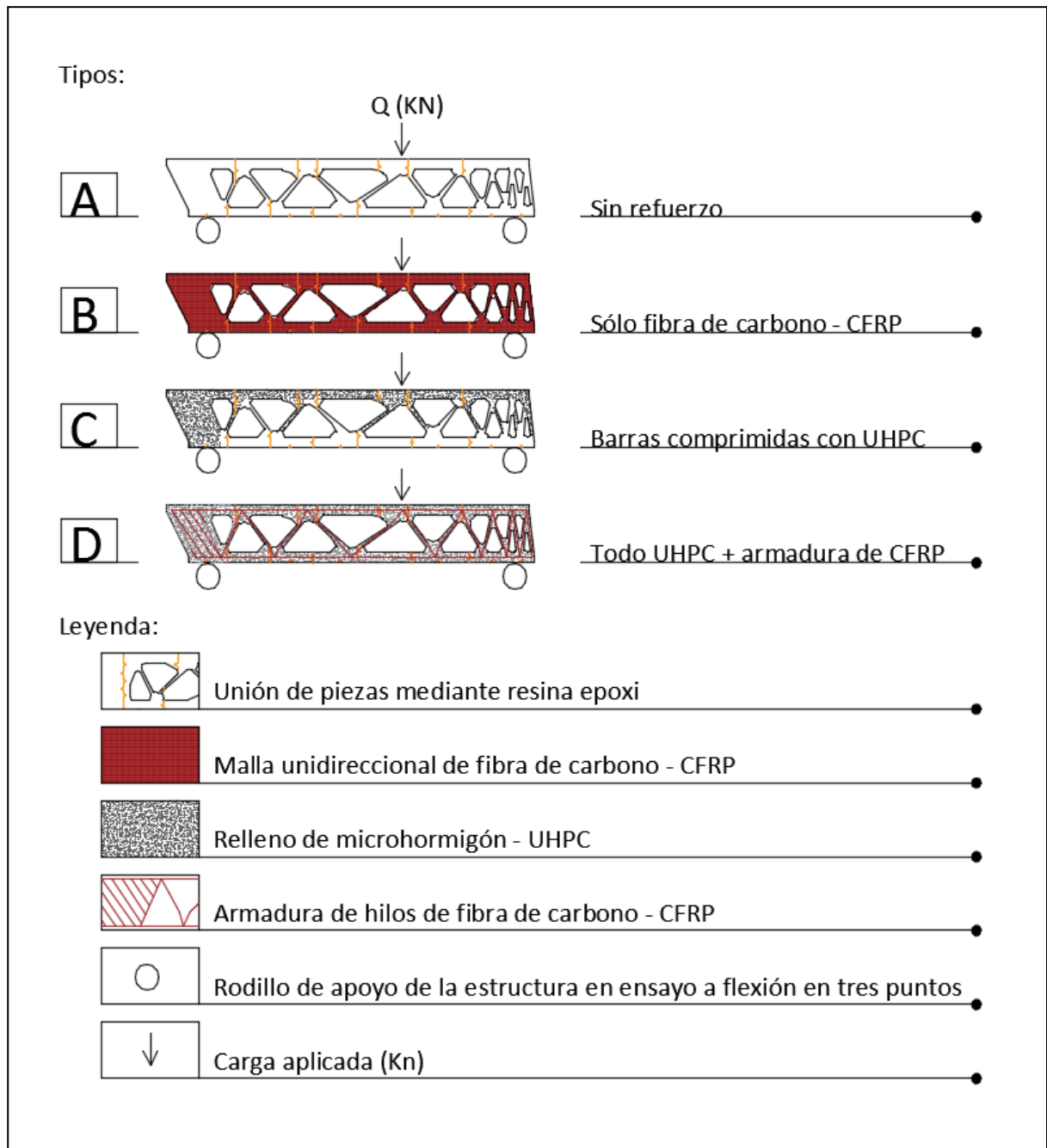


Figura 34. Esquema tipos de estructuras. Fuente: Autor.

En la Figura 34 aparece un esquema de los tipos de estructuras para construir numeradas alfabéticamente. Las dimensiones de cada una de las piezas se pueden ver en los planos y corresponderán a; 1000 mm de largo 170 mm de alto.

La estructura A, compuesta simplemente por piezas impresas en 3d unidas mediante enlace diseñado tipo “puzle” y resina epoxi.

La estructura B, compuesta también por piezas impresas en 3d y unidas mediante enlace diseñado tipo “puzle” y resina epoxi, además lleva un refuerzo en toda su superficie de malla unidireccional de fibra de carbono, CFRP.

La estructura C, también está compuesta por piezas impresas en 3d y unidas mediante enlace diseñado tipo “puzle” y resina epoxi, además de llevar un refuerzo de microhormión-UHPC en las barras comprimidas.

Por último, la estructura D, se compone de piezas impresas en 3d para generar un encofrado perdido, relleno de microhormigón-UHPC en toda la estructura y reforzado con armadura de hilo de fibra de carbono, CFRP.

Por otro lado, la Figura 35 muestra un croquis de un ensayo a flexión en tres puntos. Donde el rectángulo representa la estructura del puente Alfenz. Los círculos, son cilindros de apoyo y la flecha es la carga puntual que se le aplica en un punto para generar la tensión en flecha.

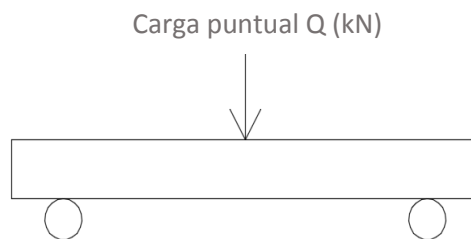
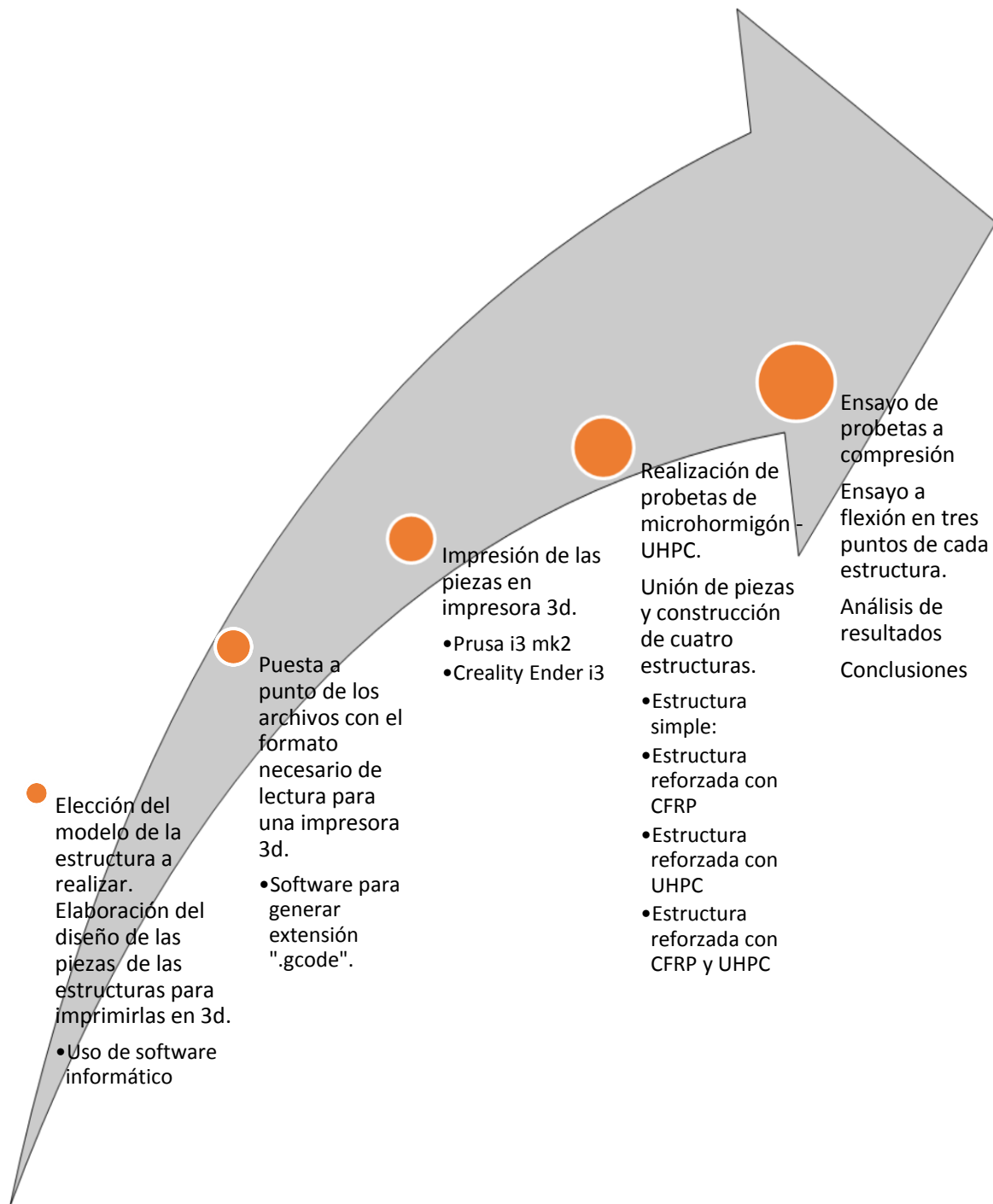


Figura 35. Croquis, ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.

## Capítulo 5.

### Metodología experimental

La metodología experimental es el apartado en donde se expone cómo se realizará el programa experimental. La elaboración del mismo se ejecuta mediante diferentes pasos para poder llegar a unas conclusiones y objetivos del proyecto.



## 5.1 Elección del modelo y diseño de piezas

En primer lugar, se elige el modelo de la estructura del puente Alfenz, ubicado en Austria y ejecutado por el estudio de arquitectura Marte.Marte. Architects. Se elige esta estructura porque es perfecta por sus características tanto físicas como funcionales para el experimento con materiales composite.

El siguiente paso es la delineación de los alzados y secciones necesarios para su correcta interpretación en un software informático. Se elabora una estructura a escala de la estructura real de 1 metro de largo. (Véase Anexo-planos-piezas a imprimir)

## 5.2 Creación de archivo en formato lectura para una impresora 3d

Una vez realizadas todas y cada una de las piezas que componen las estructuras, se pasan a un programa de diseño en 3d y posteriormente se exportan a formato .stl (que es el formato genérico para exportar un archivo en 3d). Este archivo .stl se abre con el programa Cura 3.6 (hasta la actualidad es un programa gratuito) y configura el modelo de impresora que se va a utilizar porque dependiendo del modelo, el programa generará una extensión .gcode distinta; ya que cada impresora tiene unas dimensiones para imprimir, material de impresión, boquilla de extrusión del material, etc diferentes.

Antes de exportar a .gcode, el programa pregunta ciertas características de impresión. En nuestro caso, las características fueron:

Densidad: 20%

Croquis interior: Triángulos

Altura de capa: 0.4 mm

Soporte: Desde la base

Base: falda

Terminado de insertar estas características, se genera un archivo .gcode por cada pieza.

## 5.3 Impresión de piezas mediante impresoras 3d

Se copian los archivos con extensión .gcode en la tarjeta sd de la impresora 3d. Esta tarjeta se inserta en el ordenador de la máquina y se siguen los siguientes pasos.

*Pasos básicos a seguir para imprimir en una impresora 3d:*

- Comprobar que el cable de la impresora se encuentre insertado en un enchufe.
- Pulsar el interruptor de la máquina, modo ON (encendido).
- Comprobar que la cama o base de la impresora esté nivelada (en el caso de la Impresora Prusa i3 mk2 no es necesario este paso porque se auto nivela).
- Muy importante, comprobar que la cama o base esté limpia y libre de polvo.
- Comprobar que hay suficiente filamento o si se va a necesitar tener a mano una bobina nueva para reponer la existente.

- Precalentar la boquilla de extrusión a la temperatura de 210°C para uso de material de impresión PLA (ácido poli láctico) / ver instrucciones del industrial porque dependiendo del material utilizado, la temperatura de fusión variará.
- Encender ventilador
- Precalentar la base de la impresora a unos 60°C, para que esta cuando reciba el material extruido por la boquilla no quede completamente pegado a la cama o base.
- Entrar en el menú de la tarjeta sd y pulsar el archivo para imprimir.
- Antes de que la impresora empiece a imprimir realizar un ligero rociado de laca sobre la cama o base caliente. Esta impregnación servirá para evitar que las piezas a imprimir se queden pegadas a la base y facilita su extracción.
- Esperar a que la impresora se ponga a trabajar la pieza y finalice el proceso.
- Extraer la pieza impresa mediante espátula metálica.
- En el menú de la impresora, apagar motores y dejar enfriar.
- Una vez enfriada, apagar del mismo pulsador donde se enciende o poner una nueva pieza a imprimir repitiendo los pasos citados anteriormente.
- Retirar rebabas, hilos y elementos impresos sobrantes. Limpiar la pieza de posibles desperfectos.

*Inventario de piezas a imprimir:*

Las Tabla 7 y Tabla 8 muestran la cantidad de piezas a imprimir, nomenclatura para llevar un orden para identificar cada pieza impresa, tiempos de impresión y cantidad de material utilizado en cada impresión.

La Tabla 7 está relacionada con las piezas necesarias para poder montar la estructura genérica. La estructura genérica sirve para realizar 3 de las 4 estructuras; la estructura genérica simple, la estructura genérica reforzada con GFRP y la estructura genérica reforzada con microhormigón-UHPC en barras comprimidas. Por tanto, se imprimen 3 lotes de piezas.

Sumando un total de:

$$52 \text{ piezas} \times 3 \text{ estructuras} = 156 \text{ piezas}$$

En la Tabla 8 aparecen las piezas necesarias para montar la estructura que va rellena completamente de microhormigón-UHPC y reforzada con armadura de hilos de fibra de carbono. De esta tabla se imprimirá un único lote.

Sumando un total de:

$$26 \text{ piezas} \times 1 \text{ estructura} = 26 \text{ piezas}$$



Tabla 7. Inventario de piezas, tiempos de impresión y material para estructura genérica. Fuente: Autor.

|                             | NOMBRE PIEZA | TIEMPO DE IMPRESIÓN | PLA (Ácido poliláctico)(gramos) |
|-----------------------------|--------------|---------------------|---------------------------------|
| ALZADO A - EXTERIOR         | A-A          | 1H 51"              | 35                              |
|                             | A-B          | 2H 49"              | 53                              |
|                             | A-C          | 2H 15"              | 43                              |
|                             | A-D          | 2H 23"              | 46                              |
|                             | A-E          | 2H 20"              | 45                              |
|                             | A-F          | 3H 51"              | 85                              |
|                             | A-G          | 1H 59"              | 43                              |
| ALZADO A - INTERIOR         | A-A-INT      | 48"                 | 16                              |
|                             | A-B-INT      | 1H 17"              | 25                              |
|                             | A-C-INT      | 1H 1"               | 20                              |
|                             | A-D-INT      | 1H 4"               | 21                              |
|                             | A-E-INT      | 1H 5"               | 21                              |
|                             | A-F-INT      | 2H 51"              | 62                              |
|                             | A-G-INT      | 1H 19"              | 29                              |
| ALZADO B - EXTERIOR         | B-A          | 3H 17"              | 68                              |
|                             | B-B          | 2H 3"               | 39                              |
|                             | B-C          | 1H 23"              | 27                              |
|                             | B-D          | 2H 4"               | 41                              |
|                             | B-E          | 1H 4"               | 34                              |
|                             | B-F          | 2H 21"              | 47                              |
|                             | B-G          | 3H 51"              | 73                              |
| ALZADO B - INTERIOR         | B-A-INT      | 2H 5"               | 45                              |
|                             | B-B-INT      | 53"                 | 17                              |
|                             | B-C-INT      | 39"                 | 13                              |
|                             | B-D-INT      | 53"                 | 18                              |
|                             | B-E-INT      | 46"                 | 15                              |
|                             | B-F-INT      | 1H 3"               | 21                              |
|                             | B-G-INT      | 1H 18"              | 36                              |
| FORJADO INFERIOR - EXTERIOR | S-A          | 2H 17"              | 51                              |
|                             | S-B          | 4H 5"               | 91                              |
|                             | S-C          | 4H 5"               | 91                              |
|                             | S-D          | 4H 5"               | 91                              |
|                             | S-E          | 3H 23"              | 76                              |
|                             | S-F          | 1H 4"               | 23                              |
| FORJADO INFERIOR - INTERIOR | S-A-INT      | 2H 15"              | 48                              |
|                             | S-B-INT      | 3H 6"               | 70                              |
|                             | S-C-INT      | 3H 6"               | 70                              |
|                             | S-D-INT      | 3H 6"               | 70                              |
|                             | S-E-INT      | 2H 34"              | 59                              |
|                             | S-F-INT      | 59"                 | 21                              |

|                     |                          |                      |                     |
|---------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|
| CUBIERTA - EXTERIOR | T-A                      | 2H 28"               | 55                  |
|                     | T-B / T-C /T-D/T-E       | 3H 59" X 4 UDS       | 364                 |
|                     | T-F                      | 1H 28"               | 33                  |
| CUBIERTA - INTERIOR | T-A-INT                  | 2H 20"               | 52                  |
|                     | T-B / T-C /T-D/T-E (INT) | 3H 16" X 4UDS        | 292                 |
|                     | T-F-INT                  | 1H 13"               | 27                  |
|                     |                          | TOTAL: 121,129 horas | TOTAL: 2.622 gramos |

Tabla 8. Inventario de piezas, tiempos de impresión y material para estructura rellena de microhormigón-UHPC.

Fuente: Autor.

|                  | NOMBRE PIEZA | TIEMPO DE IMPRESIÓN | PLA (Ácido poliláctico)(gramos) |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------------------|
| ALZADO A         | A-A          | 1H 57"              | 38                              |
|                  | A-B          | 3H 3"               | 60                              |
|                  | A-C          | 2H 28"              | 48                              |
|                  | A-D          | 2H 39"              | 52                              |
|                  | A-E          | 2H 20"              | 47                              |
|                  | A-F          | 4H                  | 89                              |
|                  | A-G          | 1H 59"              | 43                              |
| ALZADO B         | B-A          | 3H 31"              | 75                              |
|                  | B-B          | 2H 17"              | 45                              |
|                  | B-C          | 1H 33"              | 30                              |
|                  | B-D          | 2H 20"              | 46                              |
|                  | B-E          | 1H 58"              | 39                              |
|                  | B-F          | 2H 39"              | 53                              |
|                  | B-G          | 4H 5"               | 81                              |
| FORJADO INFERIOR | S-A          | 2H 17"              | 51                              |
|                  | S-B          | 3H 6"               | 70                              |
|                  | S-C          | 3H 6"               | 70                              |
|                  | S-D          | 3H 6"               | 70                              |
|                  | S-E          | 2H 34"              | 57                              |
|                  | S-F          | 1H 4"               | 23                              |
| CUBIERTA         | T-A          | 2H 28"              | 55                              |
|                  | T-B          | 3H 59"              | 91                              |
|                  | T-C          | 3H 59"              | 91                              |
|                  | T-D          | 3H 59"              | 91                              |
|                  | T-E          | 3H 59"              | 91                              |
|                  | T-F          | 1H 21"              | 30                              |
|                  |              |                     | TOTAL: 72,23 horas              |

## 5.4 Elaboración de microhormigón-UHPC para probetas

Para la elaboración del microhormigón-UHPC se ha escogido esta dosificación, donde únicamente variará la cantidad de aditivo añadido (ver Tabla 9):

|  |
|--|
| Relación Agua:Cemento de 0.3   |
| Tipo de Cemento: CEM I - 52,5 R, con una cantidad de 1000 g          |
| Áridos finos: 900 gramos   |
| Agua: 300 gramos   |
| Aditivo SIKA Viscocrete - 3425, variando la cantidad en cada amasada |

Esta dosificación se ha elegido de forma específica por las características que presentará el microhormigón-UHPC una vez fraguado y endurecido. Nos garantizará además su buen vertido y manipulación en las estructuras.

La gran cantidad de cemento añadido en la dosificación garantiza que este absorba prácticamente toda el agua y por tanto produzca muy poca o casi ningún tipo de retracción durante el fraguado.

El tipo de cemento escogido se trata de un CEM I - 52,5 R (Cemex, s.f.)(ver Figura 36), alcanza una alta resistencia a una edad temprana de fraguado. Presenta una alta velocidad de calor de hidratación en poco tiempo. En 28 días llega a una resistencia de 52,5 Mpa. Se suele suministrar en sacos de 25 kg y/o granel. Presenta entre un 95-100% de Clinker en su composición y por otro lado menos de un 5% son componentes adicionales. El tiempo de inicio del fraguado es a los 45 minutos. Sigue la norma UNE-EN 197-1:2011. [21]

En cuanto a los áridos (ver Figura 37) escogidos, áridos finos, porque necesitamos cubrir huecos pequeños, por tanto, es necesario un árido fino para que pueda pasar sin dificultad.

Agua, lo suficiente para que se mezcle con el cemento y este la beba casi por completo.

Por último y más importante, aditivo SIKA Viscocrete - 3425 (Sika, S.L. , s.f.) (ver Figura 38), escogido particularmente por las características que ofrece. Este es un superplastificante, ofrece gran plasticidad, fluidez y facilita la compactación, además, disminuye la retracción. Se suministra en contenedores de m<sup>3</sup> y/o granel, bajo pedido (tratar con fabricante del producto).

En la tabla 9 lo que se realiza, tres amasadas con misma dosificación, pero diferente cantidad de aditivo en cada una de ellas.

Tabla 9. Dosificación de 0.3 para realización de microcemento. Fuente: Autor.

| Nº AMASADA     | CEMENTO:<br>CEM I - 52,5 R | ÁRIDOS<br>Finos | AGUA     | ADITIVO<br>Superplastificante de alto<br>rendimiento<br>SIKA Viscocrete- 3425 |
|----------------|----------------------------|-----------------|----------|---|
| M <sub>1</sub> | 1000 gr/l                  | 900 gr/l        | 300 gr/l | 1% del PCEM   |
| M <sub>2</sub> | 1000 gr/l                  | 900 gr/l        | 300 gr/l | 2,8% del PCEM   |
| M <sub>3</sub> | 1000 gr/l                  | 900 gr/l        | 300 gr/l | 3% del PCEM   |



Figura 36. CEM I - 52,5 R. Fuente: Autor.



Figura 37. Árido finos. Fuente: Autor.



Figura 38. Aditivo superplastificante Sika Viscocrete - 3425. Fuente: Autor.



Figura 39. Molde para ejecución de probetas. Fuente: Autor.



Figura 40. Máquina amasadora eléctrica. Fuente: Autor.



Figura 41. Báscula. Fuente: Autor.



Figura 42. Recipientes para manipulación de materiales de construcción. Fuente: Autor.



Figura 43. Recipiente para manipulación de líquidos. Fuente: Autor.



Figura 44. Plancha caliente para secado de material. Fuente: Autor.



Figura 45. Peso de cemento CEM I - 52,5 R en báscula. Fuente: Autor.



Figura 46. Vertido de cemento y áridos en tolva de amasadora eléctrica para su posterior mezclado. Fuente: Autor.



Figura 47. Amasadas M1, M2, M3, respectivamente y numeradas de izquierda a derecha. Fuente: Autor.

*Paso 1: Cálculo de la humedad.*

Tabla 10. Pesos y cálculos necesarios para obtención de la humedad en los áridos. Fuente: Autor.

|                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| <b>Tamiz</b>                         | 486,3 gramos              |
| <b>Tamiz + Agua + Ms (Masa seca)</b> | 587,5 gramos              |
| <b>Tamiz + Ms (Masa seca)</b>        | 574,1 gramos              |
| <b>Agua</b>                          | 13,9 gramos               |
| <b>Ms (Masa seca)</b>                | 87,8 gramos               |
| <b>H (Humedad total)</b>             | 14,2 % del peso del árido |
| <b>14,2% de 900 gramos</b>           | 127,8 gramos              |

Se pesa el tamiz en la báscula (ver Figura 42, 43, 46 y 47). Este peso corresponde al peso simple del tamiz.

En segundo lugar, se vierte en el tamiz una pequeña cantidad de áridos finos con cantidad de humedad. Se pesa en la báscula (ver Figuras 41 y 45) el tamiz con masa de áridos húmedos. Este peso corresponde a Tamiz + Agua + Ms (Masa seca) (Ver tabla 10).

El tercer paso es secar la masa de áridos húmedos en el calentador (ver Figura 44). Una vez pasados unos minutos, se observa que estos pasan de un tono oscuro a un tono más claro al perder la humedad inicial, por tanto, los volvemos a pesar. Este peso correspondería a Tamiz + Ms (Masa seca).

Cálculo del agua:

$$\text{Agua} = (\text{Tamiz} + \text{Agua} + \text{Ms}) - (\text{Tamiz} + \text{Ms})$$

Cálculo de la Ms (Masa seca):

$$\text{Ms} = (\text{Tamiz} + \text{Ms}) - (\text{Tamiz})$$

Cálculo de la humedad total:

$$\text{Humedad total} = \left[ \frac{\text{Agua}}{\text{Ms}} \times 100 \right] - 1 \%$$

*Esta humedad es la cantidad de agua que se encuentra en los áridos.*

En la Tabla 11 se exponen los cálculos necesarios en cada amasada para que cuando se coja el material, se disponga de los gramos realmente necesarios.

Tabla 11. Cálculo de la humedad para cada amasada. Fuente: Autor.

| Nº AMASADA                             | CEMENTO:<br>CEM I - 52,5<br>R | ÁRIDOS<br>Finos                          | AGUA                                 | ADITIVO<br>Superplastificante de<br>alto rendimiento<br>SIKA Viscocrete-<br>3425 |
|--|-------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| M <sub>1</sub><br>(ver Figura 48 y 49) | <b>1000 gr/l</b>              | 900 g + 127,8 g =<br><b>1027, 8 gr/l</b> | 300 g - 127,8 g =<br><b>143 gr/l</b> | 1% del PCEM =<br><b>10 gr/l</b>  |
| M <sub>2</sub><br>(ver Figura 50)      | <b>1000 gr/l</b>              | 900 g + 127,8 g =<br><b>1027, 8 gr/l</b> | 300 g - 127,8 g =<br><b>143 gr/l</b> | 2,8% del PCEM =<br><b>28 gr/l</b>  |

|                                   |                  |  |                                      |                                 |
|-----------------------------------|------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|
| M <sub>3</sub><br>(ver Figura 51) | <b>1000 gr/l</b> | 900 g + 127,8 g =<br><b>1027, 8 gr/l</b> | 300 g - 127,8 g =<br><b>143 gr/l</b> | 3% del PCEM =<br><b>30 gr/l</b> |
|-----------------------------------|------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|

*Paso 2: Pesado de material y ejecución de amasadas.*

- Pesado en báscula de cada uno de los materiales y dependiendo del tipo de amasada variará la cantidad de aditivo.
- Vertido del cemento y el árido en tolva de amasadora eléctrica.
- Mezclado a ritmo medio durante 1 minuto el cemento y el árido en la amasadora eléctrica.
- Vertido de 2/3 de la cantidad de agua total a suministrar en la tolva.
- Seguir mezclando a ritmo medio durante 1-2 minutos. Mezclar parte del agua y cantidad total de aditivo y verter en tolva.
- Esperar hasta obtener una mezcla homogénea utilizando la amasadora eléctrica.

*Amasada M<sub>1</sub>:*



*Figura 48. Amasada M<sub>1</sub>. Fuente: Autor.*



*Figura 49. Amasada M1. Fuente: Autor.*

*Amasada M<sub>2</sub>:*



*Figura 50. Amasada M2. Fuente: Autor.*



*Amasada M<sub>3</sub>:*

Figura 51. Amasada M<sub>3</sub>. Fuente: Autor.

*Paso 3: Ejecución de probetas*

El propósito era obtener de cada una de las amasadas un máximo de 3 probetas para conocer la resistencia a compresión de las probetas de UHPC. Debido a las dosificaciones escogidas sólo se obtienen probetas de la Amasada M<sub>3</sub>.

El proceso se ejecuta de la siguiente forma; obtenido el microhormigón-UHPC y este estando dentro de la tolva de la amasadora eléctrica, verter el contenido en uno de los moldes, como se muestra en la Figura 2, el UHPC es de consistencia Plástica (P), (ver Figura 55).

Luego, se introduce en la cámara húmeda durante 7 días consecutivos, para garantizar de esta forma un buen curado.

Tras las primeras 24 horas en la cámara, se desmoldan las probetas (ver Figura 53) y se vuelven a dejar en la cámara húmeda (ver Figura 54). En adelante se procede al ensayo a compresión de las probetas.

Véase apartado 6.1 de la memoria.

Nota importante: Cada vez que se utiliza el molde, se limpia con agua y se rascan las partículas de UHPC adheridas. Además, se le pasa una capa de aceite de motor para garantizar un buen mantenimiento. En cuanto a la tolva de la amasadora eléctrica, ocurre exactamente lo mismo. Hay que limpiarla cada vez que se utiliza, aunque a esta no es necesario dejarla con la impregnación de aceite.



*Figura 52. Vertido de Amasada M3 en molde. Fuente: Autor.*



*Figura 53. Desmolde de probetas de Amasada M3. Fuente: Autor.*



Figura 54. Probetas en cámara húmeda durante 7 días. Fuente: Autor.

| Tipo de consistencia | Asentamiento en cm |
|----------------------|--------------------|
| Seca (S)             | 0-2                |
| Plástica (P)         | 3-5                |
| Blanda (B)           | 6-9                |
| Fluida (F)           | 10-15              |
| Líquida (L)          | 16-20              |

Figura 55. Consistencias (Artículo 31.5 EHE-08) Fuente: ver Bibliografía [22].

## 5.5 Ejecución de estructura genérica simple

La ejecución de la estructura genérica simple consiste en la impresión de las piezas de la denominada estructura genérica, con un total de 52 piezas (ver Tabla 7 y Figura 56).

Se unen las piezas y se sellan las uniones mediante resina epoxi.

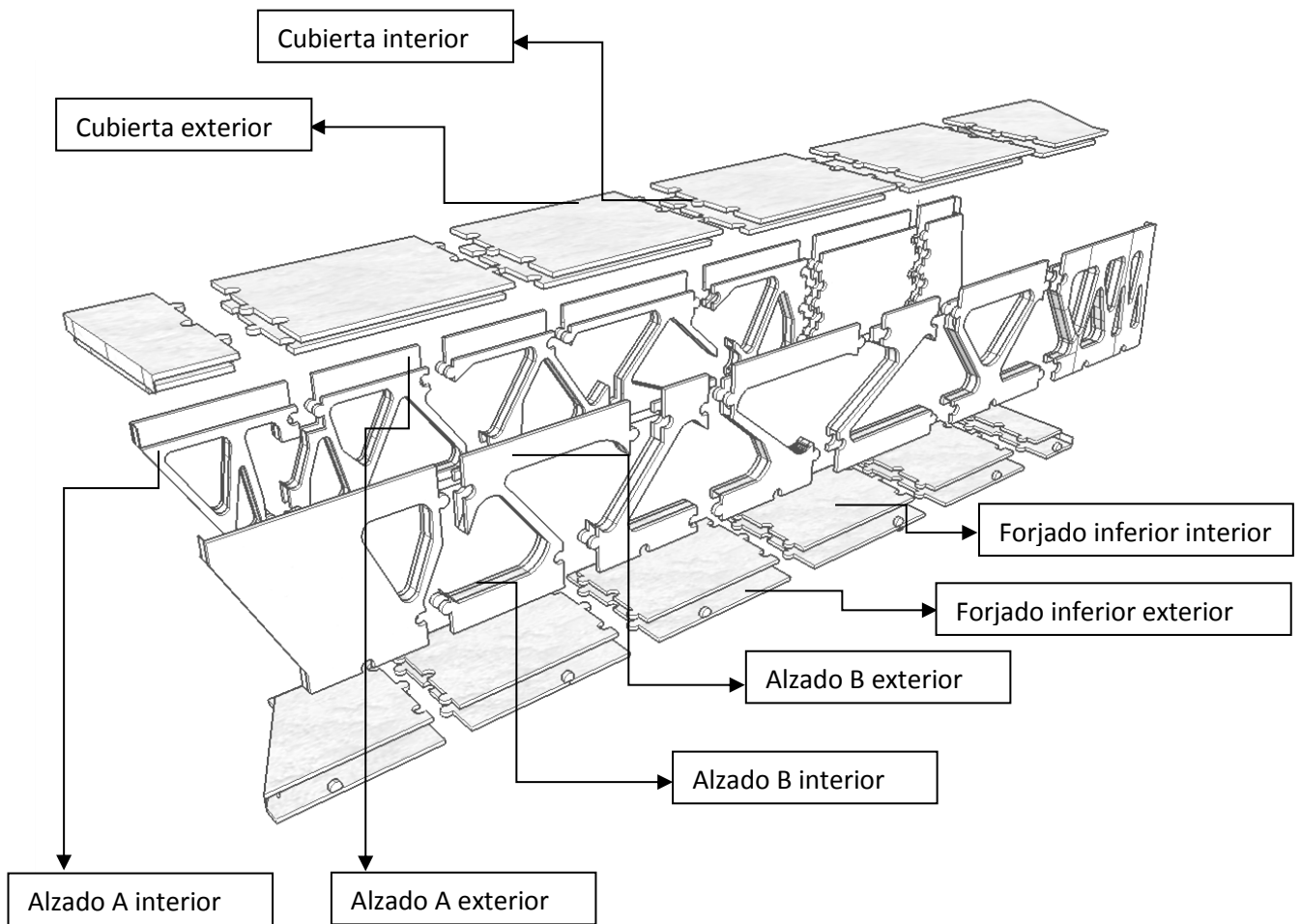


Figura 56. 3D de piezas para estructura genérica. Fuente: Autor.

En las Figuras 57 y 58 aparecen esquemas de los alzados de la estructura genérica. En la Figura 59 se observan los Alzados medio montados (reales).

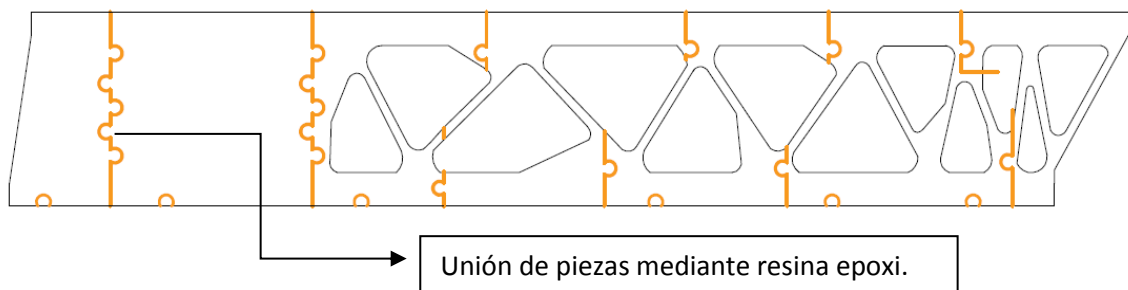


Figura 57. Alzado A. Fuente: Autor.

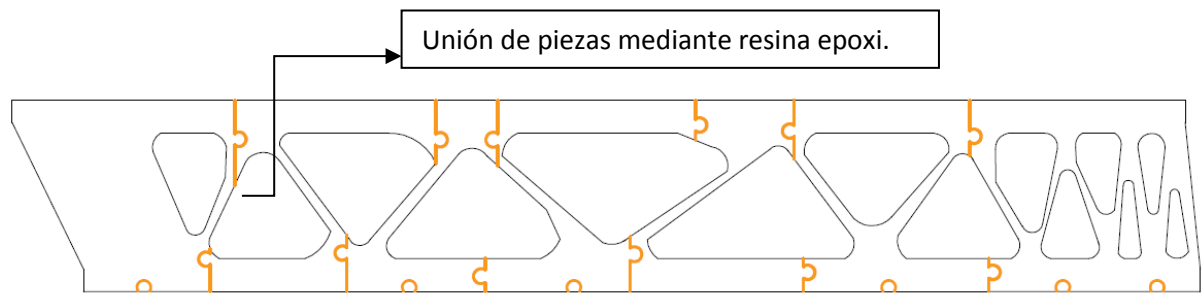


Figura 58. Alzado B. Fuente: Autor.



Figura 59. Proceso de unión de los alzados A y B. Fuente: Autor.

En las Figuras 60 y 61 aparece el proceso de montaje y en la Figura 62 se observa la estructura completamente montada y terminada.



Figura 60. Proceso de unión piezas de estructura genérica simple. Fuente: Autor.



Figura 61. Estructura genérica simple en proceso de secado de la resina epoxi para las uniones. Fuente: Autor.

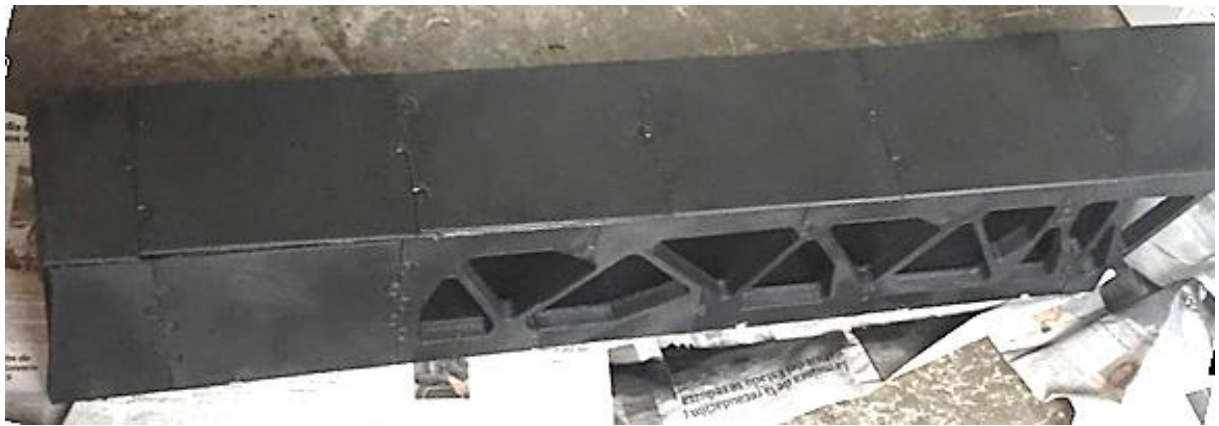


Figura 62. Estructura genérica simple terminada. Fuente: Autor.

## 5.6 Ejecución de estructura genérica reforzada con CFRP (fibra de carbono)

Esta estructura se realiza con las mismas piezas que la anterior, un total de 52 piezas que consta la estructura genérica (ver Tabla 7 y Figura 56). Las piezas se unen con el mismo método, mediante resina epoxi.

Se cubre la estructura con fibra de carbono completamente. En los detalles de las Figuras 65 y 66 aparecen dos Alzados y la dirección de la malla de CFRP, que se repite la misma dirección de la malla en todos los planos de la estructura.

En primer lugar, se corta la fibra de carbono (ver Figura 63), que viene en forma de malla unidireccional. Se estima una longitud de 8 metros de malla para la total cubrición de la estructura.

En segundo lugar, se procede al corte de los huecos para cubrir los alzados. Se mezcla la resina de poliéster en un recipiente con el catalizador, en relación proporcional de 100 gramos de resina, 3 gramos de catalizador. Esperamos hasta que la resina actúe con el catalizador, de forma que lleguen a realizar la reacción exotérmica y por tanto se llegue al proceso de gelificación de la resina de poliéster. Tras llegar a este punto, se procede a empapar la estructura con una capa de mezcla de resina de poliéster y catalizador con un pincel fino y en adelante se envuelve la estructura con la malla previamente cortada.

Por último, se da una segunda capa de resina por encima de la malla y se deja secar un periodo mínimo de 12 horas a temperatura ambiente.



Figura 63. Corte de malla unidireccional de fibra de carbono y dibujo de los huecos a cortar. Fuente: Autor.

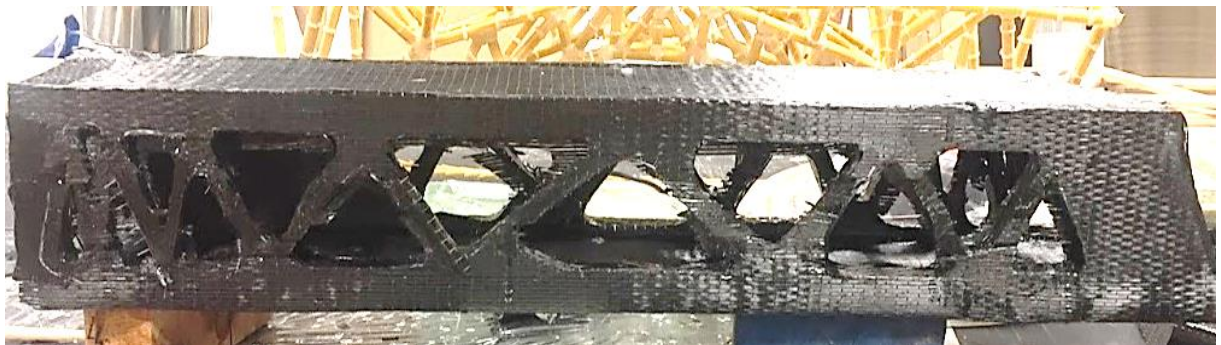


Figura 64. Estructura genérica reforzada completamente con malla unidireccional de fibra de carbono. Fuente: Autor.

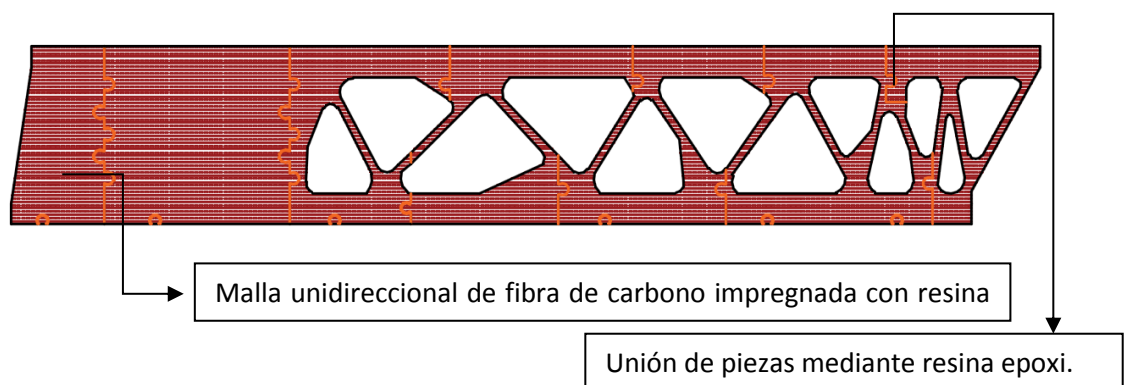


Figura 65. Alzado A reforzado con fibra de carbono. Fuente: Autor.

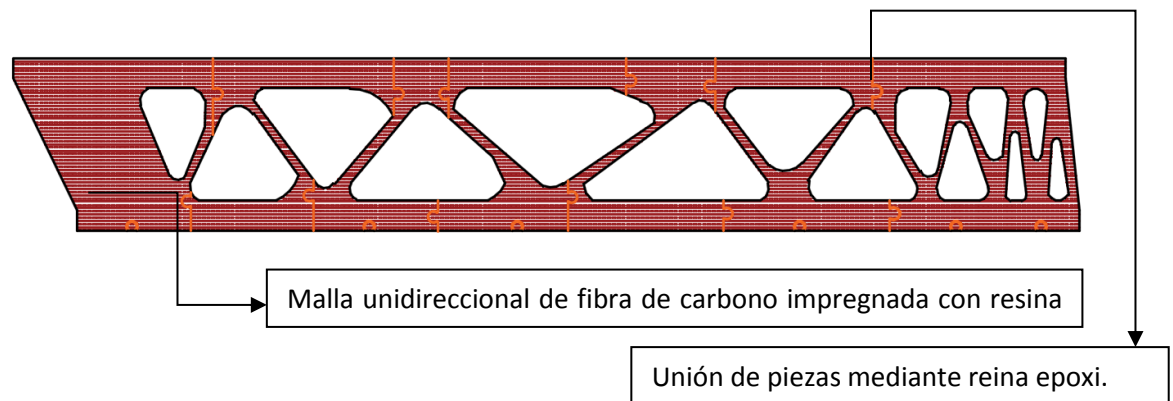


Figura 66. Alzado B reforzado con fibra de carbono. Fuente: Autor.

## 5.7 Ejecución de estructura genérica reforzada con microhormigón-UHPC en barras comprimidas

Esta estructura está constituida con un total de 52 piezas que aparecen en la Tabla 7 y Figura 56.

Para la ejecución de esta estructura se estudian las barras y su comportamiento frente a una carga en un punto. (ver Figura 67 y 68). Se observan que unas barras trabajan a compresión y otras a tracción.

Para mejorar el comportamiento de la estructura cuando esta esté sometida a una carga puntual, se rellenan las barras comprimidas con microhormigón-UHPC, tal cual aparece representado en las Figuras 69, 70, 71 y 72.

Para su ejecución, en primer lugar, se realiza un montaje parcial de la estructura, sólo se montan los Alzados A y B exteriores y la Cubierta exterior (ver Figura 73 y 74).

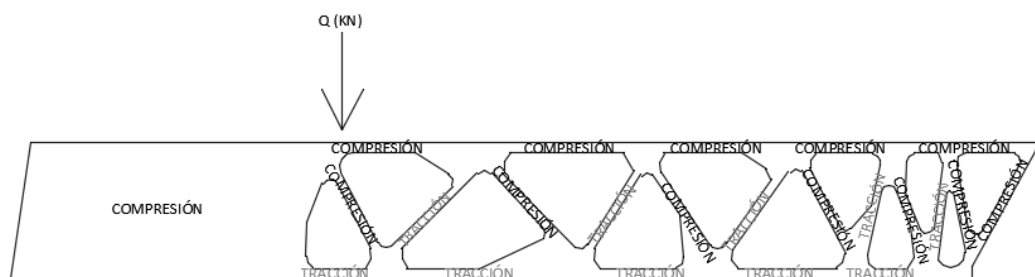


Figura 67. Alzado A, forma de trabajo de las barras tras someter la estructura frente a una carga  $Q$  (kn). Fuente: Autor.



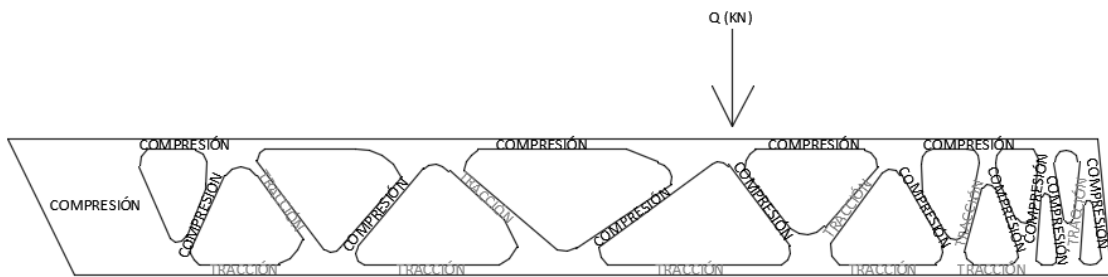


Figura 68. Alzado B, forma de trabajo de las barras tras someter la estructura frente a una carga  $Q(kn)$ . Fuente: Autor.

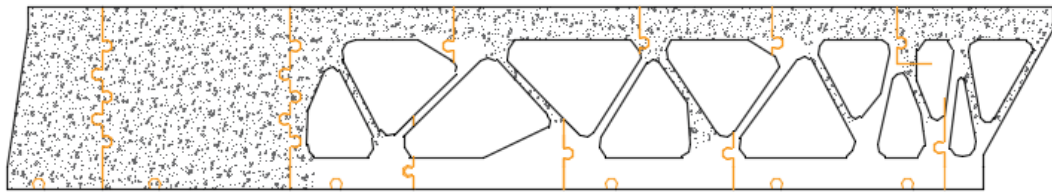


Figura 69. Alzado A, relleno de barras comprimidas mediante UHPC. Fuente: Autor.

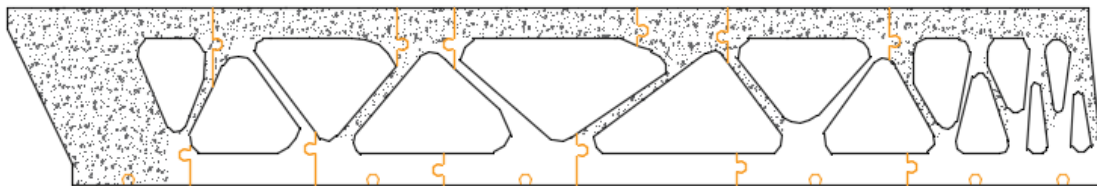


Figura 70. Alzado B, relleno de barras comprimidas mediante UHPC. Fuente: Autor.

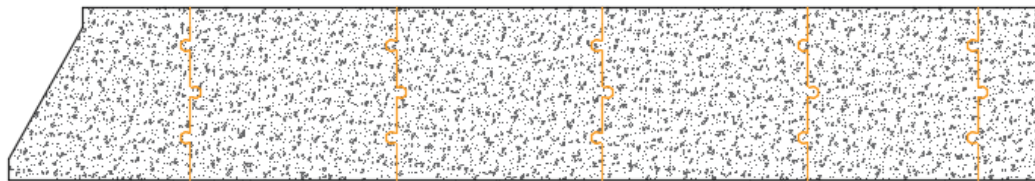


Figura 71. Cubierta rellena de UHPC porque trabaja fundamentalmente como una losa. Fuente: Autor.

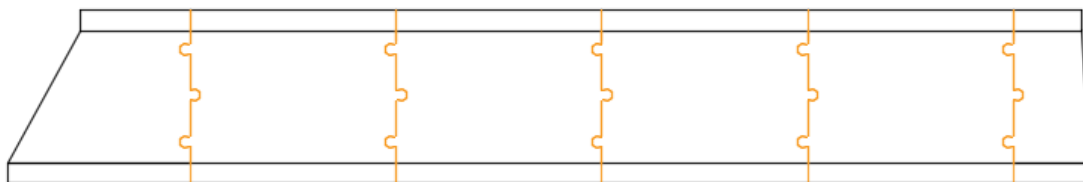


Figura 72. Forjado inferior, no se rellena con UHPC porque no trabaja a compresión. Fuente: Autor.



Figura 73. Cubierta y Alzados montados y listos para hormigonar. Montaje parcial de la estructura para mejor facilidad en el hormigonado. Fuente: Autor.



Figura 74. Detalle de sellado de las barras para garantizar estanqueidad cuando se vierta el UHPC. Fuente: Autor.

#### Cálculo de los m<sup>3</sup> de microhormigón-UHPC:

[1 litro de microhormigón-UHPC] = [0,001 m<sup>3</sup> de microhormigón-UHPC]

Alzado A = 0,00139 m<sup>3</sup>

Alzado B = 0,000973 m<sup>3</sup>

Cubierta = 0,0013 m<sup>3</sup>

**Cantidad TOTAL de UHPC necesario = 0,003663 m<sup>3</sup> = 3,66 litros**

#### Fases de hormigonado (ver Figura 75):

1º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado de la cubierta (ver Figura 76).

Curado del hormigón (ver Figura 79).

2º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado de uno de los Alzados.

Curado del hormigón.

3º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado del Alzado restante

(ver Figura 77 y 78).

Curado del hormigón.

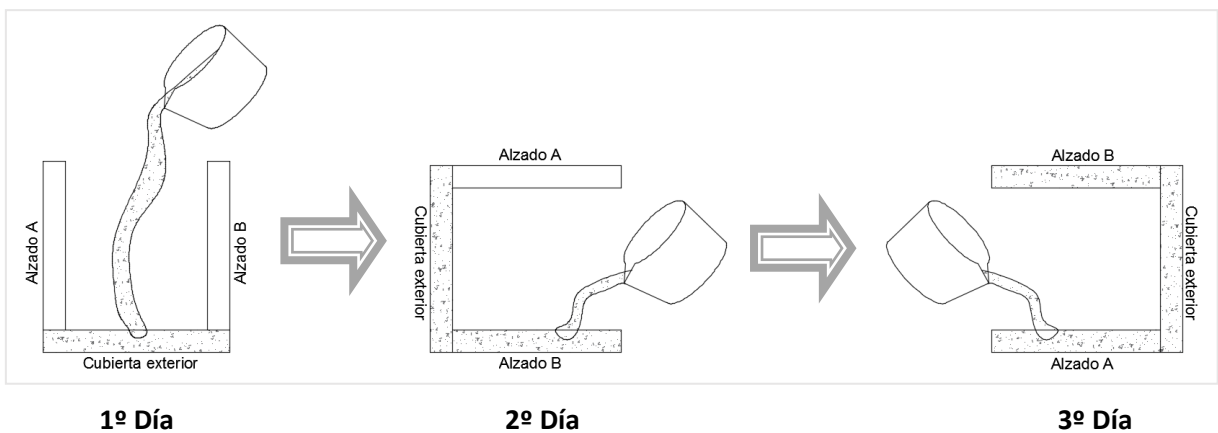


Figura 75. Detalle gráfico de las fases del proceso de hormigonado. Fuente: Autor.

Como se va a realizar un ensayo a flexión en tres puntos en la estructura, los nudos que servirán de apoyo en los rodillos para el ensayo se reforzarán también con microhormigón-UHPC.



Figura 76. Hormigonado Cubierta. 1º Día de hormigonado. Fuente: Autor.



*Figura 77. Preparación para hormigonado en Alzado B. Fuente: Autor.*



*Figura 78. Hormigonado Alzado B. Fuente: Autor.*



Figura 79. Proceso de curado del hormigón. Fuente: Autor.

### 5.8 Ejecución de estructura rellena completamente con microhormigón-UHPC y reforzada con armadura de fibra de carbono

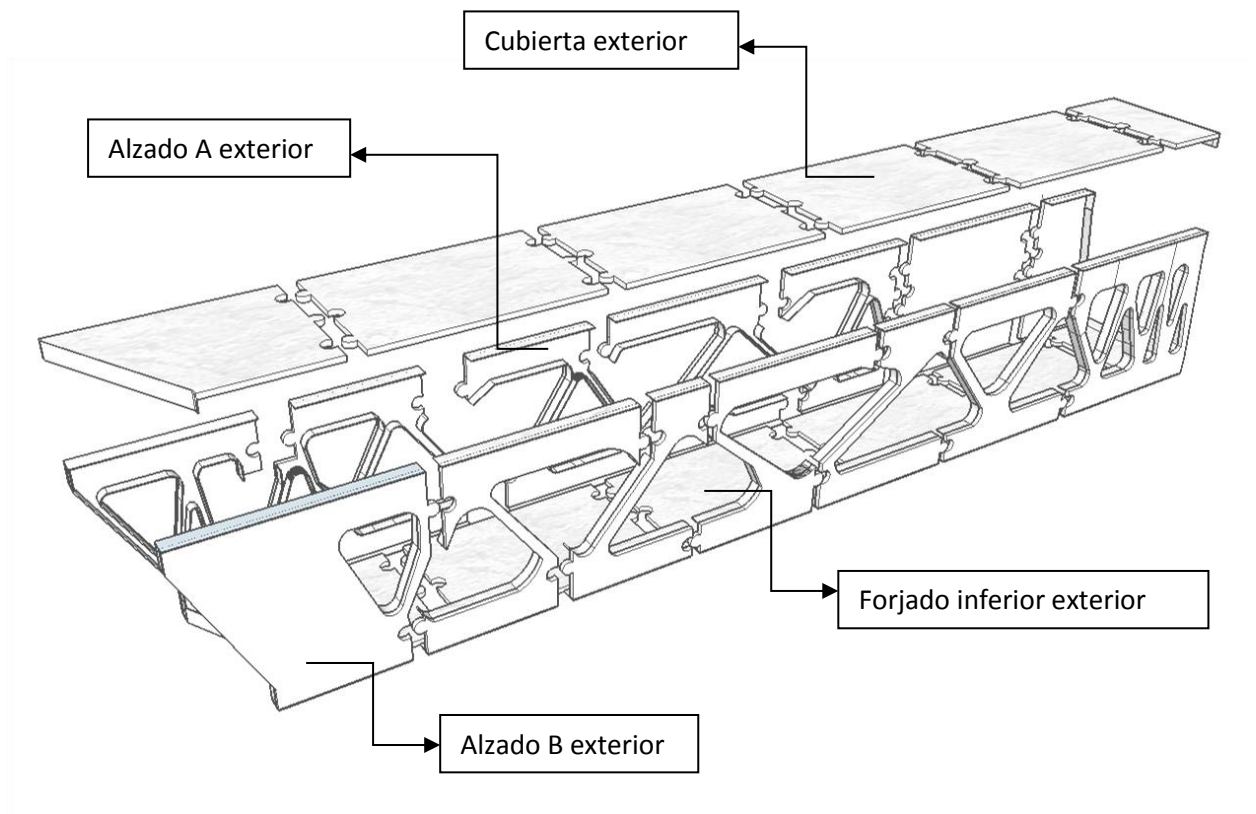


Figura 80. 3D piezas necesarias para la estructura rellena completamente. Fuente: Autor.

Para la realización de esta estructura, se necesitan 26 piezas (ver Tabla 8 y Figura 80). Estas 26 piezas conforman un encofrado perdido.

Se unen las piezas y se pegan sus uniones mediante resina epoxi.

Ejecución de plantillas con las dimensiones y geometría de cada Alzado, Cubierta y Forjado inferior para manipulación de hilos de fibra de carbono (CFRP) (ver Figura 85), trizado de los mismos, consiguiendo lo que conforma la armadura interior de esta estructura. Posterior impregnación con resina de poliéster para garantizar una forma y rigidez deseada, como se muestra en la Figura 86.

La manipulación de la resina se explica en el apartado 3.2.

Una vez realizados estos trabajos se procede a la fase de hormigonado. Los detalles constructivos de las Figuras 81, 82, 83 y 84 muestran la dirección de la armadura de CFRP.

*Cálculo de los m<sup>3</sup> de microhormigón-UHPC:*

[1 litro de microhormigón-UHPC] = [0,001 m<sup>3</sup> de microhormigón-UHPC]

Alzado A = 0,00139 m<sup>3</sup>

Alzado B = 0,000973 m<sup>3</sup>

Cubierta = 0,0013 m<sup>3</sup>

Forjado inferior = 0,0013 m<sup>3</sup>

**Cantidad TOTAL de UHPC necesario = 0,004963 m<sup>3</sup> = 4,963 litros**

*Fases de hormigonado (ver Figura):*

1º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado de los Alzados, ganando de esta forma inercia.

Curado del hormigón.

2º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado del forjado inferior.

Curado del hormigón.

3º Día de hormigonado:

Cálculo de la humedad en los áridos y hormigonado de la cubierta.

Curado del hormigón.

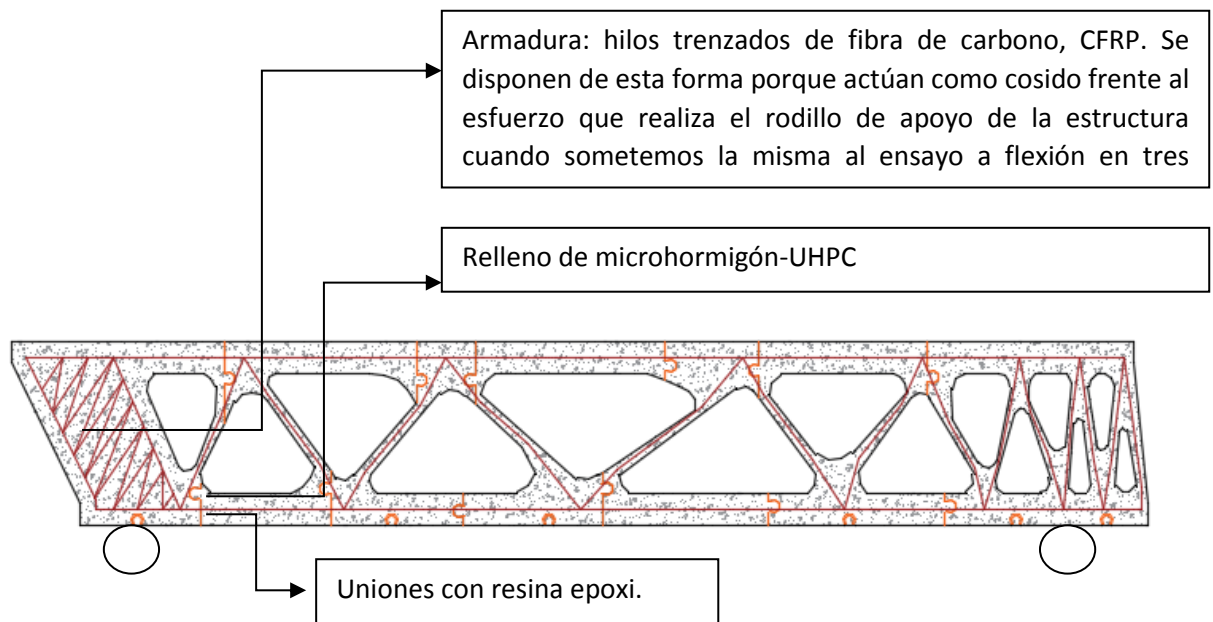


Figura 81. Detalle constructivo del Alzado B. Fuente: Autor.

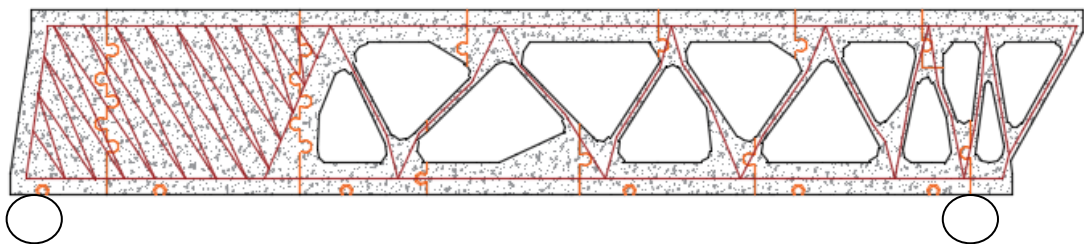


Figura 82. Detalle constructivo del Alzado A. Fuente: Autor.

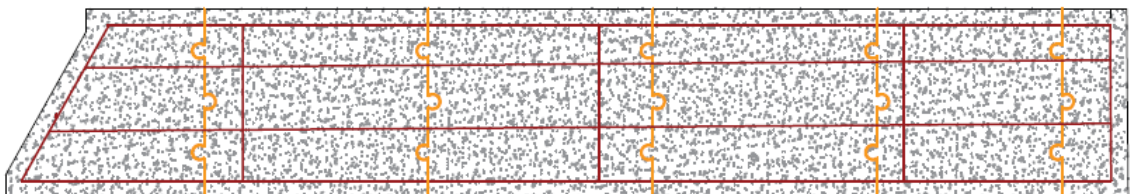


Figura 83. Detalle constructivo de la Cubierta. Fuente: Autor.

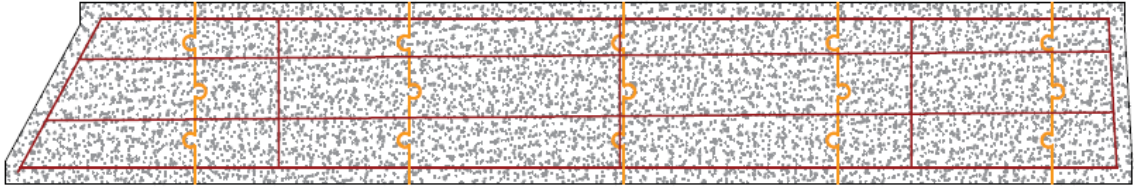


Figura 84. Detalle constructivo del Forjado inferior. Fuente: Autor.



Figura 85. Plantilla para ejecución de armadura de fibra de carbono, CFRP, en Alzado B. Fuente: Autor.



Figura 86. Armadura de fibra de carbono, CFRP, en Alzado A. Fuente: Autor.

La Figura 85 muestra la plantilla realizada con un tablero de madera del Alzado B para realizar con mayor exactitud la geometría que debe tener la armadura de hilos trenzados de fibra de carbono, CFRP.

En adelante, en la Figura 86, se observan los hilos de fibra de carbono, CFRP, ya trenzados y dispuestos en la geometría que se requiere. Incluso una capa de resina de poliéster para una mejor manipulación de los mismos.

En la Figura 87 se observa la fase de hormigonado de los dos Alzados, A y B, además de la estructura donde sólo se hormigonan las barras comprimidas. Obsérvense los hilos salientes en los alzados A y B, que actúan de esperas para enlazar el forjado inferior y cubierta cuando se hormigone.





*Figura 87. Fase de hormigonado de los dos Alzados A y B de la estructura. Fuente: Autor.*



*Figura 88. Fase de curado del microhormigón-UHPC vertido en los dos Alzados A y B de la estructura. Fuente: Autor.*

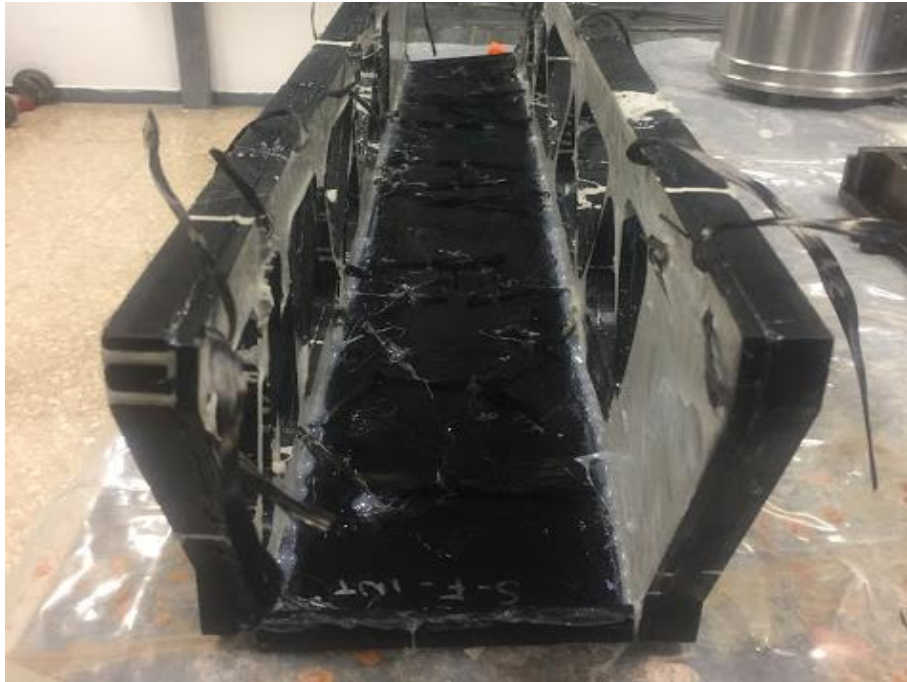


Figura 89. Preparación de forjado inferior para hormigonado, incluso sellado de juntas con pistola de silicona.  
Fuente: Autor.



Figura 90. Pistola de silicona para sellado de juntas. Fuente: Autor.

La Figura 89 muestra la preparación del forjado inferior para hormigonar, se sellan las juntas mediante pistola de silicona, como aparece en la Figura 90.



Figura 91. Hormigonado de forjado inferior con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.



Figura 92. Fase de curado del microhormigón vertido en forjado inferior+Alzados hormigonados en fase anterior. Fuente: Autor.

La Figura 91 muestra la fase de hormigonado del forjado inferior y en la Figura 92, el proceso de curado de la Estructura C-PLA+UHPC en barras y de la Estructura D-PLA+UHPC+ARMADURA CFRP.



Figura 93. Preparación de cubierta para hormigonado, incluso sellado de juntas con pistola de silicona. Fuente: Autor.

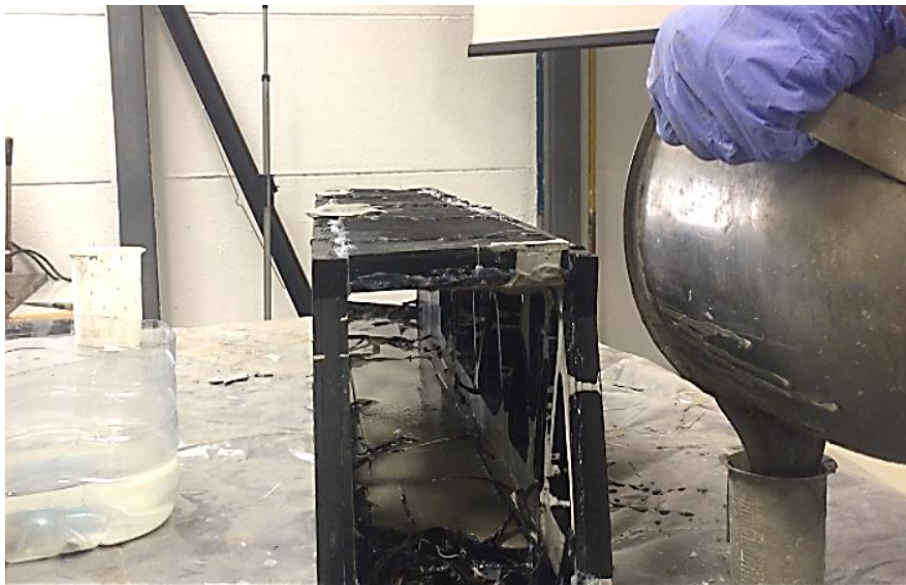


Figura 94. Hormigonado de cubierta con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.

En la Figura 93, muestra la preparación del hormigonado de la cubierta y en las Figuras 94 y 95 se observa el proceso de hormigonado de la misma.



Figura 95. Hormigonado de cubierta con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.

### 5.9 Equipos de protección individual (EPIS)

**Importante:** Para la ejecución de las estructuras donde se va a hacer uso de materiales como las fibras de carbono (CFRP), resina de poliéster y microhormigón-UHPC, se recomienda el uso de EPIS (equipos de protección individual); máscara de carbón activo de doble filtro, que aparece en la Figura 96 y guantes de látex, de la Figura 97. Incluso bata de laboratorio si fuera necesario.



Figura 96. EPI (equipo de protección individual); máscara de carbón activo de doble filtro – 3M. Fuente: Autor.



Figura 97. EPI (equipo de protección individual); guantes de látex. Fuente: Autor.

## Capítulo 6.

### Ensayos y resultados

#### 6.1 Ensayo a compresión de probetas de microhormigón–UHPC

El ensayo a compresión de las probetas consiste en dejarla apoyada en una base, la cual en la parte superior dispone de otra base del mismo tamaño que la inferior y que va bajando ejerciendo una fuerza constante y a una velocidad constante. De esta forma la probeta se somete al esfuerzo de compresión.

##### *Ensayos previos de probetas UHPC*

Después de haber tenido un buen curado durante 7 días en la cámara húmeda, las probetas se cortan (ver Figura 98) y se someten al ensayo a compresión (ver Figura 99). Los resultados aparecen en la Tabla 12.



Figura 98. Corte de probetas en máquina de chorro de agua, previa medición. Fuente: Autor.



Figura 99. Probeta 4 - A (40x40 mm) tras ensayo a compresión. Fuente: Autor.

## Resultados

Tabla 12. Resultados del ensayo previo a compresión. Fuente: Autor.

| Nombre probeta                                  | Fuerza (kn) | Resistencia a compresión (MPa) |
|---|-------------|--------------------------------|
| Probeta 1 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 100      | 112,062     | 70,039                         |
| Probeta 1 - B (40x40 mm)<br>Ver Figura 98 y 101 | 123,345     | 77,091                         |
| Probeta 1 - C (40x40 mm)<br>Ver Figura 102      | 126,224     | 78,89                          |
| Probeta 2 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 103      | 130,381     | 81,488                         |
| Probeta 2 - B (40x40 mm)<br>Ver Figura 104      | 124,297     | 77,686                         |
| Probeta 2 - C (40x40 mm)<br>Ver Figura 105      | 126,9       | 79,313                         |
| Probeta 3 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 106      | 125,986     | 78,741                         |
| Probeta 3 - B (40x40 mm)<br>Ver Figura 107      | 125,584     | 78,49                          |
| Probeta 3 - C (40x40 mm)<br>Ver Figura 108      | 127,299     | 79,562                         |
| Probeta 4 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 99 y 109 | 116,24      | 80,72                          |
| Probeta 4 - B (40x36 mm)<br>Ver Figura 110      | 121,302     | 84,24                          |
| Probeta 4 - C (40x36 mm)<br>Ver Figura 111      | 113,569     | 78,87                          |

### Comprobación de la resistencia;

$$\text{Resistencia a compresión (MPa)} = \frac{\text{Fuerza (Kn)}}{\text{Superficie de compresión}} \times 1000$$

Superficie de compresión para las probetas 1, 2 y 3 es de 40mm x 40 mm = 1600 mm

Superficie de compresión para la probeta 4 es de 40 mm x 36 mm = 1440 mm



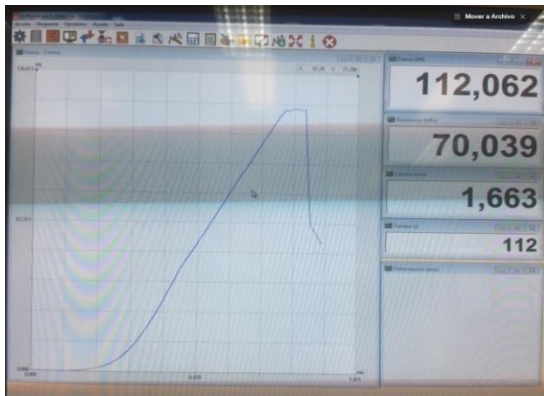


Figura 100. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.

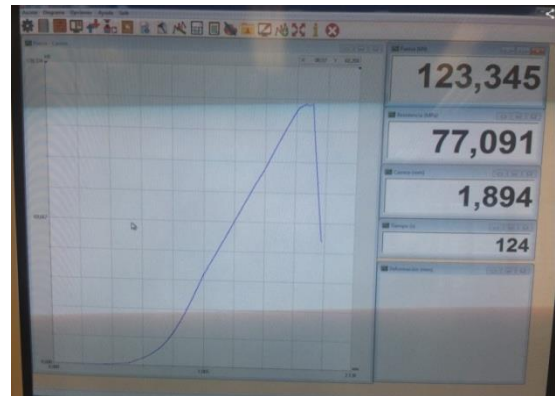


Figura 101. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.

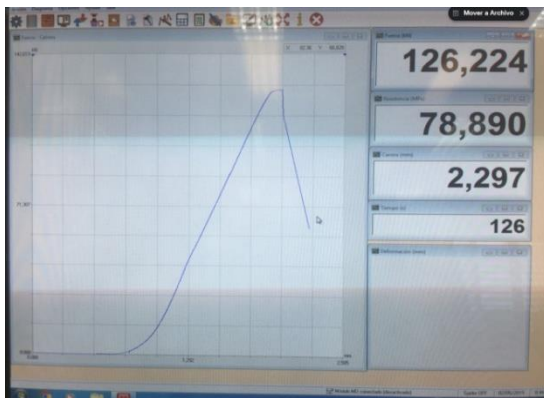


Figura 102. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.

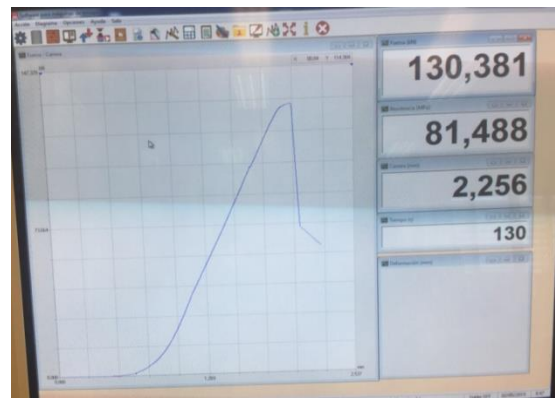


Figura 103. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.



Figura 104. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.



Figura 105. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.

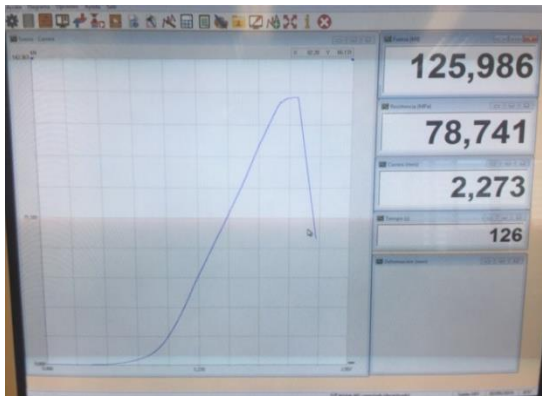


Figura 106. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.



Figura 107. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.

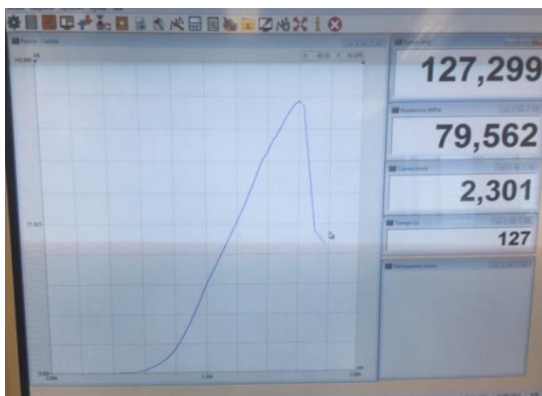


Figura 108. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.

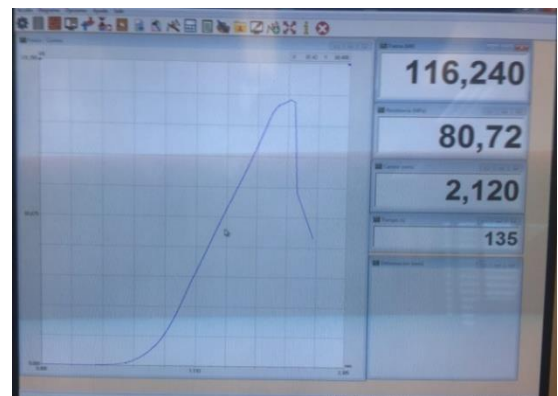


Figura 109. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.

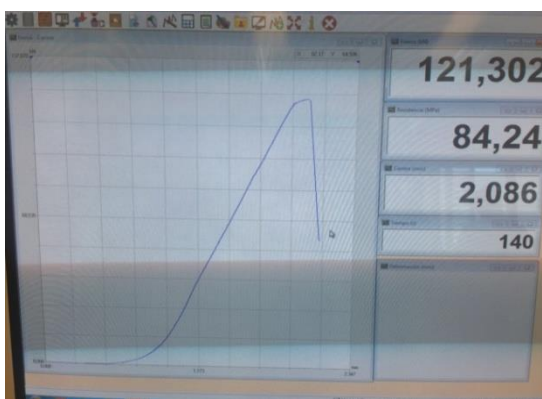


Figura 110. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - B (40x36 mm). Fuente: Autor.



Figura 111. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - C (40x36 mm). Fuente: Autor.

### Ensayos de probetas de UHPC utilizado en estructuras

Se realiza el ensayo a compresión de dos probetas, véase Figura 112, realizadas con microhormigón-UHPC. Este microhormigón-UHPC fue el utilizado para rellenar la Estructura C-PLA+UHPC en barras y la Estructura D-PLA+UHPC+ARMADURA CFRP. De esta forma caracterizamos el material utilizado en los elementos constructivos. En la Tabla 13 aparecen los resultados del ensayo.



Figura 112. Probetas a posteriori de microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.

### Resultados

Tabla 13. Resultados del ensayo a compresión de probetas con UHPC de las estructuras. Fuente: Autor.

| Nombre probeta                             | Fuerza (kn) | Resistencia a compresión (MPa) |
|--|-------------|--------------------------------|
| Probeta 1 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 113 | 145,80      | 91,13                          |
| Probeta 1 - B (40x40 mm)<br>Ver Figura 114 | 138,70      | 86,67                          |
| Probeta 1 - C (40x40 mm)<br>Ver Figura 115 | 140,70      | 87,95                          |
| Probeta 2 - A (40x40 mm)<br>Ver Figura 116 | 154,70      | 96,69                          |
| Probeta 2 - B (40x40 mm)<br>Ver Figura 117 | 146,50      | 91,57                          |
| Probeta 2 - C (40x40 mm)<br>Ver Figura 118 | 142,50      | 89,08                          |

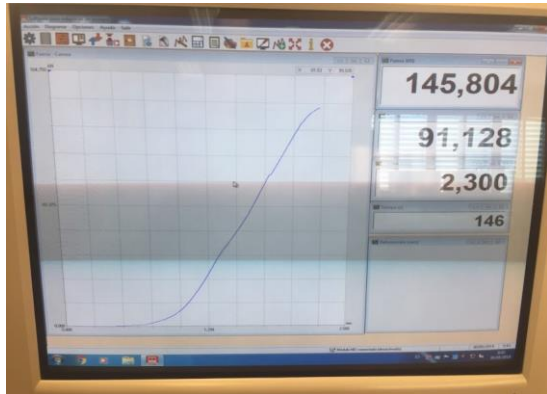


Figura 113. Probeta 1-A (40x40 mm). Fuente: Autor.

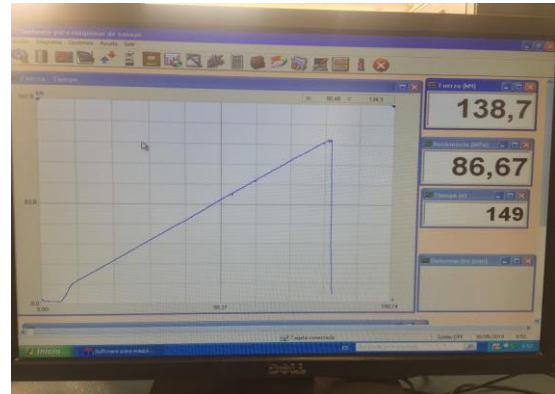


Figura 114. Probeta 1-B (40x40 mm). Fuente: Autor.

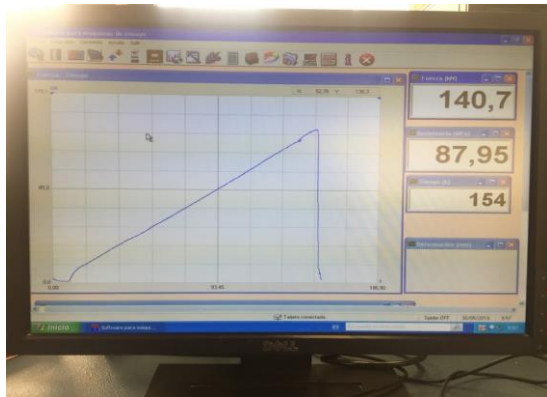


Figura 115. Probeta 1-C (40x40 mm). Fuente: Autor.

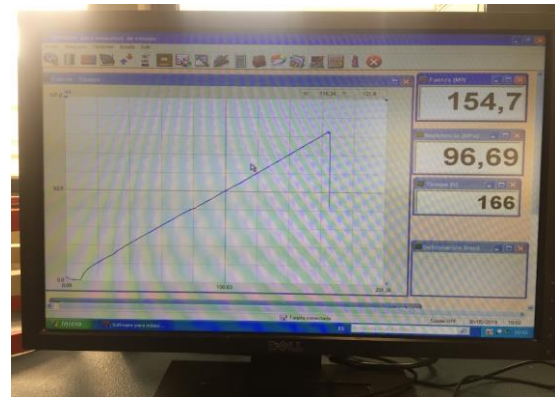


Figura 116. Probeta 2-A (40x40 mm). Fuente: Autor.

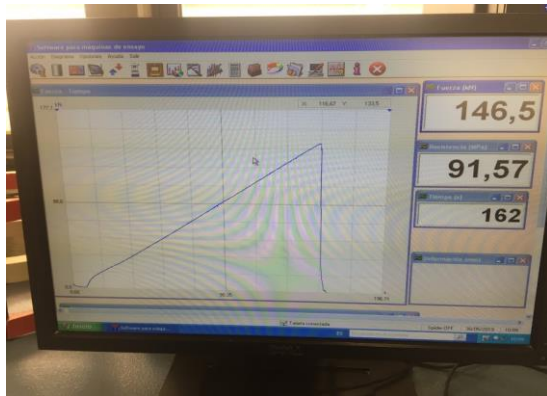


Figura 117. Probeta 2-B (40x40 mm). Fuente: Autor.

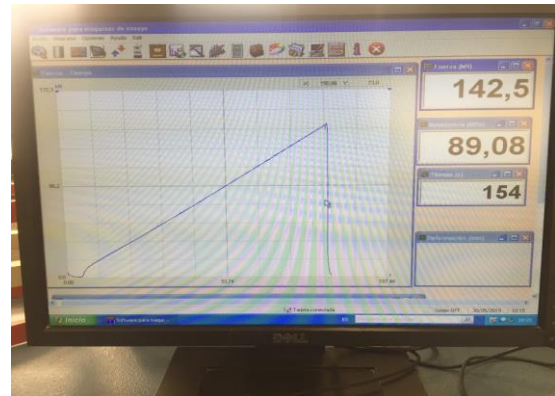


Figura 118. Probeta 2-C (40x40 mm). Fuente: Autor.

## 6.2 Ensayo a flexión en tres puntos de las estructuras

### *Preparación para el ensayo*

Se realizan dos apoyos inferiores para donde irán los apoyos de los cilindros y uno superior para la carga aplicada, estos rectangulares y de 1 cm de espesor. Todo esto realizado en cada una de las cuatro estructuras. La finalidad es garantizar el reparto de fuerzas cuando se esté ejecutando el ensayo a flexión en tres puntos. En la Figura 119 se observan los apoyos inferiores, los cuales apoyarán sobre los rodillos de acero y en la Figura 120, los apoyos de la carga superior.



Figura 119. Hormigonado de apoyos inferiores. Fuente: Autor.



Figura 120. Apoyo superior para aplicar tensión de flecha en ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.

### Ensayo

Cada una de las estructuras se somete al ensayo a flexión en tres puntos. Este ensayo se realiza para caracterizar las estructuras. Se busca la rigidez de los materiales que se someten a una fuerza en un único sentido de orientación.

El ensayo consiste en apoyar la estructura en dos rodillos metálicos y dejar descender a una velocidad constante un tercer rodillo, pero este situado en la parte superior. El rodillo que dejamos descendiendo va aplicando una carga constante a la estructura y se da por finalizado el ensayo cuando se observa un pico descendiente en los resultados que nos indica que la estructura ha llegado a su punto de rotura máximo.

El ensayo a flexión en tres puntos se ha realizado con una maquina modelo IBERTEST, y con conexión a un dispositivo de captación, acumulación e interpretación de datos, véase el equipo completo en la Figura 121.



Figura 121. Equipo IBERTEST de ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.

En las cuatro estructuras, se dispondrán **captadores de desplazamiento LVDT** para la obtención de datos de trabajo. Dichos captadores se colocarán de la forma en la que aparecen en la Figura 122. La Tabla 14 indica la situación de los captadores en las barras del Alzado A.

Tabla 14. Leyenda Captadores y situación de los mismos, ver Figura 110. Fuente: Autor.

|                                 |                |                |                |                |  |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| ■                               | Situado en B-C | Situado en K-L | Situado en D-M | Situado en K-C | Situado en aplicación de carga en flecha |
| Captador de desplazamiento LVDT |                |                |                |                |  |

Los captadores de desplazamiento nos ofrecen la información necesaria para saber la forma de trabajo de las barras en las que se encuentran. Indicarán una serie de resultados los cuales se organizan para dar forma a un gráfico y de esta forma poder interpretar de forma gráfica el trabajo.

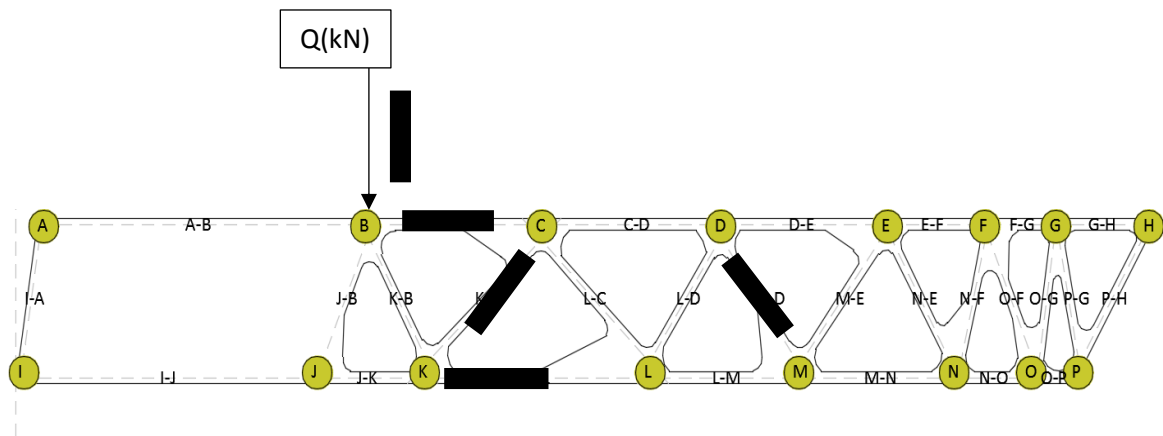


Figura 122. Disposición de captadores de desplazamiento para obtención de datos en ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.



Figura 123. Captadores LVDT en barras de Estructura a ensayar. Fuente: Autor.



*Figura 124. Captador LVDT en barra inclinada. Fuente: Autor.*

Las Figuras 123 y 124 muestran la disposición de los captadores LVDT en el momento de ensayar uno de los prototipos.

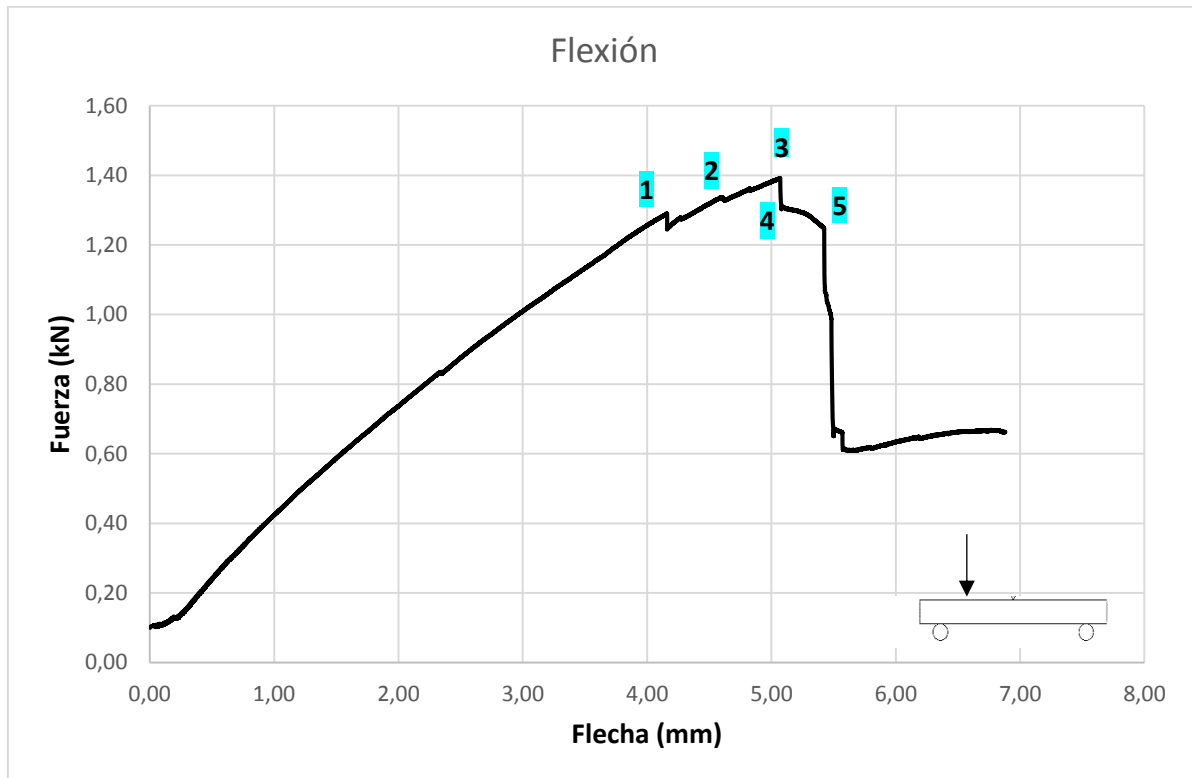


### Resultados

Tras someter cada una de las estructuras al ensayo a flexión en tres puntos se obtienen diferentes gráficos, que son el conjunto de datos obtenidos en el ensayo.

#### Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA A – PLA sin refuerzo

Ensayo a flexión en tres puntos de la estructura A – esta estructura no lleva refuerzo, se trata de una estructura simplemente realizada con PLA (ácido poliláctico).



Gráfica 1. Flexión en flecha (mm) de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor.

En el Gráfica 1 se observa la flexión en flecha realizada en el ensayo a flexión en tres puntos, los puntos singulares que aparecen en ella se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15. Puntos singulares en Gráfica 1.

| Puntos singulares | Flecha (mm) | Fuerza (kN) | Observaciones                        |
|-------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| 1                 | 4,20        | 1,25        | Fin de la rama elástica.             |
| 2                 | 4,50        | 1,30        | Rama elastoplástica entre pto 1 y 3. |
| 3                 | 5,20        | 1,39        | <b>Carga máxima.</b>                 |
| 4                 | 5,20        | 1,25        | Bajada de resistencia.               |
| 5                 | 5,40        | 1,22        | <b>Rotura física.</b>                |



Figura 125. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor.



Figura 126. Rotura del ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor.

La Figura 125 muestra el ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura A, realizada con sólo PLA; y en la Figura 126, se observa la rotura física a la que llega dicho prototipo.

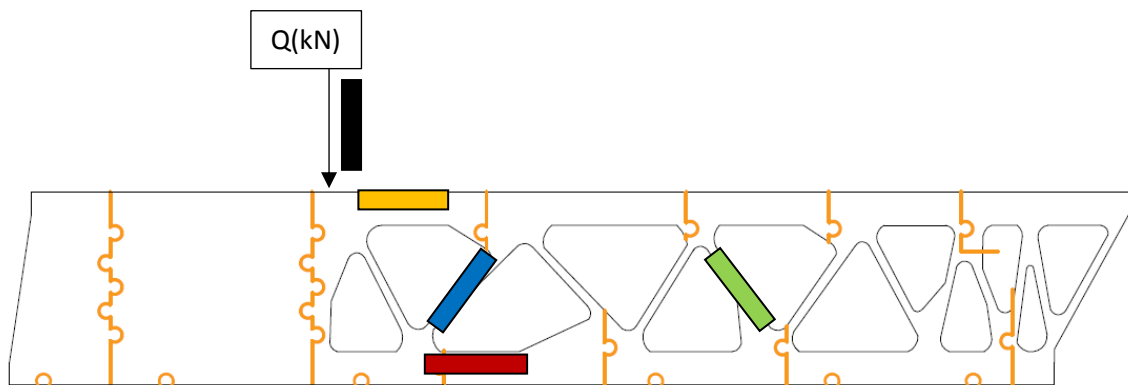
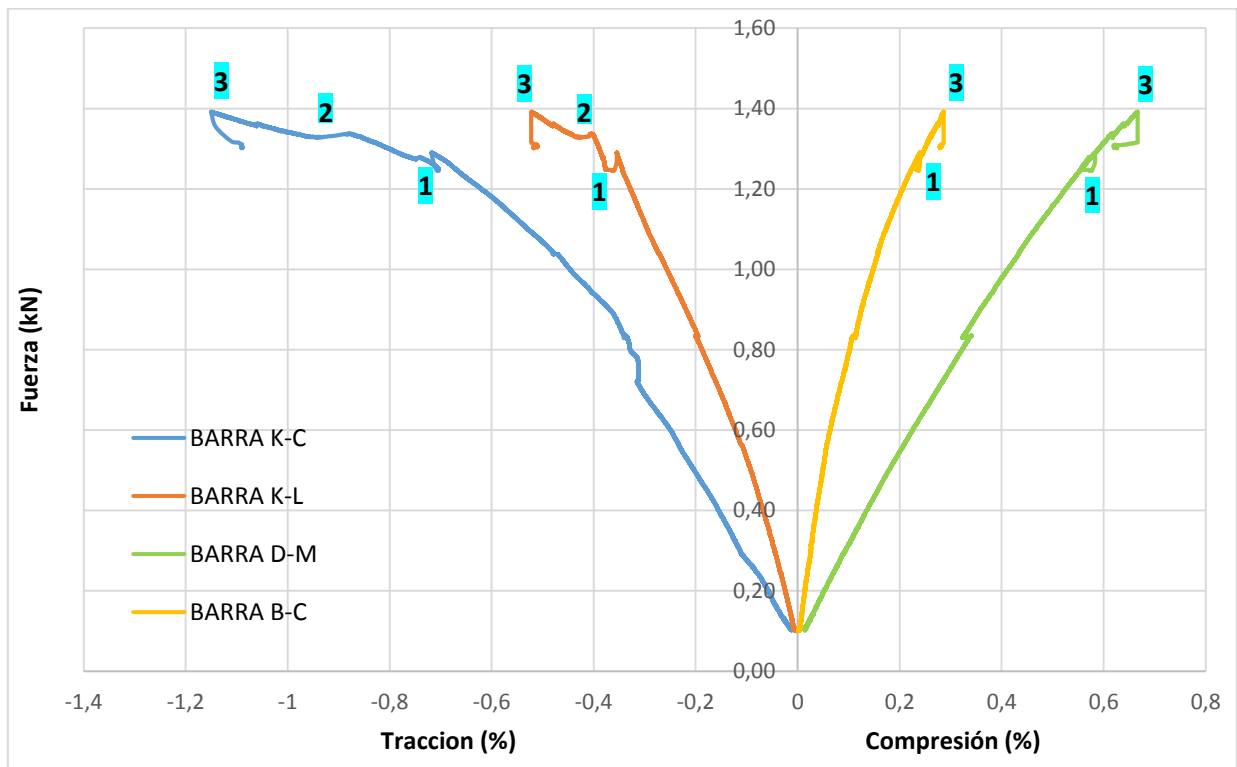


Figura 127. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura A – Sólo PLA, cada captador con diferente color. Fuente: Autor.



Gráfica 2. Resultado ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura A – Sólo PLA, forma de trabajo de las barras. Fuente: Autor.

La Gráfica 2 muestra los resultados obtenidos de los captadores LVDT situados en las barras del alzado A, de la Estructura D. Los puntos singulares que se marcan en esta Gráfica, se explican en la Tabla 16. Además, en la Figura 136 aparecen indicados por colores, los captadores, que se sitúan en las diferentes barras, los mismos colores son representativos en la Gráfica 4 y en la Tabla 16 para identificar los captadores.

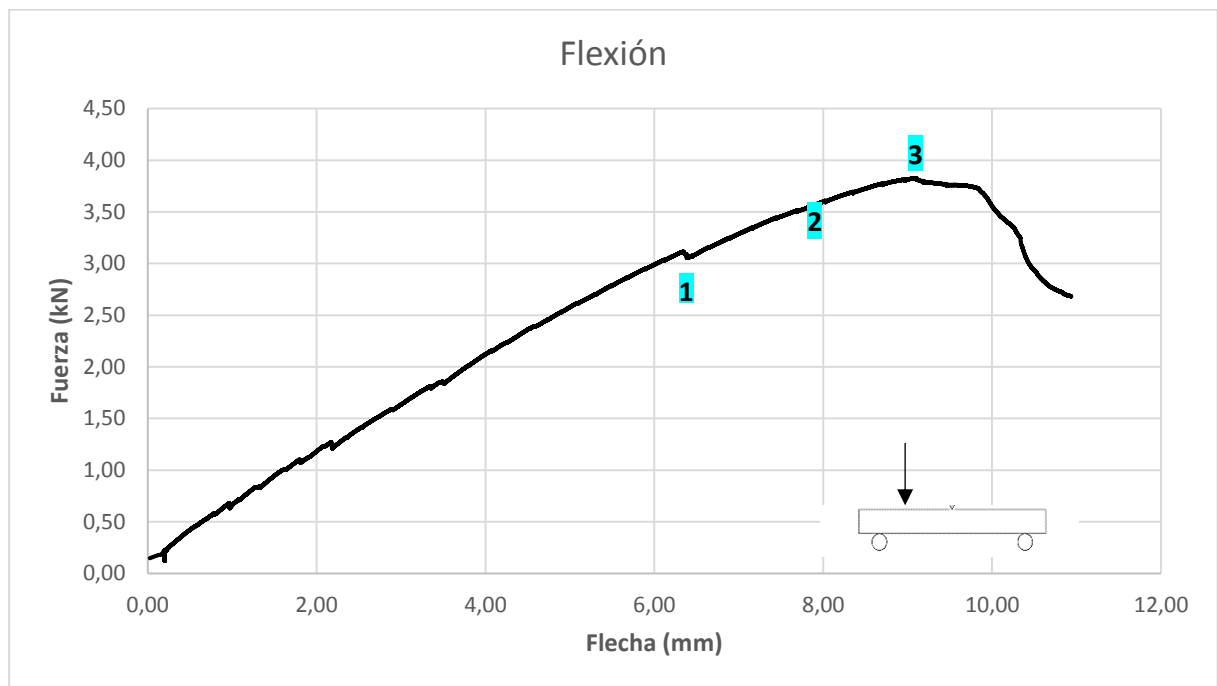
Tabla 16. Puntos singulares en Gráfica 2.

| Barra     | Puntos singulares | Deformación (%) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------|--------------------|
| Barra K-C | 1                 | -0,38 tracción  | 0,70        | Fin rama elástica. |

|             |   |                 |      |                                       |
|-------------|---|-----------------|------|---------------------------------------|
|             | 2 | -0,50 tracción  | 1,10 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|             | 3 | -1,18 tracción  | 1,39 | <b>Carga máxima.</b>                  |
| Barra K-L   | 1 | -0,20 tracción  | 0,90 | Fin rama elástica.                    |
| Barra K-L   | 2 | -0,30 tracción  | 1,30 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|             | 3 | -0,50 tracción  | 1,39 | Carga máxima y rotura.                |
| Barra D-M   | 1 | 0,35 compresión | 0,75 | Fin rama elástica.                    |
|             | 2 | -               | -    | -                                     |
|             | 3 | 0,25 compresión | 1,39 | <b>Carga máxima.</b>                  |
| Barra B-C C | 1 | 0,10 compresión | 0,82 | Fin rama elástica.                    |
|             | 2 | -               | -    | -                                     |
|             | 3 | 0,65 compresión | 1,39 | <b>Carga máxima.</b>                  |

### Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA B – PLA + CFRP

Ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA B, está compuesta de piezas de PLA y con un recubrimiento en toda su envoltura de fibra de carbono, CFRP.



Gráfica 3. Flexión en flecha de la Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor.

En la Gráfica 3 se observa el resultado de la flexión en flecha que se realiza en el ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura B, realizada con PLA y CFRP. Además, en la Tabla 17 aparecen las características de los puntos singulares marcados en dicha Gráfica 3.

Tabla 17. Puntos singulares en Gráfica 3.

| Puntos singulares | Flecha (mm) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-------------------|-------------|-------------|--------------------|
| 1                 | 6,20        | 3,20        | Fin rama elástica. |

|   |      |      |                                       |
|---|------|------|---------------------------------------|
| 2 | 8,00 | 3,50 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
| 3 | 8,97 | 3,82 | Carga máxima.                         |



Figura 128. Ensayo a flexión en 3 puntos de Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor.



Figura 129. Detalle carga excéntrica en ensayo a flexión en 3 puntos de Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor.

La Figura 128 muestra el ensayo a flexión en tres puntos del prototipo B, realizado con PLA y CFRP. En la Figura 129 se observa la rotura física de este prototipo.

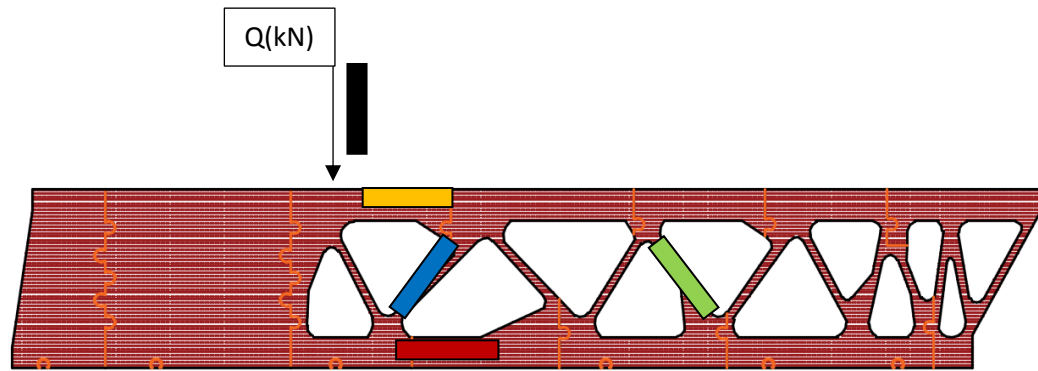
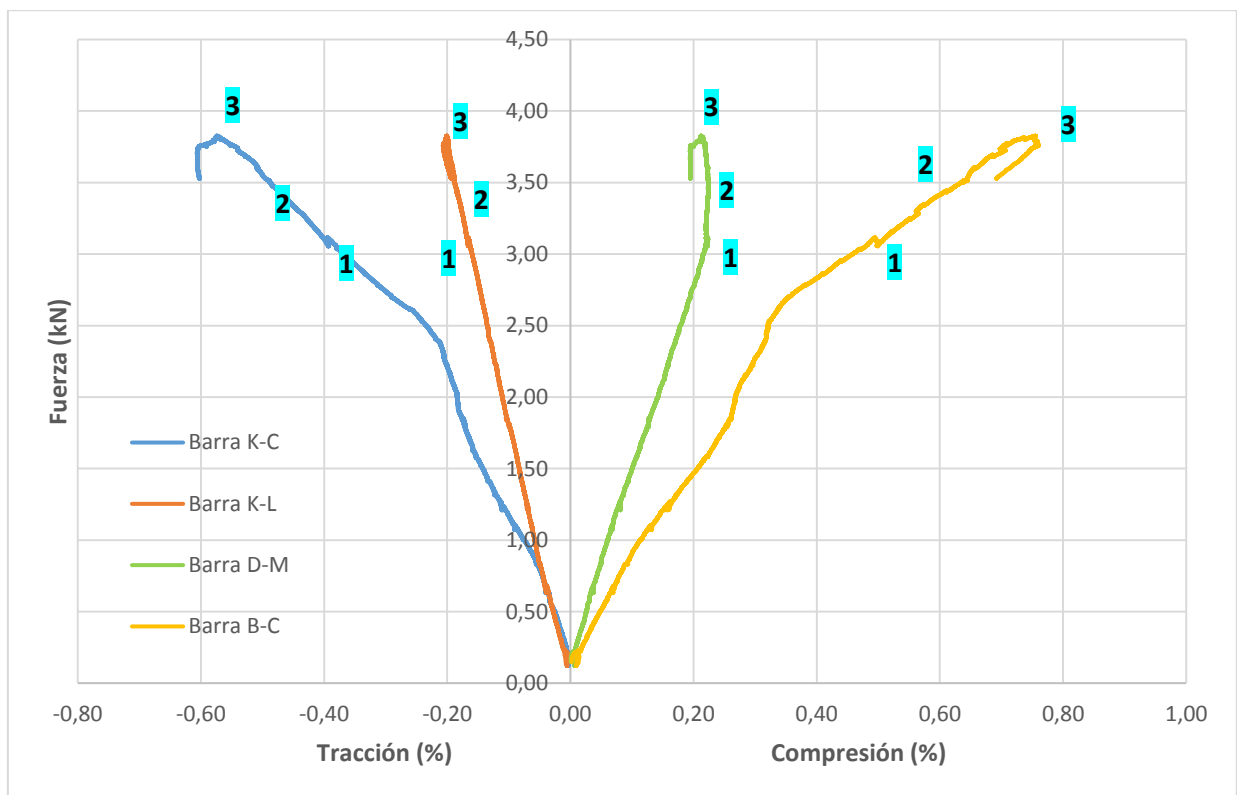


Figura 130. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura B – PLA + CFRP, cada captador con diferente color. Fuente: Autor.



Gráfica 4. Resultado ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura B – PLA + CFRP, forma de trabajo de las barras. Fuente: Autor.

La Gráfica 4 muestra los resultados obtenidos de los captadores LVDT situados en las barras del alzado A, de la Estructura D. Los puntos singulares que se marcan en esta Gráfica, se explican en la Tabla 18.

Además, en la Figura 130 aparecen indicados por colores, los captadores, que se sitúan en las diferentes barras, los mismos colores son representativos en la Gráfica 4 y en la Tabla 18 para identificar los captadores.

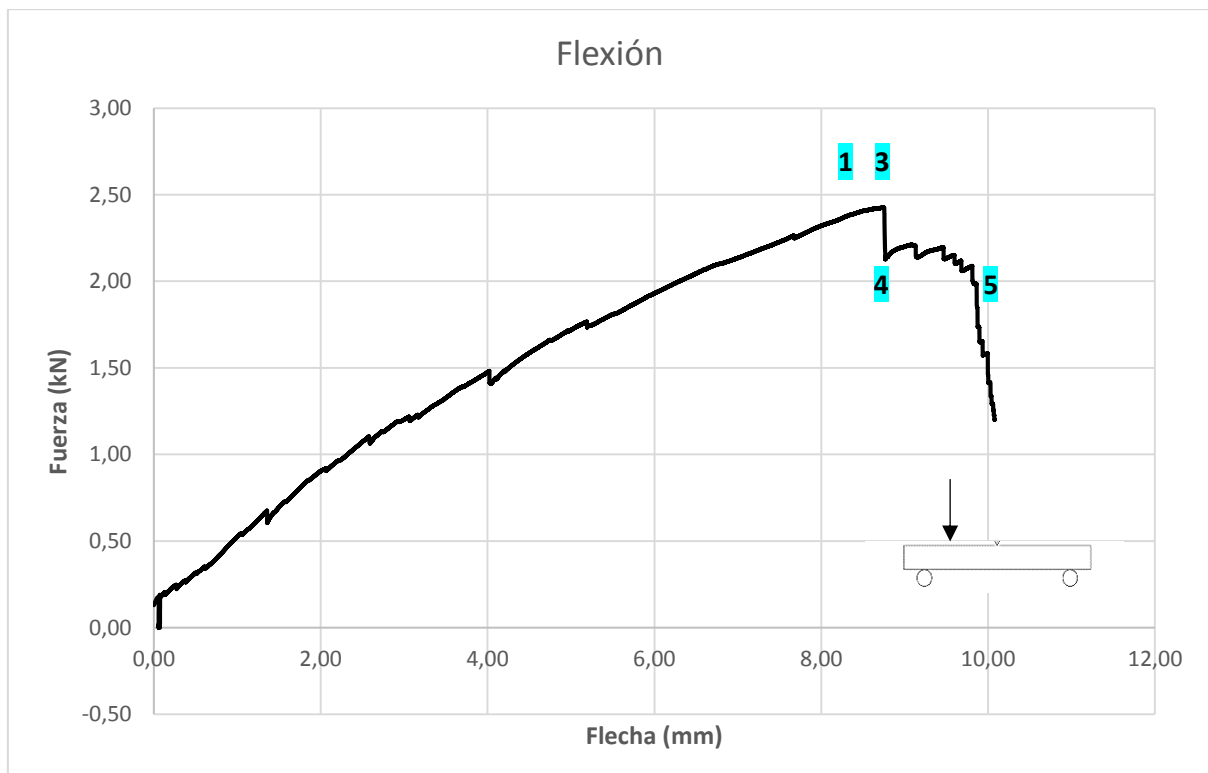
Tabla 18. Puntos singulares en Gráfica 4.

| Barra     | Puntos singulares | Deformación (%) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------|--------------------|
| Barra K-C | 1                 | -0,39 Tracción  | 3,00        | Fin rama elástica. |

|           |   |                 |      |                                       |
|-----------|---|-----------------|------|---------------------------------------|
|           | 2 | -0,45 Tracción  | 3,40 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|           | 3 | -0,60 Tracción  | 3,82 | <b>Carga máxima.</b>                  |
|           | 1 | -0,15 Tracción  | 3,00 | Fin rama elástica.                    |
| Barra K-L | 2 | -0,18 Tracción  | 3,45 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|           | 3 | -0,20 Tracción  | 3,82 | <b>Carga máxima.</b>                  |
| Barra D-M | 1 | 0,21 Compresión | 3,00 | Fin rama elástica.                    |
|           | 2 | 0,22 Compresión | 3,00 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|           | 3 | 0,22 Compresión | 3,82 | <b>Carga máxima.</b>                  |
| Barra B-C | 1 | 0,20 Compresión | 3,00 | Fin rama elástica.                    |
|           | 2 | 0,30 Compresión | 2,25 | Rama elastoplástica entre ptos 1 y 3. |
|           | 3 | 0,75 Compresión | 3,82 | <b>Carga máxima.</b>                  |

#### Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA C – PLA + UHPC en barras

Ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA C, está compuesta de piezas de PLA y refuerzo de barras que según estudio realizado previamente trabajan a compresión, mediante UHPC, microhormigón.



Gráfica 5. Flexión en flecha de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor.

Tabla 19. Puntos singulares en Gráfica 5.

| Puntos singulares | Eje x (flexión en flecha (mm)) | Eje y (Fuerza (kN)) | Observaciones          |
|-------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|
| 1                 | 8,50                           | 2,43                | Fin rama elástica.     |
| 2                 | -                              | -                   | -                      |
| 3                 | 8,50                           | 2,43                | <b>Carga máxima.</b>   |
| 4                 | 8,50                           | 2,20                | Bajada de resistencia. |
| 5                 | 9,70                           | 2,00                | Rotura física.         |



Figura 131. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor.



Figura 132. Detalle de carga excéntrica del ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor.



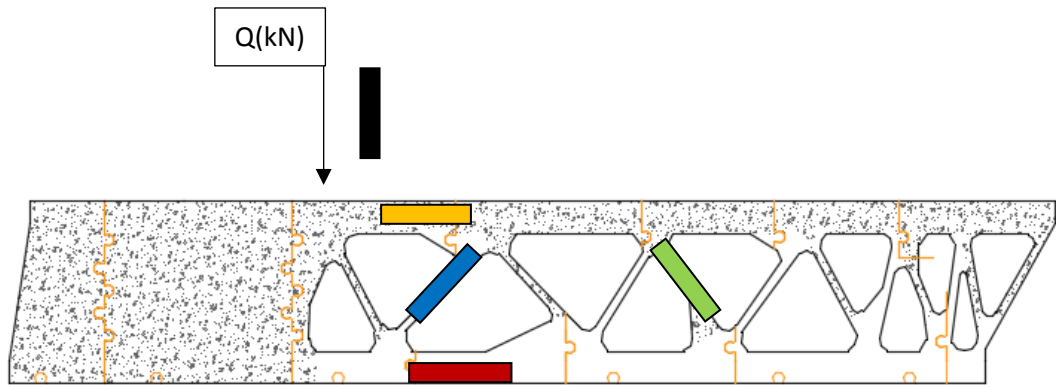
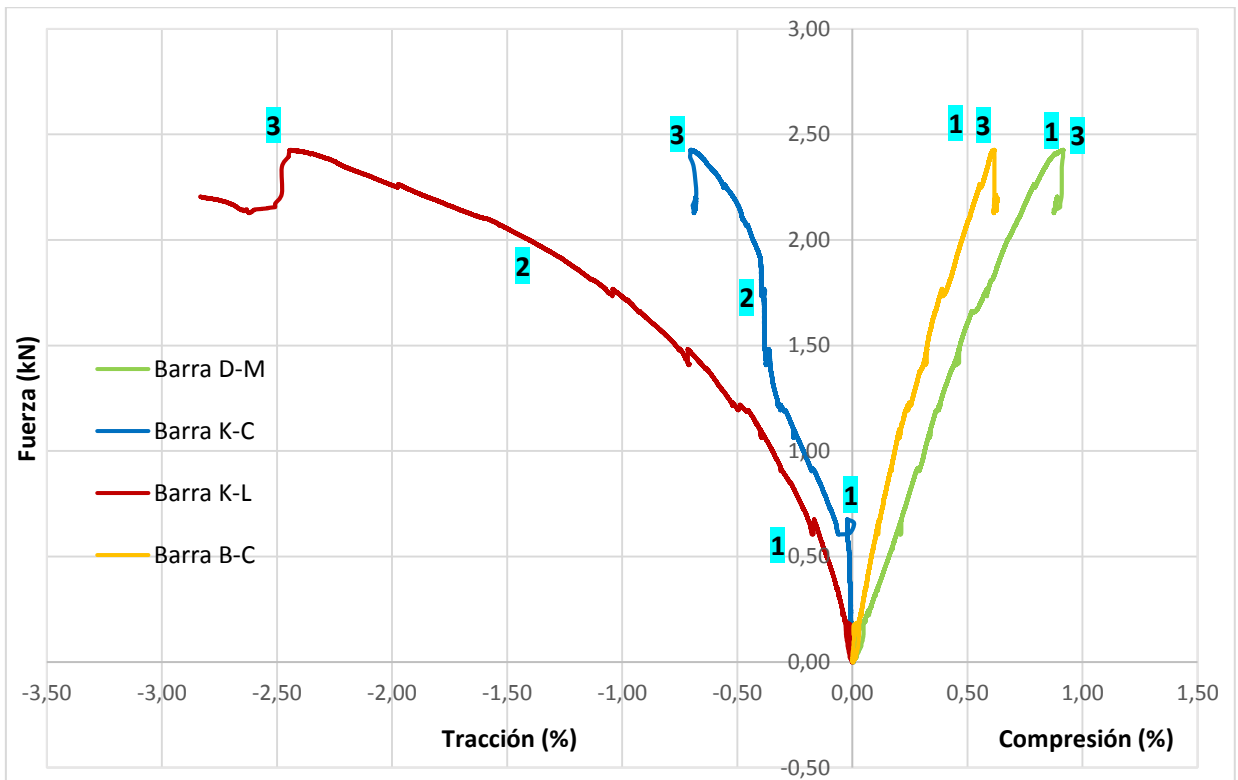


Figura 133. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura C – PLA + UHPC en barras, cada captador con diferente color. Fuente: Autor.



Gráfica 6. Resultado forma de trabajo barras Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor.

La Gráfica 6 muestra los resultados obtenidos de los captadores LVDT situados en las barras del alzado A, de la Estructura C. Los puntos singulares que se marcan en esta Gráfica, se explican en la Tabla 20.

Además, en la Figura 133 aparecen indicados por colores, los captadores, que se sitúan en las diferentes barras, los mismos colores son representativos en la Gráfica 6 y en la Tabla 20 para identificar los captadores.

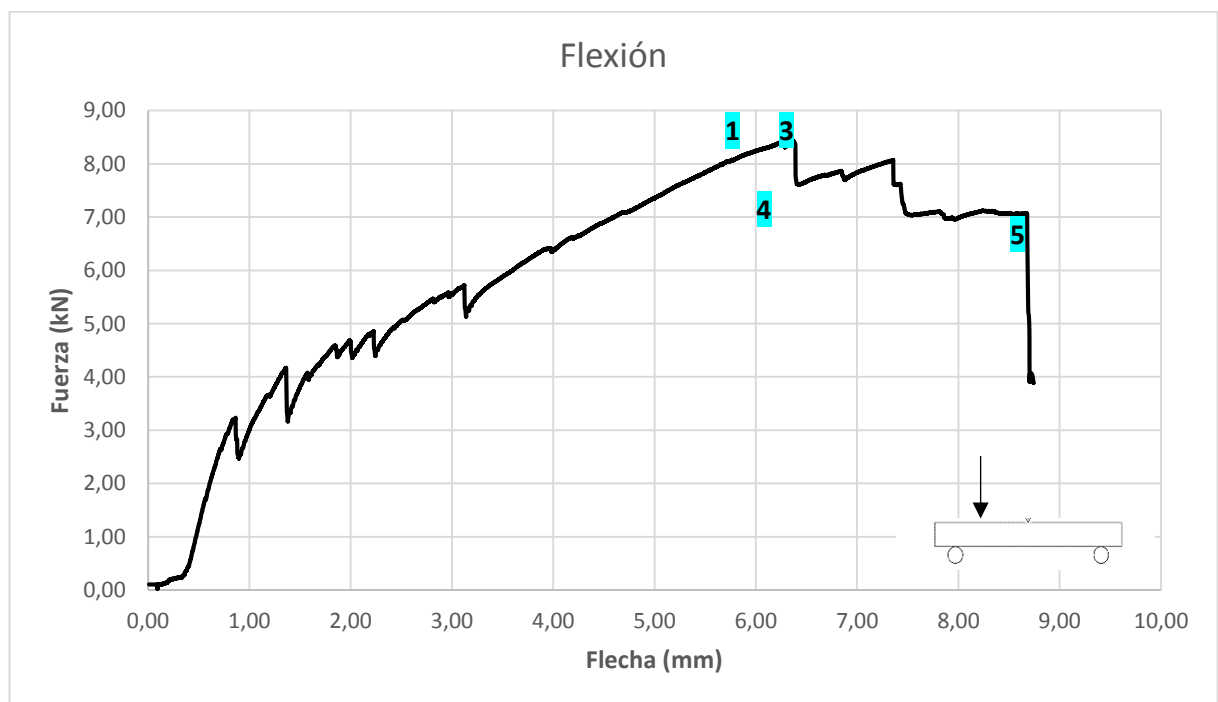
Tabla 20. Puntos singulares en Gráfica 6.

| Barra     | Puntos singulares | Deformación (%) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------|--------------------|
| Barra K-L | 1                 | -0,25 Tracción  | 0,70        | Fin rama elástica. |

|           |   |                 |      |                        |
|-----------|---|-----------------|------|------------------------|
|           | 2 | -1,50 Tracción  | 2,00 | Rama elasticoplástica. |
|           | 3 | -2,45 Tracción  | 2,43 | Carga máxima.          |
|           | 1 | -0,05 Tracción  | 0,70 | Fin rama elástica.     |
| Barra K-C | 2 | -0,45 Tracción  | 1,75 | Rama elasticoplástica. |
|           | 3 | -0,70 Tracción  | 2,43 | Carga máxima.          |
|           | 1 | 0,60 Compresión | 2,43 | Fin rama elástica.     |
| Barra B-C | 2 | -               | -    | -                      |
|           | 3 | 0,60 Compresión | 2,43 | Carga máxima.          |
|           | 1 | 0,80 Compresión | 2,43 | Fin rama elástica.     |
| Barra D-M | 2 | -               | -    | -                      |
|           | 3 | 0,80 Compresión | 2,43 | Carga máxima.          |

Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA D – PLA + UHPC en todas las barras + ARMADURA DE CFRP

Ensayo a flexión en tres puntos de la ESTRUCTURA D, está compuesta de piezas de PLA y refuerzo completo de UHPC y armadura interior de hilos de fibra de carbono, CFRP.



Gráfica 7. Flexión en flecha de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor.

La Gráfica 7 muestra el resultado de la flecha obtenida en el ensayo de flexión en tres puntos de la Estructura D, además los puntos singulares marcados se indican en la Tabla 21 con sus características.

Tabla 21. Puntos singulares en Gráfica 7.

| Puntos singulares | Flecha (mm) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-------------------|-------------|-------------|--------------------|
| 1                 | 6,40        | 8,44        | Fin rama elástica. |
| 2                 | -           | -           | -                  |
| 3                 | 6,40        | 8,44        | Carga máxima.      |

|   |      |      |                        |
|---|------|------|------------------------|
| 4 | 6,40 | 7,50 | Bajada de resistencia. |
| 5 | 8,70 | 7,00 | Rotura física.         |



Figura 134. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor.



Figura 135. Carga excéntrica en ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor.

La Figura 134 muestra el ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura D, realizada con PLA+UHPC+ARMADURA CFRP y en la Figura 135 aparece la rotura física de la misma.

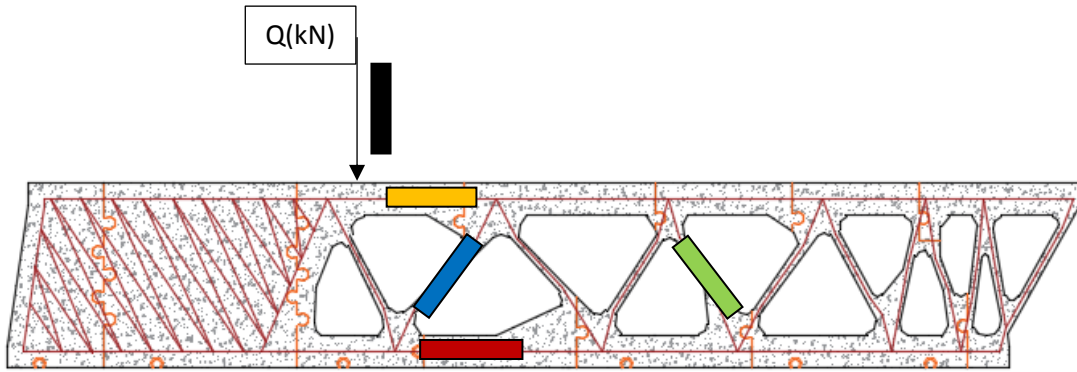
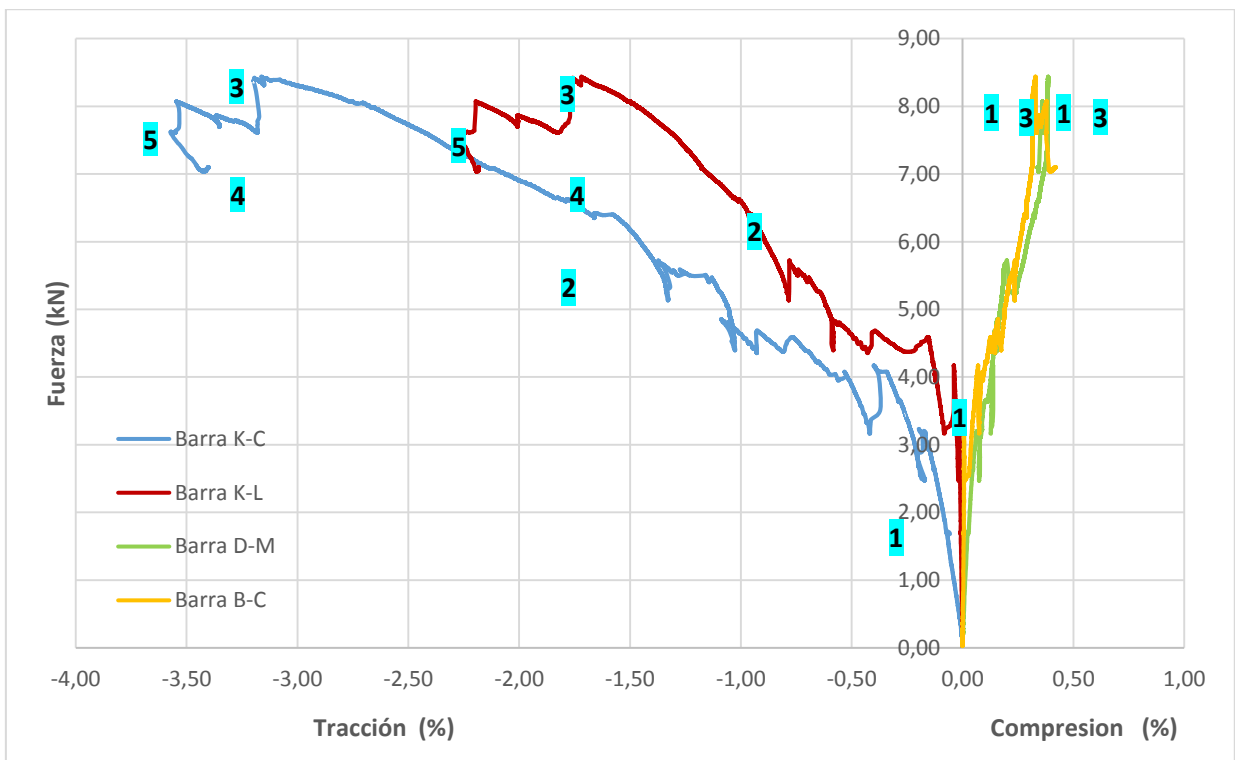


Figura 136. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP, cada captador con diferente color. Fuente: Autor.



Gráfica 8. Resultado del ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP, forma de trabajo de las barras Fuente: Autor.

La Gráfica 8 muestra los resultados obtenidos de los captadores LVDT situados en las barras del alzado A, de la Estructura D. Los puntos singulares que se marcan en esta Gráfica, se explican en la Tabla 22.

Además, en la Figura 136 aparecen indicados por colores, los captadores, que se sitúan en las diferentes barras, los mismos colores son representativos en la Gráfica 8 y en la Tabla 22 para identificar los captadores.

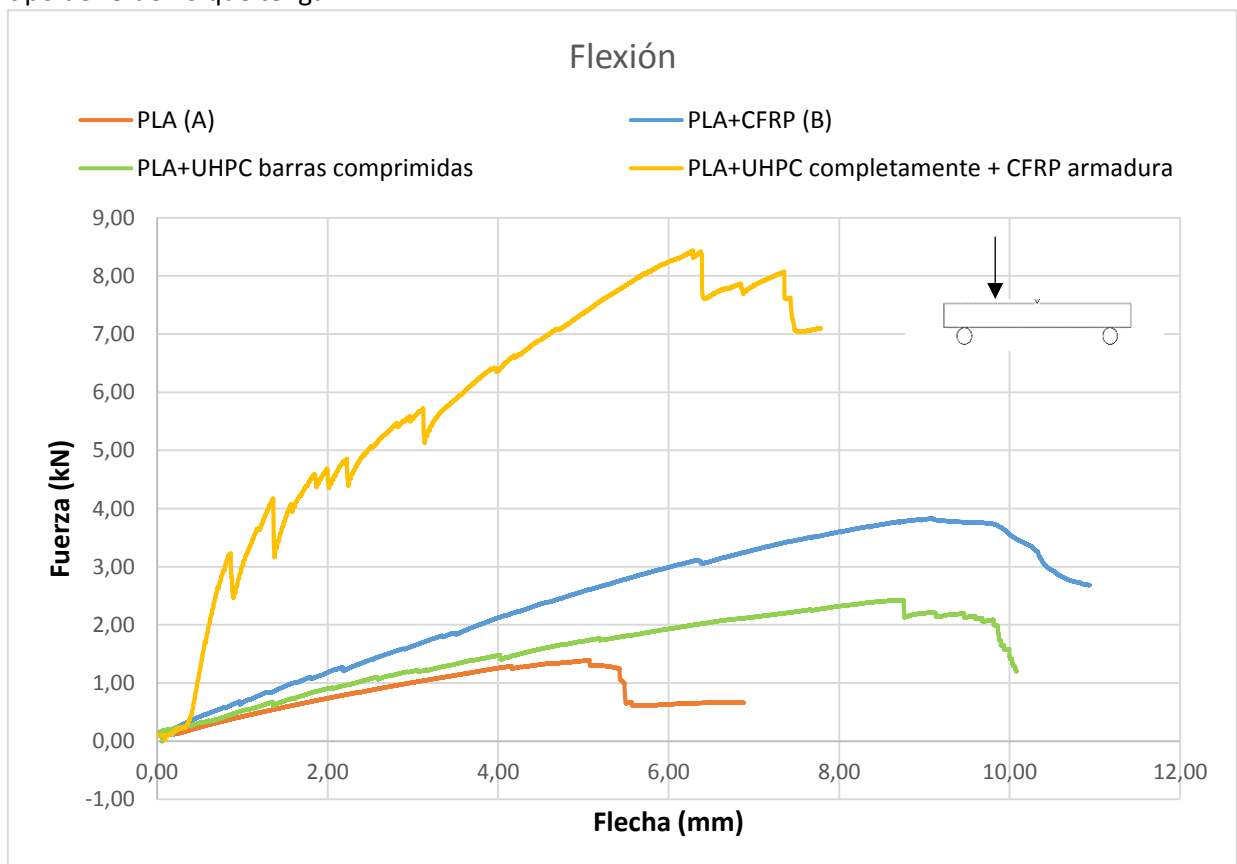
Tabla 22. Puntos singulares en Gráfica 8.

| Barra     | Puntos singulares | Deformación (%) | Fuerza (kN) | Observaciones      |
|-----------|-------------------|-----------------|-------------|--------------------|
| Barra K-C | 1                 | -0,25 Tracción  | 3,00        | Fin rama elástica. |

|           |   |                 |      |                                      |
|-----------|---|-----------------|------|--------------------------------------|
|           | 2 | -1,75 Tracción  | 6,50 | Rama elastoplástica entre pts 1 y 3. |
|           | 3 | -3,25 Tracción  | 8,44 | <b>Carga máxima.</b>                 |
|           | 4 | -3,25 Tracción  | 7,70 | Bajada de resistencia.               |
|           | 5 | -3,55 Tracción  | 8,00 | <b>Rotura física.</b>                |
|           | 1 | -0,25 Tracción  | 4,50 | Fin rama elástica.                   |
| Barra K-L | 2 | -1,00 Tracción  | 6,50 | Rama elastoplástica entre pts 1 y 3. |
|           | 3 | -1,75 Tracción  | 8,44 | <b>Carga máxima.</b>                 |
|           | 4 | -1,75 Tracción  | 7,50 | Bajada de resistencia.               |
|           | 5 | -2,25 Tracción  | 8,10 | <b>Rotura física.</b>                |
|           | 1 | 0,40 Compresión | 8,44 | Fin rama elástica.                   |
| Barra D-M | 2 | -               | -    | -                                    |
|           | 3 | 0,40 Compresión | 8,44 | <b>Carga máxima.</b>                 |
|           | 1 | 0,45 Compresión | 8,44 | Fin rama elástica.                   |
| Barra D-C | 2 | -               | -    | -                                    |
|           | 3 | 0,45 Compresión | 8,44 | <b>Carga máxima.</b>                 |

### Comparativa de resultados – Comparación de flexión en flecha de las estructuras.

En la Gráfica 10 se muestra una comparativa de las distintas gráficas que aparecen dependiendo del tipo de refuerzo que tenga.



Gráfica 9. Comparativa de resultados de Flexión en flecha dependiendo del tipo de estructura. Fuente: Autor.

Tabla 23. Puntos singulares en Gráfica 9.

| Flecha ESTRUCTURA D  | Flecha ESTRUCTURA C   | Flecha ESTRUCTURA B  | Flecha ESTRUCTURA A                       | kN             |
|--|---|--|---|----------------|
| Bastante rigidez   | Rama elástica   | Rama elástica  | Rama elástica                             | 1,00           |
| Bastante rigidez   | Rama elástica   | Rama elástica  | Carga máxima.                             | 1,39           |
| Bastante rigidez   | Carga máxima.   | Rama elástica  | -   | 2,43           |
| Bastante rigidez   | -   | Carga máxima.  | -   | 3,82           |
| Rama elástica  | -   | -  | -   | 7,00           |
| Carga máxima.  | -   | -  | -   | 8.44           |
| <b>Material</b>  |   |  |   |                |
| PLA + UHPC en todo su volumen + armadura de hilo de CFRP (fibra de carbono).                           | PLA + UHPC en barras comprimidas  | PLA + CFRP (fibra de carbono)                                | Sólo PLA (ácido poliláctico)              | Material       |
| 17,07  | 7,91  | 4,71   | 3,70                                      | Peso (kg)      |
| Impresión 3d. Unión de piezas con resina. Pultrusión manual en armadura. UHPC con amasadora eléctrica. | Impresión 3d. Unión de piezas con resina. UHPC con amasadora eléctrica. | Impresión 3d. Unión de piezas con resina. Pultrusión manual. | Impresión 3d. Unión de piezas con resina. | Proceso        |
| Muy alta   | Media   | Media  | Baja                                      | Rigidez        |
| Muy dúctil   | Poco frágil   | Dúctil   | Muy Frágil                                | Tipo de rotura |

La Gráfica 9 representa una comparativa de los resultados obtenidos de la flecha de cada prototipo ensayado, diferenciados por colores y estudiados en una tabla, indicando tanto un seguimiento del comportamiento de cada estructura a medida de aumentamos la carga, como los materiales de cada estructura, el peso, el proceso de construcción, la rigidez y el tipo de rotura.

*Comparativa de resultados – Comparativa del comportamiento de barras dependiendo del refuerzo*

### BARRA D-M

En el Gráfico 10 se observa el resultado de someter la Barra D-M al ensayo a flexión en tres puntos y con diferentes refuerzos. En la Figura 137 se observa el Alzado A y dónde se sitúa el captador para obtener los resultados del ensayo de la Barra D-M.

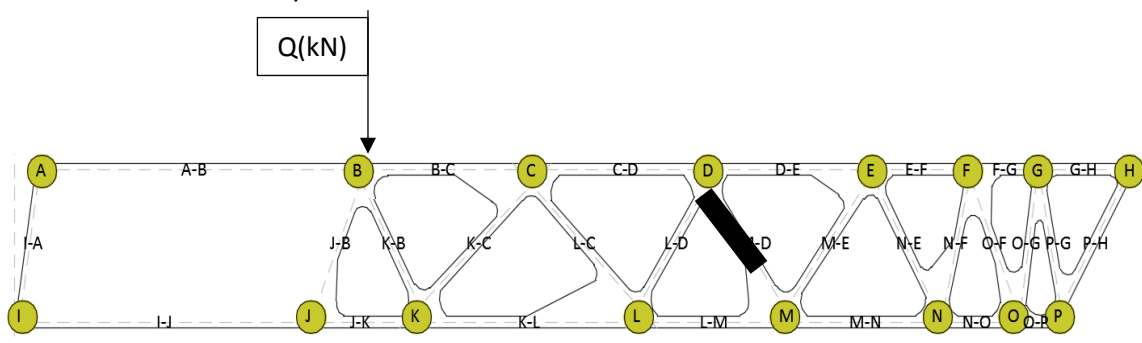
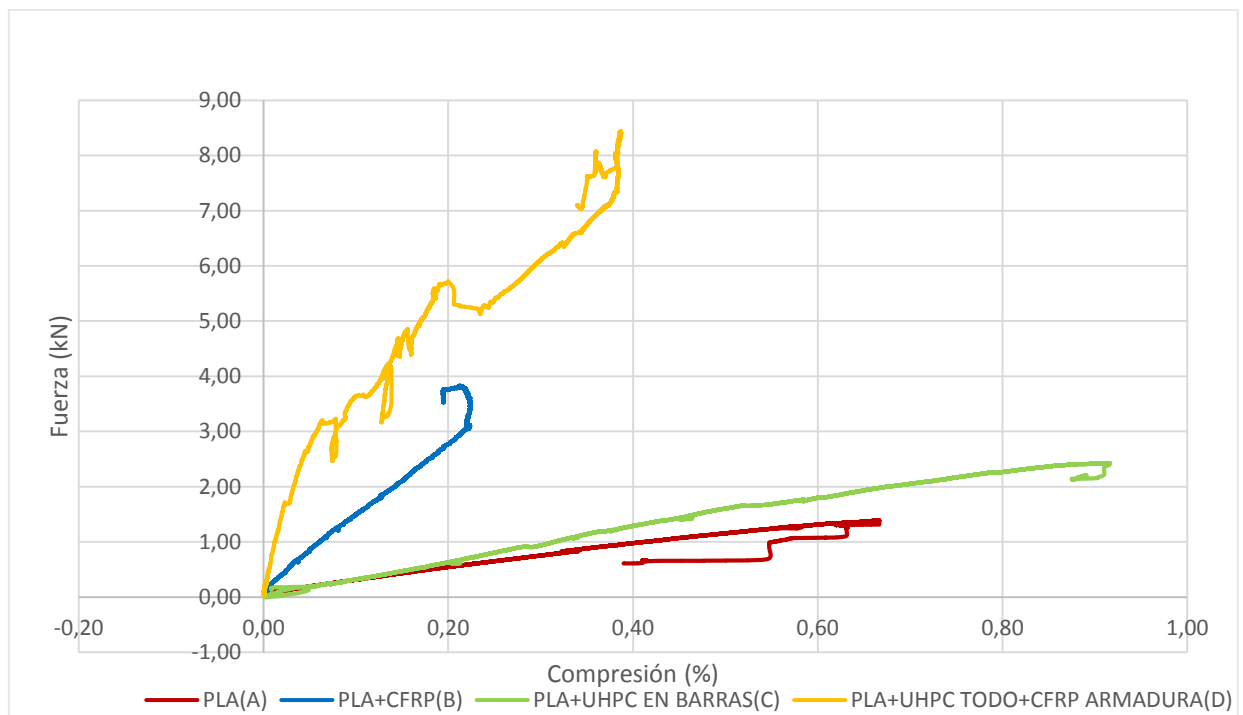


Figura 137. Captador LVDT situado en barra D-M. Fuente: Autor.



Gráfica 10. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra D-M del Alzado A. Fuente: Autor.

Tabla 24. Puntos singulares en Gráfica 10.

| kN             | Barra D-M<br>"barra<br>inclinada"<br>ESTRUCTURA A<br>-Sólo PLA | Barra D-M<br>"barra inclinada"<br>ESTRUCTURA B<br>- PLA+CFRP | Barra D-M<br>"barra<br>inclinada"<br>ESTRUCTURA C<br>- PLA+UHPC<br>barras<br>comprimidas | Barra D-M<br>"barra inclinada"<br>ESTRUCTURA D<br>-PLA+UHPC<br>toda la<br>estructura+<br>armadura<br>CFRP |
|----------------|--|--|--|---|
| 1,00           | Elasticidad  | Poca rigidez   | Elasticidad  | Rigidez   |
| 1,39           | Carga máxima.  | Poca rigidez<br>Poca elasticidad                             | Rama elástica  | Rigidez   |
| 2,43           | -  | Poca rigidez<br>Poca elasticidad                             | Carga máxima.  | Rigidez + Deformación<br>del material   |
| 3,82           | -  | Carga máxima.  | -  | Deformación del<br>material   |
| 5,00           | -  | -  | -  | Deformación + inicio<br>rama elástica   |
| 8,44           | -  | -  | -  | Carga máxima.   |
| Trabajo barras | Compresión   | Compresión   | Compresión   | Compresión  |

### BARRA B-C

En el Gráfico 11 se observa el resultado de someter la Barra B-C al ensayo a flexión en tres puntos y con diferentes refuerzos. En la Figura 138 se observa el Alzado A y dónde se sitúa el captador para obtener los resultados del ensayo de la Barra B-C.

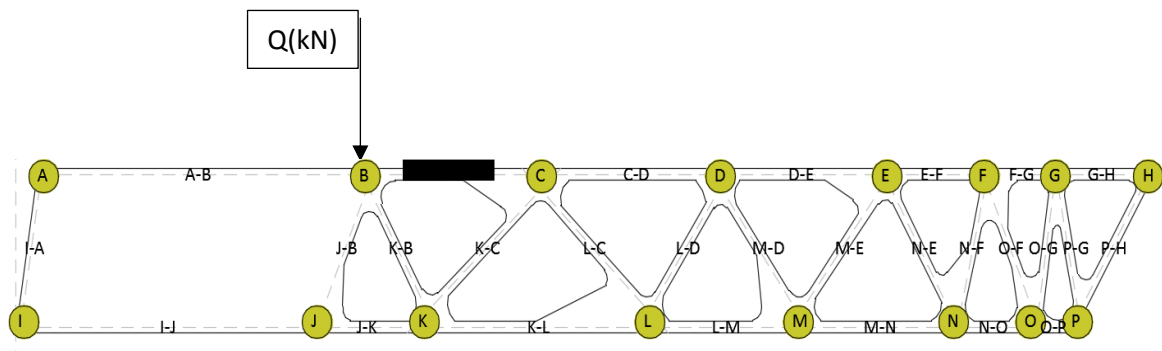
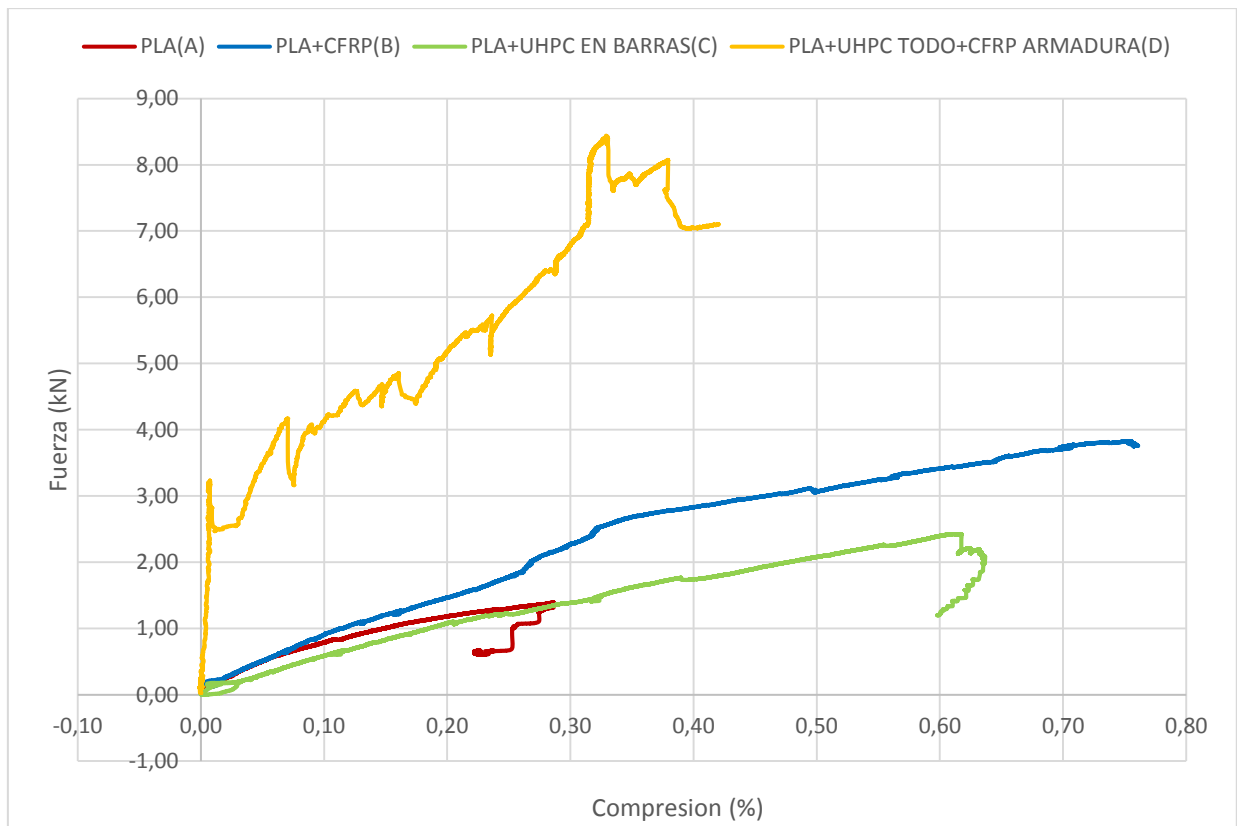


Figura 138. Captador LVDT situado en barra B-C. Fuente: Autor.





Gráfica 11. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra B-C del Alzado A. Fuente: Autor.

La Tabla 25 muestra el análisis de la Gráfica 11 por colores, dependiendo del tipo de prototipo.

Tabla 25. Puntos singulares en Gráfica 11.

| kN             | Barra B-C<br>"cordón superior"<br>ESTRUCTURA A<br>-Sólo PLA | Barra B-C<br>"cordón superior"<br>ESTRUCTURA B<br>- PLA+CFRP | Barra B-C<br>"cordón superior"<br>ESTRUCTURA C<br>- PLA+UHPC<br>barras comprimidas | Barra B-C<br>"cordón superior"<br>ESTRUCTURA D<br>- PLA+UHPC<br>toda la estructura+<br>armadura CFRP |
|----------------|---|--|--|--|
| 1,00           | Alta elasticidad  | Alta elasticidad   | Alta elasticidad   | Alta rigidez   |
| 1,39           | Carga máxima.   | Media rigidez<br>Media elasticidad                           | Rama elástica  | Alta rigidez   |
| 2,43           | -   | Media elasticidad  | Carga máxima.  | Alta rigidez   |
| 3,82           | -   | Carga máxima.  | -  | Media rigidez +<br>rama elástica   |
| 5,00           | -   | -  | -  | Deformación +<br>rama elástica   |
| 8,44           | -   | -  | -  | Carga máxima.  |
| Trabajo barras | Compresión  | Compresión   | Compresión   | Tracción   |

**BARRA K-L**

En el Gráfico 12 se observa el resultado de someter la Barra K-L al ensayo a flexión en tres puntos y con diferentes refuerzos. En la Figura 139 se observa el Alzado A y dónde se sitúa el captador para obtener los resultados del ensayo de la Barra K-L.

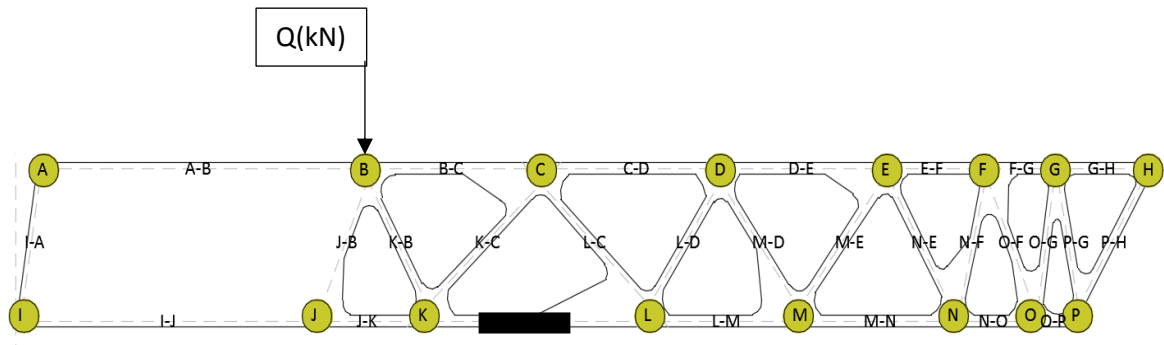
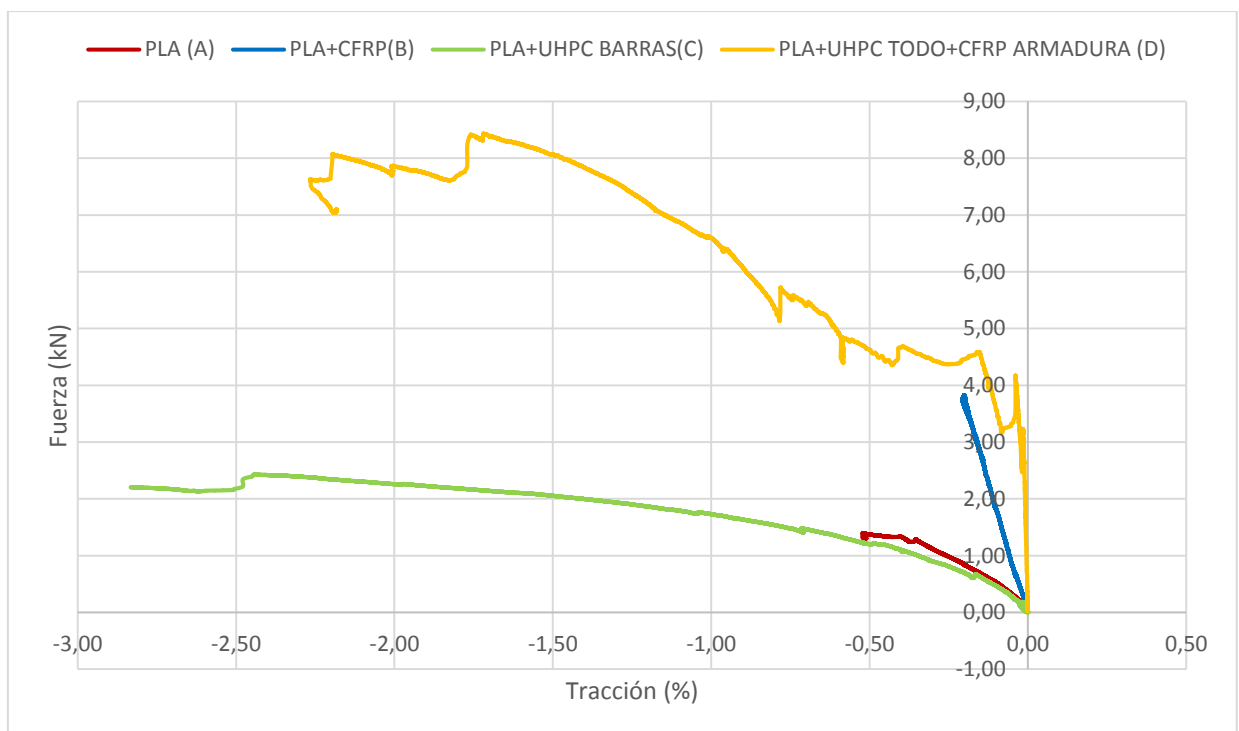


Figura 139. Captador LVDT situado en barra K-L. Fuente: Autor.



Gráfica 12. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra K-L del Alzado A. Fuente: Autor.

La Tabla 26 muestra el análisis de la Gráfica 12 por colores, dependiendo del tipo de prototipo.

Tabla 26. Puntos singulares en Gráfica 12.

| kN               | Barra K-L<br>"barra<br>inclinada"<br>ESTRUCTURA<br>A<br>-Sólo PLA | Barra K-L<br>"barra inclinada"<br>ESTRUCTURA B<br>- PLA+CFRP | Barra K-L<br>"barra<br>inclinada"<br>ESTRUCTURA C<br>- PLA+UHPC<br>barras<br>comprimidas | Barra K-L<br>"barra inclinada"<br>ESTRUCTURA D<br>- PLA+UHPC<br>toda la<br>estructura+<br>armadura<br>CFRP |
|------------------|---|--|--|--|
| 1,00             | Alta elasticidad  | Alta rigidez   | Alta elasticidad   | Alta rigidez   |
| 1,39             | Carga máxima.   | Alta rigidez   | Rama elástica  | Alta rigidez   |
| 2,43             | -   | Alta rigidez   | Carga máxima.  | Alta rigidez   |
| 3,82             | -   | Carga máxima.  | -  | Alta rigidez   |
| 5,00             | -   | -  | -  | Inicio rama elástica   |
| 8,44             | -   | -  | -  | Carga máxima.  |
| Forma de trabajo | Tracción  | Tracción   | Tracción   | Tracción   |

### BARRA K-C

En el Gráfico 13 se observa el resultado de someter la Barra K-C al ensayo a flexión en tres puntos y con diferentes refuerzos. En la Figura 140 se observa el Alzado A y dónde se sitúa el captador para obtener los resultados del ensayo de la Barra K-C.

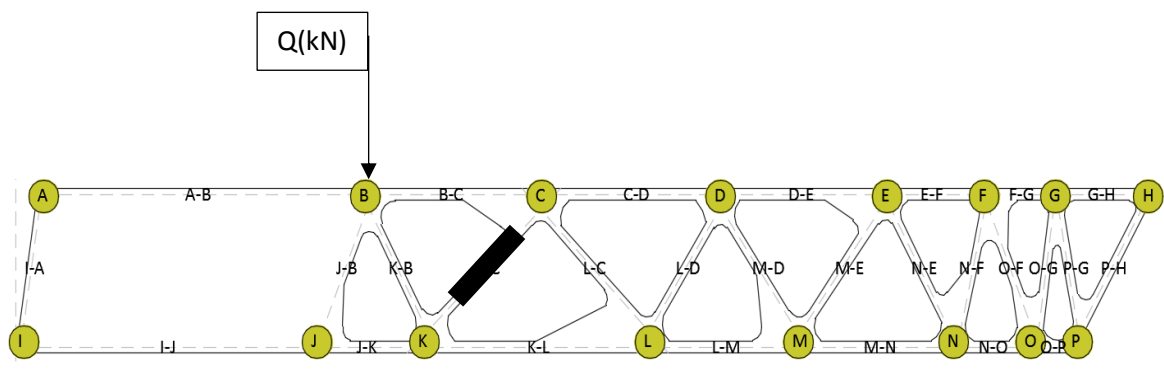
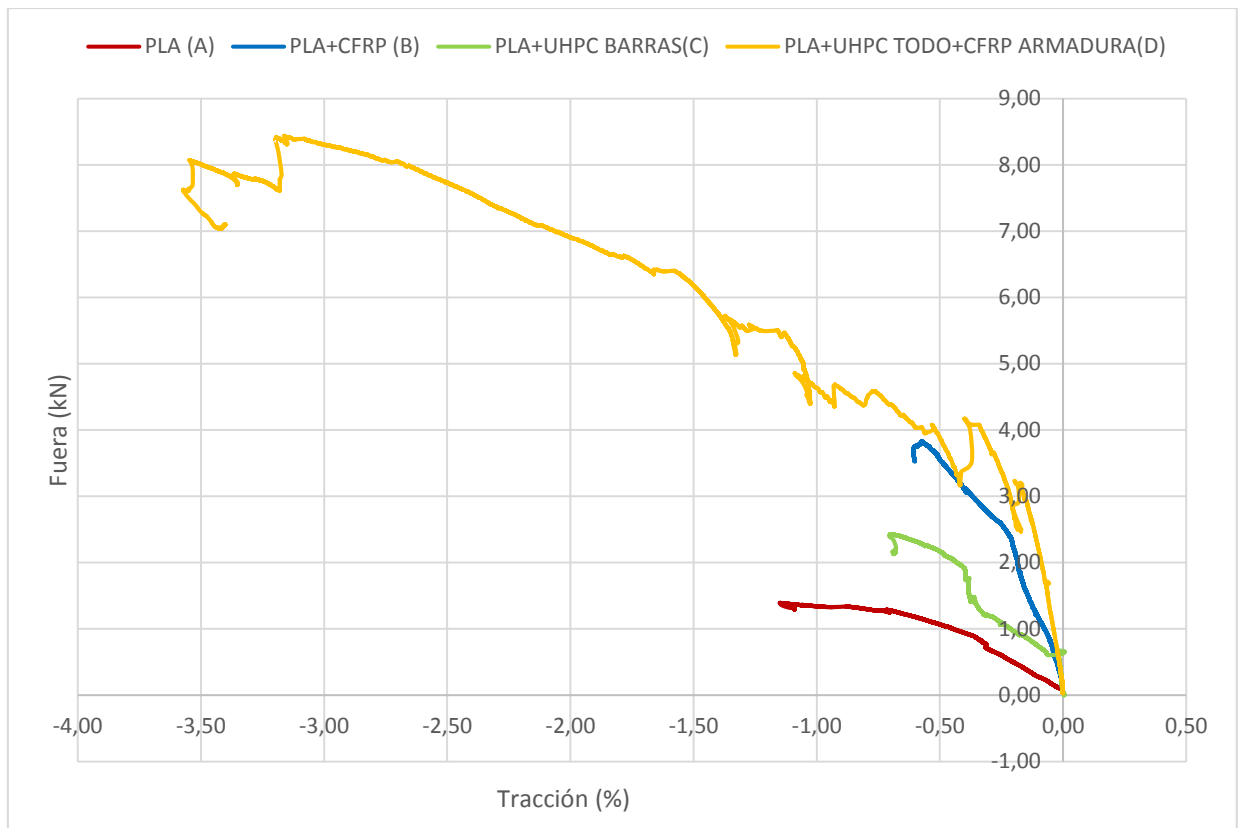


Figura 140. Captador LVDT situado en barra K-C. Fuente: Autor.



Gráfica 13. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra K-C del Alzado A. Fuente: Autor.

La Tabla 27 muestra el análisis de la Gráfica 13 por colores, dependiendo del tipo de prototipo.

Tabla 27. Puntos singulares en Gráfica 13.

| kN               | Barra K-C<br>"cordón inferior"<br>ESTRUCTURA A<br>- Sólo PLA | Barra K-C<br>"cordón inferior"<br>ESTRUCTURA B<br>- PLA+CFRP | Barra K-C<br>"cordón inferior"<br>ESTRUCTURA C<br>- PLA+UHPC<br>barras comprimidas | Barra K-C<br>"cordón inferior"<br>ESTRUCTURA D<br>- PLA+UHPC toda la estructura+ armadura CFRP |
|------------------|--|--|--|--|
| 1,00             | Alta elasticidad   | Alta rigidez   | Alta elasticidad   | Alta rigidez   |
| 1,39             | Carga máxima.  | Alta rigidez   | Rama elástica  | Alta rigidez   |
| 2,43             | -  | Alta rigidez   | Carga máxima.  | Alta rigidez   |
| 3,82             | -  | Carga máxima.  | -  | Alta rigidez   |
| 5,00             | -  | -  | -  | Inicio rama elástica   |
| 8,44             | -  | -  | -  | Carga máxima.  |
| Forma de trabajo | Tracción   | Tracción   | Tracción   | Tracción   |

## Capítulo 7.

### Conclusiones

Se han podido completar 4 prototipos:

- Prototipo A, sólo con piezas de PLA.
- Prototipo B, piezas de PLA y refuerzo con CFRP.
- Prototipo C, piezas de PLA y refuerzo de UHPC en barras.
- Prototipo D, piezas de PLA, relleno completo de UHPC y armadura de hilo de CFRP.

Tres de las cuatro estructuras se ha conseguido reforzarlas con materiales composite y, también se ha conseguido el refuerzo. Este se ha realizado mediante la metodología “hand lay up”, pultrusión manual y uso de amasadora eléctrica para la confección del microhormigón-UHPC.

Por otro lado, otro objetivo era la caracterización del material. Se han realizado probetas del microhormigón-UHPC y se han ensayado con éxito, dando resultados a compresión elevados.

Y, en cuanto a los resultados del ensayo a flexión en tres puntos;

en general, se observa que los cordones superior e inferior de las estructuras son más rígidos que las barras, los cuales están trabajando más que las barras y estas se deforman más que los cordones. Las posibles causas de esta deformación de las barras son;

- poca sección de las mismas
- materiales distintos en función del tipo de estructura

En la **Estructura A**, consolidada completamente de PLA, de las cuatro estructuras ensayadas, ha presentado la **menor resistencia al ensayo a flexión en tres puntos**, debido principalmente al tipo de material utilizado. Las piezas que conforman la estructura presentan poca densidad de dicho material, por tanto, una solución a este problema sería darle mayor sección a las barras y también mayor densidad a la impresión de las piezas que conforman la estructura. Es decir, menor altura de capa a la hora de imprimir y mayor porcentaje de densidad (material) de relleno interior de las piezas.

La **Estructura B**, está conformada de piezas impresas de PLA y recubierta con fibra de carbono. Esta estructura presenta mucha rigidez, **en el ensayo a flexión en tres puntos, es la segunda pieza con mayor resistencia**, y esto es debido al recubrimiento de fibra de carbono y resina de poliéster. Principalmente la rigidez se la da la fibra de carbono. Sigue siendo importante en esta estructura como solución, el refuerzo de las barras inclinadas, aumentando la sección del recubrimiento con malla de fibra de carbono.

Esta estructura llegó a su carga máxima a causa de la rotura de la fibra de carbono.

La **Estructura C**, rellena de UHPC sólo en las barras que se estudiaron previamente que trabajaban a compresión. Debido a que no se ha reforzado el UHPC con ningún otro material y que predominaba el PLA en toda su estructura, tras el ensayo a flexión en tres puntos, esta estructura trabajó a la par que la Estructura A- Sólo PLA. Ha presentado una mayor resistencia a la flexión, pero sólo 1kN de diferencia.

Por tanto, ganar 1kN a costa de incrementar la cantidad de UHPC y perder ligereza de este modo, no interesa.

**La Estructura D, la más resistente de las cuatro estructuras**, dispone de armadura de hilo de fibra de carbono y relleno con microhormigón de altas prestaciones, UHPC. Esta estructura, presenta mucha rigidez al principio del ensayo, mucha deformación debido principalmente a uno de los materiales que se utiliza como encofrado perdido, el PLA; y también presenta una gran rama elástica, producto de la combinación de fibra de carbono y UHPC. Otra de las causas de la cantidad de deformaciones que sufre es debido a la poca sección de las barras inclinadas.

Para evitar las deformaciones, una solución sería el aumento de sección de las barras y para garantizar una mayor ligereza; crearíamos una sección de barras huecas, además de reforzar la estructura en su cara exterior mediante CFRP y mejorar la densidad del PLA utilizado, como se ha citado anteriormente. El principal motivo por el cual esta estructura es la estrella de las cuatro ensayadas, es por la combinación de un material muy resistente a la compresión, el UHPC, y las buenas características mecánicas de la fibra de carbono.

## Capítulo 8.

### Futuras líneas de trabajo

Este trabajo sirve para futuras líneas de trabajo en el campo del estudio de los materiales compuestos. En especial, el uso de la tecnología 3d en el campo de la edificación, además de nuevas secciones constructivas tanto tradicionales como no tradicionales.

## Capítulo 9.

## Bibliografía

- [1] AB, ARQUITECTURA BLANCA PROYECTANDO EN HORMIGÓN. [Online] URL: [http://www.arquitecturablanca.com/obras/puente-alfenz\\_183.html](http://www.arquitecturablanca.com/obras/puente-alfenz_183.html) [Abril/01/2019]
- [2] MARTE.MARTE ARCHITECTS. 1993. Stefan Marte y Bernhard Marte. [Online] URL: <https://www.marte-marte.com/> [Abril/01/2019]
- [3] ALICANTEPRESS, 13 febrero 2017. [Online] URL: <https://alicantepress.com/art/33812/el-ayuntamiento-sopesa-instalar-una-camara-de-vigilancia-en-el-barranco-de-las-ovejas> [Abril/02/2019]
- [4] SCIENCEDIRECT, H'A. 2015. Pedro Serna, Juan Ángel López, Hugo Coll, EstebanCamacho, Juan Navarro-Gregori, Fernando Galán. HORMIGÓN Y ACERO. Pasarela de hormigón de muy alto rendimiento sobre el Barranco de las Ovejas (Alicante). [Online] URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0439568915000030?via%3Dihub> [Abril/12/2019]
- [5] RIUNET – UPV. 2008. [Online] URL: <https://riunet.upv.es/> [Abril/12/2019]
- [6] IMPRIMALIA3D. 19 octubre 2017. [Online] URL: <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/10/18/009386/holanda-no-tiene-primer-puente-impreso-3d-del-mundo-sino-alcobendas> [Abril/02/2019]
- [7] IAAC-ADVANCEDARCHITECTURECONTEST-INSTITUTE FOR ADVANCED ARCHITECTURE OF CATALONIA. [Online] URL: <http://www.advancedarchitecturecontest.org/> [Abril/02/2019]
- [8] ARQUITECTURA Y EMPRESA. Arq.interior Maria José Sanz Bohigues. 30 octubre 2017. [Online] URL: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/imprimiendo-puentes-ingenieria-civil-y-construccion-con-impresoras-3d> [Abril/03/2019]
- [9] 3DNATIVES. Manager, Lucía Contreras Howard-International Project .01 agosto 2017. [Online] URL: <https://www.3dnatives.com/es/china-puentes-impresos-en-3d-010820172/> [Abril/03/2019]
- [10] MX3D BRIDGE. 2018. Laarman, Joris Lab , Arup, Autodesk, Heijmans, Lenovo, Air Liquide & Oerlikon, Plymovent, AMS, TU Delft. [Online] URL: <https://mx3d.com/projects/bridge-2/> [Abril/03/2019]
- [11] DEZEEN. Günseli Yalcinkaya. 22 octubre 2018. [Online] URL: <https://www.dezeen.com/2018/10/22/worlds-first-3d-printed-steel-bridge-completed-mx3d-technology/> [Abril/03/2019]
- [12] AEMAC, REVISTA DE ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MATERIALES COMPUESTOS. Xavier Martínez (CIMNE y UPC) y Raquel Verdejo (ICTP y CSIC). Enero 2019. ISSN: 2531-0739 VOL 3, Nº1. [Abril/09/2019]
- [13] T-COMPOSITES. Tasuns Composite Technology Co., Ltd. 15 abril 2017. [Online] URL: <http://www.t-composites.net/info/carbon-fiber-reinforced-polymer-19053087.html> [Abril/09/2019]
- [14] BUILDING TRUST SIKA. 1910. [Online] URL: <https://esp.sika.com/> [Abril/09/2019]



- [15] ARQUIMATERIALS. Arquitecto: Javier García Librero. 16 abril 2012 [Online] URL: <https://arquimaterials.wordpress.com/2012/04/16/gprp-caracteristicas/> [Abril/07/2019]
- [16] CEMEX. 2011. [Online] URL: <https://www.cemex.es> [Abril/12/2019]
- [17] LA PLATAFORMA DE LA CONSTRUCCIÓN. 2016. [Online] URL: <https://www.laplataforma.es/es/> [Abril/15/2019]
- [18] HORMIGÓN ESPECIAL INNOVACIÓN EN HORMIGÓN. 2011 [Online] URL: <http://www.hormigonespecial.com/familia/GRC-uhpc-11.html> [Abril/05/2019]
- [19] GAZECHIM COMPOSITES IBÉRICA. 23 septiembre 2013 [Online] URL: <http://www.gazechim.es/blog/131-resina-poliester1.html> [Abril/09/2019]
- [20] ULTIMAKER. 16 mayo 2017 [Online] URL: <https://ultimaker.com/> [Abril/09/2019]
- [21] AENOR, diciembre 2013. UNE-EN 197-1:2011: Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes. Norma UNE. Edn. Madrid.
- [22] EHE-08, INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL. REAL DERECHO 1247/2008. Real Decreto BOE – Boletín Oficial del Estado. Edn. Madrid.

## Capítulo 10.

### Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Puente Alfenz. 2017. Fuente: Arquitectura Blanca. ....   | 15 |
| Figura 2. Ubicación de la pasarela en el puerto de Alicante. Fuente: Revista H'A Hormigón y acero. ....  | 16 |
| Figura 3. Puente de las ovejas (Alicante, Com.Valenciana, España) Fuente: AlicantePress. ....  | 16 |
| Figura 4. Alzado de la pasarela del puente de las ovejas en Alicante. Fuente: Pedro Serna, Juan Ángel López, Hugo Coll, Esteban Camacho, Juan-Navarro Gregori, Fernando Galán. ....              | 17 |
| Figura 5. Sección transversal de la pasarela del puente de las ovejas en Alicante. Fuente: Pedro Serna, Juan Ángel López, Hugo Coll, Esteban Camacho, Juan-Navarro Gregori, Fernando Galán. .... | 17 |
| Figura 6. Construcción puente Acciona impreso en 3d – Alcobendas (Madrid). Fuente: Imprimalia3d. ....  | 18 |
| Figura 7. Puente impreso en 3d por el proyecto “Shanghái futuro digital” de la Universidad de Shanghái. ....   | 18 |
| Figura 8. Puente de acero impreso en 3d por MX3D en el centro de Ámsterdam. Fuente: MX3D. ....   | 19 |
| Figura 9. Puente de acero impreso en 3d por MX3D en el centro de Ámsterdam. Fuente: MX3D. ....   | 19 |
| Figura 10. Malla de fibra de carbono unidireccional. 2019 Fuente: Autor. ....  | 21 |
| Figura 11. Bobina de hilos de fibra de carbono unidireccional. 2019. Fuente: Autor. ....   | 21 |
| Figura 12. Diferentes formas de encontrar la fibra de vidrio - GFRP. 2011 Fuente: Tecnología de los plásticos. ....  | 22 |
| Figura 13. UHPC-Microhormigón amasado en Laboratorio de materiales ETSIE-UPV. 2019 Fuente: Autor. ....   | 23 |
| Figura 15. Catalizador y pincel. 2019 Fuente: Autor. ....  | 24 |
| Figura 14. Resina de poliéster. 2019 Fuente: Autor. ....   | 24 |
| Figura 16. Proceso de gelificación de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica. ....  | 25 |
| Figura 17. Bobina de filamento PLA (ácido poliláctico) de 1,75 mm de diámetro. 2019 Fuente: Autor. .   | 26 |
| Figura 18. Ensamble de caja – a media madera. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....   | 27 |
| Figura 19. Ensamble de caja – en cola de milano doble y por tabla. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....  | 27 |
| Figura 20. Ensamble de caja y espiga –recta. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....  | 28 |
| Figura 21. Ensamble de quijera –en cola de milano canto simple. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....   | 28 |
| Figura 22. Ensamble de barbilla – simple pasante. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....   | 28 |
| Figura 23. Ensamble de espera – simple. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....   | 29 |
| Figura 24. Ensamble de empalme - compresión. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....  | 29 |
| Figura 25. Ensamble de empalme - tracción. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....  | 29 |
| Figura 26. Ensamble de acoplamiento - superposición. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV. ....  | 30 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 27. Ensamble de acoplamiento - yuxtaposición. 2013. Fuente: Apuntes Construcción I – Luis Ángel Tejero Catalá. ETSIE-UPV..... | 30 |
| Figura 28. Piezas de enlace tipo “puzle”. Fuente: Gabimtec ingeniería. ....  | 31 |
| Figura 29. Enlace entre piezas impresas con metodología 3d. 2019 Fuente: Autor.....  | 31 |
| Figura 30. Impresora Prusa i3 mk2. 2019. Fuente: Autor. ....   | 32 |
| Figura 31. Impresora Creality Ender prusa i3. 2019. Fuente: Autor. ....  | 33 |
| Figura 32. Esquema de programa experimental empleado en este TFG. 2019. Fuente: Autor. ....  | 34 |
| Figura 33. Render de estructura puente Alfenz. 2019. Fuente: Autor.....  | 34 |
| Figura 34. Esquema tipos de estructuras. Fuente: Autor.....  | 35 |
| Figura 35. Croquis, ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.....  | 36 |
| Figura 36. CEM I - 52,5 R. Fuente: Autor.....  | 43 |
| Figura 37. Árido finos. ....   | 43 |
| Figura 38. Aditivo superplastificante SIKA Viscocrete - 3425. Fuente: Autor. ....  | 43 |
| Figura 39. Molde para ejecución de probetas. ....  | 43 |
| Figura 40. Máquina amasadora eléctrica. Fuente: Autor. ....  | 43 |
| Figura 41. Báscula.....  | 43 |
| Figura 42. Recipientes para manipulación de materiales de construcción. Fuente: Autor. ....  | 44 |
| Figura 43. Recipiente para manipulación de líquidos. ....  | 44 |
| Figura 44. Plancha caliente para secado de material. Fuente: Autor. ....   | 44 |
| Figura 45. Peso de cemento CEM I - 52,5 R en báscula. Fuente: Autor. ....  | 44 |
| Figura 46. Vertido de cemento y áridos en tolva de amasadora eléctrica para su posterior mezclado..                                  | 44 |
| Figura 47. Amasadas M1, M2, M3, respectivamente y numeradas de izquierda a derecha. Fuente: Autor. ....                              | 44 |
| Figura 48. Amasada M <sub>1</sub> . Fuente: Autor. ....  | 46 |
| Figura 49. Amasada M1. Fuente: Autor. ....   | 47 |
| Figura 50. Amasada M2. Fuente: Autor. ....   | 47 |
| Figura 51. Amasada M3. Fuente: Autor. ....   | 48 |
| Figura 52. Vertido de Amasada M3 en molde. Fuente: Autor. ....   | 49 |
| Figura 53. Desmolde de probetas de Amasada M3. Fuente: Autor.....  | 49 |
| Figura 54. Probetas en cámara húmeda durante 7 días. Fuente: Autor.....  | 50 |
| Figura 55. Consistencias (Artículo 31.5 EHE-08) Fuente: ver Bibliografía [22].....   | 50 |
| Figura 56. 3D de piezas para estructura genérica. Fuente: Autor. ....  | 51 |
| Figura 57. Alzado A. Fuente: Autor. ....   | 51 |
| Figura 58. Alzado B. Fuente: Autor. ....   | 52 |
| Figura 59. Proceso de unión de los alzados A y B. Fuente: Autor.....   | 52 |
| Figura 60. Proceso de unión piezas de estructura genérica simple. Fuente: Autor. ....  | 52 |
| Figura 61. Estructura genérica simple en proceso de secado de la resina epoxi para las uniones. Fuente: Autor. ....                  | 53 |
| Figura 62. Estructura genérica simple terminada. Fuente: Autor.....  | 53 |
| Figura 63. Corte de malla unidireccional de fibra de carbono y dibujo de los huecos a cortar. Fuente: Autor. ....                    | 54 |
| Figura 64. Estructura genérica reforzada completamente con malla unidireccional de fibra de carbono. ....                            | 54 |
| Figura 65. Alzado A reforzado con fibra de carbono. Fuente: Autor. ....  | 54 |
| Figura 66. Alzado B reforzado con fibra de carbono. Fuente: Autor. ....  | 55 |
| Figura 67. Alzado A, forma de trabajo de las barras tras someter la estructura frente a una carga Q (kn). ....                       | 55 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 68. Alzado B, forma de trabajo de las barras tras someter la estructura frente a una carga $Q(kn)$ .  | 56 |
| Figura 69. Alzado A, relleno de barras comprimidas mediante UHPC. Fuente: Autor.   | 56 |
| Figura 70. Alzado B, relleno de barras comprimidas mediante UHPC. Fuente: Autor.   | 56 |
| Figura 71. Cubierta rellena de UHPC porque trabaja fundamentalmente como una losa. Fuente: Autor.  | 56 |
| Figura 72. Forjado inferior, no se rellena con UHPC porque no trabaja a compresión. Fuente: Autor.   | 56 |
| Figura 73. Cubierta y Alzados montados y listos para hormigonar. Montaje parcial de la estructura para mejor facilidad en el hormigonado. Fuente: Autor. | 57 |
| Figura 74. Detalle de sellado de las barras para garantizar estanqueidad cuando se vierta el UHPC.   | 57 |
| Figura 75. Detalle gráfico de las fases del proceso de hormigonado. Fuente: Autor.   | 58 |
| Figura 76. Hormigonado Cubierta. 1º Día de hormigonado. Fuente: Autor.   | 58 |
| Figura 77. Preparación para hormigonado en Alzado B. Fuente: Autor.  | 59 |
| Figura 78. Hormigonado Alzado B. Fuente: Autor.  | 59 |
| Figura 79. Proceso de curado del hormigón. Fuente: Autor.  | 60 |
| Figura 80. 3D piezas necesarias para la estructura rellena completamente. Fuente: Autor.   | 60 |
| Figura 81. Detalle constructivo del Alzado B. Fuente: Autor.   | 62 |
| Figura 82. Detalle constructivo del Alzado A. Fuente: Autor.   | 62 |
| Figura 83. Detalle constructivo de la Cubierta. Fuente: Autor.   | 62 |
| Figura 84. Detalle constructivo del Forjado inferior. Fuente: Autor.   | 63 |
| Figura 85. Plantilla para ejecución de armadura de fibra de carbono, CFRP, en Alzado B. Fuente: Autor.   | 63 |
| Figura 86. Armadura de fibra de carbono, CFRP, en Alzado A. Fuente: Autor.   | 63 |
| Figura 87. Fase de hormigonado de los dos Alzados A y B de la estructura. Fuente: Autor.   | 64 |
| Figura 88. Fase de curado del microhormigón-UHPC vertido en los dos Alzados A y B de la estructura.  | 64 |
| Figura 89. Preparación de forjado inferior para hormigonado, incluso sellado de juntas con pistola de silicona. Fuente: Autor.                           | 65 |
| Figura 90. Pistola de silicona para sellado de juntas. Fuente: Autor.  | 65 |
| Figura 91. Hormigonado de forjado inferior con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.  | 66 |
| Figura 92. Fase de curado del microhormigón vertido en forjado inferior+Alzados hormigonados en fase anterior. Fuente: Autor.                            | 66 |
| Figura 93. Preparación de cubierta para hormigonado, incluso sellado de juntas con pistola de silicona. Fuente: Autor.                                   | 67 |
| Figura 94. Hormigonado de cubierta con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.  | 67 |
| Figura 95. Hormigonado de cubierta con microhormigón-UHPC. Fuente: Autor.  | 68 |
| Figura 96. EPI (equipo de protección individual); máscara de carbón activo de doble filtro – 3M. Fuente: Autor.  | 68 |
| Figura 97. EPI (equipo de protección individual); guantes de látex. Fuente: Autor.   | 69 |
| Figura 98. Corte de probetas en máquina de chorro de agua, previa medición. Fuente: Autor.   | 70 |
| Figura 99. Probeta 4 - A (40x40 mm) tras ensayo a compresión. Fuente: Autor.   | 70 |
| Figura 100. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 101. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 102. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 1 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 103. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 104. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 105. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 2 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 72 |
| Figura 106. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - A (40x40 mm). Fuente: Autor.  | 73 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 107. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - B (40x40 mm). Fuente: Autor.....   | 73 |
| Figura 108. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 3 - C (40x40 mm). Fuente: Autor.....   | 73 |
| Figura 109. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - A (40x40 mm). Fuente: Autor. ....  | 73 |
| Figura 110. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - B (40x36 mm). Fuente: Autor.....   | 73 |
| Figura 111. Resultados del ensayo a compresión de la Probeta 4 - C (40x36 mm). Fuente: Autor.....   | 73 |
| Figura 112. Probetas a posteriori de microhormigón-UHPC. Fuente: Autor. ....  | 74 |
| Figura 113. Probeta 1-A (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 114. Probeta 1-B (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 115. Probeta 1-C (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 116. Probeta 2-A (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 117. Probeta 2-B (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 118. Probeta 2-C (40x40 mm). Fuente: Autor.....  | 75 |
| Figura 119. Hormigonado de apoyos inferiores. Fuente: Autor. ....   | 76 |
| Figura 120. Apoyo superior para aplicar tensión de flecha en ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor. ....   | 76 |
| Figura 121. Equipo IBERTEST de ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor. ....   | 77 |
| Figura 122. Disposición de captadores de desplazamiento para obtención de datos en ensayo a flexión en tres puntos. Fuente: Autor.....                    | 78 |
| Figura 123. Captadores LVDT en barras de Estructura a ensayar. Fuente: Autor.....   | 78 |
| Figura 124. Captador LVDT en barra inclinada. Fuente: Autor. ....   | 79 |
| Figura 125. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor. ....   | 81 |
| Figura 126. Rotura del ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor. ....  | 81 |
| Figura 127. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura A – Sólo PLA, cada captador con diferente color. Fuente: Autor. ....                   | 82 |
| Figura 128. Ensayo a flexión en 3 puntos de Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor.....   | 84 |
| Figura 129. Detalle carga excéntrica en ensayo a flexión en 3 puntos de Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor. ....                                    | 84 |
| Figura 130. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura B – PLA + CFRP, cada captador con diferente color. Fuente: Autor. ....                 | 85 |
| Figura 131. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor....   | 87 |
| Figura 132. Detalle de carga excéntrica del ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor. ....                   | 87 |
| Figura 133. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura C – PLA + UHPC en barras, cada captador con diferente color. Fuente: Autor. ....       | 88 |
| Figura 134. Ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor. ....   | 90 |
| Figura 135. Carga excéntrica en ensayo a flexión en 3 puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor.....                          | 90 |
| Figura 136. Disposición de captadores LVDT en barras de Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP, cada captador con diferente color. Fuente: Autor. .... | 91 |
| Figura 137. Captador LVDT situado en barra D-M. Fuente: Autor.....  | 94 |
| Figura 138. Captador LVDT situado en barra B-C. Fuente: Autor. ....   | 95 |
| Figura 139. Captador LVDT situado en barra K-L. Fuente: Autor.....  | 97 |
| Figura 140. Captador LVDT situado en barra K-C. Fuente: Autor. ....   | 98 |

## Capítulo 11.

### Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Características físicas de tejido unidireccional de fibra de carbono. ....   | 21 |
| Tabla 2. Características físicas de tejido bidireccional de fibra de carbono. ....  | 21 |
| Tabla 3. Propiedades mecánicas fibra de vidrio. Fuente: Scientia et Technica Año XIII, No 36, septiembre 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. .... | 22 |
| Tabla 4. Características intrínsecas de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica .....   | 24 |
| Tabla 5. Características mecánicas de la resina de poliéster. 2019. Fuente: Gazechim Composites Ibérica .....   | 24 |
| Tabla 6. Características mecánicas de PLA (ácido poliláctico). 2017. Fuente: Ultimaker. ....  | 26 |
| Tabla 7. Inventario de piezas, tiempos de impresión y material para estructura genérica. Fuente: Autor. ....  | 40 |
| Tabla 8. Inventario de piezas, tiempos de impresión y material para estructura rellena de microhormigón-UHPC. Fuente: Autor. ....                                       | 41 |
| Tabla 9. Dosificación de 0.3 para realización de microcemento. Fuente: Autor. ....  | 42 |
| Tabla 10. Pesos y cálculos necesarios para obtención de la humedad en los áridos. Fuente: Autor. ....   | 45 |
| Tabla 11. Cálculo de la humedad para cada amasada. Fuente: Autor. ....  | 45 |
| Tabla 12. Resultados del ensayo previo a compresión. Fuente: Autor. ....  | 71 |
| Tabla 13. Resultados del ensayo a compresión de probetas con UHPC de las estructuras. Fuente: Autor. ....   | 74 |
| Tabla 14. Leyenda Captadores y situación de los mismos, ver Figura 110. Fuente: Autor. ....   | 77 |
| Tabla 15. Puntos singulares en Gráfica 1. ....  | 80 |
| Tabla 16. Puntos singulares en Gráfica 2. ....  | 82 |
| Tabla 17. Puntos singulares en Gráfica 3. ....  | 83 |
| Tabla 18. Puntos singulares en Gráfica 4. ....  | 85 |
| Tabla 19. Puntos singulares en Gráfica 5. ....  | 87 |
| Tabla 20. Puntos singulares en Gráfica 6. ....  | 88 |
| Tabla 21. Puntos singulares en Gráfica 7. ....  | 89 |
| Tabla 22. Puntos singulares en Gráfica 8. ....  | 91 |
| Tabla 23. Puntos singulares en Gráfica 9. ....  | 93 |
| Tabla 24. Puntos singulares en Gráfica 10. ....   | 95 |
| Tabla 25. Puntos singulares en Gráfica 11. ....   | 96 |
| Tabla 26. Puntos singulares en Gráfica 12. ....   | 98 |
| Tabla 27. Puntos singulares en Gráfica 13. ....   | 99 |

## Capítulo 12.

### Índice de Gráficas

|  |    |
|--|----|
| Gráfica 1. Flexión en flecha (mm) de la Estructura A – Sólo PLA. Fuente: Autor.....  | 80 |
| Gráfica 2. Resultado ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura A – Sólo PLA, forma de trabajo de las barras. Fuente: Autor.....                       | 82 |
| Gráfica 3. Flexión en flecha de la Estructura B – PLA + CFRP. Fuente: Autor. ....  | 83 |
| Gráfica 4. Resultado ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura B – PLA + CFRP, forma de trabajo de las barras. Fuente: Autor.....                     | 85 |
| Gráfica 5. Flexión en flecha de la Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor. ....  | 86 |
| Gráfica 6. Resultado forma de trabajo barras Estructura C – PLA + UHPC en barras. Fuente: Autor.....   | 88 |
| Gráfica 7. Flexión en flecha de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP. Fuente: Autor.....   | 89 |
| Gráfica 8. Resultado del ensayo a flexión en tres puntos de la Estructura D – PLA + UHPC + ARMADURA CFRP, forma de trabajo de las barras Fuente: Autor. .... | 91 |
| Gráfica 9. Comparativa de resultados de Flexión en flecha dependiendo del tipo de estructura. Fuente: Autor. ....  | 92 |
| Gráfica 10. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra D-M del Alzado A. Fuente: Autor. ....   | 94 |
| Gráfica 11. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra B-C del Alzado A. Fuente: Autor. ....   | 96 |
| Gráfica 12. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra K-L del Alzado A. Fuente: Autor. ....   | 97 |
| Gráfica 13. Resultados del ensayo a flexión en tres puntos de la Barra K-C del Alzado A. Fuente: Autor. ....   | 99 |

## Anexos

- Planos
- Presupuesto
- Fichas técnicas



## Anexo: Planos

- Situación y emplazamiento
- Alzados
- Cubierta y forjado inferior
- Secciones
- Estructura genérica y desglose de piezas
- Estructura rellena de UHPC y desglose de piezas
- Álbum fotográfico

SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

📍 Austria  
Valle Montafon, 6791.



Figura 1. Situación estructura puente Alfenz. Fuente: Google maps.



Figura 5. Situación estructura puente Alfenz. Fuente: Plataf.Arquitectura

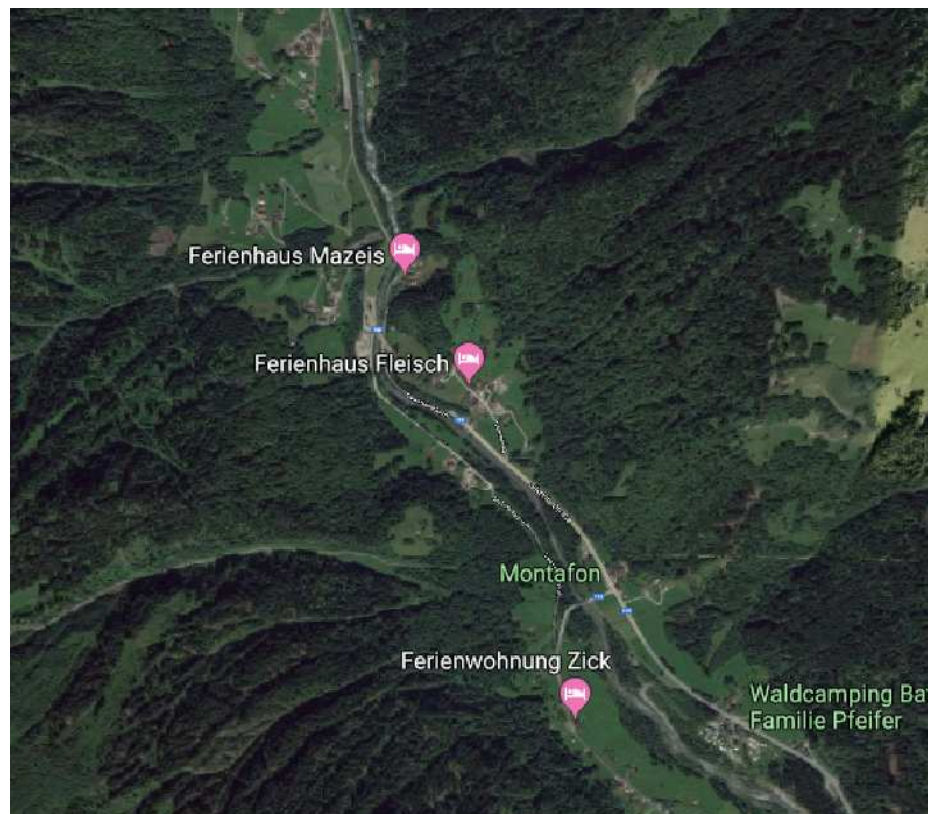


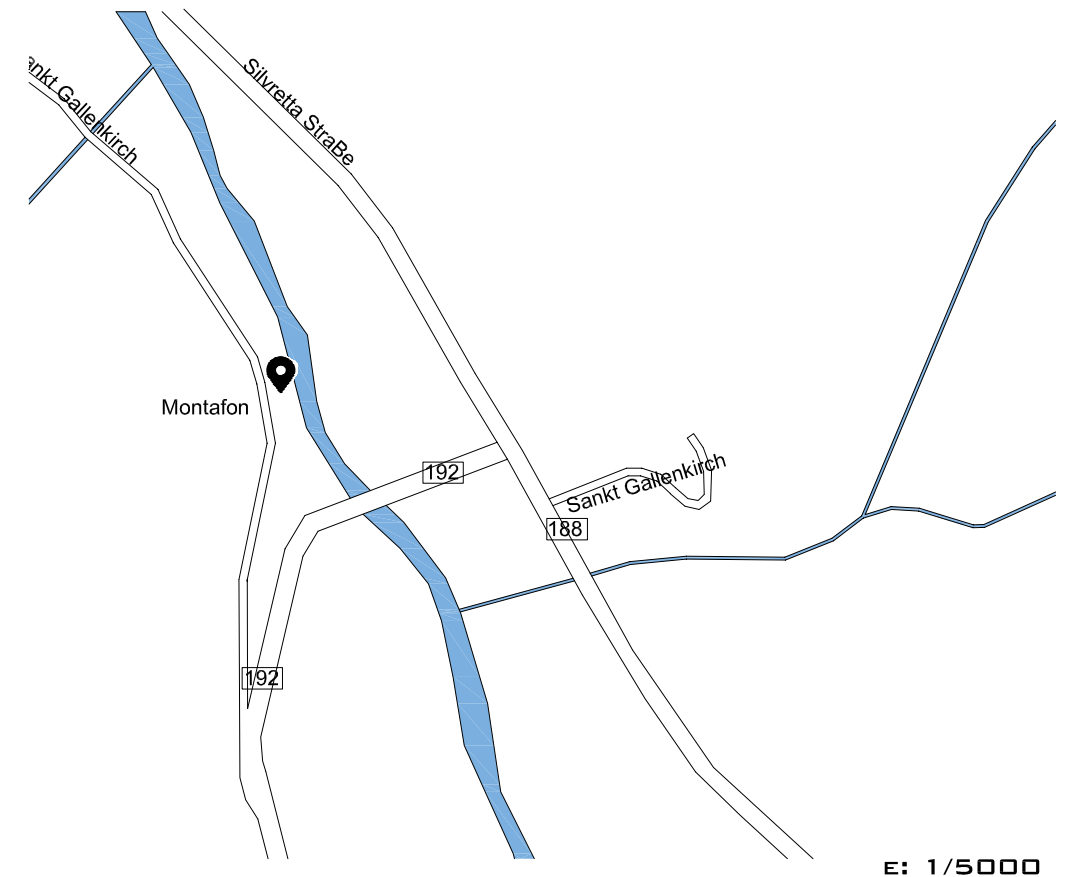
Figura 2. Situación Valle Montafon. Fuente: Google maps.



Figura 3. Alzado A. Fuente: Plataf.Arquitectura



Figura 4. Alzado B. Fuente: Designboom



**TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL**

CURSO 2018/2019  
ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
P1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO E: 1/5000



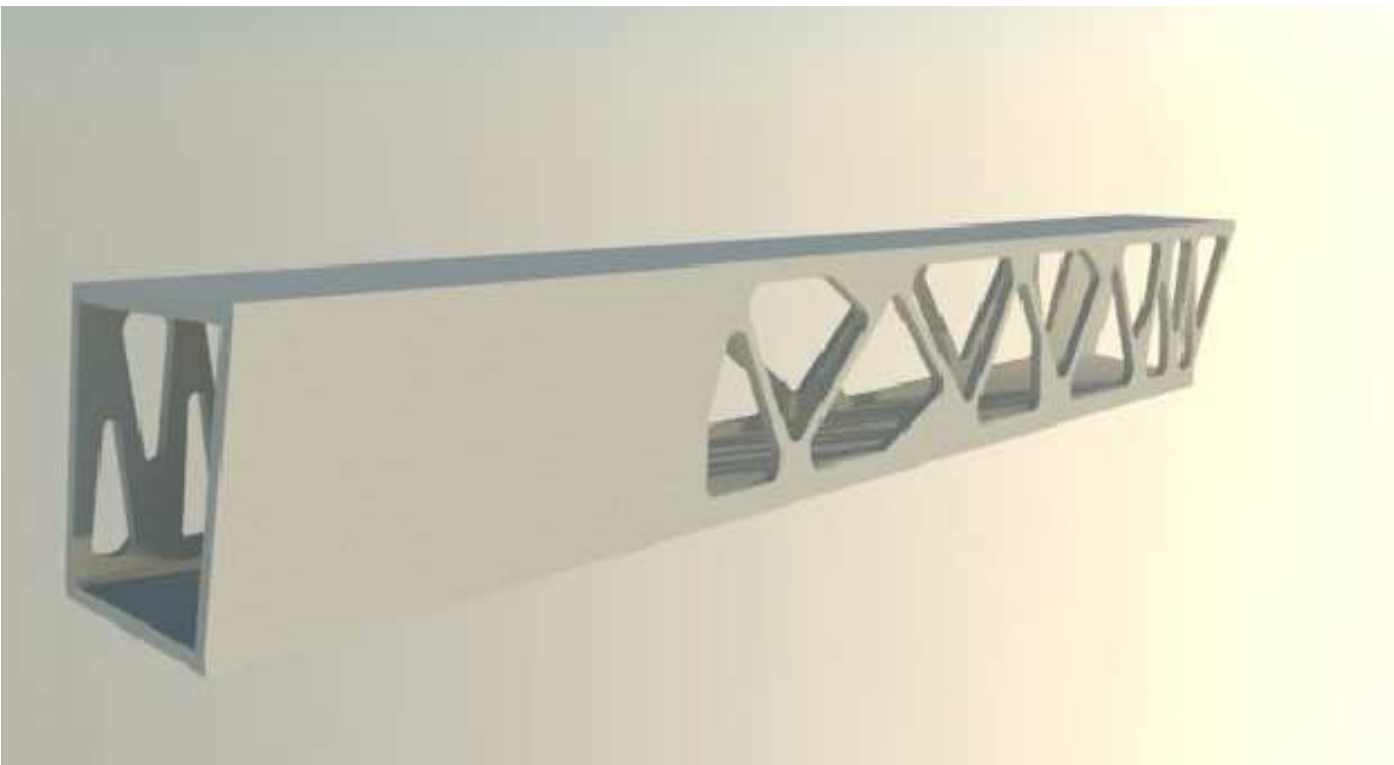
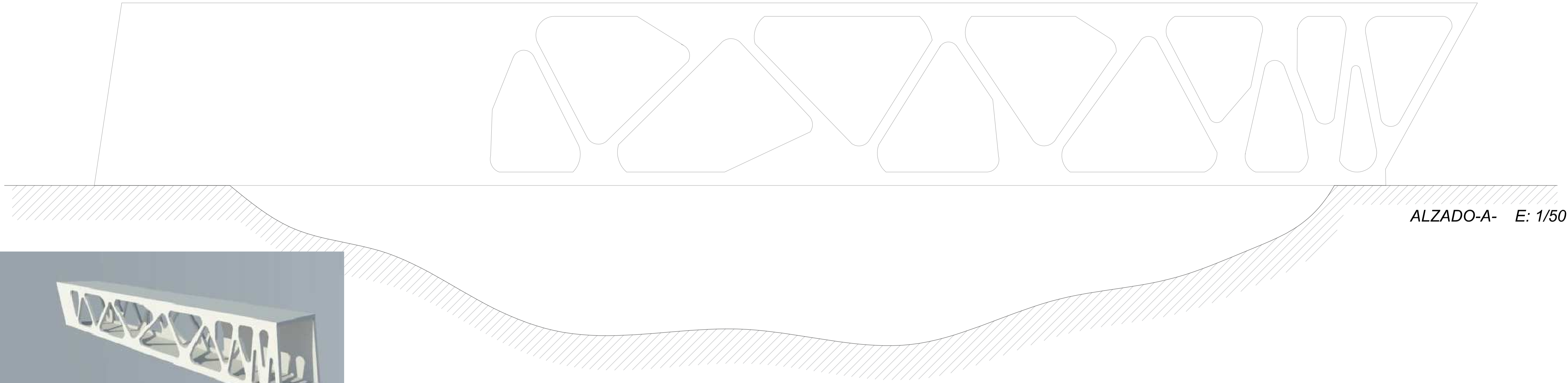


Figura 6. Alzado -A-. Fuente: Autor.



ALZADO-A- E: 1/50

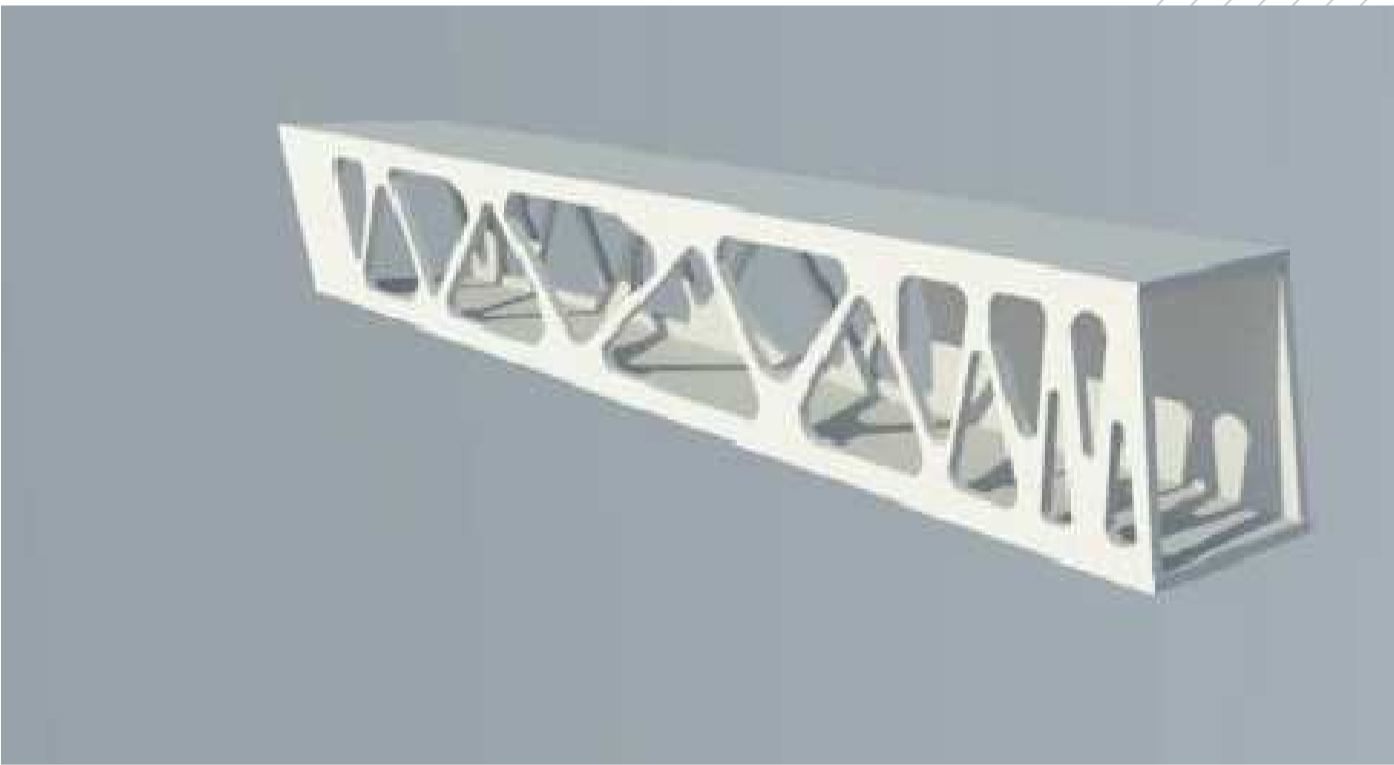
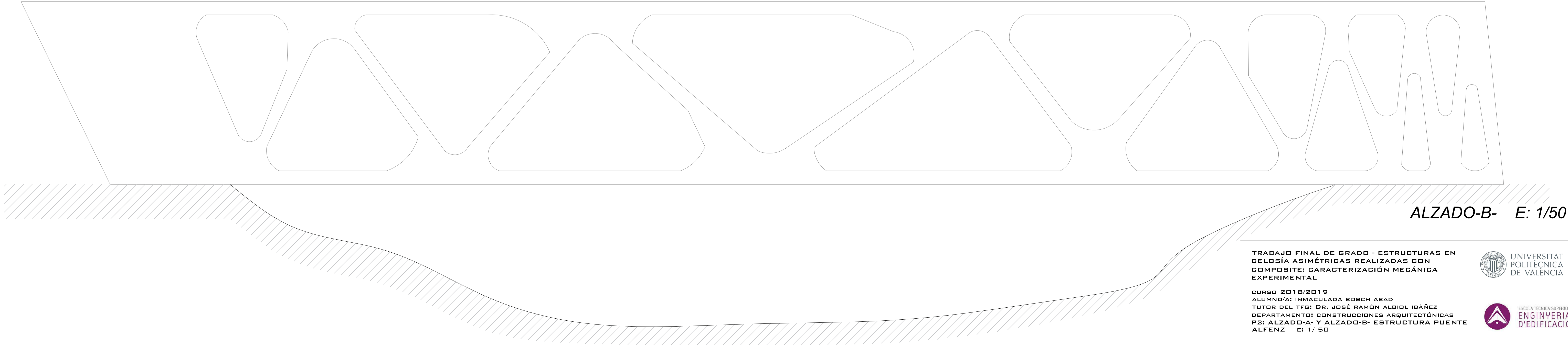


Figura 7. Alzado -B-. Fuente: Autor.



ALZADO-B- E: 1/50

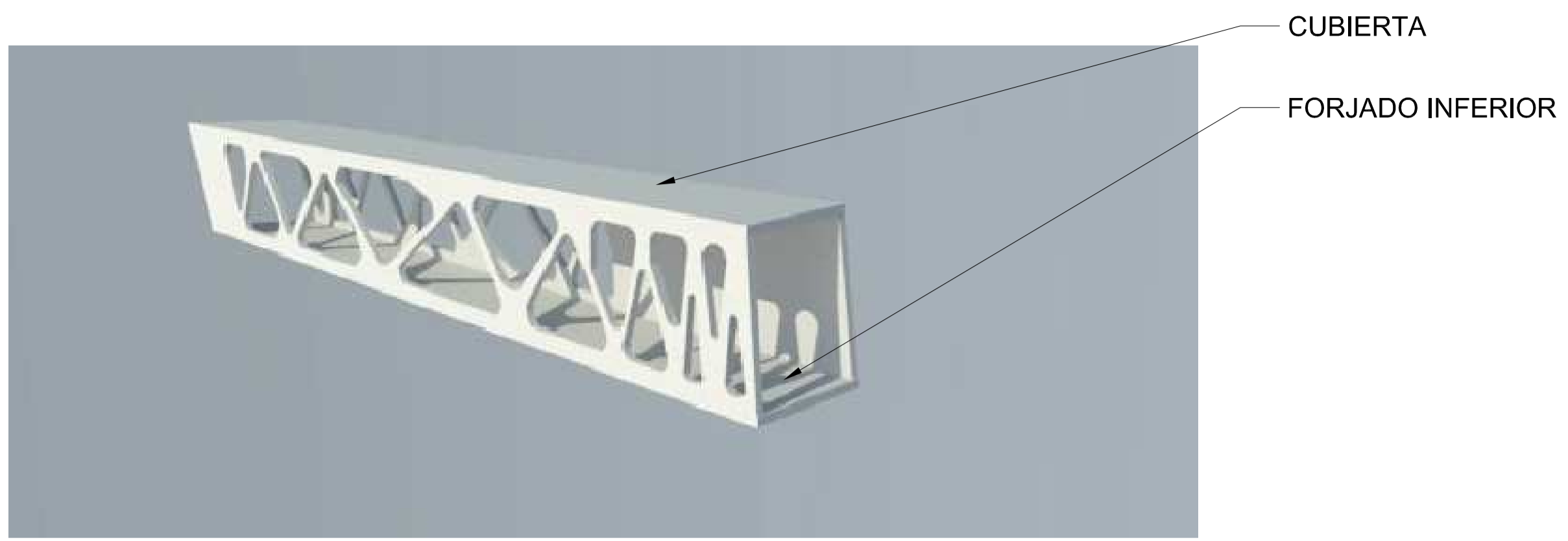


Figura 7. Alzado -B-. Fuente: Autor.



CBIERTA E: 1/50



FORJADO INFERIOR E: 1/50

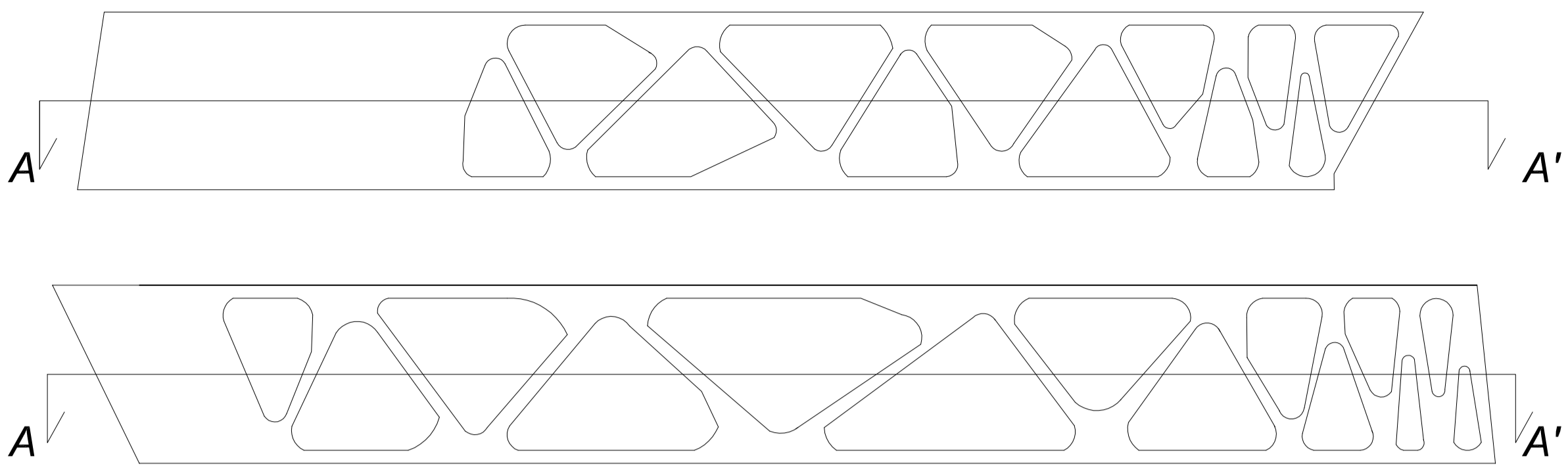
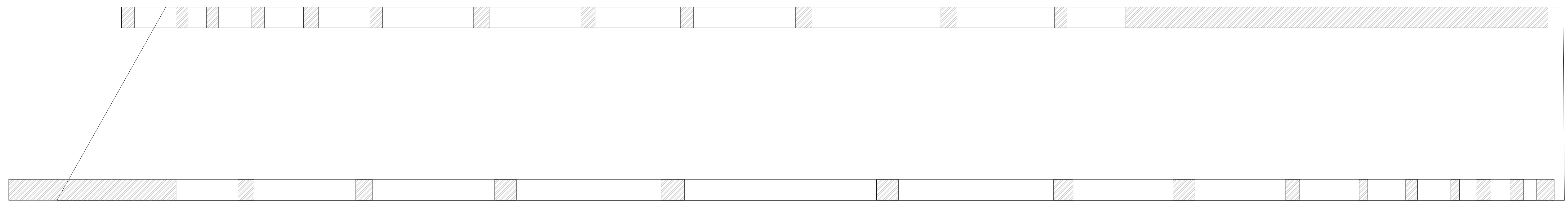


Figura 7. Alzado -B-. Fuente: Autor.



SECCIÓN A-A' E: 1/50

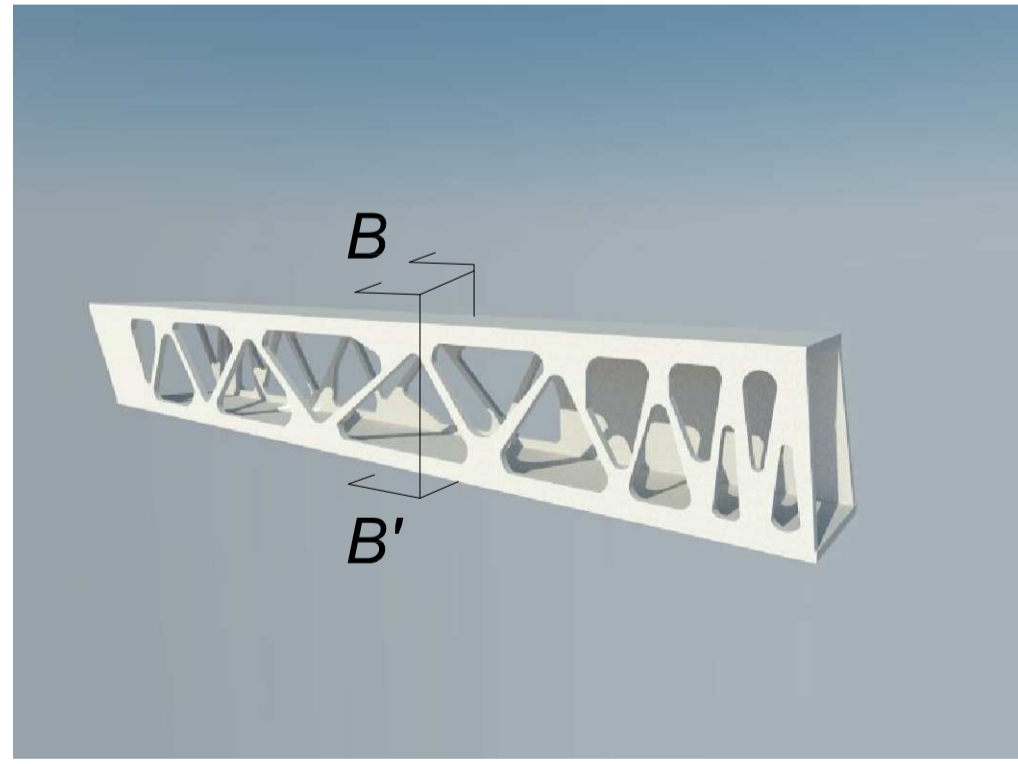
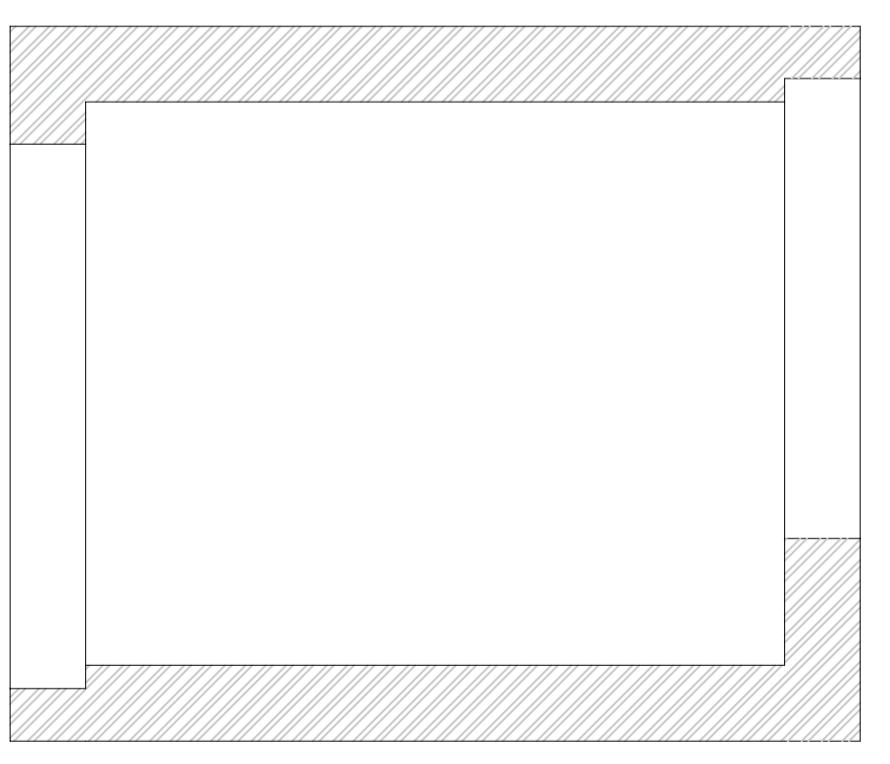


Figura 7. Alzado -B-. Fuente: Autor.



SECCIÓN B-B' E: 1/50

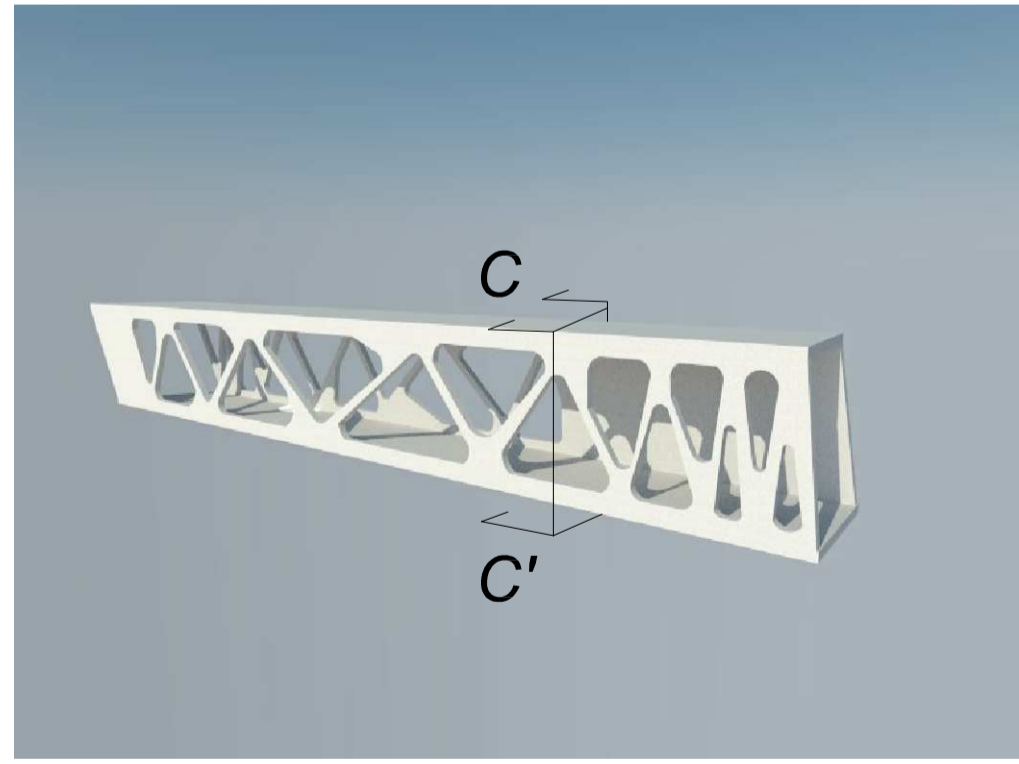
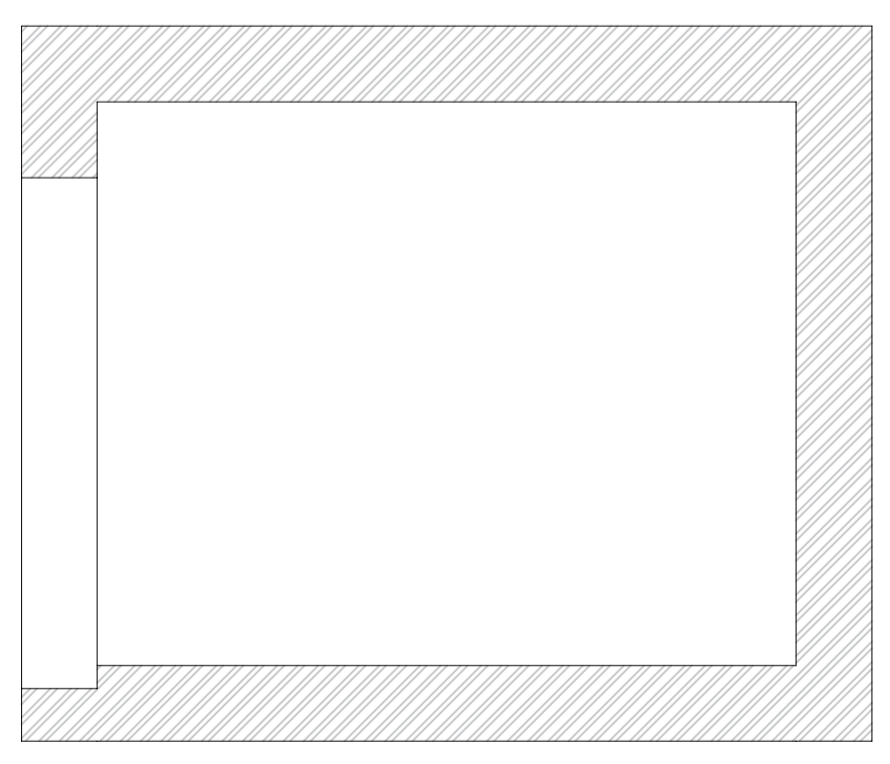


Figura 7. Alzado -B-. Fuente: Autor.

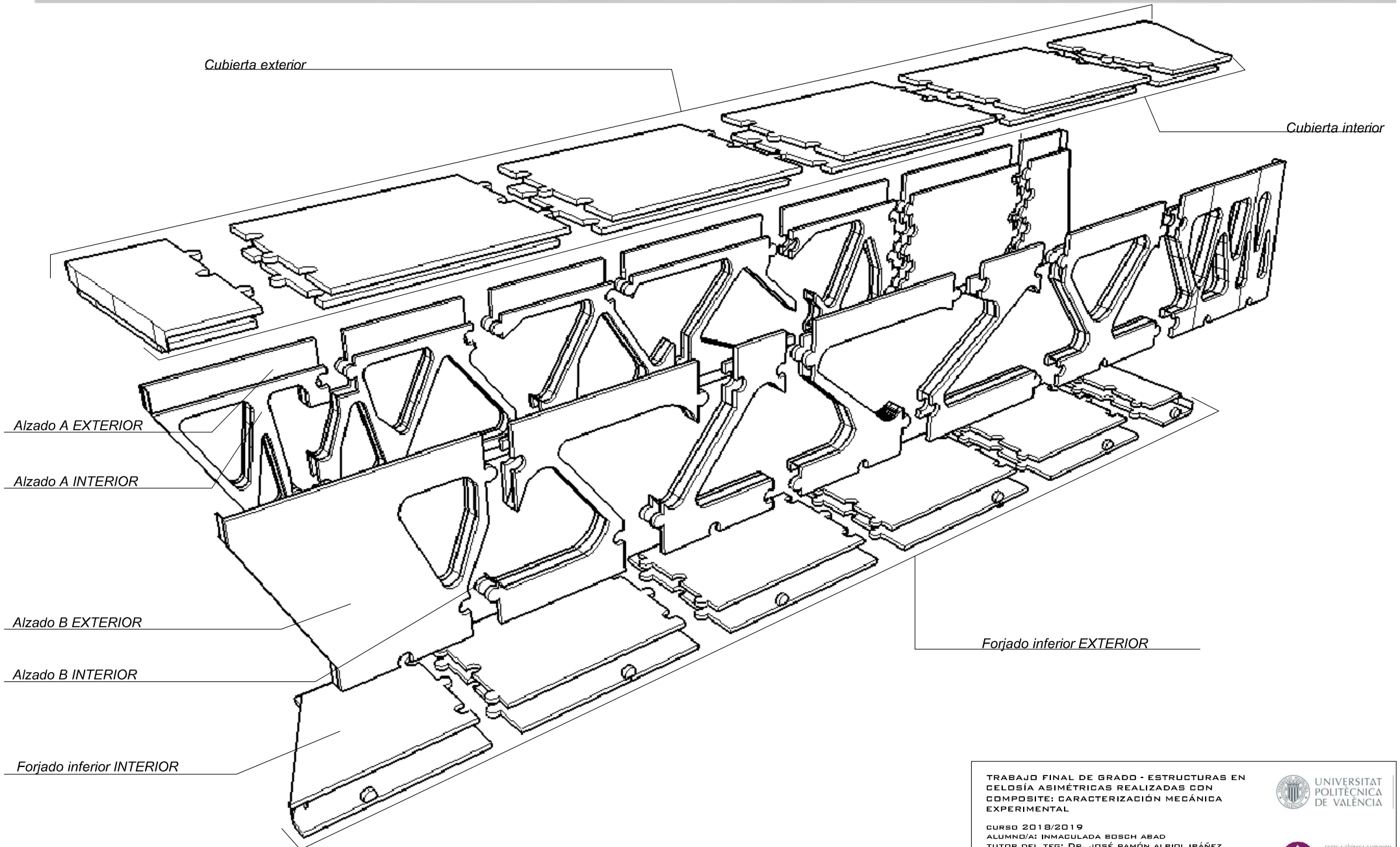


SECCIÓN C-C' E: 1/50



Figura 8. Desde el interior del puente Alfenz. Fuente: Plataforma arquitectura.

# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA GENÉRICA - DESGLOSE PIEZAS

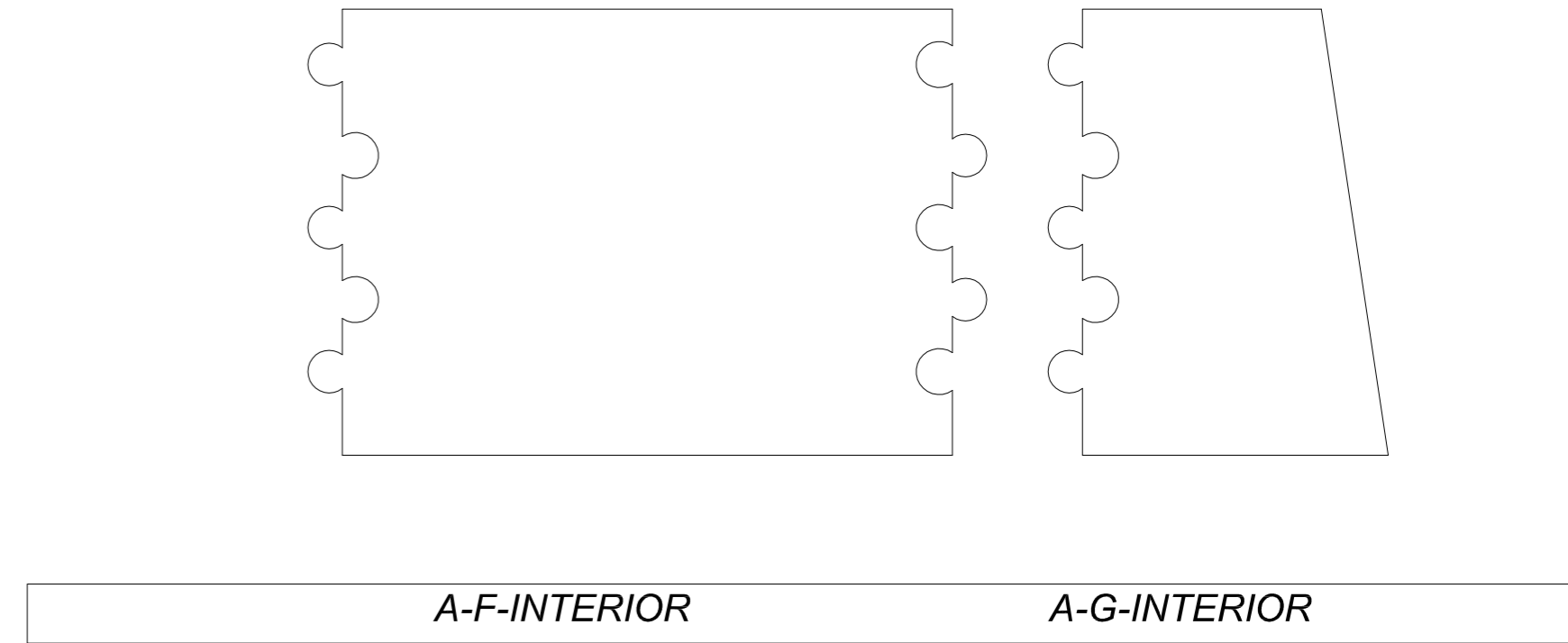
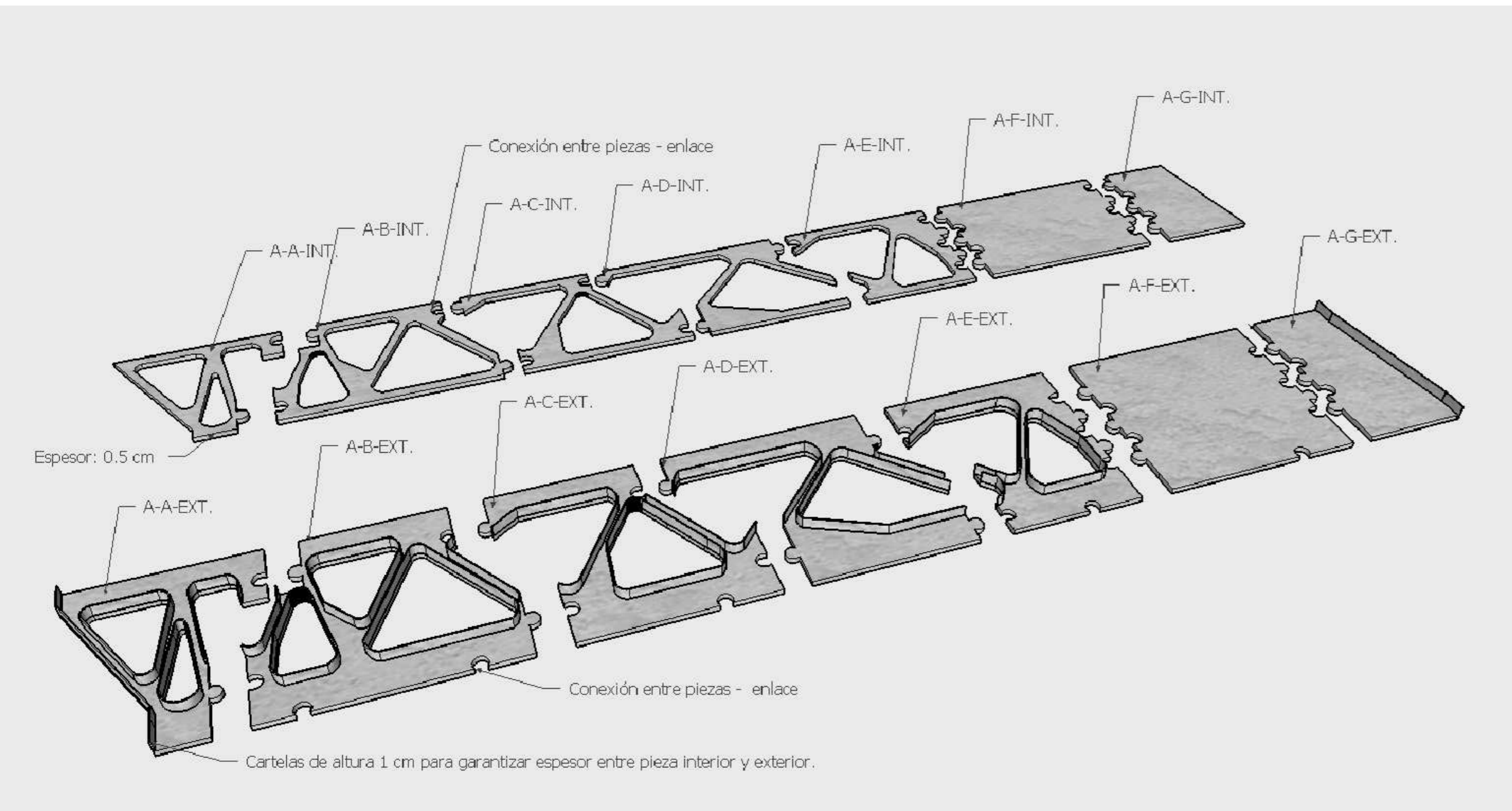
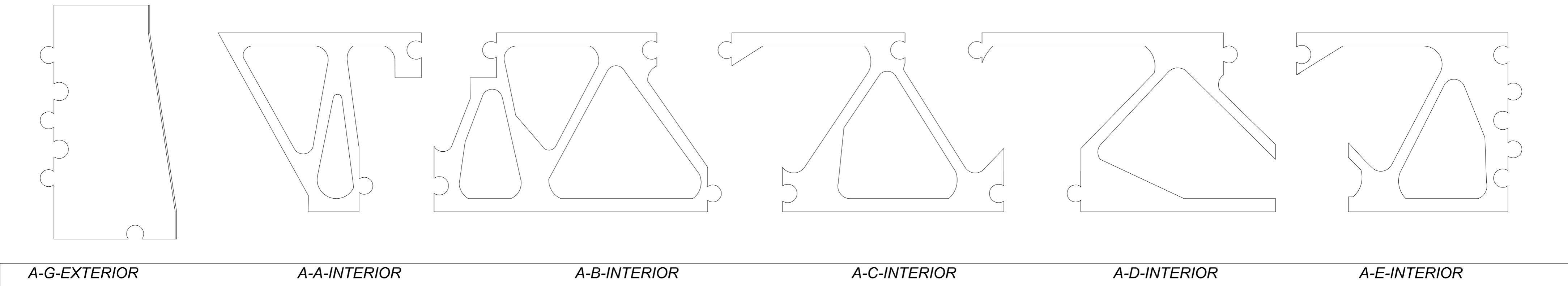
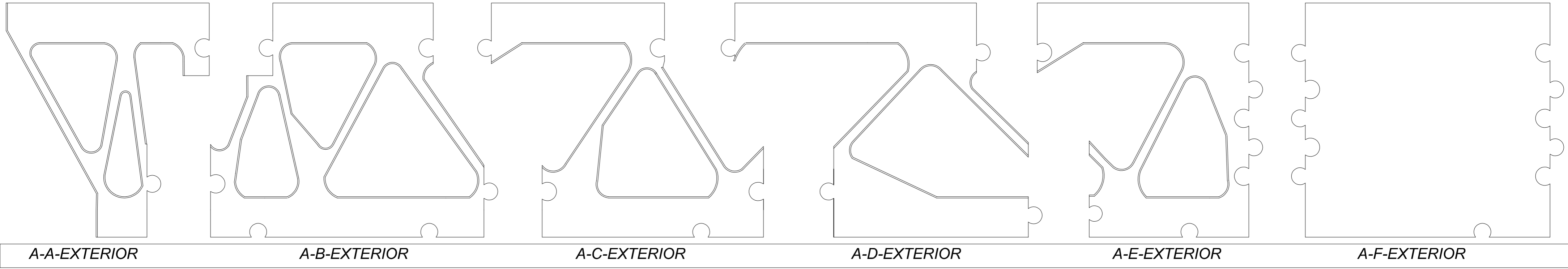


TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN  
CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON  
COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA  
EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
P4: DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D - DESGLOSE  
PIEZAS E: 1 / 2



# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA GENÉRICA- PIEZAS PARA IMPRIMIR ALZADO A



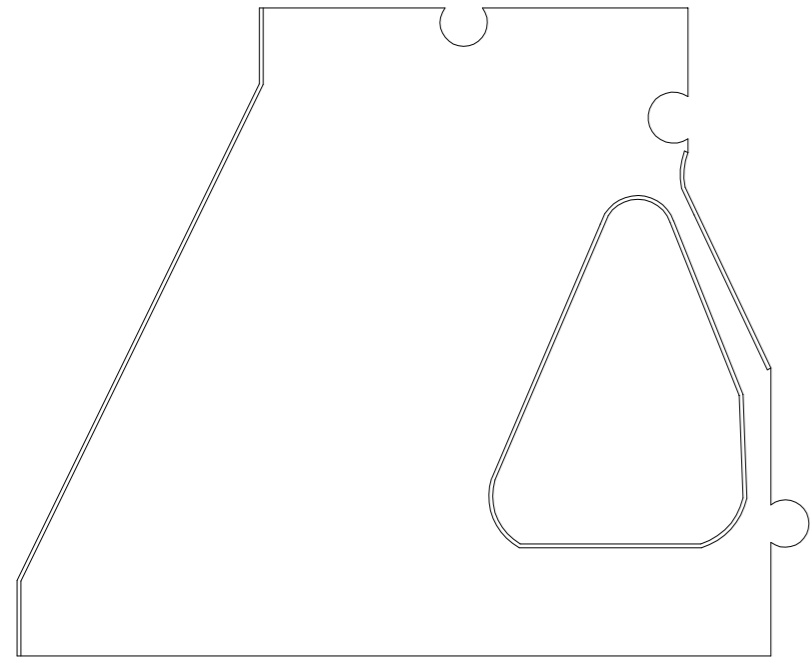
TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

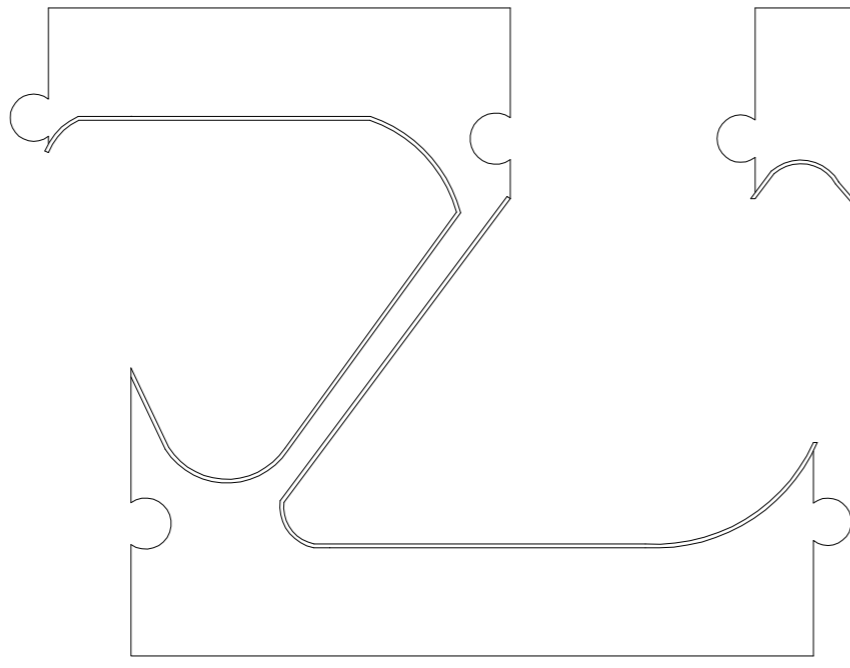
P4.1: PIEZAS PARA IMPRIMIR ALZADO A  
 E: 1 / 2



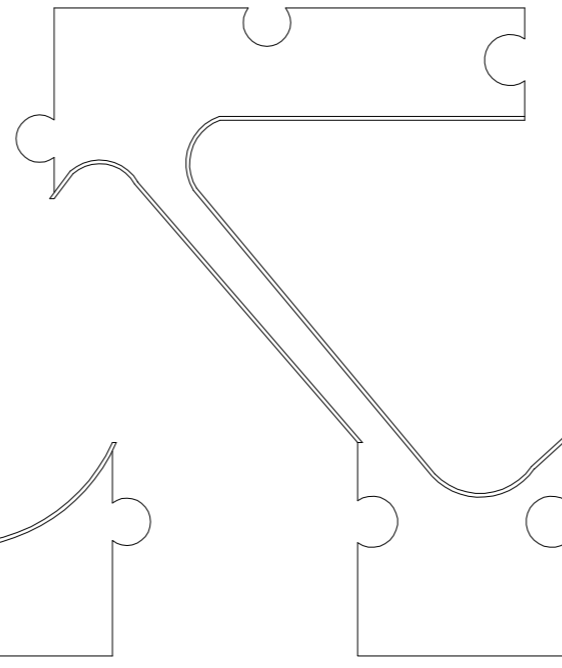
# DISEÑO PIEZAS PARA IMPRESIÓN 3D DE ESTRUCTURA GENÉRICA- PIEZAS DEL ALZADO B



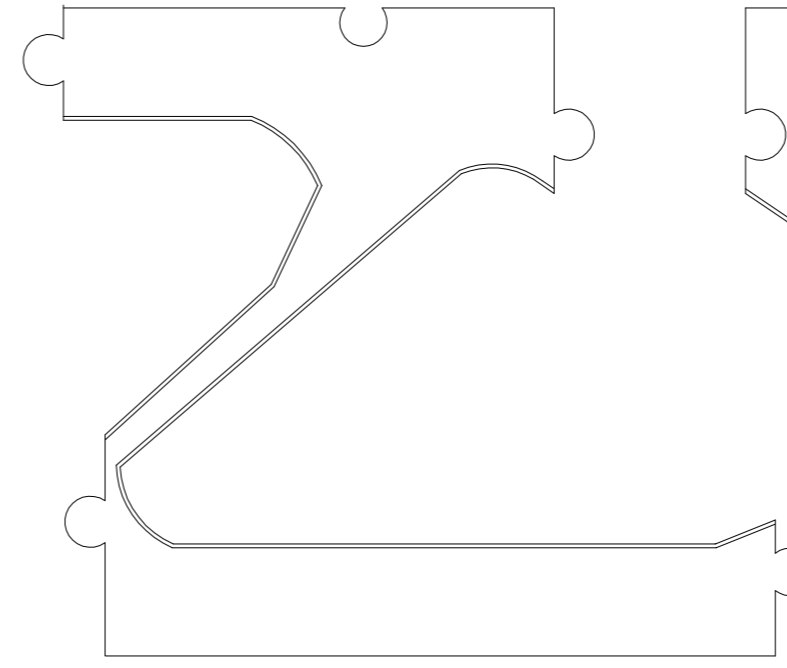
B-A-EXTERIOR



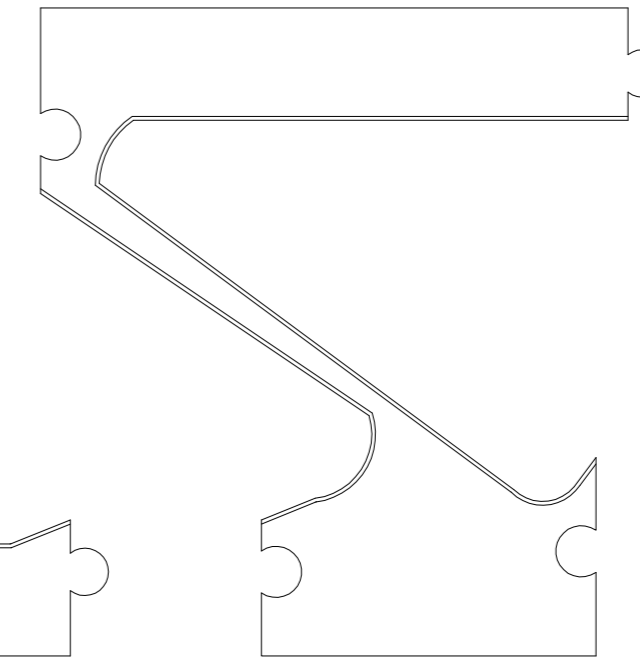
B-B-EXTERIOR



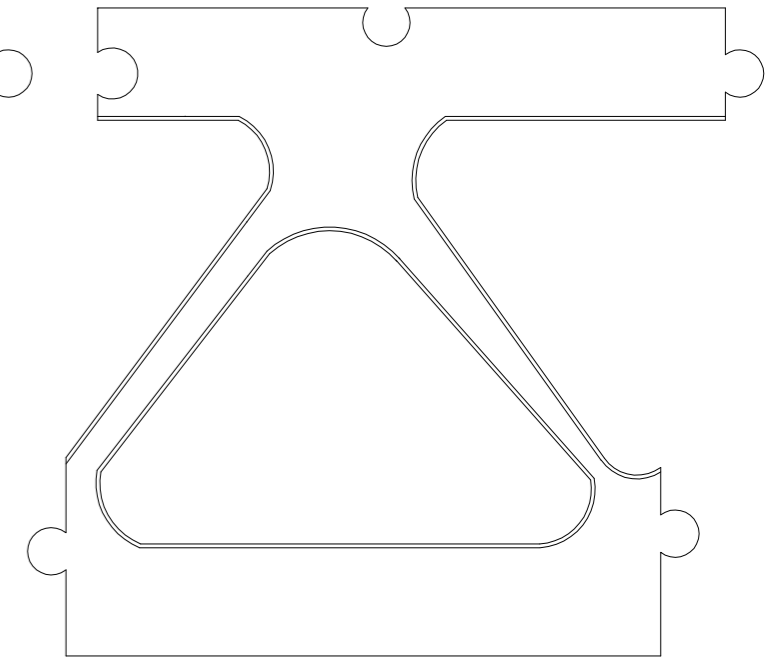
B-C-EXTERIOR



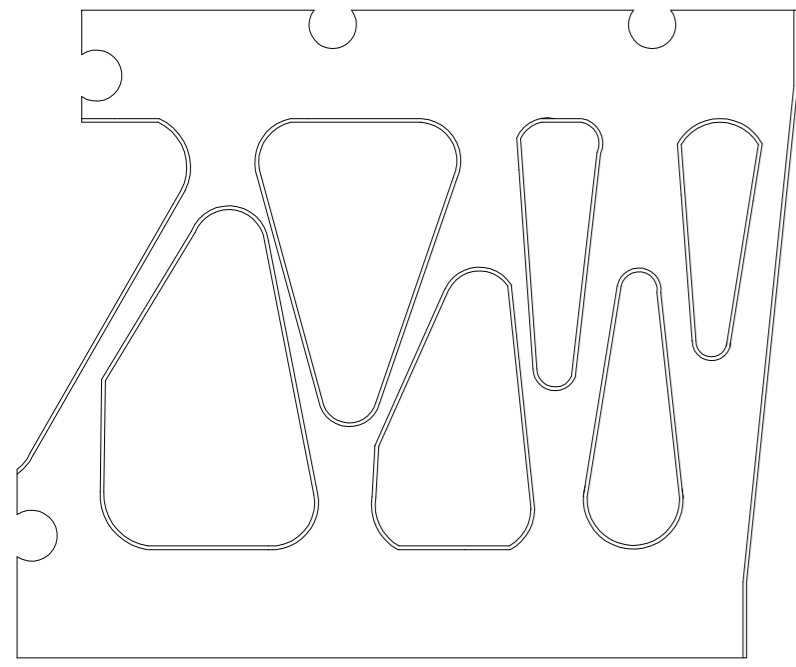
B-D-EXTERIOR



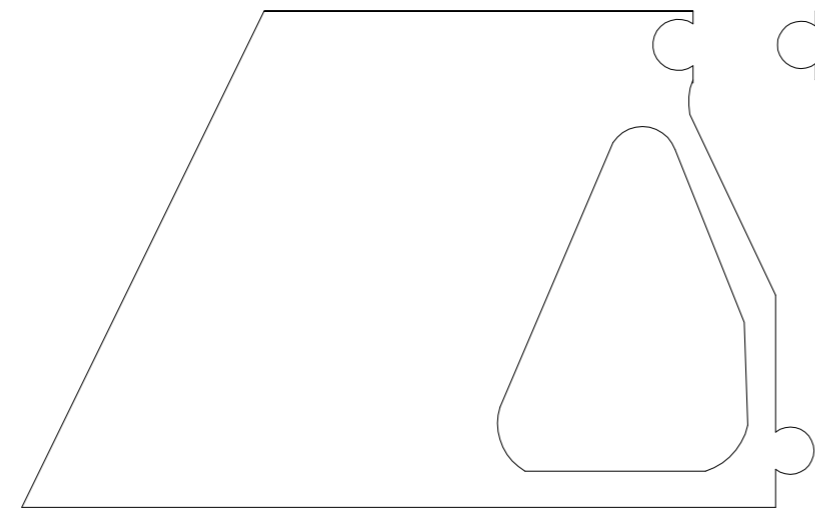
B-E-EXTERIOR



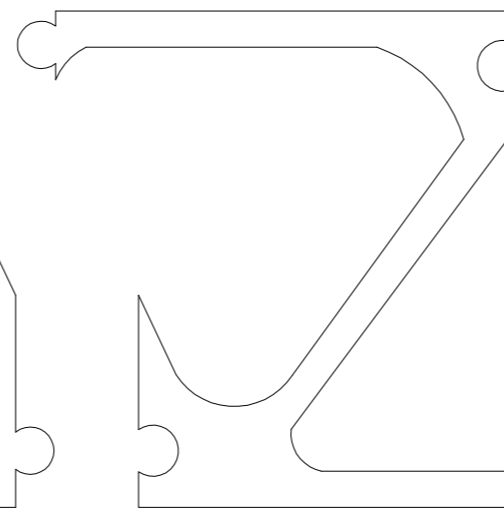
B-F-EXTERIOR



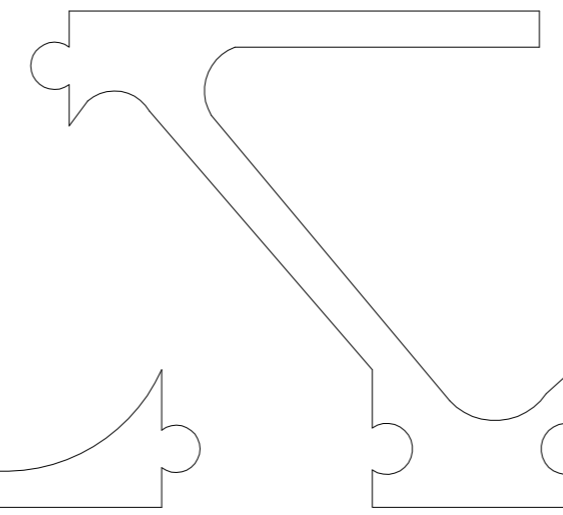
B-G-EXTERIOR



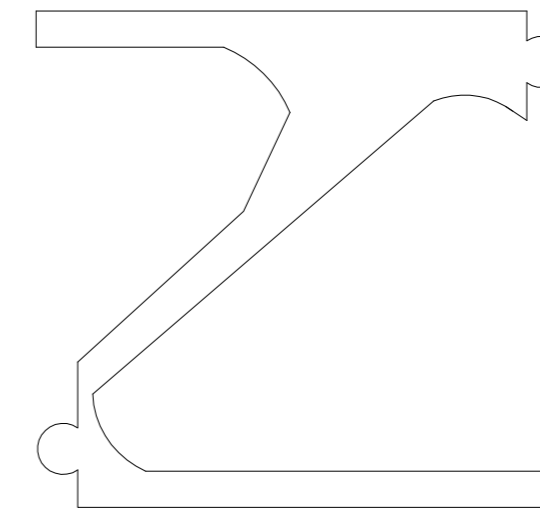
B-A-INTERIOR



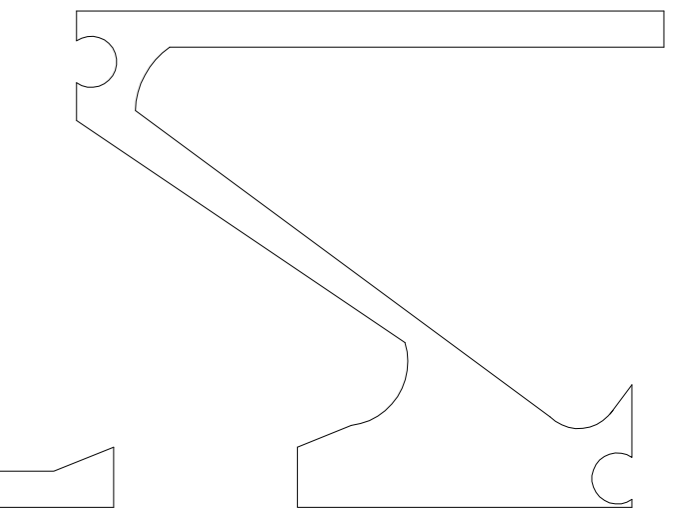
B-B-INTERIOR



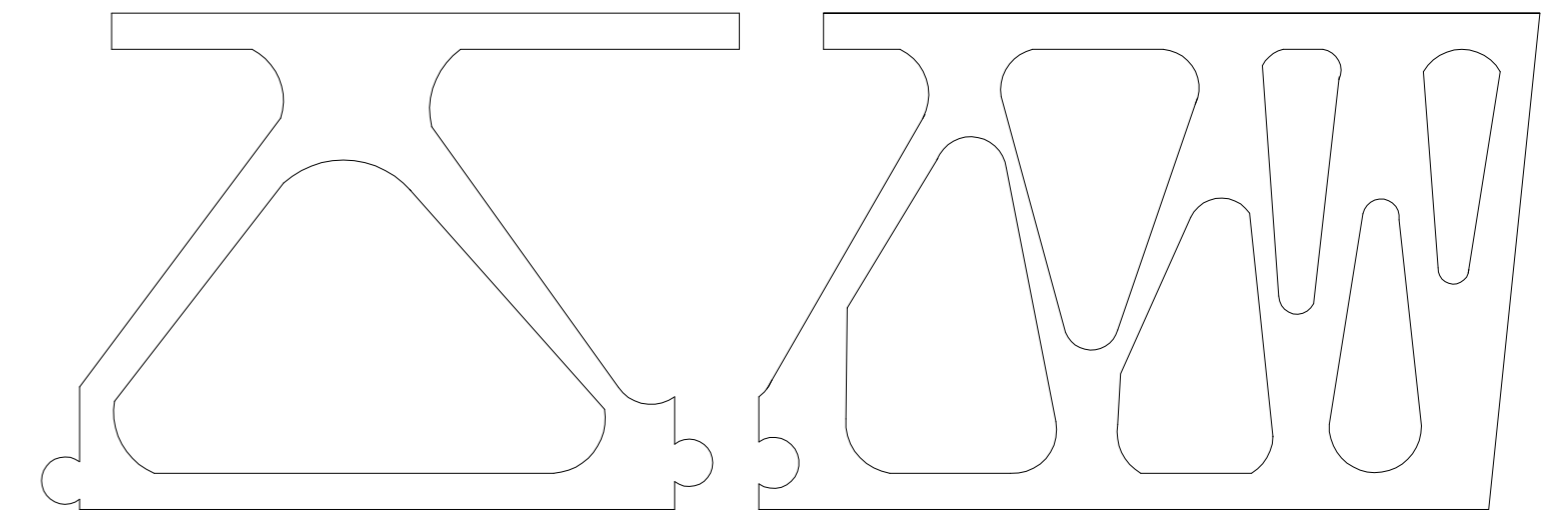
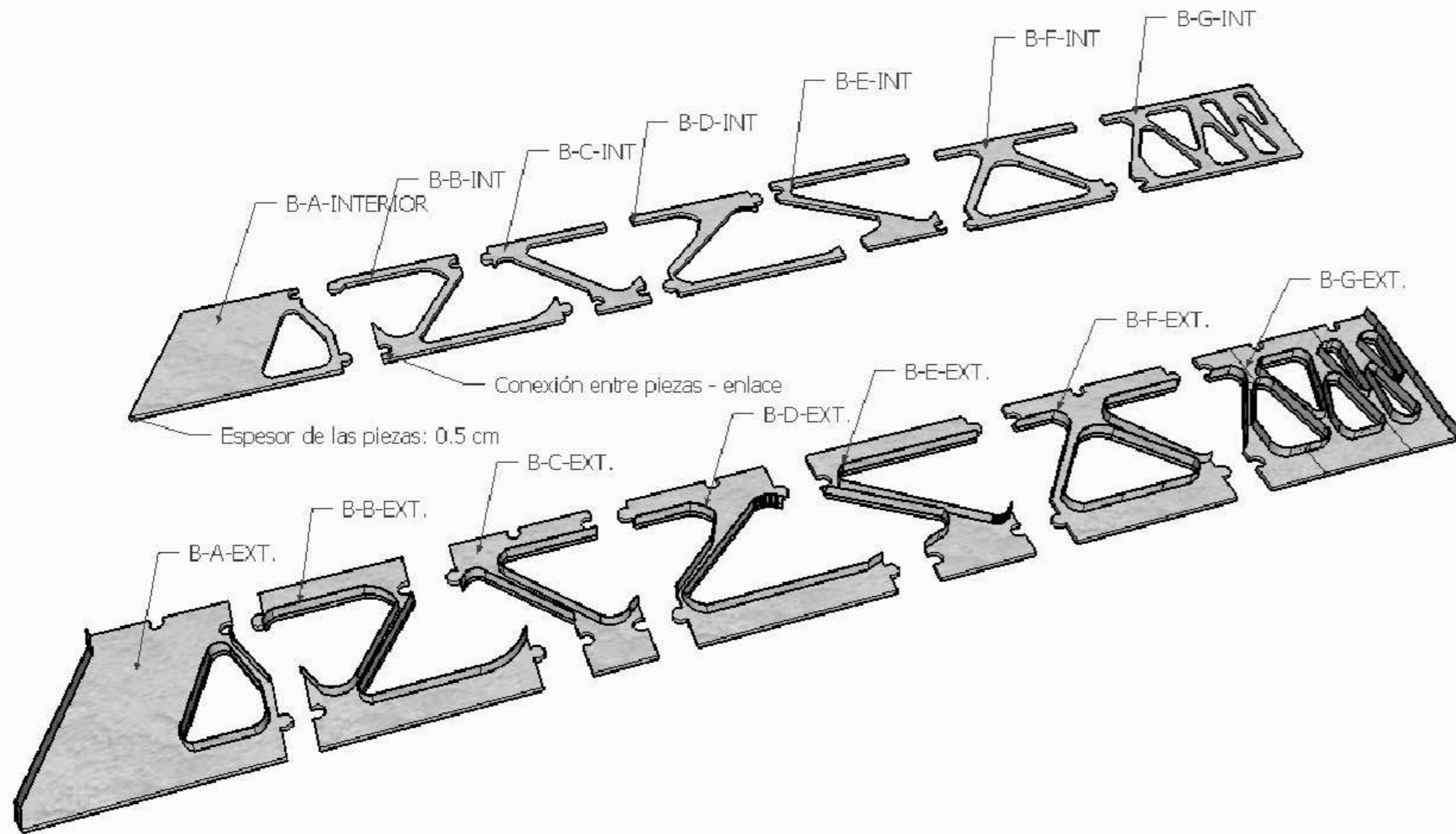
B-C-INTERIOR



B-D-INTERIOR



B-E-INTERIOR



B-F-INTERIOR

B-G-INTERIOR

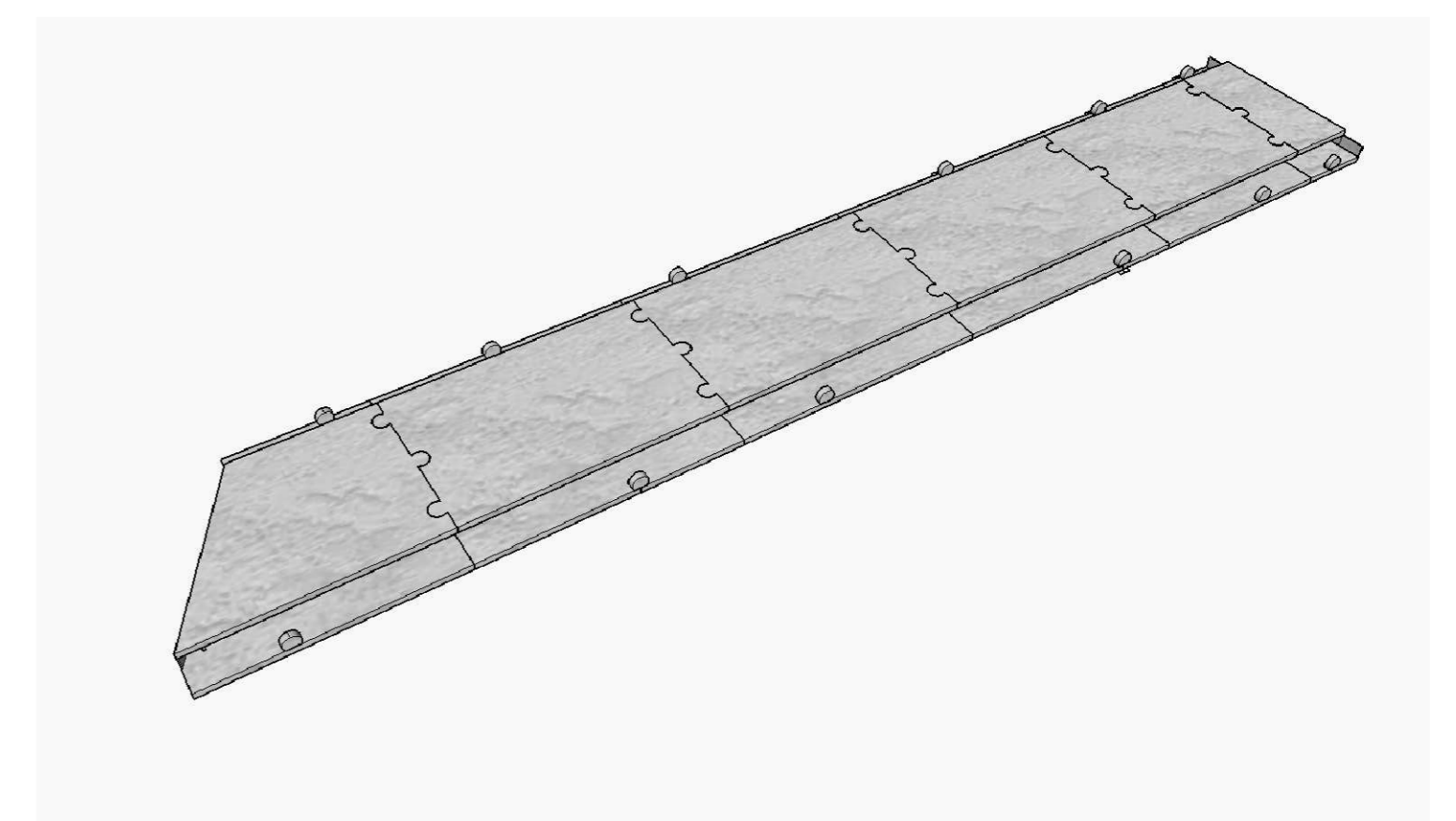
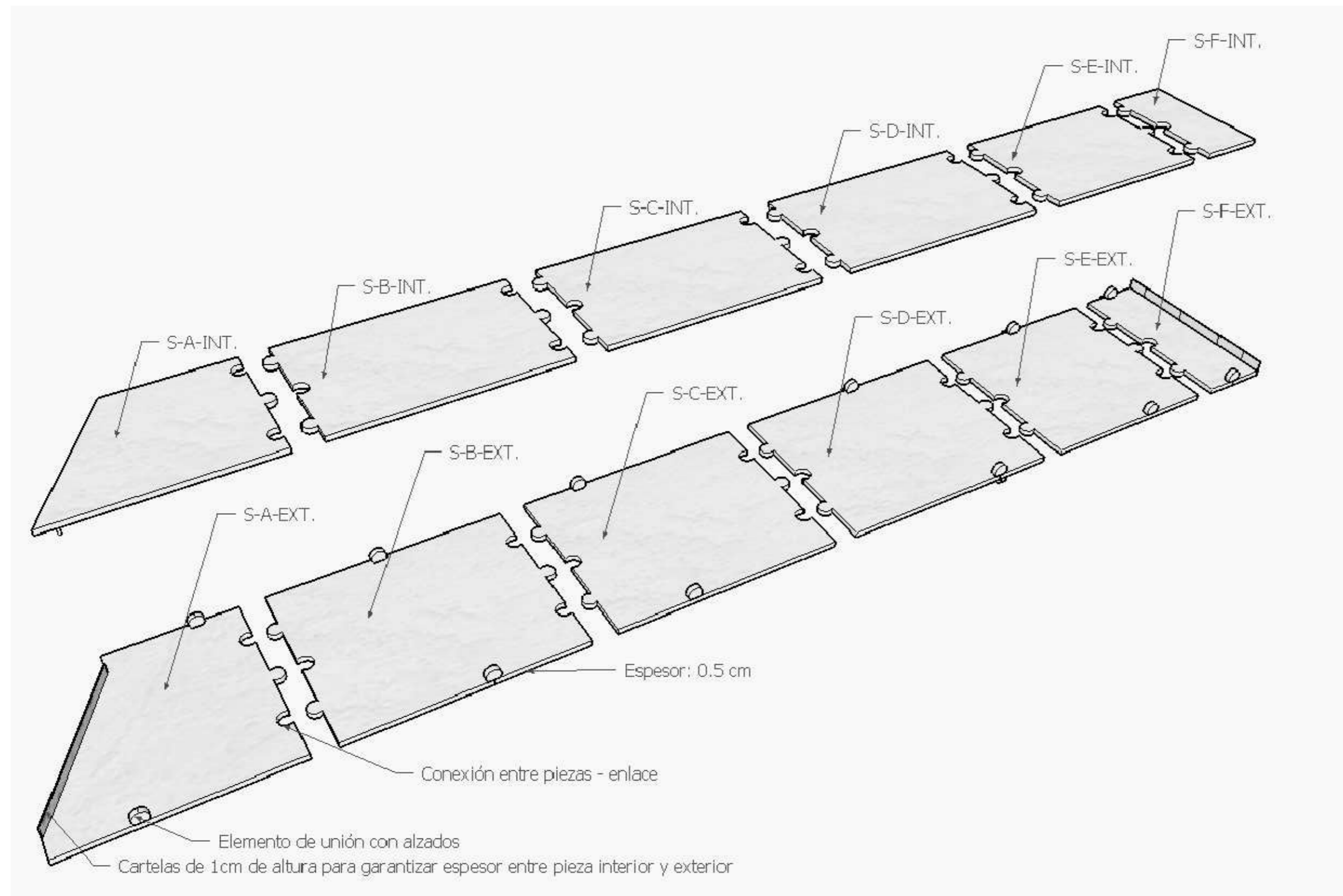
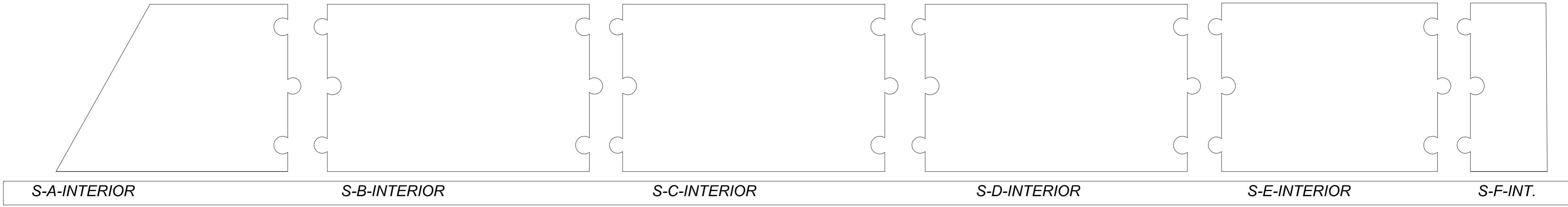
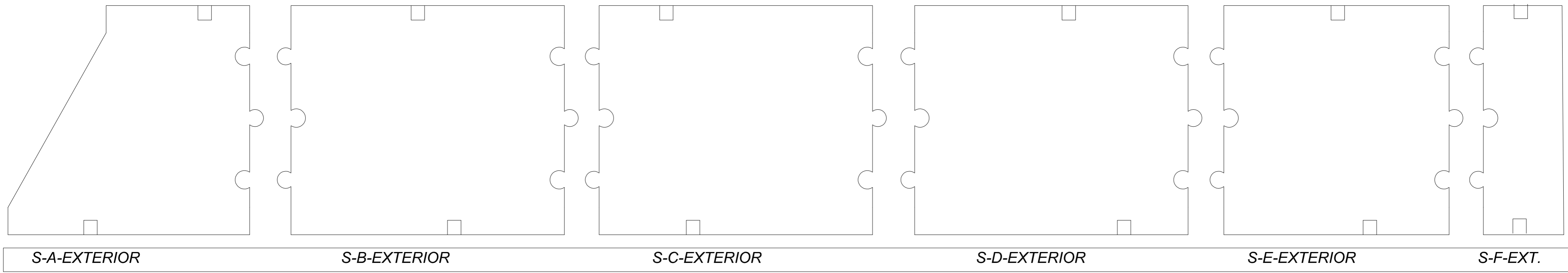
TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS P4.2: PIEZAS PARA IMPRIMIR ALZADO B  
 E: 1 / 2

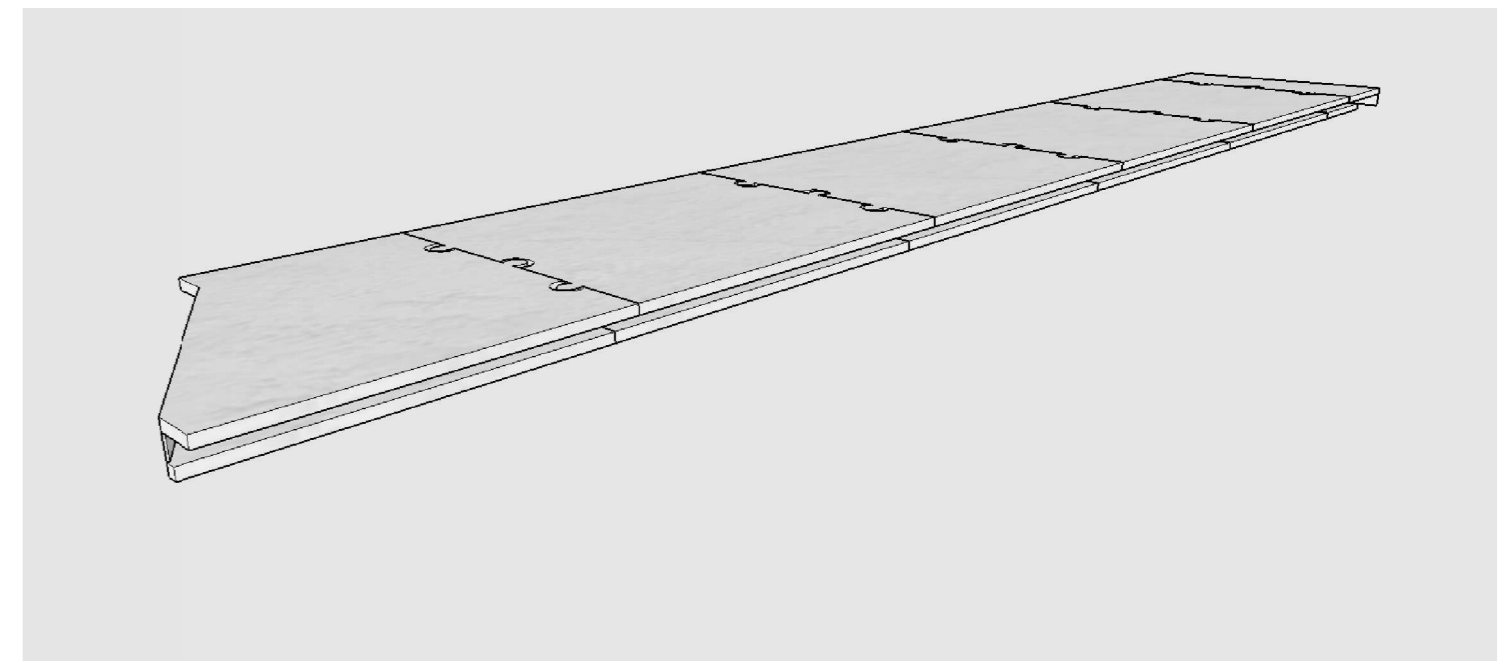
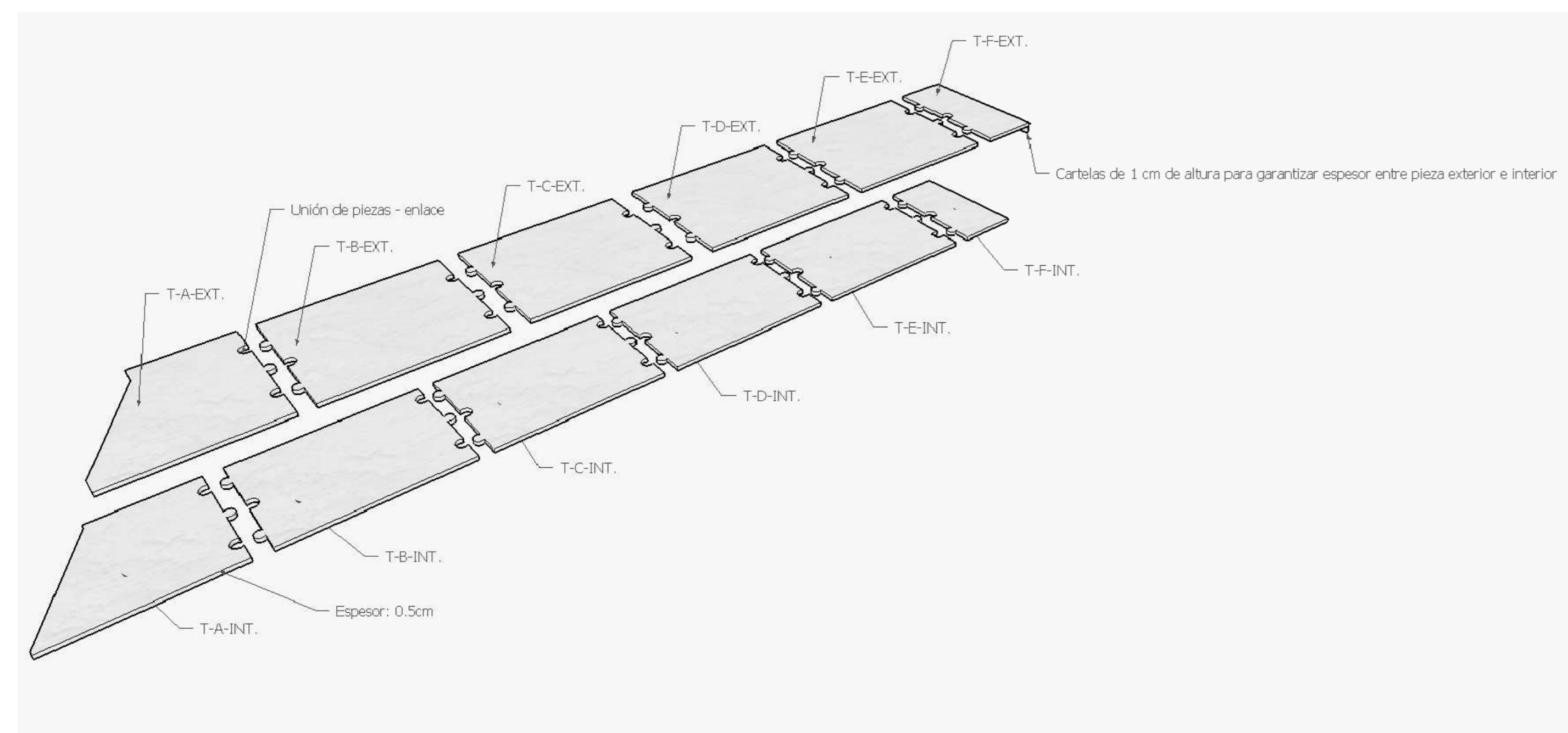
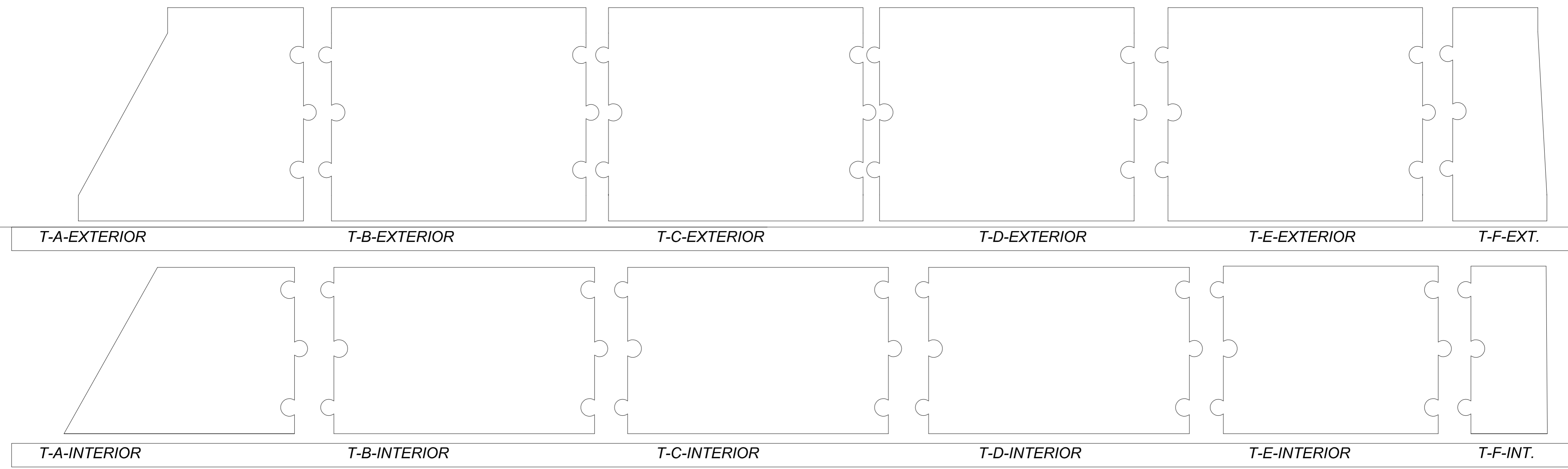




# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA GENÉRICA - PIEZAS PARA IMPRIMIR FORJADO INFERIOR



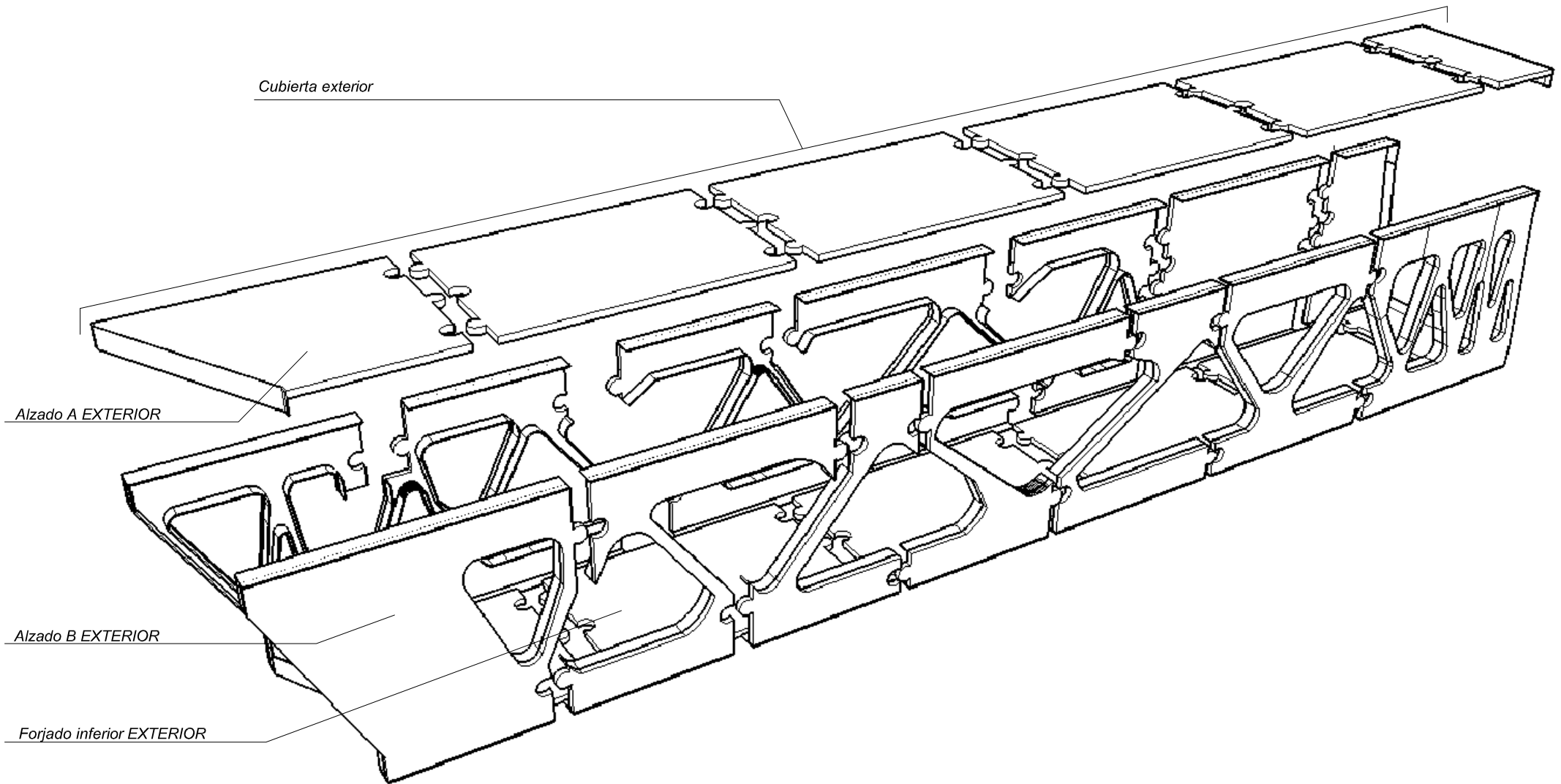
# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA GENÉRICA- PIEZAS PARA IMPRIMIR CUBIERTA



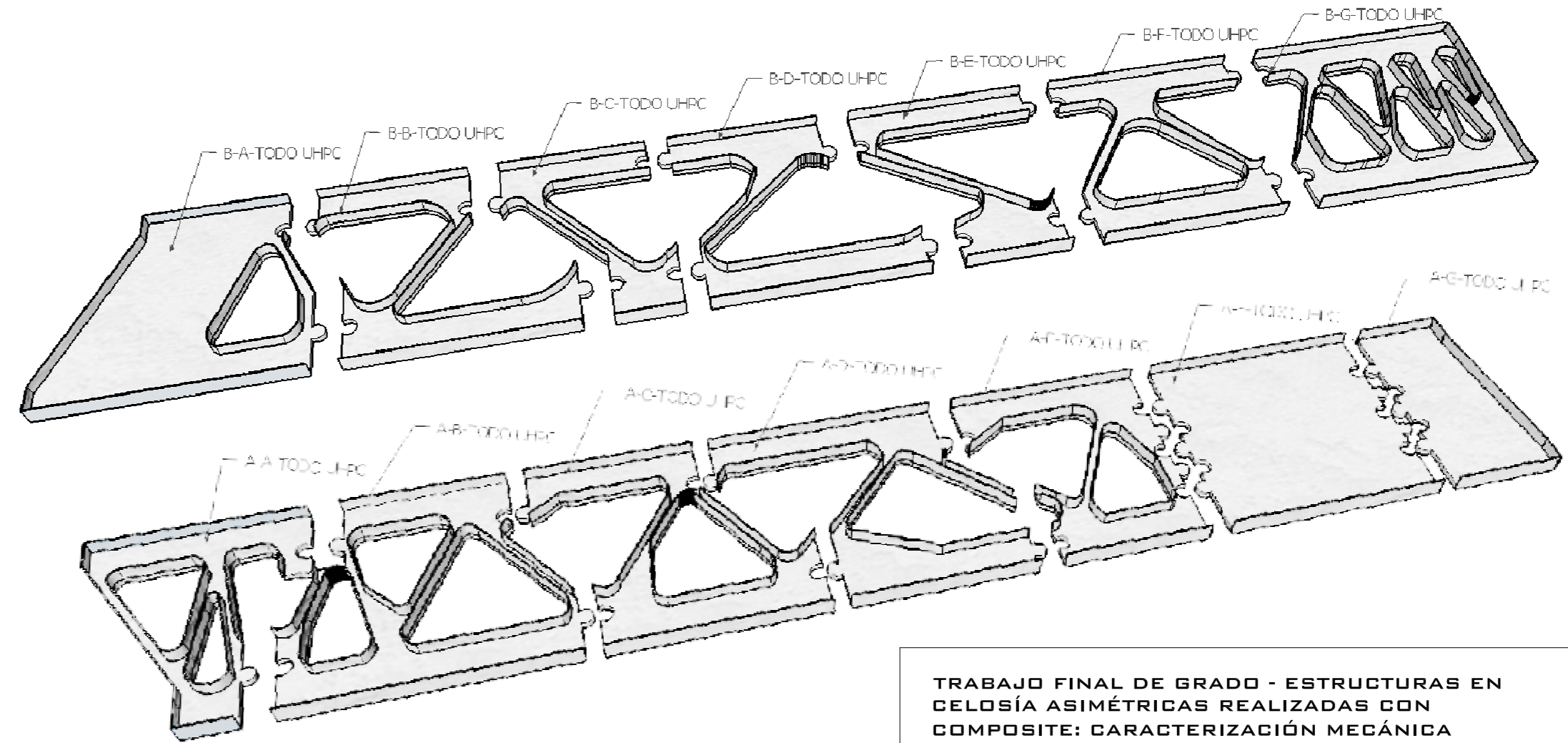
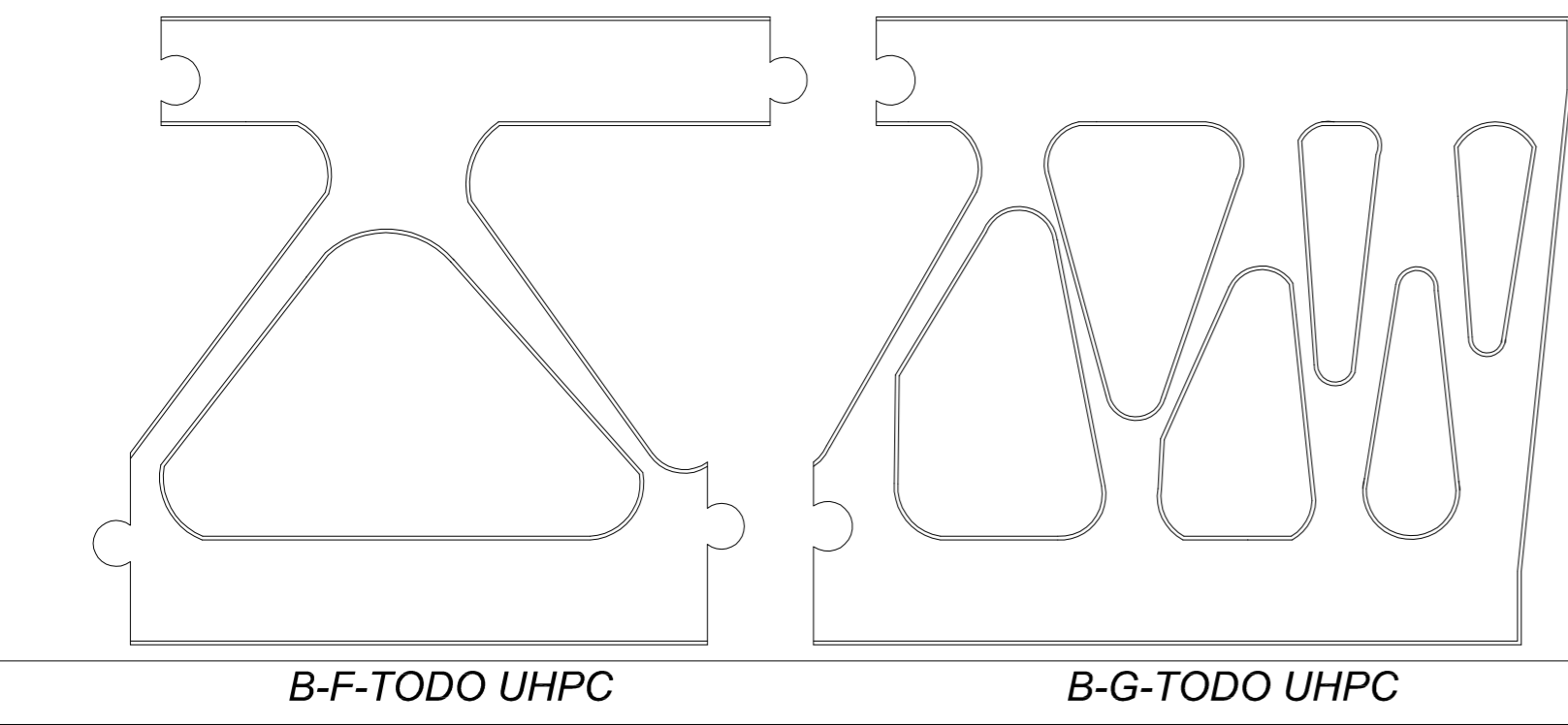
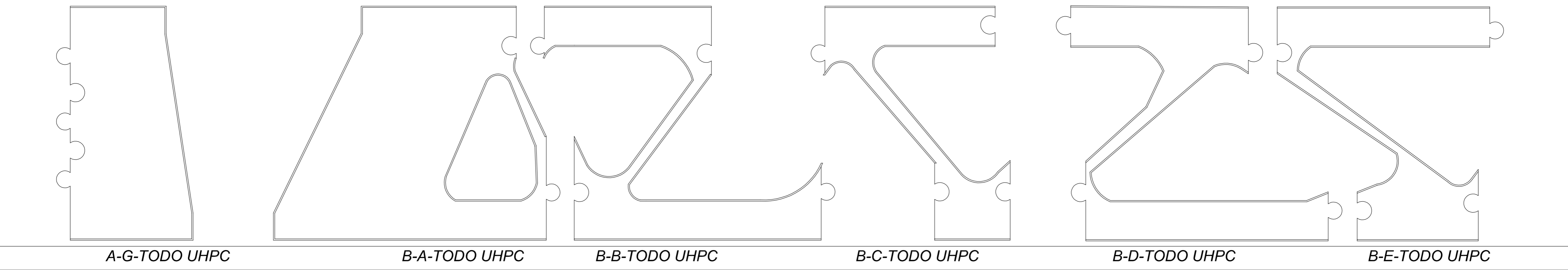
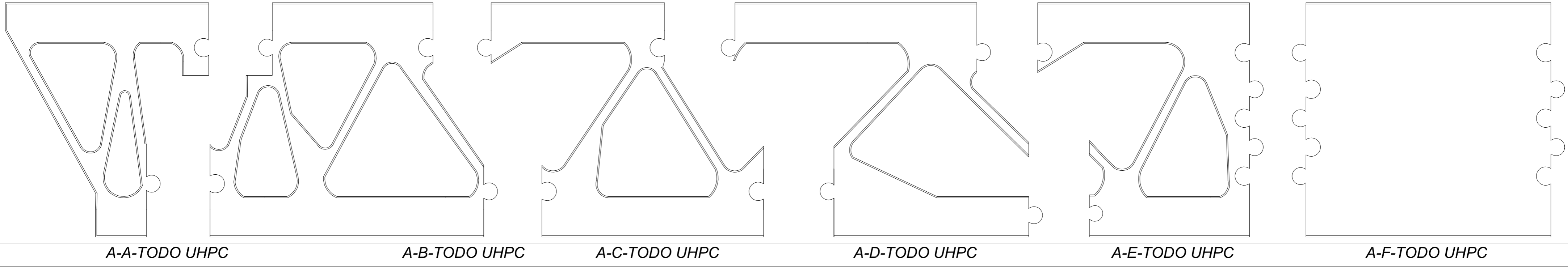
**TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL**  
 CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
 P4.4: PIEZAS PARA IMPRIMIR CUBIERTA  
 E: 1 / 2



# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA RELLENA COMPLETAMENTE DE UHPC- DESGLOSE PIEZAS



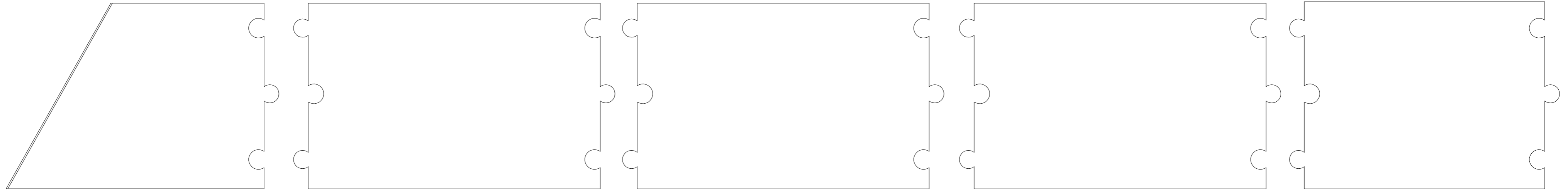
# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA RELLENA COMPLETAMENTE DE UHPC- DESGLOSE PIEZAS



**TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL**  
 CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
**P5.1: DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D RELLENO UHPC - DESGLOSE PIEZAS E: 1 / 2**



# DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D DE ESTRUCTURA RELLENA COMPLETAMENTE DE UHPC- DESGLOSE PIEZAS



Bandeja inferior: S-A-TODO UHPC

Bandeja inferior: S-B-TODO UHPC

Bandeja inferior: S-C-TODO UHPC

Bandeja inferior: S-D-TODO UHPC

Bandeja inferior: S-E-TODO UHPC



S-F-TODO UHPC

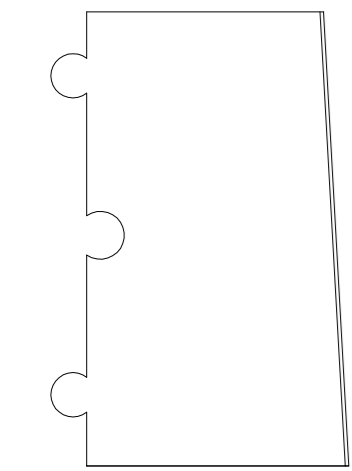
Bandeja sup.: T-A-TODO UHPC

Bandeja superior: T-B-TODO UHPC

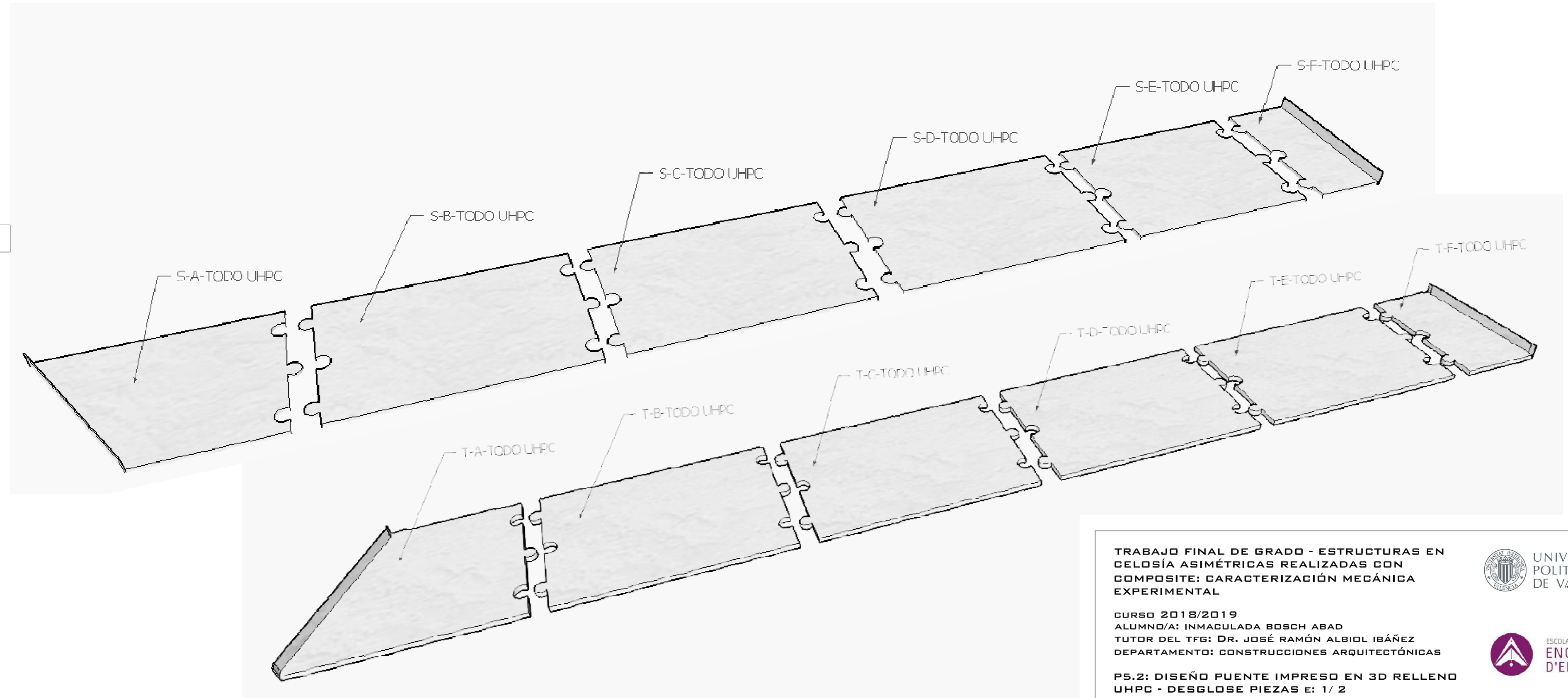
Bandeja superior: T-C-TODO UHPC

Bandeja superior: T-D-TODO UHPC

Bandeja superior: T-E-TODO UHPC



T-F-TODO UHPC



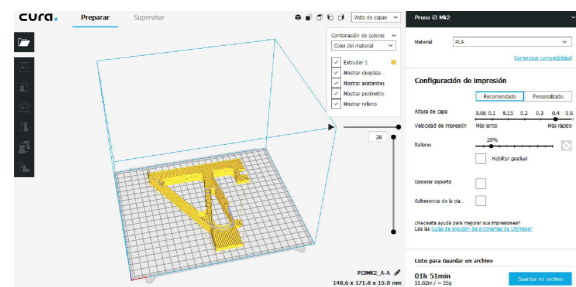
TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

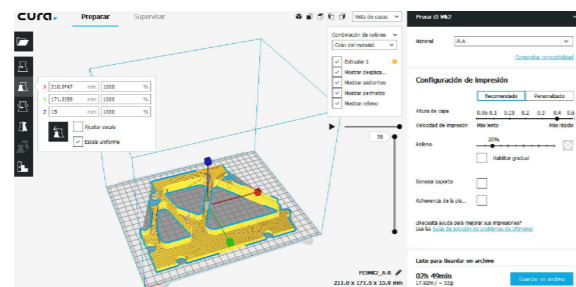
P5.2: DISEÑO PUENTE IMPRESO EN 3D RELLENO UHPC - DESGLOSE PIEZAS E: 1 / 2



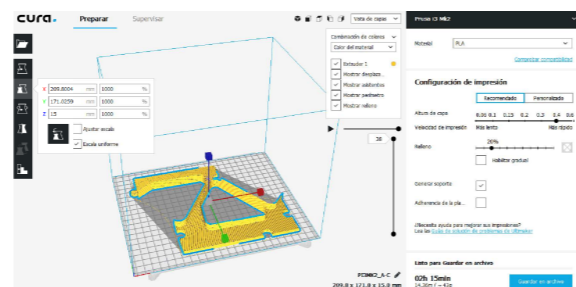
# ÁLBUM FOTOGRÁFICO PIEZAS PARA PUENTE ALFENZ A ESCALA - ESTRUCTURA GENÉRICA



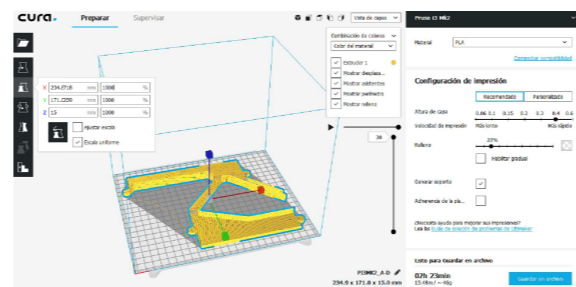
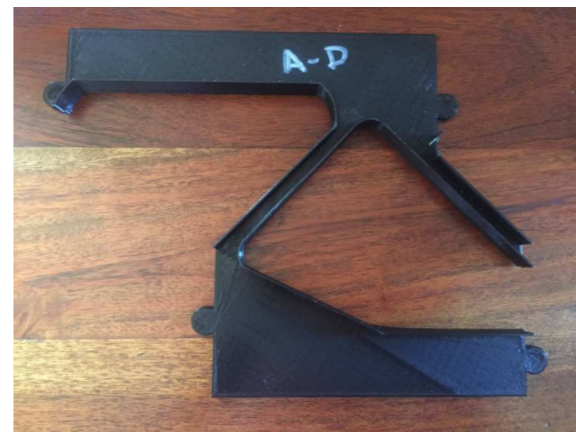
**Pieza: A-A-EXT.**  
 Peso: 35 g  
 Tiempo de impresión: 1h 51"



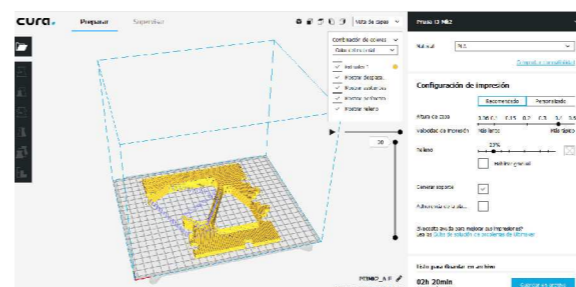
**Pieza: A-B-EXT.**  
 Peso: 53g  
 Tiempo de impresión: 2h 49"



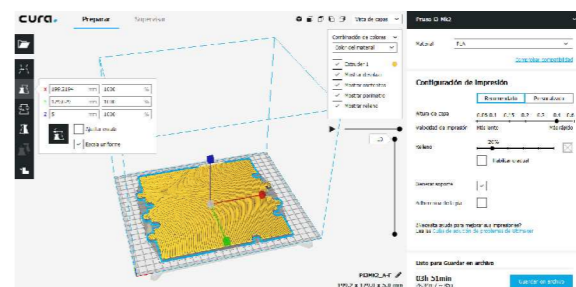
**Pieza: A-C-EXT.**  
 Peso: 43g  
 Tiempo de impresión: 2h 15"



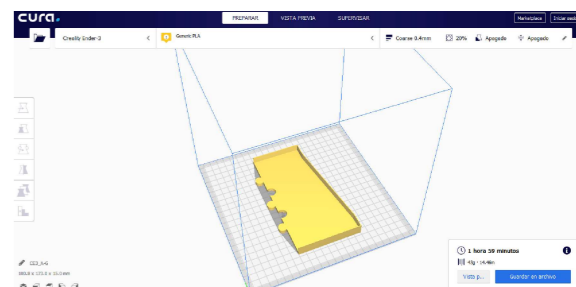
**Pieza: A-D-EXT.**  
 Peso: 46g  
 Tiempo de impresión: 2h 23"



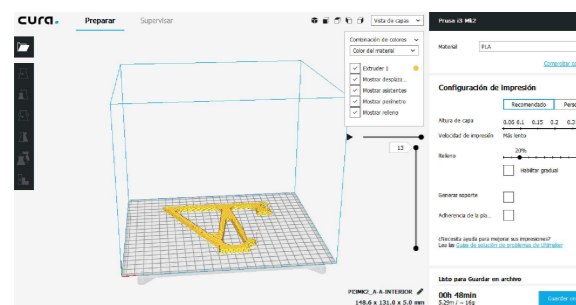
**Pieza: A-E-EXT.**  
 Peso: 45g  
 Tiempo de impresión: 2h 20"



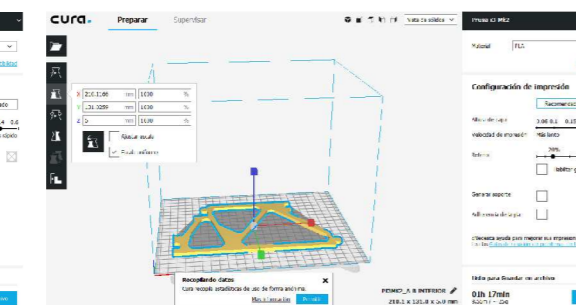
**Pieza: A-F-EXT.**  
 Peso: 85g  
 Tiempo de impresión: 3h 51"



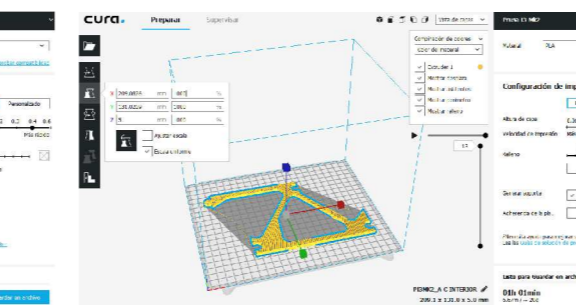
**Pieza: A-G-EXT.**  
 Peso: 43g  
 Tiempo de impresión: 1h 59"



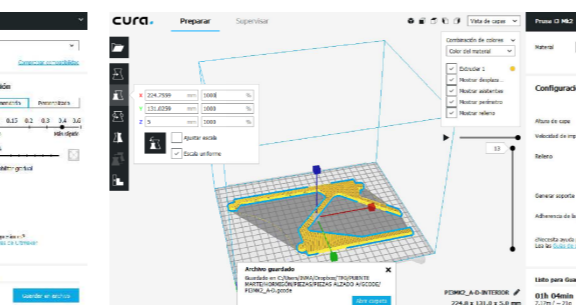
**Pieza: A-A-INT.**  
 Peso: 16 g  
 Tiempo de impresión: 48"



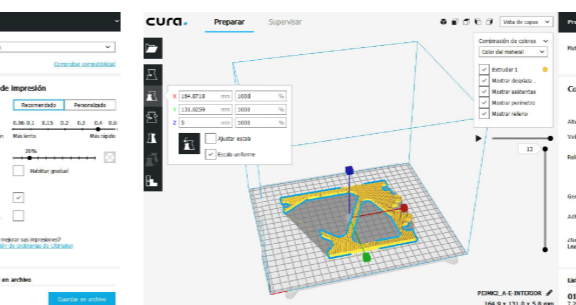
**Pieza: A-B-INT.**  
 Peso: 25 g  
 Tiempo de impresión: 1h 17"



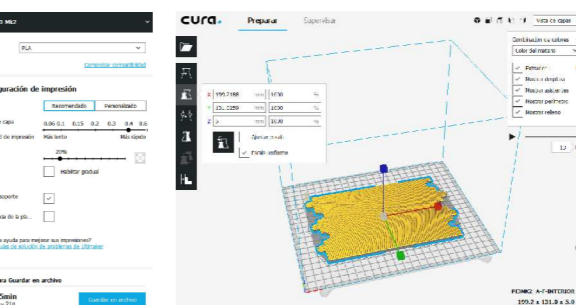
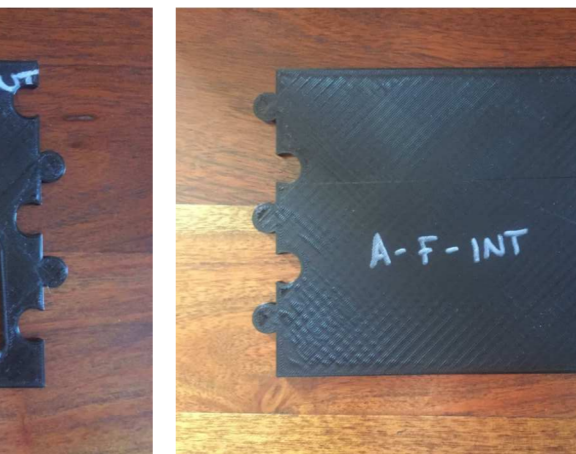
**Pieza: A-C-INT.**  
 Peso: 20 g  
 Tiempo de impresión: 1h 1"



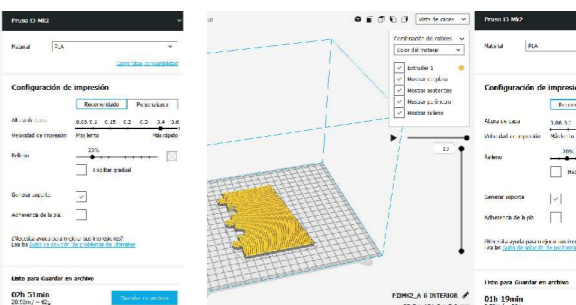
**Pieza: A-D-INT.**  
 Peso: 21 g  
 Tiempo de impresión: 1h 4"



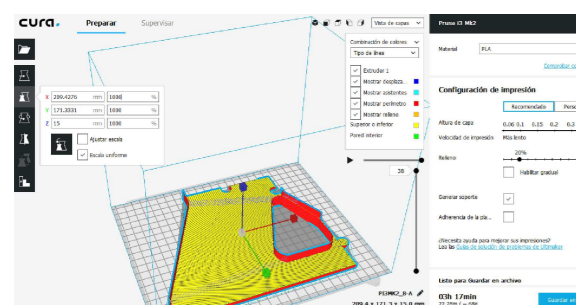
**Pieza: A-E-INT.**  
 Peso: 21 g  
 Tiempo de impresión: 1h 5"



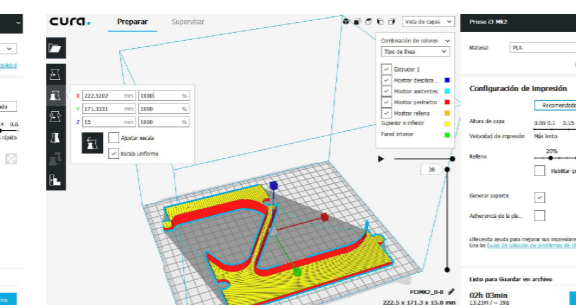
**Pieza: A-F-INT.**  
 Peso: 62 g  
 Tiempo de impresión: 2h 51"



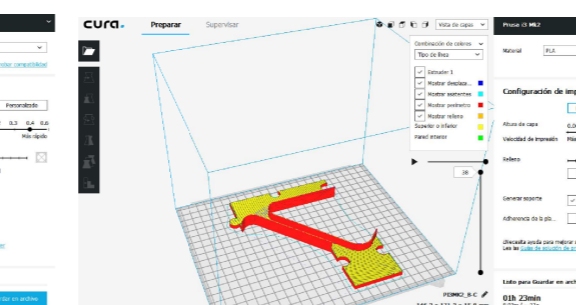
**Pieza: A-G-INT.**  
 Peso: 29 g  
 T. impresión: 1h 19"



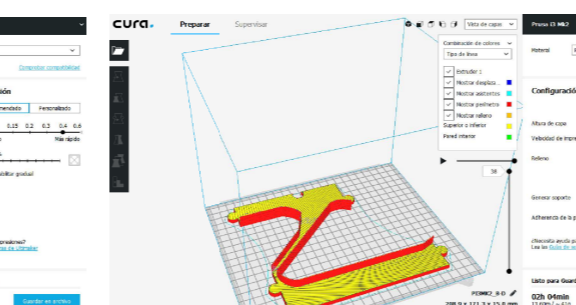
**Pieza: B-A-EXT.**  
 Peso: 68 g  
 Tiempo de impresión: 3h 17"



**Pieza: B-B-EXT.**  
 Peso: 39 g  
 Tiempo de impresión: 2h 3"



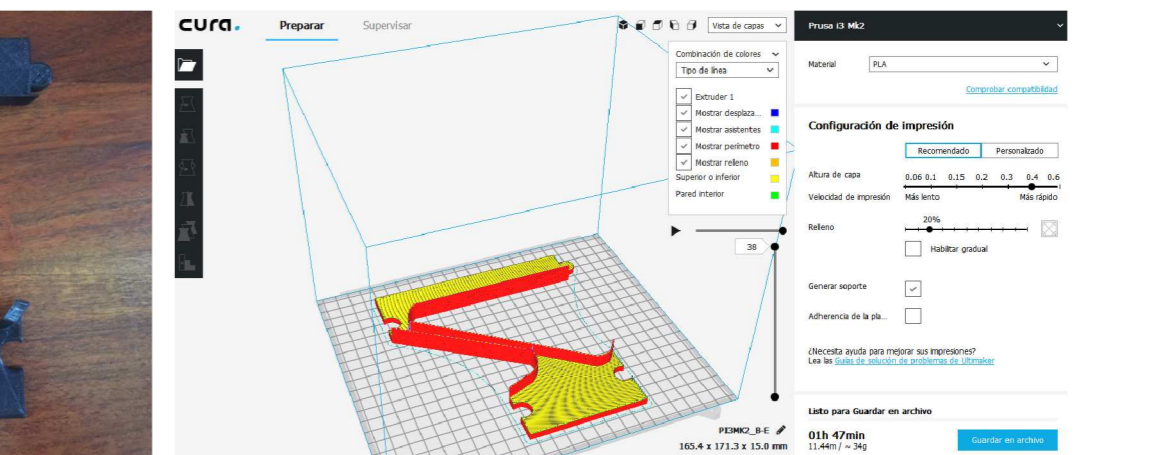
**Pieza: B-C-EXT.**  
 Peso: 27 g  
 Tiempo de impresión: 1h 23"



**Pieza: B-D-EXT.**  
 Peso: 41 g  
 Tiempo de impresión: 2h 4"



**Pieza: B-E-EXT.**  
 Peso: 34 g  
 Tiempo de impresión: 1h 4"



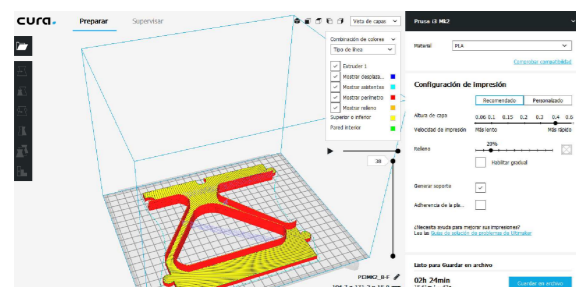
TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

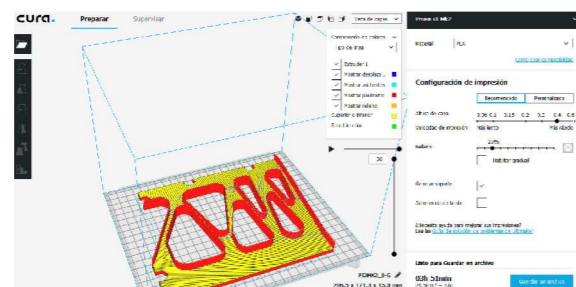
P6: ÁLBUM FOTOGRÁFICO



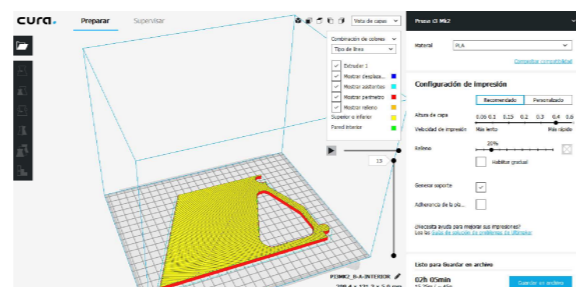
# ÁLBUM FOTOGRÁFICO PIEZAS PARA PUENTE ALFENZ A ESCALA - ESTRUCTURA GENÉRICA



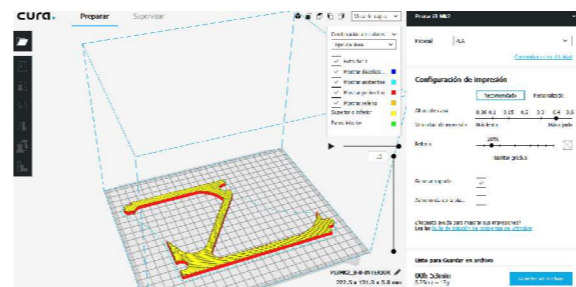
Pieza: B-F-EXT.  
Peso: 47 g  
Tiempo de impresión: 2h 21"



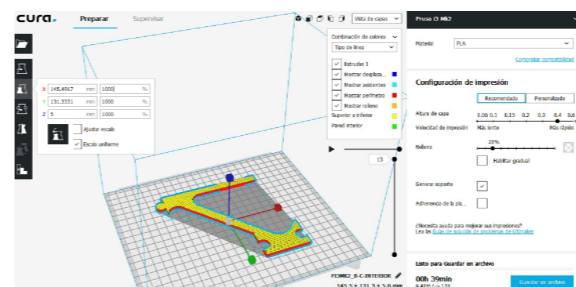
Pieza: B-G-EXT.  
Peso: 73g  
Tiempo de impresión: 3h 51"



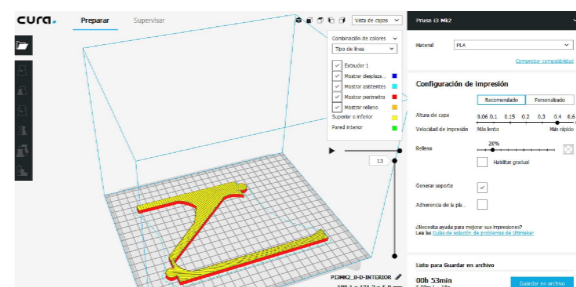
Pieza: B-A-INT  
Peso: 45g  
Tiempo de impresión: 2h 5"



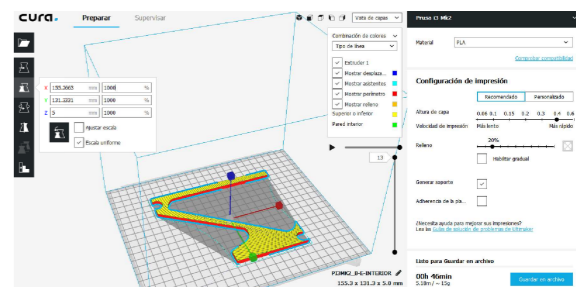
Pieza: B-B-INT.  
Peso: 17g  
Tiempo de impresión: 53"



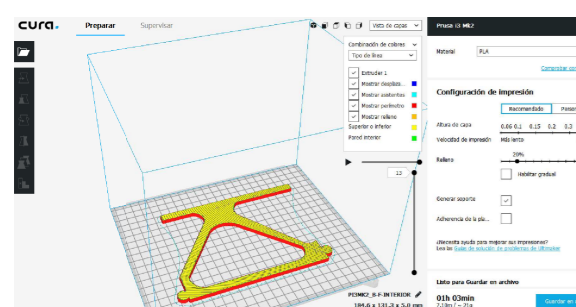
Pieza: B-C-INT.  
Peso: 13g  
Tiempo de impresión: 39"



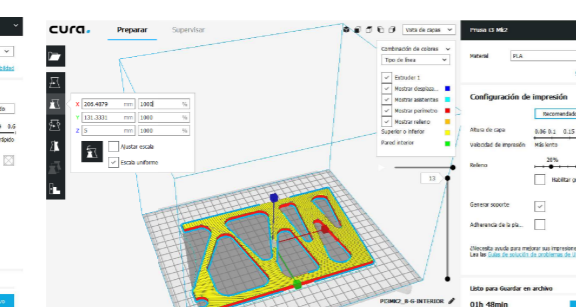
Pieza: B-D-INT.  
Peso: 18g  
Tiempo de impresión: 53"



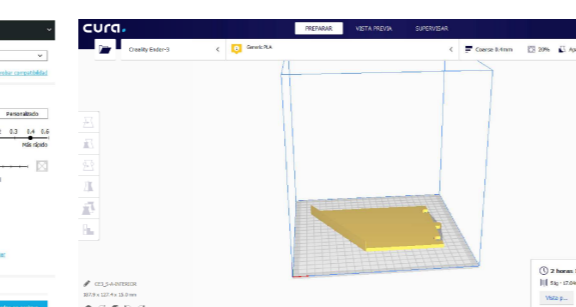
Pieza: B-E-INT.  
Peso: 15g  
Tiempo de impresión: 46"



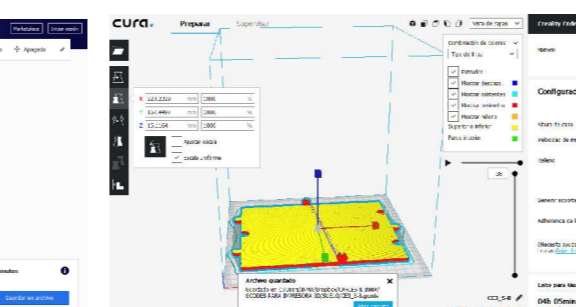
Pieza: B-F-INT.  
Peso: 21 g  
Tiempo de impresión: 1h 3"



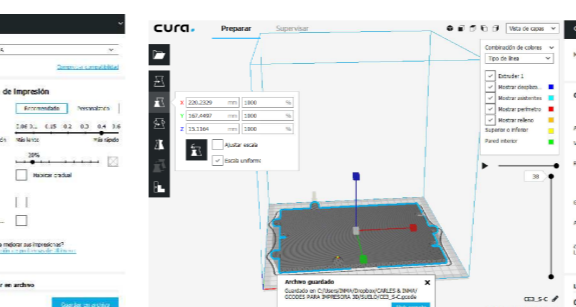
Pieza: B-G-INT.  
Peso: 36 g  
Tiempo de impresión: 1h 18"



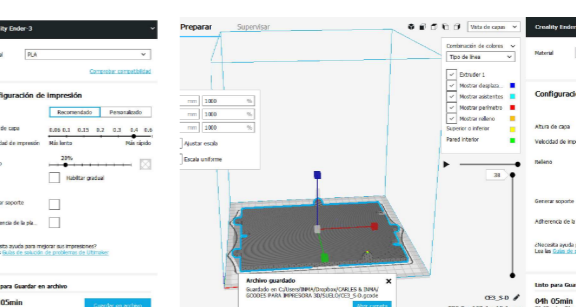
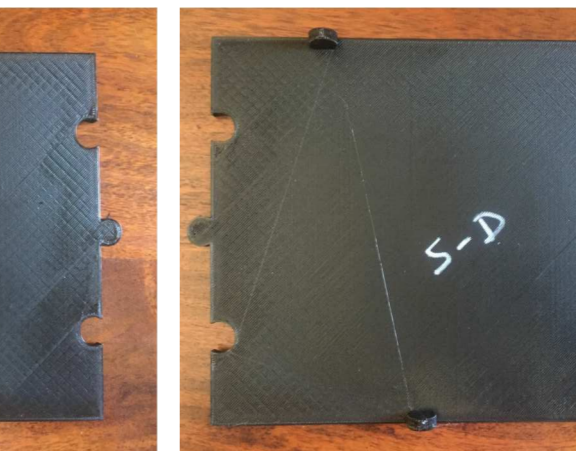
Pieza: S-A-EXT.  
Peso: 51 g  
Tiempo de impresión: 2h 17"



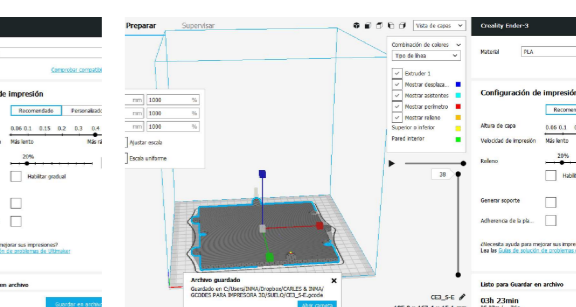
Pieza: S-B-EXT.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 4h 5"



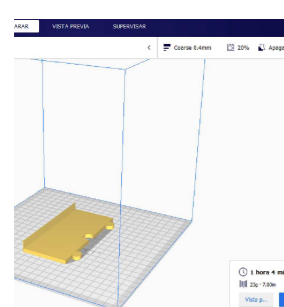
Pieza: S-C-EXT.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 4h 5"



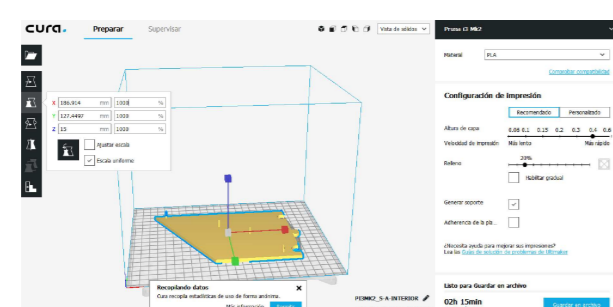
Pieza: S-D-EXT.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 4h 5"



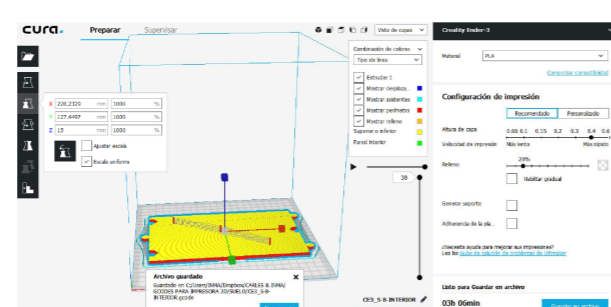
Pieza: S-E-EXT.  
Peso: 76 g  
Tiempo de impresión: 3h 23"



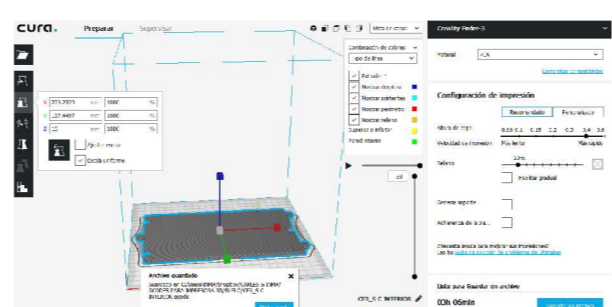
Pieza: S-F-EXT.  
Peso: 23 g  
Tiempo de impresión: 1h 4"



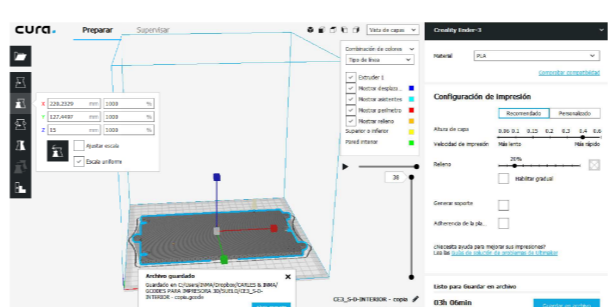
Pieza: S-A-INT.  
Peso: 48 g  
Tiempo de impresión: 2h 15"



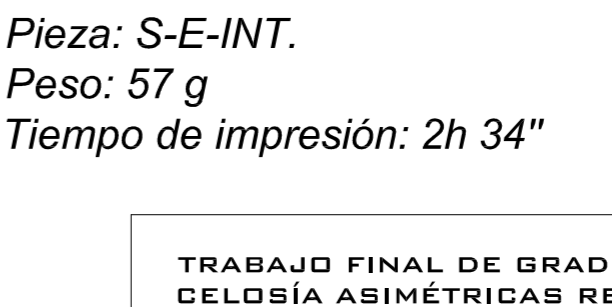
Pieza: S-B-INT.  
Peso: 70 g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



Pieza: S-C-INT.  
Peso: 70g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



Pieza: S-D-INT.  
Peso: 70 g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



Pieza: S-E-INT.  
Peso: 57 g  
Tiempo de impresión: 2h 34"

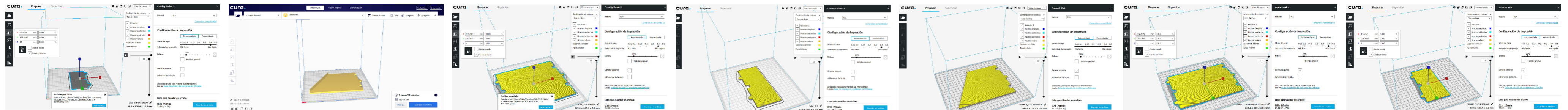
TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

P6.1: ÁLBUM FOTOGRÁFICO



# ÁLBUM FOTOGRÁFICO PIEZAS PARA PUENTE ALFENZ A ESCALA - ESTRUCTURA GENÉRICA



**Pieza: S-F-INT.**  
 Peso: 21 g  
 Tiempo de impresión: 59"

**Pieza: T-A-EXT.**  
 Peso: 55g  
 Tiempo de impresión: 2h 28"

**Pieza: T-B-EXT. x 4 unidades**  
 Peso: 91g  
 Tiempo de impresión: 3h 59"

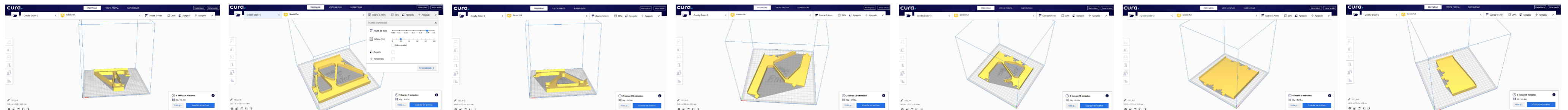
**Pieza: T-F-EXT.**  
 Peso: 33g  
 Tiempo de impresión: 1h 28"

**Pieza: T-A-INT.**  
 Peso: 52g  
 Tiempo de impresión: 2h 20"

**Pieza: T-B-INT. x 4 unidades**  
 Peso: 73g  
 Tiempo de impresión: 3h 16"

**Pieza: T-F-INT.**  
 Peso: 27g  
 Tiempo de impresión: 1h 13"

# ÁLBUM FOTOGRÁFICO PIEZAS PARA PUENTE ALFENZ A ESCALA RELLENO COMPLETAMENTE DE MORTERO UHPC



**Pieza: A-A-TODO UHPC.**  
 Peso: 38 g  
 Tiempo de impresión: 1h 57"

**Pieza: A-B-TODO UHPC.**  
 Peso: 60 g  
 Tiempo de impresión: 3h 3"

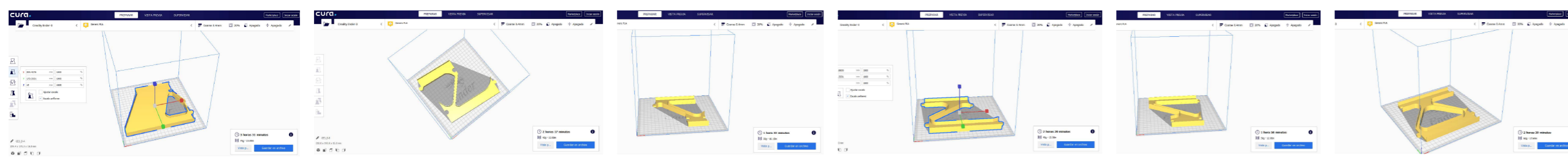
**Pieza: A-C-TODO UHPC.**  
 Peso: 48 g  
 Tiempo de impresión: 2h 28"

**Pieza: A-D-TODO UHPC.**  
 Peso: 52 g  
 Tiempo de impresión: 2h 39"

**Pieza: A-E-TODO UHPC.**  
 Peso: 47 g  
 Tiempo de impresión: 2h 20"

**Pieza: A-F-TODO UHPC.**  
 Peso: 89 g  
 Tiempo de impresión: 4h

**Pieza: A-G-TODO UHPC.**  
 Peso: 43 g  
 Tiempo de impresión: 1h 59"



**Pieza: B-A-TODO UHPC.**  
 Peso: 75 g  
 Tiempo de impresión: 3h 31"

**Pieza: B-B-TODO UHPC.**  
 Peso: 45 g  
 Tiempo de impresión: 2h 17"

**Pieza: B-C-TODO UHPC.**  
 Peso: 30 g  
 Tiempo de impresión: 1h 33"

**Pieza: B-D-TODO UHPC.**  
 Peso: 46 g  
 Tiempo de impresión: 2h 20"

**Pieza: B-E-TODO UHPC.**  
 Peso: 39 g  
 Tiempo de impresión: 1h 58"

**Pieza: B-F-TODO UHPC.**  
 Peso: 53 g  
 Tiempo de impresión: 2h 39"



**Pieza: B-G-TODO UHPC.** Peso: 81 g Tiempo de impresión: 4h 5"

TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

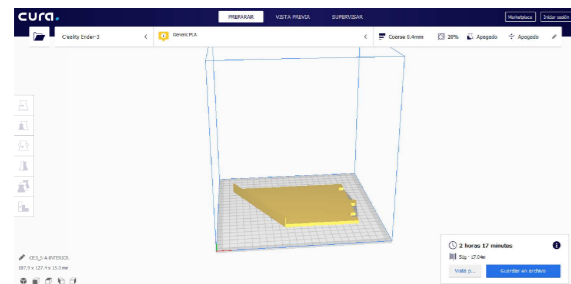
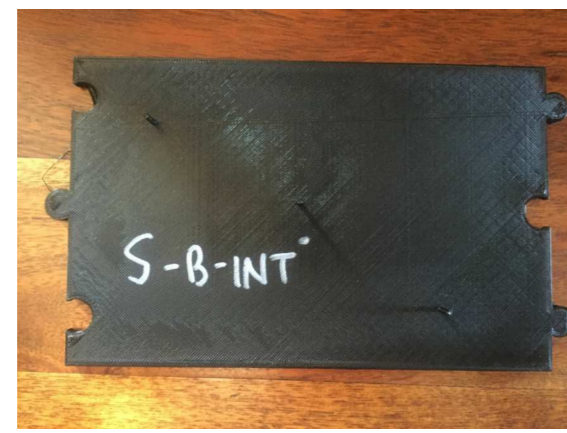
CURSO 2018/2019  
 ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
 TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
 DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

P6.2: ÁLBUM FOTOGRÁFICO

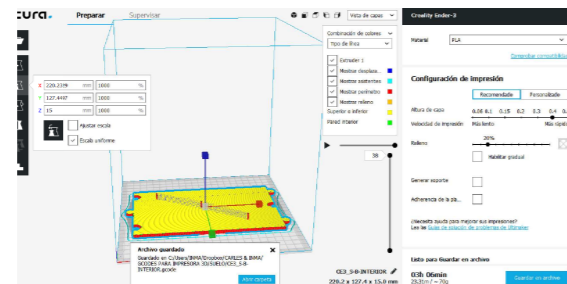




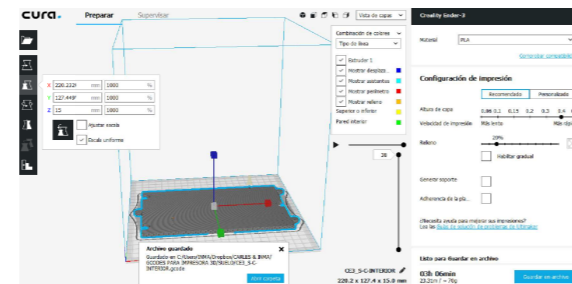
# ÁLBUM FOTOGRÁFICO PIEZAS PARA PUENTE ALFENZ A ESCALA RELLENO COMPLETAMENTE DE MORTERO UHPC



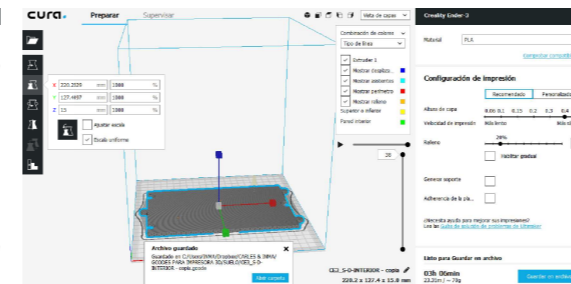
Pieza: S-A-TODO UHPC.  
Peso: 51 g  
Tiempo de impresión: 2h 17"



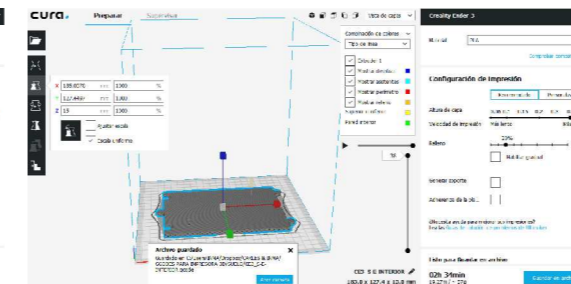
Pieza: S-B-TODO UHPC.  
Peso: 70g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



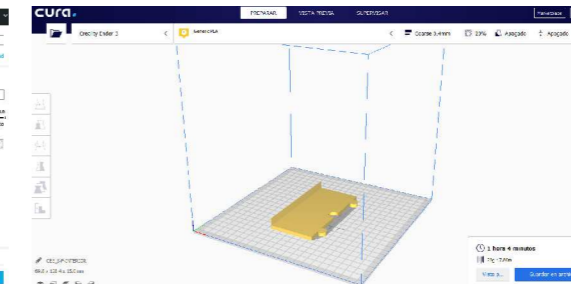
Pieza: S-C-TODO UHPC.  
Peso: 70g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



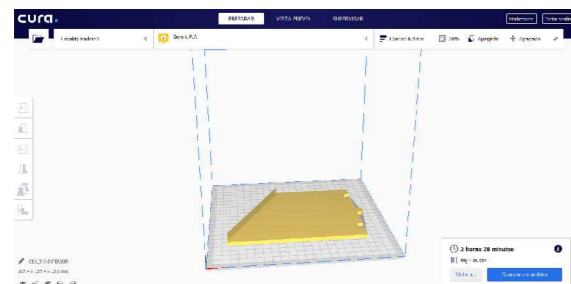
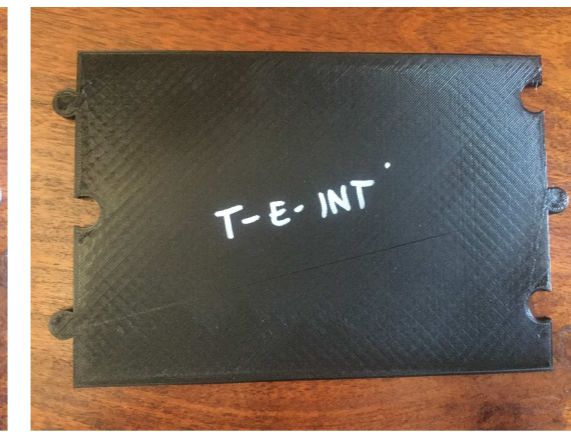
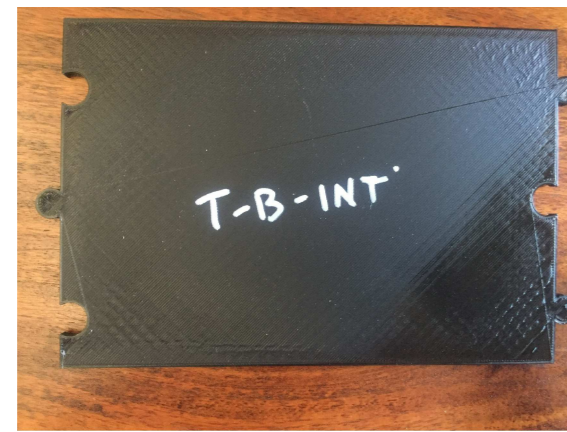
Pieza: S-D-TODO UHPC.  
Peso: 70g  
Tiempo de impresión: 3h 6"



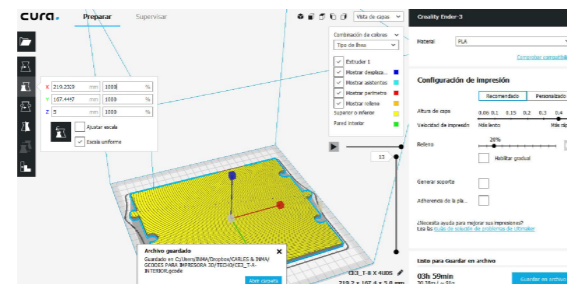
Pieza: S-E-TODO UHPC.  
Peso: 57g  
Tiempo de impresión: 2h 34"



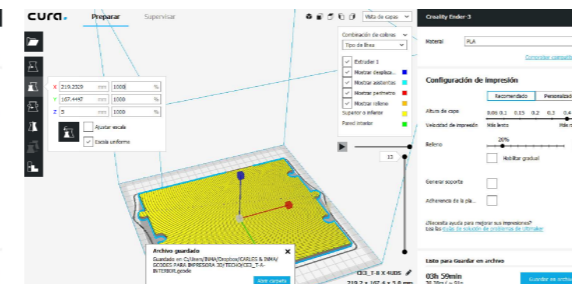
Pieza: S-F-TODO UHPC.  
Peso: 23g  
Tiempo de impresión: 1h 4"



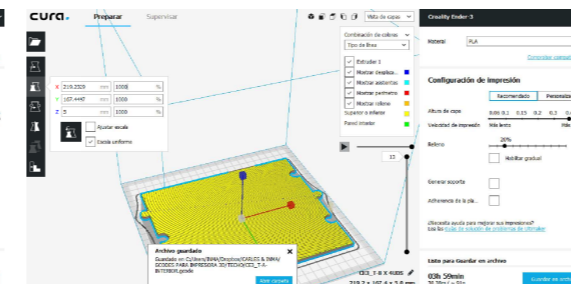
Pieza: T-A-TODO UHPC.  
Peso: 55 g  
Tiempo de impresión: 2h 28"



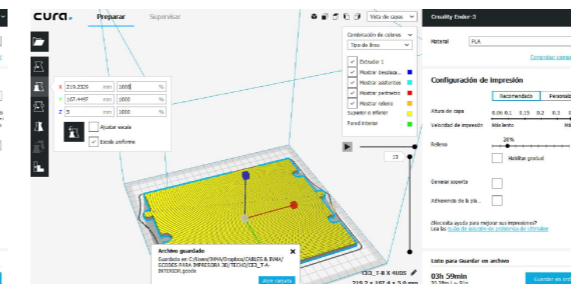
Pieza: T-B-TODO UHPC.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 3h 59"



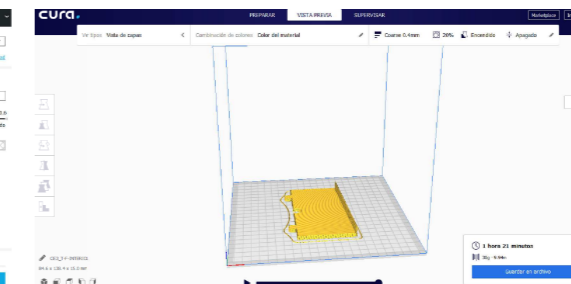
Pieza: T-C-TODO UHPC.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 3h 59"



Pieza: T-D-TODO UHPC.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 3h 59"



Pieza: T-E-TODO UHPC.  
Peso: 91 g  
Tiempo de impresión: 3h 59"



Pieza: T-F-TODO UHPC.  
Peso: 30 g  
Tiempo de impresión: 1h 21"

TRABAJO FINAL DE GRADO - ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE: CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EXPERIMENTAL

CURSO 2018/2019  
ALUMNO/A: INMACULADA BOSCH ABAD  
TUTOR DEL TFG: DR. JOSÉ RAMÓN ALBIOL IBÁÑEZ  
DEPARTAMENTO: CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

P6.3: ÁLBUM FOTOGRÁFICO



## Anexo: Presupuesto

**CUADRO DE COMPUESTOS**

**TFG:ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE**

**CÓDIGO CANTIDAD UD RESUMEN PRECIO SUBTOTAL IMPORTE**

**CAPÍTULO 01 ESTRUCTURAS**

|            |           |  |          |                 |
|------------|-----------|--|----------|-----------------|
| <b>1.1</b> | <b>U</b>  | <b>ESTRUCTURA A - SÓLO PLA - SIN REFUERZO</b>  |          |                 |
|            |           | Estructura de puente Alfenz a escala, impresa mediante impresora 3d modelo Prusa I3 MK2 e impresora Creality Ender i3, con material PLA (Ácido poliláctico) de color negro. Incluso realización de diseño realizado por personal especializado, con programas informáticos para realizar los archivos con extensión .gcode para lectura de la impresora 3d. Posterior postprocesado de las piezas (una vez impresas) y montaje de la estructura. Unión de piezas para el montaje de la estructura mediante resina epoxídica. Incluso porcentaje del 2% de costes directos complementarios. |          |                 |
| E01        | 33,000 h  | Especialista en diseño   | 20,00    | 660,00          |
| E03        | 2,622 kg  | PLA (Ácido poliláctico)  | 20,00    | 52,44           |
| E04        | 121,125 h | Amortización Impresoras 3d   | 9,00     | 1.090,13        |
| E05        | 1,000 u   | Tubo de resina epoxídica   | 3,00     | 3,00            |
| P03        | 1,000 u   | Caja guantes de látex  | 4,36     | 4,36            |
| %0200      | 2,000     | Coste directo complementario   | 1.809,93 | 36,20           |
|            |           |  |          | <hr/>           |
|            |           | Suma la partida.....   |          | 1.846,12        |
|            |           | Costes indirectos.....   | 3,00%    | 55,38           |
|            |           | Redondeo.....  |          | 0,01            |
|            |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b>  |          | <b>1.901,51</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL NOVECIENTOS UN EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

|             |           |   |          |                 |
|-------------|-----------|---|----------|-----------------|
| <b>1.22</b> | <b>U</b>  | <b>ESTRUCTURA B - PLA + CFRP</b>  |          |                 |
|             |           | Estructura de puente Alfenz a escala, impresa mediante impresora 3d modelo Prusa I3 MK2 e impresora Creality Ender i3, con material PLA (Ácido poliláctico) de color negro. Incluso realización de diseño realizado por personal especializado, con programas informáticos para realizar los archivos con extensión .gcode para lectura de la impresora 3d. Posterior postprocesado de las piezas (una vez impresas) y montaje de la estructura. Unión de piezas para el montaje de la estructura mediante resina epoxídica y refuerzo de toda la estructura mediante fibra de carbono (CFRP) previamente impregnada con resina de poliéster. Incluso porcentaje del 2% de costes directos complementarios. Todo esto con equipo de protección individual, guantes de látex y máscara de carbón activo. |          |                 |
| E01         | 25,000 h  | Especialista en diseño  | 20,00    | 500,00          |
| MO          | 16,000 h  | Mano de obra - montaje estructura   | 15,00    | 240,00          |
| E03         | 2,622 kg  | PLA (Ácido poliláctico)   | 20,00    | 52,44           |
| E04         | 121,129 h | Amortización Impresoras 3d  | 9,00     | 1.090,16        |
| E05         | 1,000 u   | Tubo de resina epoxídica  | 3,00     | 3,00            |
| E0666       | 8,000 ml  | Hilo de fibra de carbono (CFRP)   | 22,00    | 176,00          |
| P01         | 1,000 kg  | Resina de poliéster+catalizador   | 9,50     | 9,50            |
| P02         | 1,000 u   | Máscara de carbón activo  | 35,90    | 35,90           |
| P03         | 1,000 u   | Caja guantes de látex   | 4,36     | 4,36            |
| P19         | 1,000 u   | Pincel  | 0,75     | 0,75            |
| %0200       | 2,000     | Coste directo complementario  | 2.112,11 | 42,24           |
|             |           |   |          | <hr/>           |
|             |           | Suma la partida.....  |          | 2.154,35        |
|             |           | Costes indirectos.....  | 3,00%    | 64,63           |
|             |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b>   |          | <b>2.218,98</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL DOSCIENTOS DIECIOCHO EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS

**CUADRO DE DESCUPOSTOS**

**TFG:ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE**

| CÓDIGO      | CANTIDAD UD | RESUMEN  | PRECIO   | SUBTOTAL                  | IMPORTE         |
|-------------|-------------|--|----------|---------------------------|-----------------|
| <b>1.33</b> | <b>U</b>    | <b>ESTRUCTURA C - PLA + UHPC en barras</b><br>Estructura de puente Alfenz a escala, impresa mediante impresora 3d modelo Prusa i3 MK2 e impresora Creality Ender i3, con material PLA (Ácido poliláctico) de color negro. Incluso realización de diseño realizado por personal especializado, con programas informáticos para realizar los archivos con extensión .gcode para lectura de la impresora 3d. Posterior postprocesado de las piezas (una vez impresas) y montaje de la estructura. Unión de piezas para el montaje de la estructura mediante resina epoxídica y refuerzo de las barras que trabajarán a compresión en el ensayo a flexión en tres puntos mediante microhormigón - UHPC. Microhormigón - UHPC con relación Agua:Cemento del 0,3; realizado con CEM I - 52,5 R, árido fino y 3% PCEM con aditivo SIKA-Visco Crete 3425 superplastificante de alto rendimiento. Uso de pistola de silicona para rejunte previo a vertido de microhormigón - UHPC. Incluso porcentaje del 2% de costes directos complementarios. Todo esto con equipo de protección individual, guantes de látex y máscara de carbón activo. |          |                           |                 |
| E01         | 25,000 h    | Especialista en diseño   | 20,00    | 500,00                    |                 |
| MO          | 4,000 h     | Mano de obra - montaje estructura  | 15,00    | 60,00                     |                 |
| E03         | 2,622 kg    | PLA (Ácido poliláctico)  | 20,00    | 52,44                     |                 |
| E04         | 121,129 h   | Amortización Impresoras 3d   | 9,00     | 1.090,16                  |                 |
| E05         | 1,000 u     | Tubo de resina epoxídica   | 3,00     | 3,00                      |                 |
| PI          | 1,000 u     | Pistola de silicona + cilindros silicona   | 10,00    | 10,00                     |                 |
| P03         | 1,000 u     | Caja guantes de látex  | 4,36     | 4,36                      |                 |
| PBPM18aa    | 0,004 m3    | Microhormigón - UHPC   | 207,47   | 0,76                      |                 |
| %0200       | 2,000       | Coste directo complementario   | 1.720,72 | 34,41                     |                 |
|             |             |  |          |                           |                 |
|             |             |  |          | Suma la partida.....      | 1.755,14        |
|             |             |  |          | Costes indirectos.....    | 3,00%           |
|             |             |  |          |                           | 52,65           |
|             |             |  |          | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>1.807,79</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL OCHOCIENTOS SIETE EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

|             |           |   |          |                           |                 |
|-------------|-----------|---|----------|---------------------------|-----------------|
| <b>1.44</b> | <b>U</b>  | <b>ESTRUCTURA D - PLA + UHPC + ARMADURA CFRP</b><br>Estructura de puente Alfenz a escala, impresa mediante impresora 3d modelo Prusa i3 MK2 e impresora Creality Ender i3, con material PLA (Ácido poliláctico) de color negro. Incluso realización de diseño realizado por personal especializado, con programas informáticos para realizar los archivos con extensión .gcode para lectura de la impresora 3d. Posterior postprocesado de las piezas (una vez impresas) y montaje de la estructura. Unión de piezas para el montaje de la estructura mediante resina epoxídica y refuerzo interior del relleno de la estructura mediante hilos de fibra de carbono impregnados mediante resina de poliéster y posterior vertido de microhormigón - UHPC. El hilo de fibra de carbono se utiliza a modo de armadura; además este hilo dispondrá de la separación suficiente entre capas del microhormigón, de forma que quede centrado en dicho espesor. Microhormigón - UHPC con relación Agua:Cemento del 0,3; realizado con CEM I - 52,5 R, árido fino y 3% PCEM con aditivo SIKA-Visco Crete 3425 superplastificante de alto rendimiento. Uso de pistola de silicona para rejunte previo a vertido de microhormigón - UHPC. Incluso porcentaje del 2% de costes directos complementarios. Todo esto con equipo de protección individual, guantes de látex y máscara de carbón activo. |          |                           |                 |
| E01         | 21,000 h  | Especialista en diseño  | 20,00    | 420,00                    |                 |
| MO          | 24,000 h  | Mano de obra - montaje estructura   | 15,00    | 360,00                    |                 |
| E03         | 1,536 kg  | PLA (Ácido poliláctico)   | 20,00    | 30,72                     |                 |
| E04         | 72,230 h  | Amortización Impresoras 3d  | 9,00     | 650,07                    |                 |
| E05         | 1,000 u   | Tubo de resina epoxídica  | 3,00     | 3,00                      |                 |
| E0666       | 14,000 ml | Hilo de fibra de carbono (CFRP)   | 22,00    | 308,00                    |                 |
| P01         | 1,000 kg  | Resina de poliéster+catalizador   | 9,50     | 9,50                      |                 |
| P02         | 1,000 u   | Máscara de carbón activo  | 35,90    | 35,90                     |                 |
| PI          | 1,000 u   | Pistola de silicona + cilindros silicona  | 10,00    | 10,00                     |                 |
| P03         | 1,000 u   | Caja guantes de látex   | 4,36     | 4,36                      |                 |
| PBPM18aa    | 0,005 m3  | Microhormigón - UHPC  | 207,47   | 1,03                      |                 |
| %0200       | 2,000     | Coste directo complementario  | 1.832,58 | 36,65                     |                 |
|             |           |   |          |                           |                 |
|             |           |   |          | Suma la partida.....      | 1.869,23        |
|             |           |   |          | Costes indirectos.....    | 3,00%           |
|             |           |   |          |                           | 56,08           |
|             |           |   |          | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>1.925,31</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

**RESUMEN DE PRESUPUESTO****TFG:ESTRUCTURAS EN CELOSÍA ASIMÉTRICAS REALIZADAS CON COMPOSITE**

| <b>CAPITULO</b> | <b>RESUMEN</b>                    | <b>EUROS</b>     | <b>%</b> |
|-----------------|-----------------------------------|------------------|----------|
| 01              | ESTRUCTURAS.....                  | 7.853,59         | 100,00   |
|                 | <b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>   | <b>7.853,59</b>  |          |
|                 | 13,00% Gastos generales.....      | 1.020,97         |          |
|                 | 6,00% Beneficio industrial.....   | 471,22           |          |
|                 | SUMA DE G.G. y B.I.               | 1.492,19         |          |
|                 | 21,00% I.V.A.....                 | 1.962,61         |          |
|                 | <b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b> | <b>11.308,39</b> |          |
|                 | <b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>  | <b>11.308,39</b> |          |

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de ONCE MIL TRESCIENTOS OCHO EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS

, a 25 de Junio 2019.

**El promotor**

**La dirección facultativa**

## Anexo: Fichas técnicas

# FICHA DE PRODUCTO

## SikaWrap®-300 C

### TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL PARA REFUERZO ESTRUCTURAL.

#### DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaWrap®-300 C es un tejido unidireccional de fibra de carbono de rango medio para procesos de aplicación en seco o húmedo.

#### USOS

SikaWrap®-300 C puede ser usado sólo por profesionales experimentados.

Refuerzo de elementos y estructuras de hormigón armado, albañilería y madera para incrementar la capacidad de carga de flexión y corte para:

- Incrementar el comportamiento sísmico de muros de albañilería
- Reemplazar el acero faltante en el hormigón armado
- Incrementar la resistencia y ductilidad de las columnas
- Incrementar la capacidad de carga de los elementos estructurales
- Cambiar / alterar el uso y rehabilitación
- Corregir el diseño estructural y /o defectos de construcción
- Aumentar la resistencia al movimiento sísmico
- Mejorar la vida de servicio y la durabilidad
- Mejorar la condición estructural para el cumplimiento de las normas vigentes

#### CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Tejido multifuncional para uso en diferentes aplicaciones de refuerzo.
- Flexibilidad en la adaptación a la geometría de las superficies (vigas, columnas, chimeneas, pilas, silos, muros, etc.)
- Baja densidad, con mínimo peso adicional.
- Altamente efectivo en costos comparado con técnicas tradicionales de refuerzo.

#### CERTIFICADOS / NORMAS

- Polonia: Technical Approval ITB AT-15-5604/2011: Zestaw wyrobów Sika CarboDur do wzmacniania i napraw konstrukcji betonowych
- Polonia: Technical Approval IBDiM Nr AT/2008-03-0336/1 „Płaskownicy. pręty, kształtki i maty kompozytowe do wzmacniania betonu o nazwie handlowej: Zestaw materiałów Sika CarboDur® do wzmacniania konstrukcji obiektów mostowych
- EE.UU.: ACI 440.2R-08, Guide for the Design and construction of Externally Bonded FRP Systems for strengthening concrete structures, July 2008
- Reino Unido: Concrete Society Technical Report No. 55, Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite material, 2012.

#### INFORMACION DEL PRODUCTO

|                      |  |   |
|----------------------|--|---|
| <b>Construcción</b>  | Orientación de la Fibra:                               | 0° (unidireccional)                         |
|                      | Tejido:  | Fibra de carbono negra 99 % (del peso)      |
|                      | Trama:   | Fibra termoplásticas blancas 1 % (del peso) |
| <b>Tipo de Fibra</b> | Fibras de Carbono seleccionadas, de resistencia media. |   |
| <b>Presentación</b>  | Tejido desde 1 m <sup>2</sup> en ancho de 50 cm.       |   |
| <b>Conservación</b>  | 24 meses a partir de la fecha de producción.           |   |

|   |   |             |
|---|---|-------------|
| <b>Condiciones de Almacenamiento</b>                      | 24 meses a partir de la fecha de producción, si están almacenados correctamente en su envase original sellado y en condiciones secas a temperaturas entre +5°C y +35°C. Proteger contra la luz del sol directa. |             |
| <b>Densidad de la fibra seca</b>                          | 1.82 g/cm <sup>3</sup>  |             |
| <b>Espesor de la Fibra Seca</b>                           | 0.167 mm (basado en el contenido de fibras)   |             |
| <b>Densidad Area</b>                                      | 304 g/m <sup>2</sup> ±10 g/m <sup>2</sup> (solo la fibra de carbono)  |             |
| <b>Resistencia a Tracción de la Fibra Seca</b>            | 4 000 N/mm <sup>2</sup>   | (ISO 10618) |
| <b>Modulo de Elasticidad en Tracción de la Fibra Seca</b> | 230 000 N/mm <sup>2</sup>   | (ISO 10618) |
| <b>Elongación a rotura de la fibra seca</b>               | 1.7 %   | (ISO 10618) |

## INFORMACION TECNICA

|  |                                    |                               |                |
|--|------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| <b>Espesor Nominal del Laminado</b>  | 0.167 mm                           |                               |                |
| <b>Sección Transversal Nominal del Laminado</b>  | 167 mm <sup>2</sup> por m de ancho |                               |                |
| <b>Resistencia a tracción del Laminado</b>   | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (EN 2561*)     |
|  | 3 500 N/mm <sup>2</sup>            | 3 200 N/mm <sup>2</sup>       | (ASTM D 3039*) |
| <b>Módulo de Elasticidad a Tracción del Laminado</b>   | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (EN 2561*)     |
|  | 225 kN/mm <sup>2</sup>             | 220 kN/mm <sup>2</sup>        |                |
|  | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (ASTM D 3039*) |
|  | 220 kN/mm <sup>2</sup>             | 210 kN/mm <sup>2</sup>        |                |
| * muestra modificada con 50 mm.<br>Valores en dirección longitudinal de las fibras<br>Capa única, mínimo 27 muestras por serie de ensayo |                                    |                               |                |
| <b>Elongación a Rotura del Laminado</b>  | 1.56 %                             |                               | (EN 2561)      |
|  | 1.59 %                             |                               | (ASTM D 3039)  |
| <b>Resistencia a Tracción</b>  | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (EN 2561)      |
|  | 585 N/mm                           | 534 N/mm                      | (ASTM D 3039)  |
| <b>Rigidez en Tracción</b>   | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (EN 2561)      |
|  | 37.6 MN/m                          | 36.7 MN/m                     |                |
|  | 37.6 kN/m por % de elongación      | 36.7 kN/m por % de elongación |                |
|  | <b>Promedio</b>                    | <b>Característica</b>         | (ASTM D 3039)  |
|  | 36.7 MN/m                          | 35.1 MN/m                     |                |
|  | 36.7 kN/m por % de elongación      | 35.1 kN/m por % de elongación |                |

## INFORMACION DEL SISTEMA

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Estructura del Sistema</b> | <p>La configuración del sistema descrito a continuación se debe conformar completamente y no puede ser modificado:<br/>         Imprimación del Hormigón - Sikadur® 330.<br/>         Resina de impregnación/laminación - Sikadur® 330 ó Sikadur® 300.<br/>         Tejido estructural de refuerzo - SikaWrap® 300 C.<br/>         Para las características detalladas de la resina, los detalles de aplicación del tejido y la información de carácter general, vea las Fichas Técnicas de los productos Sikadur® 330 ó Sikadur® 300 y los Procedimientos de Ejecución "Aplicación manual en seco de SikaWrap®" y "Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®" o "Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®".</p> |
|-------------------------------|---|



# INFORMACION DE APLICACIÓN

|                |  |                           |
|----------------|--|---------------------------|
| <b>Consumo</b> | <b>Aplicación en seco con Sikadur®-330</b>   |                           |
|                | Impregnación de la primera capa in-          | 1.0–1.5 kg/m <sup>2</sup> |
|                | cluido imprimación:                          |                           |
|                | Siguientes capas:                            | 0.8 kg/m <sup>2</sup>     |
|                | <b>Aplicación en húmedo con Sikadur®-300</b> |                           |
|                | Impregnación de la primera capa in-          | 1.0–1.5 kg/m <sup>2</sup> |
|                | cluido imprimación:                          |                           |
|                | Siguientes capas:                            | 0.7 kg/m <sup>2</sup>     |

Para mayor información, favor consulte los Procedimientos de Ejecución “Aplicación manual en seco de SikaWrap®” y “Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®” o “Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®”.

## INSTRUCCIONES DE APLICACION

### CALIDAD DEL SOPORTE

Resistencia a tracción mínima del sustrato: 1,0 N/mm<sup>2</sup> o como esté definido en el diseño del refuerzo.

Para mayor información, favor consulte los Procedimientos de Ejecución “Aplicación manual en seco de SikaWrap®” y “Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®” o “Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®”.

### PREPARACION DEL SOPORTE

El sustrato de hormigón debe estar sano, seco, limpio y libre de lechada, hielo, acumulación de agua, grasa, aceite y cualquier partícula no adherida.

El hormigón se debe limpiar y preparar para alcanzar una superficie de textura abierta, libre de lechada y contaminante.

Para mayor información, favor consulte los Procedimientos de Ejecución “Aplicación manual en seco de SikaWrap®” y “Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®” o “Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®”.

### METODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

La tela se puede cortar con tijeras especiales o cuchillos de filo quirúrgico. Nunca doble la tela. SikaWrap® 300 es utilizado para la aplicación en húmedo ó en seco.

Favor consulte los Procedimientos de Ejecución “Aplicación manual en seco de SikaWrap®” y “Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®” ó “Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®”.

## LIMITACIONES

Este producto debe ser utilizado solamente por profesionales capacitados y experimentados.

El tejido SikaWrap® 300 C se cubre para asegurar una máxima adherencia y durabilidad con las resinas de impregnación/laminación Sikadur®. Para mantener compatibilidad del sistema no intercambie partes del sistema.

SikaWrap® 300 C debe ser cubierto con un recubrimiento cementicio o un revestimiento para propósitos estéticos o de protección. La selección del tipo de recubrimiento dependerá de las condiciones de exposición. Para la protección ante la acción de los rayos UV, utilizar Sikagard®-550 W Elastic, Sikagard® ElastoColor-675 W, Sika Murolast o Sikagard®-680 S.

Favor consulte los Procedimientos de Ejecución “Aplicación manual en seco de SikaWrap®” y “Aplicación manual en húmedo de SikaWrap®” ó “Aplicación mecanizada en húmedo de SikaWrap®”.

## NOTAS

Todos los datos técnicos del producto indicados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

## RESTRICCIONES LOCALES

Por favor, observe que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Por favor, consultar la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación.

## ECOLOGIA, SEGURIDAD E HIGIENE

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la Ficha de Seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 56-226353800 por intoxicaciones ó 56-222473600 por emergencias químicas.

## NOTAS LEGALES

La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas a la aplicación y uso final de productos de Sika, se dan en buena fe basada en el conocimiento y experiencia actual de Sika de los productos cuando se han almacenado apropiadamente, manipulados y aplicados bajo las condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en materiales, substratos y condiciones reales del sitio son tales que ninguna garantía en relación a la comercialización o de aptitud para un propósito particular, ni cualquier obligación que surja en absoluto de cualquier relación legal, puede ser inferida de esta información, ni de cualquier otra recomendación escrita, o de cualquier otra sugerencia ofrecida. El usuario debe probar la aptitud del producto para la aplicación y propósito propuesto. Sika se reserva el derecho para cambiar las propiedades de sus productos. Deben observarse los derechos de propiedad de terceras partes. Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega. Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la Ficha de Producto local correspondiente, copias de la cual se proporcionarán a su solicitud.

Sika S. A. Chile  
Pdte. Salvador Allende N°85  
San Joaquín  
Santiago  
Teléfono 56-2-25106510  
www.sika.cl



SikaWrap-300C\_es\_CL\_(12-2016)\_1\_1.pdf

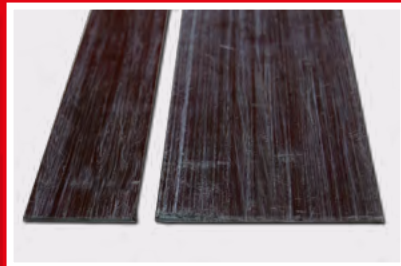
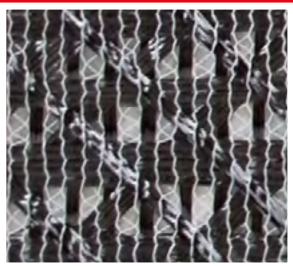
Ficha de Producto  
SikaWrap®-300 C  
diciembre 2016, Versión 01.01  
020206020010000011



PRODUCTOS Y SISTEMAS



# Sistemas de Refuerzo con Fibra de Carbono



**Sistemas para la Reparación y Refuerzo con Materiales Compuestos de Fibra de Carbono**

## LA COMPAÑÍA

**DRIZORO S.A.U.** es una sociedad española fundada en 1977, iniciando su actividad como fabricante de productos químicos para la construcción. Actualmente es un referente del sector en soluciones para obra civil y edificación, en los campos de impermeabilización, restauración, protección y acabado de estructuras de hormigón.

Desde nuestra **Sede Central** y centro de producción en **Torrejón de Ardoz** (Madrid) se dirigen todas las operaciones de los distintos departamentos; producción, I+D+I, laboratorio, técnico, comercial, marketing y administración.

### COMPROMISO CON LA CALIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

Nuestro fuerte compromiso con la Calidad y el Medio Ambiente nos ha conducido a la implantación de un Sistema Integrado de Gestión basado en las normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004 y certificado por Bureau Veritas Quality International.

### APUESTA POR LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Nuestra continua apuesta por la investigación y el desarrollo, invirtiendo tanto en recursos humanos como en medios técnicos, nos permite ofrecer al mercado sistemas de alta calidad y última tecnología respetuosos con el medio ambiente, y que aportan soluciones innovadoras avaladas por otro lado, por una contrastada experiencia y ensayadas bajo las condiciones más adversas de toda la geografía mundial.

### ASISTENCIA TÉCNICA

Nuestro Departamento Técnico y Comercial, formado por profesionales técnicos con amplia experiencia en el sector, ofrece el asesoramiento de manera personalizada tanto en fase de proyecto como en la de ejecución, con el objetivo de llegar a una óptima prescripción y aplicación de nuestros productos y sistemas.



## SOLUCIONES TÉCNICAS DRIZORO



IMPERMEABILIZACIÓN



REFUERZO



DECORACIÓN



REPARACIÓN



PROTECCIÓN



OTROS USOS

## VENTAJAS DEL SISTEMA DE FIBRA DE CARBONO

- ✓ ALTA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
- ✓ MUY LIGERO
- ✓ SISTEMA VERSÁTIL
- ✓ FÁCIL Y RÁPIDO DE INSTALAR
- ✓ REFUERZO DE ESTRUCTURAS A FLEXIÓN, CORTANTE Y COMPRESIÓN
- ✓ ASEGURA LA COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES
- ✓ ALTA DURABILIDAD SIN MANTENIMIENTO
- ✓ SISTEMA DE CÁLCULO SENCILLO EN SOPORTE INFORMÁTICO



## DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA (DIT)

Sistemas avalados por **DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA (DIT)** del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, apreciación técnica favorable de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. El Sistema **DRIZORO® COMPOSITE** de refuerzo de estructuras de edificación está previsto para el refuerzo a flexotracción.

El Sistema **DRIZORO® WRAP**, está previsto para el refuerzo a flexión y cortante de elementos y para el confinamiento de pilares.

**DRIZORO, S.A.U.**, proporciona asistencia técnica para permitir al autor del proyecto y/o a la Dirección Facultativa, el cálculo y definición para su ejecución, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.



## REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS

## REFUERZO POR CAMBIOS DE USO

## REPARACIÓN DE DAÑOS

## RECTIFICACIÓN DE ERRORES

## ADAPTACIÓN A NUEVAS NORMATIVAS

## REFUERZOS DE ESTRUCTURAS FRENTE A SISMO

Refuerzo de Vigas a Flexión

Refuerzo de Pilares a Compresión

Refuerzo de Elementos a Cortante y Torsión



PUENTES



CHIMENEAS



PILARES



TÚNELES



VIGAS



EDIFICIOS HISTÓRICOS



VOLADIZOS



LOSAS

En base a la fibra de carbono, se han ido desarrollando diferentes productos que emplean este material en forma pura, tejido de fibra de carbono, o como materia prima junto con resinas poliméricas para la elaboración de laminados o barras prefabricadas.

## DRIZORO® WRAP



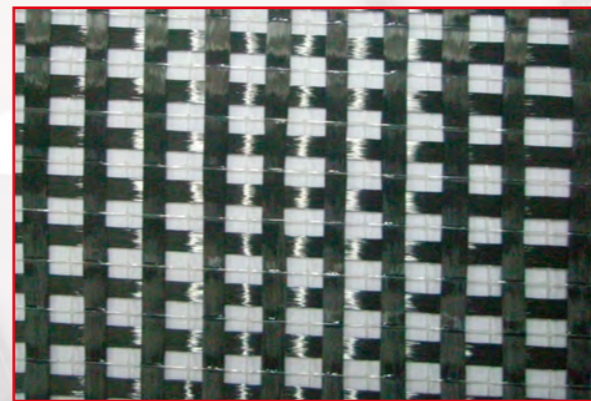
El sistema **DRIZORO® WRAP** está formado por tejido unidireccional de fibra de carbono puro de diferentes anchos, espesores y módulo de elasticidad que son adheridas a la superficie mediante resinas epoxi para crear el laminado in situ, **MAXPRIMER® C** como imprimación, **MAXEPOX® CS** como impregnación y **MAXEPOX® CP** para espatulado de superficies de hormigón.



| PROPIEDADES FÍSICAS DEL TEJIDO UNIDIRECCIONAL DE F. C. |                       |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nombre del Producto                                    | DRIZORO® WRAP 200     | DRIZORO® WRAP 300     | DRIZORO® WRAP 600     | DRIZORO® WRAP HM      |
| Espesor (mm)   | 0,111                 | 0,167                 | 0,333                 | 0,163                 |
| Módulo de elasticidad (MPa)                            | 2,3 · 10 <sup>5</sup> | 2,3 · 10 <sup>5</sup> | 2,3 · 10 <sup>5</sup> | 4,4 · 10 <sup>5</sup> |

## DRIZORO® CARBOMESH

**DRIZORO® CARBOMESH** es un sistema compuesto basado en malla plana de tejido de fibra de carbono de alta resistencia dispuesto en dos direcciones ortogonales, para la reparación y el refuerzo de estructuras de hormigón, madera y fábricas de ladrillo y mampostería. Puede adherirse con mortero epoxi **MAXEPOX® CARBOFIX** o mortero de cemento **CONCRESEAL® CARBOMESH**.

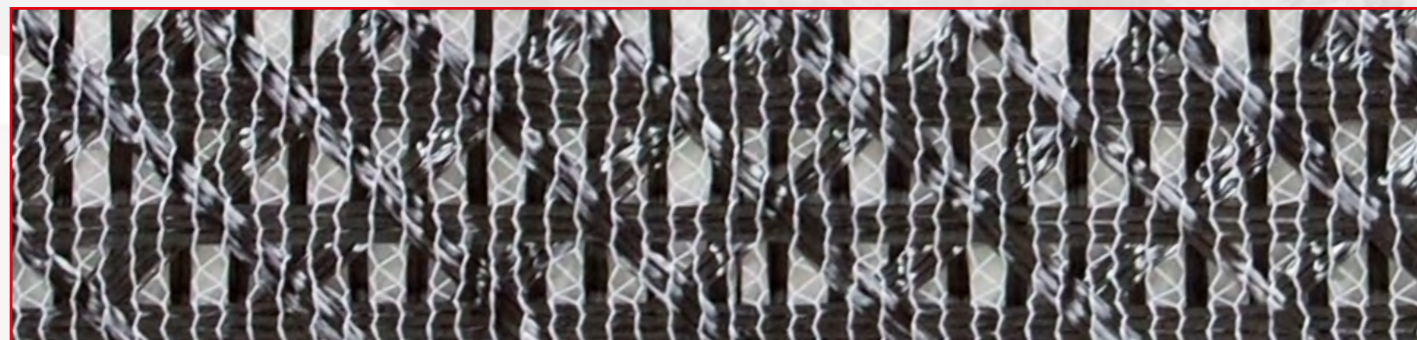


| PROPIEDADES FÍSICAS DEL TEJIDO BIDIRECCIONAL DE F. C. |                        |                        |                        |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| Nombre del Producto                                   | DRIZORO® CARBOMESH 160 | DRIZORO® CARBOMESH 210 | DRIZORO® CARBOMESH 300 |
| Gramaje (g/m <sup>2</sup> )                           | 160 ± 5%               | 210 ± 5%               | 300 ± 5%               |
| Módulo de elasticidad (MPa)                           | 2,3 · 10 <sup>5</sup>  |                        |                        |

## DRIZORO® WRAP QUADRIAXIAL

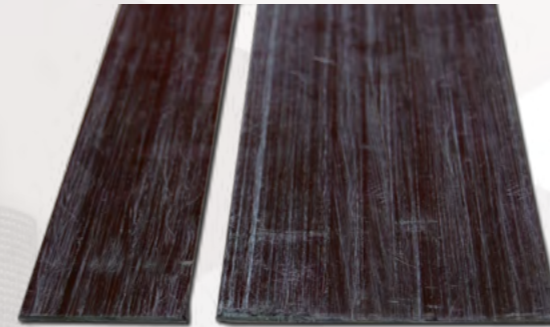
**DRIZORO® WRAP QUADRIAXIAL** es un sistema compuesto basado en tejido plano de fibra de carbono, dispuesto en cuatro direcciones, y resinas epoxídicas, para la reparación y el refuerzo de estructuras de hormigón, acero, madera y fábricas de ladrillo y mampostería.

| PROPIEDADES FÍSICAS DEL TEJIDO CUADRIAXIAL DE F. C. |                               |                               |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Nombre del Producto                                 | DRIZORO® WRAP QUADRIAXIAL 380 | DRIZORO® WRAP QUADRIAXIAL 760 |
| Gramaje (g/m <sup>2</sup> )                         | 380 ± 5%                      | 760 ± 5%                      |
| Módulo de elasticidad (MPa)                         | 2,2 · 10 <sup>5</sup>         |                               |



## DRIZORO® COMPOSITE

### Laminados de Fibra de Carbono



| PROPIEDADES FÍSICAS DEL LAMINADO DE F. C. |                         |                         |                         |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nombre del Producto                       | DRIZORO® COMPOSITE 1405 | DRIZORO® COMPOSITE 1408 | DRIZORO® COMPOSITE 1410 | DRIZORO® COMPOSITE 1412 |
| Ancho (mm)                                | 50                      | 80                      | 100                     | 120                     |
| Espesor (mm)                              | 1,4                     |                         |                         |                         |
| Módulo de elasticidad (MPa)               | 1,65 · 10 <sup>5</sup>  |                         |                         |                         |
| Tensión de rotura a tracción (MPa)        | 2.600                   |                         |                         |                         |
| Elongación de rotura (%)                  | 1,60                    |                         |                         |                         |

**DRIZORO® COMPOSITE** es un laminado de fibra de carbono en matriz epoxi obtenido mediante un proceso de pultrusión continuo y automatizado. Su elevada resistencia a la tracción unida a su ligereza y facilidad de aplicación, le convierte en un sistema eficaz para el refuerzo de elementos de hormigón, acero y madera sometidos a esfuerzos de tracción provocados por flexión.

**DRIZORO® COMPOSITE** se adhiere a la superficie del soporte mediante el adhesivo epoxi estructural **MAXEPOX® CARBOFIX**.

## DRIZORO® CARBOROD

### Barras de Fibra de Carbono



**DRIZORO® CARBOROD** es una barra de alta resistencia mecánica para la reparación y refuerzo de estructuras de hormigón y mampostería, compuesta por fibras de carbono orientadas linealmente y embebidas en una matriz de resina epoxi conformadas mediante un proceso de pultrusión.

**DRIZORO® CARBOROD** se coloca en el interior del soporte mediante rozas superficiales o taladros, adherida y embebida con el adhesivo epoxi estructural **MAXEPOX® CARBOFIX**.

| PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS BARRAS DE F. C. |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nombre del Producto                        | DRIZORO® CARBOROD 308 | DRIZORO® CARBOROD 310 | DRIZORO® CARBOROD 312 |
| Diámetro (mm)                              | 8                     | 10                    | 12                    |
| Longitud (m)                               | 3,0                   |                       |                       |
| Módulo de elasticidad (MPa)                | 1,5 · 10 <sup>5</sup> |                       |                       |

## DRIZORO® WRAP CONNECT

### Conectores de Fibra de Carbono



**DRIZORO® WRAP CONNECT** es un conjunto de hilos de fibra de carbono de alta resistencia mecánica envueltos en una malla protectora para el anclaje y conexión estructural de los sistemas **DRIZORO® WRAP** y **DRIZORO® CARBOMESH** con el hormigón a reforzar.

**DRIZORO® WRAP CONNECT** se impregna en la resina **MAXEPOX CS** para lograr su endurecimiento y su posterior anclaje a la estructura con la resina epoxi **MAXFIX-ER**, dejando una parte del conjunto sin endurecer para su solape con las hojas de **DRIZORO WRAP**.

## DRIZORO® CARBO CONNECT

### Conectores de Fibra de Carbono



**DRIZORO® CARBO CONNECT** es una barra cilíndrica de hilos de fibra de carbono de alta resistencia mecánica para el anclaje y conexión estructural de los sistemas **DRIZORO® WRAP** y **DRIZORO® CARBOMESH** con el hormigón a reforzar. Disponible en varios diámetros.

**DRIZORO® CARBO CONNECT** se coloca en el interior de la estructura con la resina epoxi **MAXFIX-ER**, dejando los hilos en el exterior para su solape con las hojas de **DRIZORO® WRAP**.

# ÁMBITOS DE APLICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRA DE CARBONO



Sustitución de armaduras de acero afectadas por procesos de corrosión.

Reparación de estructuras de hormigón dañadas por accidentes y patologías, defectos de diseño o proyecto, errores de construcción, etc.

Los sistemas **DRIZORO® WRAP** y **DRIZORO® CARBOMESH** de refuerzo estructural permite la realización de cualquier tipo de refuerzo debido a su flexibilidad y adaptabilidad a las formas de la superficie, siendo capaz de reforzar vigas a flexión y cortante o pilares a compresión mediante confinamiento.

Los laminados **DRIZORO® COMPOSITE** permiten refuerzos de vigas, viguetas y voladizos con esfuerzos de tracción debidos a la flexión, reduciendo las deformaciones de las armaduras del hormigón en servicio y mejorando el estado de fisuración.

Las barras **DRIZORO® CARBOROD**, se comportan como barras de acero, cumpliendo sus mismas leyes, precisando menores diámetros para asumir las mismas cargas y sin problemas de corrosión.



Elementos de hormigón, acero y madera sometidos a esfuerzos de tracción: vigas, viguetas, jácenas, losas, etc.

Adecuación a normativa vigente o adaptación a las nuevas normativas de edificación.

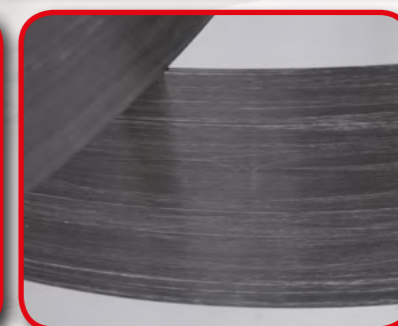
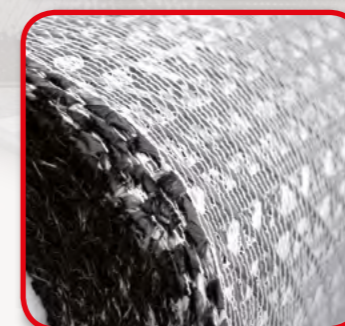


Restauración de elementos portantes y trabajos de rehabilitación en edificios históricos.

Construcción de estructuras de hormigón armado ligeras, esbeltas o con reducido recubrimiento de protección.

Rehabilitación de puentes, chimeneas, silos y estructuras singulares.

|   |                   | Tejido de Carbono | Laminado | Barras |
|---|-------------------|-------------------|----------|--------|
| Vigas<br>Viguetas<br>Voladizos<br>Losas | Flexión           | ✓                 | ✓        | ✓      |
|   | Cortante          | ✓                 |          |        |
| Pilares                                 | Flexión           | ✓                 |          | ✓      |
|   | Cortante          | ✓                 |          |        |
|   | Compresión        | ✓                 |          |        |
| Muros                                   | Flexión           | ✓                 | ✓        | ✓      |
|   | Cosido de grietas | ✓                 |          | ✓      |



Refuerzo de estructuras de hormigón por requerimientos de incremento de carga, mejora de la capacidad de servicio y/o cambios de especificación.

## Preparación del Soporte

Previa a la aplicación de los sistemas de refuerzo estructural, preparar el soporte siguiendo las instrucciones de los Boletines Técnicos correspondientes, para asegurar una correcta y uniforme adherencia de los elementos de refuerzo y evitar la delaminación.



Eliminación de filos cortantes como las rebabas del hormigón.



Saneado del hormigón deteriorado, eliminando la superficie degradada.

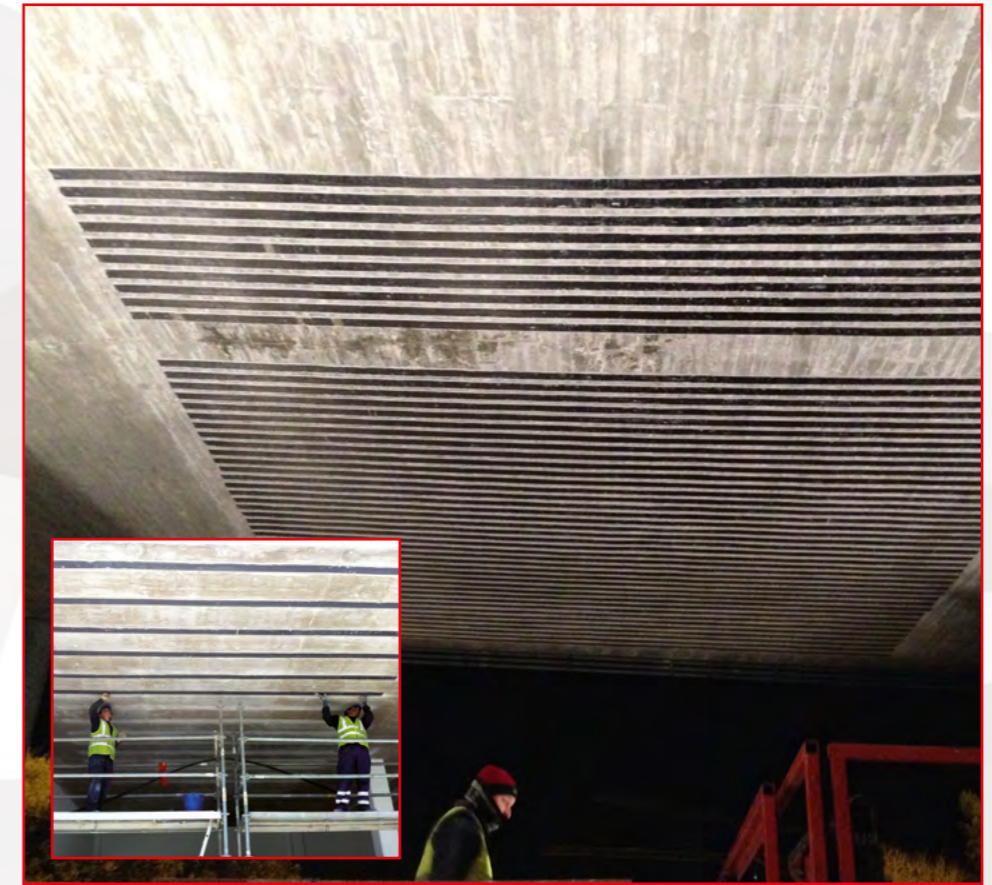


Regularización de la planimetría de las superficies.



## Aplicación DRIZORO® COMPOSITE

Aplicar sobre el laminado **DRIZORO® COMPOSITE** y sobre el soporte una capa continua y uniforme de adhesivo **MAXEPOX® CARBOFIX** con espesor de 1 a 3 mm. Colocar **DRIZORO® COMPOSITE** dentro del tiempo abierto del adhesivo y presionar el laminado con un rodillo macizo hasta obligar a que el adhesivo rebose por los laterales, a continuación retirar el adhesivo sobrante con una espátula.

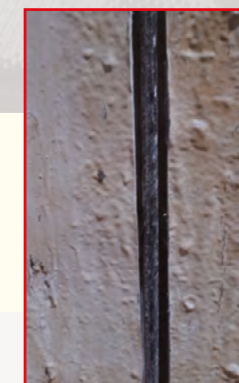


## Aplicación DRIZORO® CARBOROD

Realizar una acanaladura o taladro en el soporte de un tamaño 1,5 veces el diámetro de la barra a colocar. Aplicar el adhesivo estructural **MAXEPOX® CARBOFIX** en el interior de la acanaladura o **MAXFIX® -ER** en el taladro, asegurándose de su completo relleno sin que quede aire ocluido. Seguidamente colocar la barra **DRIZORO® CARBOROD** presionándola ligeramente mientras el adhesivo estructural está aún fresco, de forma que quede completamente embebida. Por último, terminar de recubrir la barra con el adhesivo y limpiar todo exceso sobrante antes de su endurecimiento.



Preparación y replanteo del refuerzo con **DRIZORO® CARBOROD**.



Colocación de la barra en el interior de la acanaladura.



Anclaje de las barras a la losa con **MAXFIX® -ER**.



Embebido de las barras con **MAXEPOX® CARBOFIX**.

## Aplicación DRIZORO® WRAP



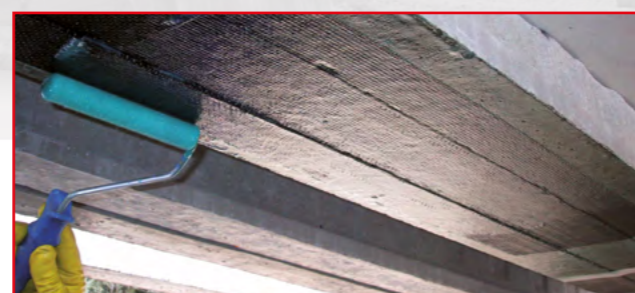
1. Una vez preparado el soporte, aplicar la imprimación **MAXPRIMER®-C**. Esta imprimación penetra en el soporte, aumentando su resistencia y mejorando la adherencia del Sistema **DRIZORO® WRAP**.



3. Preparar las diferentes piezas de tejido de fibras de carbono en sus dimensiones específicas de acuerdo con el plan de trabajo que se haya establecido.



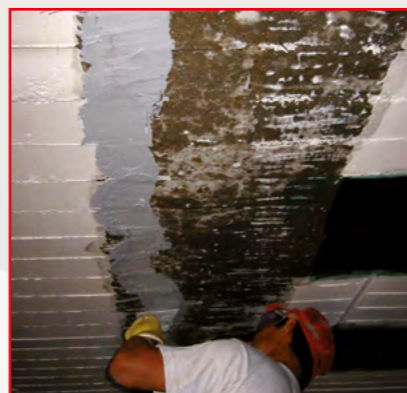
4. Adherir las diferentes hojas de tejido utilizando la resina **MAXEPOX®-CS**. Dicha resina tiene como principal finalidad proporcionar una matriz, fuertemente adherida al soporte, que sustente a las fibras de carbono y además, sirva como medio de transmisión de los esfuerzos desde el hormigón hasta las fibras.



6. Finalizar la aplicación con una última capa de resina **MAXEPOX®-CS** comprobando que no se forman bolsas de aire.



5. Pasar rodillo metálico para mejorar el contacto del tejido con el hormigón, presionando fuertemente, eliminando posibles arrugas y aire ocluido.



2. En caso de pequeñas coqueas o defectos del soporte, aplicar masilla de nivelación **MAXEPOX®-CP**.

## Aplicación DRIZORO® CARBOMESH

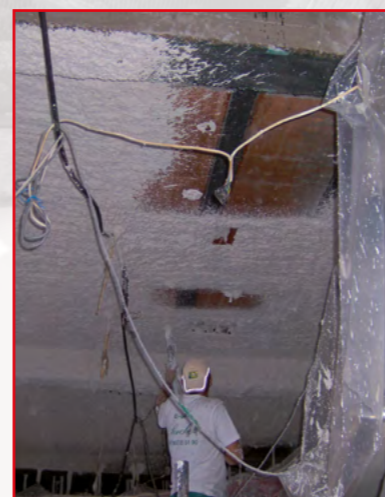
La adhesión de la malla de tejido se podrá realizar con **MAXEPOX® CARBOFIX**, sobre hormigón, madera y acero o con **CONCRESEAL® CARBOFIX** sobre hormigón, mampostería de piedra, fábrica de ladrillo y bloque tradicional.

Aplicar **MAXEPOX® CARBOFIX** o **CONCRESEAL® CARBOFIX** mediante llana dentada, e inmediatamente después, mientras la resina / mortero está aún fresca, colocar **DRIZORO® CARBOMESH** procediendo a su alisado contra la superficie, para que se consiga una buena humectación y adherencia, procurando que la malla quede embebida perfectamente.



Finalizar la aplicación con una última capa de **MAXEPOX® CARBOFIX** o **CONCRESEAL® CARBOFIX** comprobando que no se forman bolsas de aire.

## Protección y Acabado Final



El sistema **DRIZORO®** para refuerzo estructural mediante fibra de carbono es extremadamente resistente a las condiciones ambientales (calor, humedad, ciclos hielo/deshielo, ambiente marino), a los agentes químicos (gasolinas, ácidos) y a la radiación ultravioleta. Desde el punto de vista arquitectónico y estético puede resultar recomendable aplicar un revestimiento en zonas vistas o bien, aplicar un mortero de protección en zonas sometidas a posibles impactos. Para ello, se pueden emplear algunos de los morteros y revestimientos **DRIZORO®**.





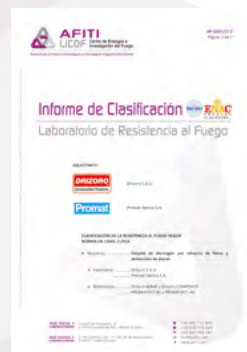


# SISTEMA DE PROTECCION PASIVA CONTRA EL FUEGO: 120 minutos

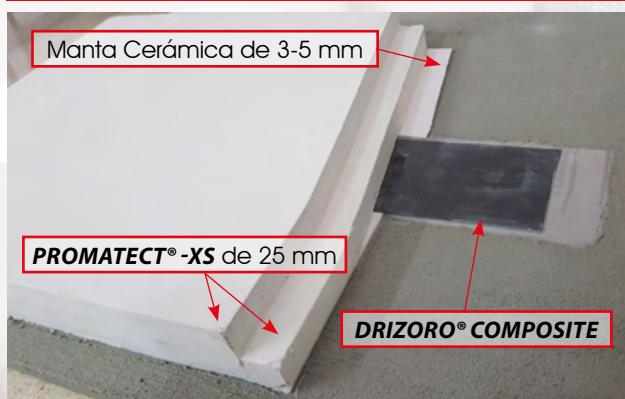


**DRIZORO® S.A.U.** y **PROMAT IBÉRICA S.A.** han colaborado en el desarrollo de un exclusivo sistema de protección pasiva frente al fuego para los sistemas de refuerzo de Fibra de Carbono **DRIZORO® WRAP** y **DRIZORO® COMPOSITE**. Sistema certificado en Afiti Licof, laboratorio oficial acreditado, obteniendo una **resistencia de 120 minutos sin superar las temperaturas de transición vítrea de la resina MAXEPOX® CS y del mortero epoxi MAXEPOX® CARBOFIX** tanto para versión verano (S) como versión invierno (W).

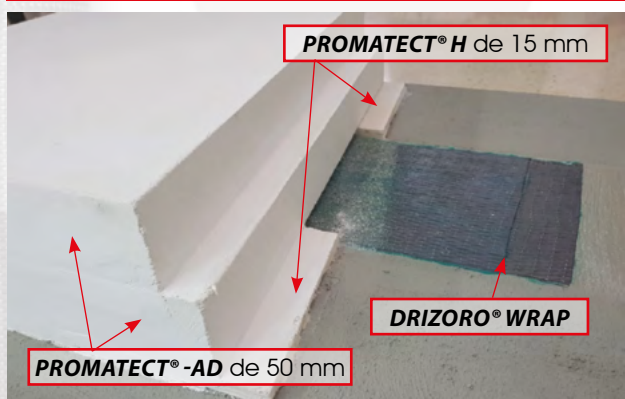
**RESISTENCIA AL FUEGO DE 120 minutos**  
Informe de Licof Nº: 9397/17-2.



**SISTEMA DRIZORO® COMPOSITE:**  
**Sistema de protección al fuego:**  
Fibra cerámica de 3- 5 mm y doble placa **PROMATECT® -XS** de 25 mm.



**SISTEMA DRIZORO® WRAP:**  
**Sistema de protección al fuego:**  
Placa **PROMATECT® H** de 15 mm y doble placa **PROMATECT® -AD** de 50 mm.



Tras la realización del ensayo oficial de fuego se procede a desmontar los sistemas de placa a fin de realizar pruebas de Pull – Off. Los resultados obtenidos corroboran el correcto funcionamiento de los sistemas **DRIZORO® WRAP** y **DRIZORO® COMPOSITE** tras el ensayo de fuego gracias a los sistemas de protección pasiva descritos.



**DRIZORO, S.A.U.**  
C/ Primavera, 50-52 Parque Industrial Las Monjas  
28850 TORREJÓN DE ARDOZ - MADRID (Spain)  
Tel.: (34) 91 676 66 76 - (34) 91 677 61 75 FAX: (34) 91 675 78 13  
E-mail: [info@drizoro.com](mailto:info@drizoro.com) - Web: [www.drizoro.com](http://www.drizoro.com)



# Ficha de datos técnicos PLA

Ultimaker

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Denominación química        | Ácido poliláctico  |
| Descripción                 | El filamento de PLA Ultimaker ofrece una experiencia de impresión 3D sencilla gracias a su fiabilidad y buena calidad superficial. Nuestro PLA está fabricado con materiales orgánicos y renovables. Es seguro, fácil de utilizar en la impresión y se adecua a una amplia gama de aplicaciones para usuarios nuevos y experimentados. |
| Características principales | El PLA ofrece una buena resistencia a la tracción y calidad superficial, facilita el trabajo a altas velocidades de impresión, simplifica el uso en entornos domésticos y de oficina y permite la creación de piezas de alta resolución. Existe una amplia gama de opciones de color disponibles.                                      |
| Aplicaciones                | Herramientas domésticas, juguetes, proyectos educativos, objetos de exposición, prototipado, modelos arquitectónicos y también métodos de fundición a la cera perdida para crear piezas de metal.  |
| No adecuado para            | Aplicaciones en contacto con alimentos e in vivo. Uso prolongado en exteriores o aplicaciones en las cuales la parte impresa está expuesta a temperaturas superiores a 50 °C.  |

## Especificaciones del filamento

|                               | <u>Valor</u>   | <u>Método</u> |
|-------------------------------|----------------|---------------|
| Diámetro                      | 2,85 ± 0,10 mm | -             |
| Desviación de redondez máxima | 0,10 mm        | -             |
| Peso neto del filamento       | 350 g / 750 g  | -             |
| Longitud del filamento        | ~44 m / ~95 m  | -             |

## Información sobre el color

| <u>Color</u>         | <u>Código de color</u> |
|----------------------|------------------------|
| PLA verde            | RAL 6018               |
| PLA negro            | RAL 9005               |
| PLA plata metalizado | RAL 9006               |
| PLA blanco           | RAL 9010               |
| PLA transparente     | n.p.                   |
| PLA naranja          | RAL 2008               |
| PLA azul             | RAL 5002               |
| PLA magenta          | RAL 4010               |
| PLA rojo             | RAL 3020               |
| PLA amarillo         | RAL 1003               |
| PLA blanco nacarado  | RAL 1013               |

| <u>Propiedades mecánicas (*)</u>                             | <u>Moldeo por inyección</u> |                  | <u>Impresión 3D</u>   |                        |
|--|-----------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|
|  | Valor típico                | Método de ensayo | Valor típico          | Método de ensayo       |
| Módulo de elasticidad a la tracción                          | -                           | -                | 2346,5 MPa            | ISO 527<br>(1 mm/min)  |
| Esfuerzo de tracción a la deformación                        | -                           | -                | 49,5 MPa              | ISO 527<br>(50 mm/min) |
| Esfuerzo de tracción a la rotura                             | -                           | -                | 45,6 MPa              | ISO 527<br>(50 mm/min) |
| Alargamiento a la deformación                                | -                           | -                | 3,3 %                 | ISO 527<br>(50 mm/min) |
| Alargamiento a la rotura                                     | -                           | -                | 5,2 %                 | ISO 527<br>(50 mm/min) |
| Resistencia a la flexión                                     | -                           | -                | 103,0 MPa             | ISO 178                |
| Módulo de flexión  | -                           | -                | 3150,0 MPa            | ISO 178                |
| Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C) | -                           | -                | 5,1 kJ/m <sup>2</sup> | ISO 180                |
| Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)          | -                           | -                | -                     | -                      |
| Dureza   | -                           | -                | 83 (Shore D)          | Durómetro              |

| <u>Propiedades térmicas</u>           | <u>Valor típico</u> | <u>Método de ensayo</u>       |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Índice de fluidez (MFR)               | 6,09 g/10 min       | ISO 1133<br>(210 °C, 2,16 kg) |
| Deformación térmica (HDT) a 0,455 MPa | -                   | -                             |
| Deformación térmica (HDT) a 1,82 MPa  | -                   | -                             |
| Transición vítrea                     | ~60 °C              | ISO 11357                     |
| Coefficiente de expansión térmica     | -                   | -                             |
| Temperatura de fusión                 | 145-160 °C          | ISO 11357                     |
| Contracción térmica                   | -                   | -                             |

| <u>Otras propiedades</u> | <u>Valor típico</u> | <u>Método de ensayo</u> |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|
| Gravedad específica      | 1,24                | ASTM D1505              |
| Clasificación de llama   | -                   | -                       |

(\*) Ver las notas.

## Notas

Las propiedades indicadas corresponden a los valores promedio de un lote típico. Las muestras de prueba impresas en 3D se imprimieron en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.1, una Ultimaker 2+, una tobera de 0,4 mm, relleno del 90 %, una temperatura de tobera de 210 °C y una temperatura de la placa de impresión de 60 °C. Los valores son la media de 5 muestras blancas y 5 negras para los ensayos de tracción, flexión e impacto. La dureza Shore D se midió en un recuadro de 7 mm de grosor impreso en el plano XY, utilizando el perfil de calidad normal en Cura 2.5, una Ultimaker 3, un núcleo de impresión de 0,4 mm y relleno del 100 %. Ultimaker trabaja constantemente para ampliar la información de las fichas de datos técnicos.

## Descargo de responsabilidad

La información o asistencia técnica proporcionadas en esta ficha se facilitan y aceptan por su cuenta y riesgo y Ultimaker y sus filiales no ofrecen ninguna garantía relativa o debida a ellas. Ultimaker y sus filiales no asumen ninguna responsabilidad por el uso de esta información o de ningún producto, método o aparato mencionado y deberá determinar personalmente su idoneidad e integridad para su propio uso, para la protección del medio ambiente y para la salud y la seguridad de sus empleados y los compradores de sus productos. No se ofrece ninguna garantía sobre la capacidad para el comercio o la idoneidad de ningún producto y nada de lo aquí estipulado constituye una renuncia a ninguna de las condiciones de venta de Ultimaker. Las especificaciones están sujetas a modificación sin previo aviso.

Versión

Versión 3.011

Fecha

16/05/2017

**Ultimaker**



# PLA filamento: ficha técnica

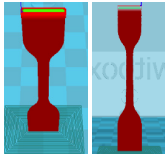
| PROPIEDAD                         | VALOR   | UNIDADES          | MÉTODO DE TESTEO |
|-----------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| <b>Propiedades generales</b>      |         |                   |                  |
| Densidad                          | 1,24    | g/cm <sup>3</sup> | ASTM D792        |
| <b>Propiedades mecánicas</b>      |         |                   |                  |
| Módulo elástico en flexión        | 3600    | MPa               | ISO 178          |
| Resistencia a la flexión          | 108     | MPa               | ISO 178          |
| Dureza Sh D                       | 85      | Sh D              | ASTM D2240       |
| <b>Propiedades térmicas</b>       |         |                   |                  |
| Temperatura de flexión bajo carga | 56      | °C                | ISO 75/2B        |
| Temperatura de fusión             | 145-160 | °C                | ASTM D3418       |
| Temperatura de transición vítrea  | 56-64   | °C                | ASTM D3418       |

Además de las propiedades descritas, hemos realizado los ensayos de tracción tanto de probetas inyectadas como de probetas impresas con nuestro PLA, para conocer las propiedades mecánicas de la pieza impresa final. En la siguiente tabla se recogen estos resultados:

| Propiedades mecánicas               | Probetas inyectadas | Probetas impresas <sup>a</sup> | Probetas impresas <sup>b</sup> | Unidades | Método de testeo |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|------------------|
| Resistencia a la rotura en tracción | 52                  | 50                             | 39                             | MPa      | ISO 527          |
| Deformación a rotura en tracción    | 5                   | 9                              | 4                              | %        | ISO 527          |
| Módulo elástico en tracción         | 1320                | 1230                           | 1120                           | MPa      | ISO 527          |

<sup>a</sup> Estirado en dirección paralela a las capas.

<sup>b</sup> Estirado en dirección perpendicular a las capas

| Probetas   | Altura de capa (mm) | Grosor pared exterior (mm) | Grosor parte inferior/superior (mm) | Densidad del relleno (%) | Diseño de impresión   |
|--|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| Probeta impresa en dirección paralela a las capas      | 0,2                 | 2                          | 0,2                                 | 100                      |  |
| Probeta impresa en dirección perpendicular a las capas | 0,3                 | 1                          | 0,3                                 | 100                      |  |

# Ficha de datos de seguridad del material

De acuerdo con la Directiva 1907/2006 de la UE

## 1. Identificación del producto y de la empresa.

**Nombre del producto:** Filamento PLA Premium BQ

**Uso del producto:** Impresión 3D.

**Información del proveedor de la hoja de datos de seguridad:**

Mundo Reader SL

C/Sofía 10 – Pol. Europolis

28232 Las Rozas de Madrid

España

[www.bq.com/es/support](http://www.bq.com/es/support)

**Número de teléfono para emergencias:** 112

## 2. Identificación de peligros.

**Clasificación:** Este producto NO se ha clasificado de acuerdo con la reglamentación 29 CFR 1910.1200 Hazard Communication Standard 2012.

**Declaración de peligro:** Ninguna.

**Consejos de prudencia:** Ninguno.

**Palabra de advertencia:** Ninguna.

**Efectos potenciales sobre la salud:** Véase la Sección 11 para más información.

**Precauciones medioambientales:** Véase la Sección 12 para más información.

**Otros peligros:** Ninguno.

## 3. Composición/información sobre los componentes.

**Nombre químico:** Resina poliláctica 9051-89-2.

**Peso %:** >98.

## 4. Medidas de primeros auxilios.

**Contacto con los ojos:** Es poco probable que se necesiten primeros auxilios. El polvo puede irritar los ojos: Lavar con agua durante varios minutos. Retirar las lentes de contacto (si existen y son fáciles de quitar). Continuar lavando con agua. Buscar atención médica si es necesario.

**Contacto con la piel:** Es poco probable que se necesiten primeros auxilios. Si se produce irritación de la piel, lavar con jabón y agua y buscar consejo/atención médica. Enfriar rápidamente la piel con agua fría tras el contacto con el polímero caliente y no separar el producto solidificado de la piel. Buscar atención médica si es necesario.

**Inhalación:** Buscar aire fresco. Llamar a un médico inmediatamente.

**Ingestión:** Beber agua como precaución. No suministrar nada por vía oral a una persona inconsciente. No inducir el vómito sin asesoramiento médico. Llamar a un médico inmediatamente.

**Inhalación:** El calor puede hacer que se generen vapores irritantes. En caso de inhalación de productos de descomposición, la persona afectada debe ser trasladada a un lugar ventilado y permanecer quieto. Buscar consejo/atención médica.

**Notas para el médico:** Tratamiento sintomático.

## 5. Medidas de lucha contra incendios.

**Inflamabilidad:** Temperatura de autoignición 388°C.

**Límites de inflamabilidad en el aire:**

**Límites de inflamabilidad en el aire - inferior (%):** No aplicable.

**Límites de inflamabilidad en el aire - superior (%):** No aplicable.

**Medios de extinción adecuados:** Espuma. Agua. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Polvo químico seco. En caso de estar disponibles, son preferibles espumas resistentes al alcohol. Las espumas sintéticas multiusos (incluida AFFF) o las espumas de proteína pueden funcionar, pero con mucha menos efectividad.

**Medios de extinción que no deben usarse por motivos de seguridad:** Ninguno conocido.

**Productos de descomposición peligrosos:** El proceso de quemado produce humos tóxicos e irritantes como aldehídos, monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Equipo de protección especial para bomberos:** Como en cualquier fuego, se debe usar un equipo de respiración autónoma aprobado por MSHA/NIOSH (o equivalente) y un equipo de protección personal.

**En condiciones de fuego:** Enfriar los recipientes / depósitos con agua pulverizada. Se puede usar agua nebulizada para enfriar los recipientes cerrados.

## 6. Medidas en caso de vertido accidental.

**Precauciones personales:** Usar equipo de protección. Véase la Sección 8 para más información.

**Métodos de limpieza:** Dejar que se solidifique el producto fundido y recoger el material vertido en un recipiente adecuado para su reutilización o eliminación.

**Precauciones medioambientales:** No verter en aguas superficiales o al sistema de alcantarillado. No permitir que el material contamine el sistema de aguas subterráneas.

## 7. Manipulación y almacenamiento.

**Precauciones para una manipulación segura:** Minimizar la generación y acumulación de polvo. Evitar el contacto con el producto caliente o fundido.

**Almacenamiento:** Almacenar en un lugar fresco. Mantener a una temperatura por debajo de 122F (50°C). Proteger de la humedad y de la luz directa del sol. No existen restricciones especiales respecto al almacenamiento con otros productos.

**Precauciones:** No son necesarias precauciones especiales.

## 8. Controles de exposición/protección individual

**UE - Exposición profesional (98/24/CE) - Valores límite biológicos vinculantes y medidas de vigilancia de la salud:** No existen valores límite biológicos para ninguno de los componentes de este producto.

**ACGIH - Límites de concentración máxima - Índices de exposición biológica (BEI):** No existen valores límite biológicos para ninguno de los componentes de este producto.

**Controles técnicos:** Facilitar un sistema de extracción local de vapores y humos. La ventilación debe ser suficiente para eliminar y evitar de forma efectiva la acumulación de polvos y vapores que pudieran generarse como resultado de la manipulación o del procesamiento térmico.

**Medidas de protección, como equipo de protección personal:**

**Protección de los ojos/cara:** Ninguna durante el uso normal. Protección frente a sólidos fundidos.

**Protección de la piel:** Ninguna durante el uso normal. Protección frente a sólidos fundidos.

**Protección respiratoria:** No es necesaria ninguna máscara respiratoria bajo condiciones normales de uso. Si se generaran polvos respirables, entonces será necesaria protección respiratoria.

**Recomendaciones sobre uso de guantes:** Protección frente a sólidos fundidos. En estado fundido: Llevar puestos guantes de protección térmica.

## 9. Propiedades físicas y químicas.

**Aspecto:** Bobina, filamento.  
**Color:** Ver la ficha técnica del filamento.  
**Estado físico:** Sólido.  
**Olor:** inodoro, dulce.  
**pH:** No aplicable.  
**Presión de vapor:** No determinado.  
**Densidad del vapor:** No determinado.  
**Tasa de evaporación:** No determinado.  
**Densidad:** 1,24 g/cm<sup>3</sup>.  
**Punto de ebullición/rango:** No aplicable.  
**Temperatura de descomposición:** 482°F (250°C).  
**Punto de fusión/rango:** 145-160°C.  
**Solubilidad en agua:** Insoluble.  
**Solubilidad en otros disolventes:** Ninguna conocida.  
**Umbral de detección de olor:** No determinado.  
**Punto de congelación:** No aplicable.  
**Punto de combustión:** No determinado.  
**Temperatura de autoignición:** 338°C.  
**Viscosidad relativa:** 3.3  
**Inflamabilidad:** No determinado.  
**Límites de inflamabilidad/explosión:** No aplicable.  
**Coefficiente de distribución:** No aplicable.  
**Propiedades explosivas:** No determinadas.  
**Propiedades de ignición:** No determinadas.

## 10. Estabilidad y reactividad.

**Reactividad:** El producto es químicamente estable bajo las condiciones de almacenamiento, uso y temperatura recomendadas.  
**Estabilidad:** Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas. Véase la Sección 7 para más información.  
**Condiciones a evitar:** Temperaturas por encima de 446 °F (230 °C).  
**Materiales a evitar:** Agentes oxidantes. Bases fuertes.  
**Productos de descomposición peligrosos:** El proceso de quemado produce humos tóxicos e irritantes como aldehídos, monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## 11. Información toxicológica.

**Principales rutas de exposición:** Contacto con los ojos. Contacto con la piel. Inhalación. Ingestión.  
**Toxicidad aguda:** No se observaron efectos sobre los órganos objetivo tras la ingestión o exposición cutánea en estudios con animales.  
**Inhalación:** No se prevé ningún peligro derivado de un uso normal de este producto. El polvo puede provocar irritación de la nariz, la garganta y las vías respiratorias superiores. El proceso de quemado produce humos irritantes.  
**Contacto con la piel:** El material fundido puede provocar quemaduras.  
**Contacto con los ojos:** El material fundido puede provocar quemaduras.  
**Ingestión:** La ingestión accidental puede provocar irritación gastrointestinal, náuseas, vómitos y diarrea.  
**Toxicidad a largo plazo:** En estudios de sensibilización cutánea con cobayas el producto no provocó ningún tipo de reacción alérgica.  
**Efectos mutagénicos:** No mutagénico en test AMES.  
**Toxicidad reproductiva:** No hay datos disponibles.  
**Efectos carcinógenos:** No hay datos disponibles.



**Efectos sobre órganos objetivo:** No se observaron efectos sobre los órganos objetivo tras la ingestión o exposición cutánea en estudios con animales.

**Piel:** LD50/cutáneo/conejo > 2000 mg/kg.

**Ingestión:** LD50/oral/rata > 5000 mg/kg.

## 12. Información ecológica.

**Toxicidad:** Véase la Sección 11 para más información.

**Persistencia y degradabilidad:** El producto es biodegradable.

**Potencial de bioacumulación:** No es bioacumulable. Inherentemente biodegradable.

**Movilidad:** No hay datos disponibles.

**Resultados PBT y vPvBs:** No aplicable.

## 13. Consideraciones relativas a la eliminación.

**Desechos de residuos / productos no utilizados:** De acuerdo con las normativas locales y nacionales. No contaminar estanques, ríos o acequias con productos químicos ni envases usados. La empresa no tiene ningún control sobre las prácticas de gestión o los procesos de producción de terceros que manipulan o usan este material.

## 14. Información de transporte.

**Departamento de Transporte de EE.UU. (DOT):**

Designación oficial de transporte: No regulado como material peligroso.

**IMDG:**

Designación oficial de transporte: Ninguno.

Clase de peligro: No regulado.

UN/Nº Id.: Ninguno.

Grupo de embalaje: Ninguno.

**ICAO/IATA:**

Designación oficial de transporte: Ninguno.

Clase de peligro: No regulado.

Grupo de embalaje: Ninguno.

## 15. Información reglamentaria.

(No pretende ser exhaustiva--representadas sólo normativas seleccionadas).

**AVISO:** La información contenida en el presente documento se proporciona de buena fe y se considera exacta en la fecha de publicación que aparece más arriba. No obstante, no se garantiza de forma expresa o implícita dicha información.

Los requisitos normativos están sujetos a modificación y pueden diferir de un lugar a otro; es responsabilidad del comprador garantizar que sus actividades son conformes con la legislación, federal, estatal y local. La siguiente información específica se proporciona con el fin de cumplir las distintas leyes y normativas federales, estatales y locales.

Consultar otras secciones para obtener información de seguridad e higiene.

**REGULACIONES DE EE.UU.**

SARA 313 título III: No incluido.

Lista de inventario TSCA: Incluido.

**REGULACIONES ESTATALES:**

Propuesta 65 de California: No incluido.

**INVENTARIOS INTERNACIONALES:**

Lista de inventario DSL canadiense: Incluido

Lista REACH/EU EINECS: Los componentes son conformes y/o están incluidos.

Japón (ECL): Incluido.  
Australia (AICS): Incluido.  
Inventario de productos químicos coreano: Incluido.  
Inventario de productos químicos filipino (PICCS): No incluido.  
Inventario chino de sustancias químicas existentes: Incluido.

## 16. Información adicional.

Nueva SDS: 21/06/2016

### Lista de acrónimos:

**CFR:** Código de reglamentos federales  
**AFFF:** Espuma creadora de película acuosa  
**MSHA:** Administración de seguridad y salud en las minas  
**NIOSH:** Instituto nacional para la seguridad y la salud laboral  
**EU:** Unión Europea  
**ACGIH:** Asociación estadounidense de higienistas industriales gubernamentales  
**BEI:** Índices de exposición biológica.  
**DOT:** Departamento de Transporte  
**IMDG:** Código marítimo internacional para mercancías peligrosas  
**ICAO:** Organización de aviación civil internacional  
**IATA:** Asociación internacional del transporte aéreo  
**TSCA:** Ley de control de sustancias tóxicas  
**SARA:** Ley de enmiendas y reautorización del super fondo  
**DSL:** Lista nacional de sustancias  
**EINECS:** Inventario europeo de sustancias químicas comerciales existentes  
**ECL:** Lista de sustancias químicas existentes  
**AICS:** Inventario australiano de sustancias químicas  
**PICCS:** Inventario filipino de sustancias y productos químicos  
**SDS:** Hoja de datos de seguridad.

**Notas:** Es obligación del usuario final hacer un uso razonable de este producto, teniendo en consideración el tipo de pieza impresa y su finalidad. Se deben tener en cuenta las características del filamento utilizado con la impresora 3D. Con carácter general y sin restricciones, las piezas impresas con Filamento PLA Premium BQ no deben ser sometidas a condiciones que puedan poner en riesgo su integridad física.

# CEM I 52,5 R

UNE-EN 197-1:2011

cimento



## CIMENTO CINZENTO ESPECIAL RECOMENDADO PARA UTILIZAÇÃO NA REALIZAÇÃO DE BETÕES DE MÁXIMA RESISTÊNCIA INICIAL, ELEMENTOS PREFABRICADOS OU PRÉ-ESFORÇADOS



### MÁXIMA RESISTÊNCIA A IDADES JOVENS

O cimento CEMEX CINZENTO - CEM I 52,5 R é um cimento concebido para garantir as máximas resistências a todas as idades o que o faz especialmente indicado para os trabalhos mais exigentes.

A sua máxima resistência a idade jovem garante a sua eficiência em trabalhos de desmoldagem rápida para a sua aplicação em prefabricados de betão, elementos de betão pré-esforçado, assim como em caldas de injeção para bainhas de pós-esforçado e betões projetados.

Trata-se de um cimento sem adições que favorece a criação de uma reserva alcalina alta no betão passivando o aço das armaduras. A sua alta velocidade de geração de calor de hidratação torna-o especialmente apto para a sua utilização em tempo frio.

### UTILIZAÇÕES RECOMENDADAS

Betão de alta resistência.  
Betão pronto e argamassas estabilizadas.  
Prefabricados de betão.  
Betão pré-esforçado.  
Caldas de cimento.

### PRECAUÇÕES

Armazenar em locais secos e à prova de água. Conservar os sacos em local seco, protegido da chuva e isolado do solo.  
Não adequado para betão pré-esforçado conforme instruções EHE.  
Não misturar com gesso nem com outros cimentos.

## ESPECIFICAÇÕES

Especificações UNE EN 197-1:2011

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>Componentes</b>       |            |
| Clínquer                 | 95 a 100 % |
| Componentes minoritários | 0 a 5 %    |

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| <b>Características químicas</b> |         |
| Perda por calcinação (P.P.C.)   | ≤ 5,0 % |
| Resíduo insolúvel (R.I.)        | ≤ 5,0 % |
| Sulfato (SO <sub>3</sub> )      | ≤ 4,0 % |
| Cloretos (Cl)                   | ≤ 0,1%  |

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| <b>Características físicas</b> |              |
| Início de presa                | ≥ 45 minutos |
| Expansibilidade                | ≤ 10 mm      |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>Resistências à compressão</b> |            |
| 7 dias                           | ≥ 30,0 MPa |
| 28 dias                          | ≥ 52,5 MPa |

### CEMEX RECOMENDA:

- Manter os sacos fechados em local fresco e seco, protegidos da chuva, da humidade e isolados do solo.
- No manuseamento dos sacos de cimento recomenda-se seguir rigorosamente as medidas de segurança para evitar possíveis lesões, assim como utilizar vestuário de proteção e equipamentos de proteção pessoal tais como botas, luvas e óculos. Utilizar ajudas mecânicas sempre que seja possível.

CEM I 52,5 R

UNE-EN 197-1:2011

CIMENTO CINZENTO ESPECIAL  
RECOMENDADO PARA UTILIZAÇÃO NA  
REALIZAÇÃO DE BETÕES DE MÁXIMA  
RESISTÊNCIA INICIAL, ELEMENTOS  
PREFABRICADOS OU PRÉ-ESFORÇADOS

Máxima resistência a idades jovens



#### Formatos:

Saco  
Granel



902 23 63 93 / 91 800 78 00

[www.cemex.es](http://www.cemex.es)

# Certificado de regularidade de desempenho



0099/CPR/A33/0333

Em conformidade com o Regulamento dos produtos de construção (UE) N. 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, o organismo notificado AENOR (n 0099) emitiu este certificado para

## CEMEX ESPAÑA OPERACIONES, S.L.U.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| com sede em             | CL HERNANDEZ DE TEJADA, 1 28027 MADRID (Espanña)  |
| Produto de construção   | Cimento   |
| Norma harmonizada       | EN 197-1:2011   |
| Cimento                 | CEM I 52,5 R  |
| Centro de produção      | CR NACIONAL 400, KM. 24 28311 CASTILLEJO-ARANJUEZ (Madrid - Espanña)  |
| Esquema de certificação | Para emitir este certificado foram consideradas todas as disposições do sistema 1+ de avaliação e verificação do desempenho e da sua regularidade, conforme descrito no Anexo ZA da norma harmonizada citada. O produto atende aos requisitos da mesma. |

Este certificado foi concedido pela primeira vez na data de emissão indicada abaixo e permanecerá em vigor até o seu vencimento, desde que não haja mudança nos métodos de ensaio e nos requisitos para o controlo da produção na fábrica incluídos na norma harmonizada para avaliar o desempenho das características declaradas, e que o produto e as condições de produção não tenham sido significativamente modificados.

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Data da primeira emissão | 2002-06-24 |
| Data da última emissão   | 2015-04-02 |
| Data de validade         | 2016-04-02 |

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Avelino BRITO  
Director Geral da AENOR

**AENOR** Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6. 28004 Madrid. España  
Tel. 902.102.201 – www.aenor.es

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO  
CAST-CPR-0333

1. Código de identificação do produto:  
Cimento Portland EN 197-1 – CEM I 52,5 R
2. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:  
Fabrico de betão, argamassa, caldas de injeção e outras misturas para a construção e para o fabrico de produtos de construção
3. Fabricante:  
Cemex España Operaciones SLU  
Fábrica de Castillejo: Crta N-400 Km 24, 28311Castillejo-Aranjuez (Madrid)  
Tf +34 925128100/ Fax +34 925128149  
canal.cemex@cemex.com
4. Sistema de avaliação e verificação de regularidade do desempenho do produto de construção:  
Sistema 1+
5. O organismo notificado Nº 0099 (AENOR) realizou a avaliação e verificação da regularidade do desempenho e emitiu o certificado de regularidade de desempenho Nº A33/CPR/000333, emitido em 13 de fevereiro de 2013.
6. Desempenho declarado:

| Características essenciais   | Desempenho | Especificações técnicas harmonizadas |
|--|------------|--------------------------------------|
| <b>Cimentos correntes (subfamílias) constituintes e composição</b> | CEM I      | UNE-EN 197-1: 2011                   |
| Resistência à compressão (inicial e de referência)                 | 52,5 R     |                                      |
| Tempo de início de presa   | Conforme   |                                      |
| Teor em cloretos   | Conforme   |                                      |
| Resíduo insolúvel  | Conforme   |                                      |
| Perda por calcinação   | Conforme   |                                      |
| Estabilidade de volume   |            |                                      |
| - Expansão   | Conforme   |                                      |
| - Teor de SO <sub>3</sub>  | Conforme   |                                      |

7. O desempenho do produto identificado no ponto 1 é conforme com o desempenho declarado no ponto 6. A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 3.

Assinado em nome do fabricante por:  
Ana Cristina Calvo  
Diretora de Qualidade Região Centro

Local e data de emissão:  
Fábrica de Castillejo a 1 de julho de 2014



## **FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA DO CIMENTO**

De acordo com o Regulamento REACH (CE) n° 1907/2006 e o Regulamento (UE) n° 453/2010 que o modifica.  
De acordo com "Guidelines for the safety data sheet template for common cements" de 15-12-2014 aprovado pelo WG C de CEMBUREAU de 24-11-2014.

### **SECÇÃO 1: Identificação da substância ou da mistura e da sociedade ou empresa**

#### **1.1. Identificador do produto**

Cimento

#### **1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

Utilizações identificadas da substância ou da mistura e utilizações desaconselhadas. Os cimentos utilizam-se em instalações industriais para fabricar/formular ligantes hidráulicos, para aplicação em trabalhos de edificação e construção, tais como betão pronto, argamassas, rebocos, caldas, estuques, assim como elementos prefabricados de betão.

Os cimentos e as misturas que o contêm (ligantes hidráulicos) utilizam-se à escala industrial, por profissionais assim como por consumidores em trabalhos de obra e construção, em interior e em exterior. As utilizações identificadas para os cimentos e as misturas que o contêm abrangem produtos secos e em suspensão húmida (pasta). Para mais informação sobre as utilizações da mistura e categorias de perigo consulte a secção 16.2 Qualquer utilização não mencionada acima está desaconselhada.

#### **1.3. Identificação do fornecedor da Ficha de Dados de Ssegurança**

Nome da empresa: CEMEX ESPAÑA OPERACIONES, S.L.U.

Morada: C/ Hernández de Tejada, 1. Madrid 28027. España.

Telefone: +34 91 377 9200

Correio electrónico da pessoa competente responsável pela FDS:

[canal.cemex@cemex.com](mailto:canal.cemex@cemex.com)

[www.cemex.es](http://www.cemex.es)

#### **1.4. Número de telefone de emergência**

Telefones de emergência:

Número Europeu de Emergência: 112

CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS: (+351) 808 250 143

Idioma: Português

CENTRO DE SERVICIOS DE CEMEX: (+34) 902 23 63 93

INSTITUTO NACIONAL DE TOXICOLOGIA Y CIENCIAS FORENSES: (+34) 91 562 04 20

Idioma: Espanhol

## SECÇÃO 2: Identificação dos perigos

### 2.1. Classificação da substância ou da mistura

#### 2.1.1. De acordo com o Regulamento (CE) nº 1272/2008 (CLP):

| Classe de Perigo  | Categoria de Perigo | Indicações de perigo                          |
|---|---------------------|---|
| Irritação da pele   | 2                   | H315: Provoca irritação da pele               |
| Lesão ocular grave/Irritação ocular                           | 1                   | H318: Provoca lesões oculares                 |
| Sensibilização da pele  | 1B                  | H317: Pode provocar reações alérgicas na pele |
| Toxicidade Sistémica Específica Órgão Diana (exposição única) | 3                   | H335: Pode irritar as vias respiratórias      |

### 2.2. Elementos da etiqueta

#### De acordo com o Regulamento (CE) nº 1272/2008 (CLP)

##### Pictogramas de perigo



##### Palavra de advertência

Perigo

##### Indicações de perigo

H318 Provoca lesões oculares graves.

H315 Provoca irritação cutânea.

H317 Pode provocar uma reação alérgica na pele.

H335 Pode irritar as vias respiratórias.

##### Recomendações de prudência

P102 Manter fora do alcance das crianças.

P280 Usar luvas, óculos, máscara e roupa de proteção adequados.

P305+P351+P338+P310 Em caso de contacto com os olhos, enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, se possível retire-as e continue a enxaguar com água. Contacte imediatamente um centro de informação toxicológica ou um médico.



- P302+P352+P333+P313 Em caso de contacto com a pele, lavar com água e sabão abundantes. Consultar um médico em caso de irritação ou erupção cutânea.
- P261+P304+P340+P312 Evitar respirar o pó. Em caso de inalação, transportar a vítima para o exterior e mantê-la em repouso numa posição que facilite a respiração. Contactar com um centro de informação toxicológica ou um médico em caso de indisposição.
- P501 Elimine o conteúdo e o recipiente num ponto de recolha de resíduos adequado.

## Informação suplementar

O contacto do cimento húmido, o betão ou a argamassa fresca com a pele, pode causar irritação, dermatites ou queimaduras.

Pode provocar danos em elementos feitos de alumínio ou outros metais não nobres.

O cimento contém, quando necessário, redutor de Cr (VI), o que determina um conteúdo de Cr (VI) solúvel em água inferior a 0,0002%, verificado segundo a norma UNE EN 196-10:2008 para garantir o cumprimento da Diretiva Europeia 2003/53/CE transposta na OM PRE/1954/2004 e no Regulamento (CE) No. 552/2009 da Comissão de 22 de junho de 2009, por ele que se modifica o Regulamento (CE) No. 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo ao registo, a avaliação, autorização e restrição das substâncias e preparados químicos (REACH) no que respeita ao seu anexo XVII.

O período de eficácia do redutor é de:

- Sacos: Dois meses a partir da data de embalagem que aparece no saco, sempre que se respeitem as condições de conservação.
- Granel: Um mês a partir da emissão da guia de transporte. Em todo o caso, fica limitada à primeira manipulação do cimento por parte do utilizador (o cimento será armazenado em silo fechado)

## 2.3. Outros perigos

o cimento não se enquadra nos critérios de classificação como PBT ou mPmB, de acordo com o anexo XIII do REACH (Regulamento (CE) nº 1907/2006).

Pode causar uma reação alérgica em algumas pessoas devido ao conteúdo de Cr (VI) solúvel.

O cimento ou tem um conteúdo naturalmente baixo em cromo VI solúvel ou se lhe adicionam agentes redutores para controlar os níveis de sensibilização de cromo (VI) solúvel por baixo de 2mg/kg (0,0002%) do peso seco total do cimento de acordo com a legislação especificada na Secção 15.

## SECÇÃO 3: Composição/informação sobre os componentes

### 3.1. Substâncias

Não aplicável, já que o produto é uma mistura, não uma substância.

### 3.2. Misturas

Os cimentos são compostos por clínquer, gesso e adições em distintas proporções em massa em função do tipo de cimento, segundo a seguinte tabela. Tabela das Normas UNE-EN 197-1:2011/UNE 80303-1:2013 /UNE 80303-2:2011/UNE 80305:2011/UNE 80307:2001/UNE-EN 14.216:2005/ UNE-EN 413-1:2011.

| Principais tipos | Designação dos 27 produtos (tipos de cimentos comuns) |             | Composição (proporção em massa <sup>a</sup> ) |                       |                     |                     |                   |                 |          |                   |          |       | Constit. Minorit. |     |
|------------------|---|-------------|---|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|----------|-------------------|----------|-------|-------------------|-----|
|                  |   |             | Componentes principais                        |                       |                     |                     |                   |                 |          |                   |          |       |                   |     |
|                  |   |             | Clinker                                       | Escória de Alto forno | Fumo de sílica      | Pozolana            |                   | Cinzas volantes |          | Xistos calcinados | Calcário |       |                   |     |
|                  |   |             |   |                       |                     | Natural             | Natural calcinada | Sílicas         | Cálcicas |                   | L        | LL    |                   |     |
|                  |   | K           | S   | D <sup>b</sup>        | P                   | Q                   | V                 | W               | T        | L                 | LL       |       |                   |     |
| CEM I            | Cimento Portland                                      | CEM I       | 95-100  | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
| CEM II           | Cimento Portland com escória                          | CEM II/A-S  | 80-94   | 6-20                  | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-S  | 65-79   | 21-35                 | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  | Cimento Portland com fumo de sílica                   | CEM II/A-D  | 90-94   | -                     | 6-10                | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  | Cimento Portland com pozolana                         | CEM II/A-P  | 80-94   | -                     | -                   | 6-20                | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-P  | 65-79   | -                     | -                   | 21-35               | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/A-Q  | 80-94   | -                     | -                   | -                   | 6-20              | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-Q  | 65-79   | -                     | -                   | -                   | 21-35             | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  | Cimento Portland com cinza volante                    | CEM II/A-V  | 80-94   | -                     | -                   | -                   | -                 | 6-20            | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-V  | 65-79   | -                     | -                   | -                   | -                 | 21-35           | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/A-W  | 80-94   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | 6-20     | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-W  | 65-79   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | 21-35    | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  | Cimento Portland com xistos calcinados                | CEM II/A-T  | 80-94   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | 6-20              | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-T  | 65-79   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | 21-35             | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  | Cimento Portland com calcário                         | CEM II/A-L  | 80-94   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | 6-20  | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-L  | 65-79   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | 21-35 | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM II/A-LL | 80-94   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | 6-20              | 0-5 |
|                  |   | CEM II/B-LL | 65-79   | -                     | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | 21-35             | 0-5 |
|                  | Cimento Portland composto <sup>c</sup>                | CEM II/A-M  | 80-94   | <                     | 6-20                | >                   | 0-5               | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | -   |
| CEM II/B-M       |   | 65-79       | <   | 21-35                 | >                   | 0-5                 | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 |     |
| CEM III          | Cimento com escórias de alto forno                    | CEM III/A   | 35-64   | 36-65                 | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM III/B   | 20-34   | 66-80                 | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
|                  |   | CEM III/C   | 5-19  | 81-95                 | -                   | -                   | -                 | -               | -        | -                 | -        | -     | -                 | 0-5 |
| CEM IV           | Cimento pozolânico <sup>c</sup>                       | CEM IV/A    | 65-89   | -                     | <----- 11-35 -----> |                     |                   |                 |          | -                 | 0-5      | -     | 0-5               |     |
|                  |   | CEM IV/B    | 45-64   | -                     | <----- 36-55 -----> |                     |                   |                 |          | -                 | 0-5      | -     | 0-5               |     |
| CEM V            | Cimento Composto <sup>c</sup>                         | CEM V/A     | 40-64   | 18-30                 | -                   | <----- 18-30 -----> |                   | -               | -        | 0-5               | -        | -     | 0-5               |     |
|                  |   | CEM V/B     | 20-38   | 31-49                 | -                   | <----- 31-49 -----> |                   | -               | -        | -                 | -        | -     | 0-5               |     |

- a. Os valores da tabela referem-se à soma dos componentes principais e minoritários adicionais.  
 b. A proporção de fumo de sílica está limitada a 10%  
 c. Nos cimentos Portland compostos CEM II/A-M y CEM II/B-M, nos cimentos pozolânicos CEM IV/A y CEM IV/B e nos cimentos compostos CEM V/A y CEM V/B, os componentes principais diferentes do clínquer devem declarar-se na designação do cimento.

| Principais tipos | Designação de los productos                | Composição (proporção em massa <sup>a</sup> ) |  |                |                        |                     |                 |          |                   |          |                 |     |     |
|------------------|--|---|--|----------------|------------------------|---------------------|-----------------|----------|-------------------|----------|-----------------|-----|-----|
|                  |  | Clínquer                                      | Escória de Alto forno                        | Fumo de sílica | Componentes principais |                     |                 |          | Xistos calcinados | Calcário | Const. Minorit. |     |     |
|                  |  |   |  |                | Pozolana               |                     | Cinzas volantes |          |                   |          |                 |     |     |
|                  |  |   |  |                | Natural                | Natural calcinada   | Sílicas         | Caílicas |                   |          |                 |     |     |
| K                | S  | D <sup>b</sup>                                | P  | Q              | V                      | W                   | T               | L        | LL                |          |                 |     |     |
| ESP VI-1         | Cimento para usos especiais<br>ESP VI-1    | 25-55   | 45-75  |                |                        |                     |                 |          |                   |          |                 | 0-5 |     |
| VHL              | Cimento de muito baixo calor de hidratação | VLH III/B                                     | 20-34  | 66-80          | -                      | -                   | -               | -        | -                 | -        | 0-5             |     |     |
|                  |  | VLH III/C                                     | 5-19   | 81-95          | -                      | -                   | -               | -        | -                 | -        | 0-5             |     |     |
|                  |  | VLH IV/A                                      | 65-89  |                | — 11-35 —              |                     |                 |          |                   |          |                 |     | 0-5 |
|                  |  | VLH IV/B                                      | 45-64  |                | <----- 36 - 55 ----->  |                     |                 |          |                   |          |                 |     | 0-5 |
|                  |  | VLH V/A                                       | 40-64  | 18-30          |                        | <----- 18-30 -----> |                 |          |                   |          |                 |     | 0-5 |
|                  |  | VLH V/B                                       | 20-38  | 31-50          |                        | <----- 31-50 -----> |                 |          |                   |          |                 |     | 0-5 |
| MC               | Cimento alvenaria (2)<br>MC                | >25 >40                                       | <----- 26-70 -----><br><----- 41 - 60 -----> |                |                        |                     |                 |          |                   |          |                 |     |     |

| Tipos principais | Designação dos sete produtos (tipos de cimentos comuns resistentes aos sulfatos) <sup>d</sup> | Composição(proporção em massa <sup>a</sup> ) |                         |                    |                         |                                     |
|------------------|---|--|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|
|                  |   | Componentes principais                       |                         |                    |                         | Componentes minoritários adicionais |
|                  |   | Clínquer K                                   | Escória de alto forno S | Pozolana natural P | Cinza volante sílicea V |                                     |
| CEM I            | Cimento Portland resistente aos sulfatos<br>CEM I-SR 0<br>CEM I-SR 3<br>CEM I-SR 5            | 95-100                                       | -                       | -                  | -                       | 0-5                                 |
| CEM III          | Cimento de alto forno resistente aos sulfatos   | CEM III/B-SR                                 | 20-34                   | 66-80              | -                       | 0-5                                 |
|                  |   | CEM III/C-SR                                 | 5-19                    | 81-95              | -                       | 0-5                                 |
| CEM IV           | Cimento pozolânico resistente aos sulfatos  | CEM IV/A-SR                                  | 65-79                   | -                  | <-----21-35----->       | 0-5                                 |
|                  |   | CEM IV/B-SR                                  | 45-64                   | -                  | <-----36-55----->       | 0-5                                 |

- a. Os valores da tabela referem-se à soma dos componentes principais e minoritários adicionais.  
 b. Nos cimentos pozolânicos resistentes a sulfatos CEM IV/A -SR y CEM IV/B-SR os componentes principais diferentes do clínquer devem declarar-se na designação do cimento.

## 3.2.1. Componentes que constituem um risco para a saúde ou o meio ambiente

| Substância   | Gama de concentração (p/p em cimento) | Nº de registo             | Nº CE     | CAS        | Regulamento de Classificação 1272/2008      |  |
|--|---------------------------------------|---------------------------|-----------|------------|---|--|
|  |                                       |                           |           |            | Classe de perigo, categoria                 | Indicação de perigo  |
| Clinker de cimento Portland  | 5-100%                                | Isento registo            | 266-043-4 | 65997-15-1 | STOT SE, Irritação trato respiratório cat 3 | H335: pode irritar as vias respiratórias   |
|  |                                       |                           |           |            | Irritação cutânea. cat 2                    | H315: provoca irritação cutânea  |
|  |                                       |                           |           |            | Lesão ocular grave/ Irritação ocular cat 1  | H318: provoca irritação ocular grave   |
|  |                                       |                           |           |            | Sensibilizante cutâneo cat 1B               | H317: pode provocar uma reação alérgica na pele  |
| Resíduo de processo térmico de xistos betuminosos (Xistos calcinados)* | x-y%‡                                 | 01-21197031<br>78-42-XXXX | 297-648-1 | 93685-99-5 | STOT RE 2                                   | H373: pode provocar lesão nos pulmões através de exposições prolongadas ou repetidas por inalação. |
|  |                                       |                           |           |            | STOT SE, Irritação trato respiratório cat 3 | H335: pode irritar as vias respiratórias   |
|  |                                       |                           |           |            | Lesão ocular grave/ Irritação ocular cat 1  | H318: provoca irritação ocular grave   |
| Pó procedente da produção de clínquer de cimento <sup>1</sup>          | 0,1-5%                                | 01-21194867<br>67-17-XXXX | 270-659-9 | 68475-76-3 | STOT SE, Irritação trato respiratório cat 3 | H335: pode irritar as vias respiratórias   |
|  |                                       |                           |           |            | Irritação cutânea cat 2                     | H315: provoca irritação cutânea  |
|  |                                       |                           |           |            | Lesão ocular grave/ Irritação ocular cat 1  | H318: provoca irritação ocular grave   |
|  |                                       |                           |           |            | Sensibilizante cutâneo cat 1B               | H317: pode provocar uma reação alérgica na pele  |

‡ A máxima quantidade de xistos calcinados que se pode adicionar é tal que o conteúdo em SCR do cimento não supera 1%.

\* Registaram-se uma variedade de diferentes tipos de “xistos calcinados”. Cada tipo tem uma classificação diferente em função da sua mineralogia, granulometria e conteúdo de sílica cristalina respirável. Los esquistos calcinados utilizados en la producción de cemento (2-25% cal libre, 1-25% calcita, y 1-25% cuarzo) tiene la clasificación incluida en la tabla.

## SECÇÃO 4: Primeiros socorros

### 4.1. Descrição das medidas de primeiros socorros

#### Indicações gerais.

Os socorristas não necessitam de qualquer equipamento de proteção individual. Os trabalhadores que prestem os primeiros socorros devem evitar entrar em contacto com cimento húmido ou misturas húmidas que o contenham.

#### Após contacto com os olhos.

Não esfregar os olhos para evitar danos na córnea devido à fricção. Tirar as lentes de contacto, se as tiver. Inclinar a cabeça para o lado do olho infetado, abrir totalmente as pálpebras e enxaguar imediatamente com água abundante (se possível usar soro fisiológico 0,9% NaCl), durante pelo menos 20 minutos para eliminar todas as partículas. Evitar que as partículas arrastadas pelo líquido caiam no outro olho. Consultar um oftalmologista ou um especialista em medicina do trabalho.

#### Após contacto com a pele.

Se o pó de cimento está seco, eliminar o máximo possível e depois lavar abundantemente com água.

Se o pó de cimento está húmido, lavar abundantemente com água.

Retirar e limpar a fundo as roupas contaminadas antes de voltar a utilizá-las.

Solicitar assistência médica sempre que se produza irritação ou queimadura química.

#### Após inalação.

Levar a pessoa para um local onde possa respirar ar fresco. As poeiras na garganta e fossas nasais deverão desaparecer espontaneamente. Procurar assistência médica se a irritação persiste ou aparece mais tarde, ou se a indisposição, a tosse ou outros sintomas persistem.

#### Após ingestão acidental.

Não provocar o vômito. Se a pessoa estiver consciente, lavar a boca com água para eliminar o material ou pó. Dar-lhe muita água a beber e consultar imediatamente um médico ou o Centro de Informação Antivenenos.

### 4.2. Principais sintomas e efeitos, tanto agudos como retardados

**Contacto com os olhos:** o contacto direto com pó de cimento (húmido ou seco) pode provocar lesões graves, potencialmente irreversíveis.

**Contacto com a pele:** O cimento pode ter um efeito irritante sobre a pele húmida (devido ao suor ou à humidade) depois de um contacto prolongado, ou pode originar dermatites de contacto após o contacto repetido sem proteção adequada.

O contacto prolongado, sem a proteção adequada, com cimento ou betão húmidos pode provocar graves queimaduras pois estas desenvolvem-se sem sentir dor (por exemplo ao ajoelhar-se em betão fresco, ainda que usando calças).

Para mais informação ver Referência [1].

**Inalação:** a inalação repetida de pó de cimento durante um longo período de tempo incrementa o risco de desenvolvimento de doenças pulmonares.

**Meio ambiente:** em condições normais de utilização, o cimento não apresenta nenhum risco particular para o meio ambiente.

### 4.3. Indicações sobre cuidados médicos urgentes ou tratamentos especiais necessários

Quando contactar um médico, leve consigo esta Ficha de Dados de Segurança.

## SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios

### 5.1. Meios de extinção

Os cimentos não são inflamáveis.

### 5.2. Perigos especiais decorrentes da substância ou da mistura

Os cimentos não são inflamáveis, não são explosivos e não facilitam nem alimentam a combustão de outros materiais.

### 5.3. Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

O cimento não apresenta qualquer perigo relacionado com os incêndios. Não é necessário o uso de equipamentos de proteção especial pelo pessoal de combate a incêndios

## SECÇÃO 6: Medidas em caso de fugas acidentais

### 6.1. Precauções individuais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência

#### 6.1.1. Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência

Usar os equipamentos de segurança descritos na secção 8 e seguir os conselhos de manuseamento seguro descritos na secção 7.

#### 6.1.2. Para o pessoal de emergência

Não são necessários procedimentos de emergência.

No entanto, em situações com elevados níveis de concentração de poeiras é necessário usar equipamentos de proteção respiratória.

### 6.2. Precauções relativas ao meio ambiente

Não lavar resíduos de cimento para esgotos, sistemas de drenagem ou linhas de água.

### 6.3. Métodos e material de contenção e limpeza

Recolher o material derramado e reutilizá-lo.

### Cimento seco

Utilizar meios secos de limpeza que não levantem poeiras, como sistemas de aspiração ou extração (aspiradores industriais portáteis equipados com filtros de partículas de alta eficiência - (filtros EPA y HEPA, UNE-EN 1822-1:2010) ou técnica equivalente). Não usar nunca ar comprimido.

Outras alternativas para limpar o pó são: esfregar em molhado ou usar pulverizador de água em nuvem (suave para evitar levantar poeiras) e depois remover a pasta residual.

Se tal não for possível, limpar misturando diretamente com água (ver secção cimento húmido)

Quando a limpeza a húmido ou por vácuo não é possível e apenas se pode fazer limpeza a seco com escovas, assegurar que todos os trabalhadores usam equipamento de proteção individual apropriado e evitam que as poeiras se dispersem.

Evitar a inalação do cimento e o seu contacto com olhos e pele. Depositar o material recolhido num contentor.

#### **Cimento húmido**

Recolher o cimento húmido e depositá-lo num contentor apropriado. Deixar que o material seque e endureça antes da sua eliminação tal como se descreve na secção 13.

#### **6.4. Referência a outras secções**

Para mais informação consultar as secções 8 e 13.

## **SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem**

### **7.1. Precauções para um manuseamento seguro**

#### **7.1.1. Medidas de proteção**

Seguir as recomendações descritas na secção 8.

Para limpar cimento seco consultar a subsecção 6.3

#### **Medidas de prevenção de incêndios:**

Não aplicável

#### **Medidas para impedir a formação de partículas em suspensão e poeiras**

Não varrer. Empregar meios secos de limpeza que não dispersem poeiras como sistemas de aspiração ou extração.

Para mais informação consultar os “guias de boas práticas” adotadas no âmbito do Acordo Europeu de Diálogo Social relativo à proteção da saúde dos trabalhadores através da utilização e manuseamento corretos da sílica cristalina e dos produtos que a contêm, pelas organizações sindicais e associações empresariais europeias, entre as quais a Cembureau. Estas recomendações sobre manuseamento seguro podem encontrar-se em <http://www.nepsi.eu/good-practice-guide.aspx>

A indústria cimenteira espanhola adotou voluntariamente os termos do Acordo e elaborou um protocolo de aplicação deste documento específico do sector cimenteiro espanhol ([http://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id\\_rep=139](http://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id_rep=139))

#### **Medidas para proteger o meio ambiente**

Não se exigem medidas especiais.

## 7.1.2. Medidas gerais de higiene no trabalho

Não manusear ou armazenar perto de alimentos, bebidas ou tabaco.

Em ambientes poeirentos, usar máscara para poeiras e óculos de proteção.

Usar luvas para evitar o contacto com a pele.

## 7.2. Condições de armazenamento seguro, incluindo eventuais incompatibilidades

O cimento a granel deve armazenar-se em lugar seco (minimizando a condensação), em lugar coberto, limpo e protegido de contaminação

Perigo de soterramento: O cimento pode formar torrões ou aderir às paredes dos espaços confinados, podendo soltar-se, desmoronar ou cair inesperadamente. Para prevenir o risco de soterramento ou de asfixia não entrar em espaços confinados como silos, tremonhas, cisternas ou outros contentores de armazenamento ou recipientes que se utilizem para armazenar ou que contenham cimento sem adotar as medidas de segurança apropriadas.

O produto ensacado deve armazenar-se em sacos fechados, em local fresco, seco, protegido de correntes de r excessivas que possam afetar a la qualidade do cimento.

Os sacos devem ser empilhados de maneira estável.

Não utilizar recipientes de alumínio para o armazenamento ou o transporte de misturas que contenham cimento húmido devido à incompatibilidade dos materiais.

## 7.3. Utilizações finais específicas

Não existem recomendações adicionais para as utilizações identificadas no ponto 1.2

## 7.4. Controlo do Cr(VI) solúvel em água

Para os cimentos tratados com um agente redutor do Cr(VI), conforme a normativa referida na secção 15, o efeito do agente redutor diminui com o tempo. Por isso, os sacos e/ou as guias de entrega deverão conter informação sobre o período de eficácia (data de validade) em que o fabricante garante que o agente redutor continuará mantendo o nível de Cr(VI) inferior ao limite normativo de 0,0002% de Cr(VI) solúvel em água do peso seco total do cimento pronto para usar, de acordo com a Norma UNE-EN 196-10. Deverão também indicar as condições de armazenamento apropriadas de modo a garantir a eficácia do agente redutor.

## SECCIÓN 8: Controlo da exposição/proteção individual

### 8.1. Parâmetros de controlo

| Nome – valor limite                       | Tipo de valor limite     | Valor (a 8 h VLA) | Unidades          | Referência legal  |
|---|--------------------------|-------------------|-------------------|---|
| Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) | VLA-ED Fração inalável   | 10                | mg/m <sup>3</sup> | A título meramente indicativo, refere-se o Anexo B da norma NP 1796:2007 [Referência (16)], a concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde. |
| Partículas (insolúveis ou pouco solúveis) | VLA-ED Fração respirável | 3                 | mg/m <sup>3</sup> |   |



## 8.2. Controlos da exposição

Os controlos técnicos e as medidas individuais de proteção que aparecem nesta secção têm em conta um DNEL de 3 mg / m<sup>3</sup>. No anexo do presente documento podem consultar tabelas de controlos técnicos e as medidas individuais de proteção para DNEL de 1 mg / m<sup>3</sup> e 5 mg / m<sup>3</sup>.

Para cada PROC individual, as empresas podem escolher a opção A) ou B) incluída na seguinte tabela de acordo com o que é mais adequado à sua situação particular. Se uma opção for escolhida, então a mesma opção tem que ser escolhida na tabela da secção 8.2.2. “Medidas individuais de proteção, nomeadamente equipamentos de proteção individual” – Especificação de equipamentos de proteção respiratória. Só são possíveis as combinações entre A) - A) e B) - B)

### 8.2.1. Controlos técnicos adequados

Devem ser implementadas medidas para reduzir a formação de partículas em suspensão e a sua dispersão no ambiente tais como: despoeiramento, sistemas de aspiração e métodos de limpeza secos que não levantem pó.

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Controlos localizados   | Eficiência   |
|---|---------------------------------|--|---|--------------|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não são requeridos  | -            |
|   | 14, 26                          |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>78 %    |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Ventilação geral ou<br>B) Aspiração localizada   | 17 %<br>78 % |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não são requeridos  | -            |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>78 %    |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Ventilação geral ou<br>B) Aspiração localizada   | 17 %<br>78 % |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada                  | -<br>78 %   |              |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13,14          | Não são requeridos   | -   |              |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não são requeridos  | -            |
|   | 9, 26                           |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>72 %    |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>87 %    |
|   | 19                              |  | No son aplicables los controles localizados, sólo se puede llevar a cabo el proceso en espacios bien ventilados o al aire libre | -            |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>72 %    |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 |  | Não são requeridos  | -            |

\* PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.

## 8.2.2. Medidas de proteção individual, tais como equipamentos de proteção individual

**Geral:** Durante o trabalho, sempre que seja possível, evitar ajoelhar em argamassa ou betão frescos. Se para realizar o trabalho é absolutamente necessário pôr-se de joelhos, então é obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual impermeáveis (joelheiras impermeáveis).

Não comer, beber ou fumar durante a realização de trabalhos com cimento para evitar que entre em contacto com a pele ou a boca.

Uma vez finalizados os trabalhos com cimento ou materiais que o contenham, os trabalhadores devem lavar-se e aplicar cremes hidratantes imediatamente.

Despir as roupas contaminadas, calçado, relógios, etc. e limpá-los eficazmente antes de os voltar a usar.

### Proteção dos olhos/da cara:



Quando se manipular cimento, húmido ou seco, utilizar óculos aprovados ou óculos de proteção certificados (por exemplo UNE-EN 166)

### Proteção cutânea:



Utilizar luvas impermeáveis resistentes à abrasão e aos álcalis (por exemplo luvas com revestimento exterior especial de nitrilo e o interior de algodão), calçado de segurança, roupas de proteção com manga comprida, assim como produtos para a proteção da pele (incluindo cremes protetores) para proteger a pele de contactos prolongados com cimento húmido. Deverá haver um cuidado especial para evitar que o pó de cimento entre no calçado de segurança. Para as luvas, respeitar o tempo máximo de uso para evitar problemas na pele.

Em algumas aplicações, como a colocação de argamassa e betão, é necessário usar calças ou joelheiras impermeáveis.

### Proteção respiratória:



Quando uma pessoa está potencialmente exposta a concentrações de poeiras acima dos limites permitidos, deverá usar uma proteção respiratória apropriada. O tipo de proteção respiratória deve ser adequado à concentração de partículas presente e obedecer à norma EN adequada (por exemplo UNE EN 149, ou outras normas nacionais).

### Riscos térmicos

Não se aplica

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Especificação do Equipamento de Proteção Respiratória (EPR)      | Eficiência EPR -Fator de Proteção Atribuído (FPA) |
|---|---------------------------------|--|--|---|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não requerida  | -   |
|   | 14,26                           |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br><br>-                                  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1 | FPA = 10<br><br>FPA = 4                           |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não requerida  | -   |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br><br>-                                  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1 | FPA = 10<br><br>FPA = 4                           |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br><br>-                                  |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14         |  | Não requerida  | -   |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               |  | Proteção respiratória P1   | FPA = 4   |
|   | 9, 26                           |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1 | FPA = 10<br><br>FPA = 4                           |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | A) Proteção respiratória P3<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1 | FPA = 20<br><br>FPA = 4                           |
|   | 19                              |  | Proteção respiratória P2   | FPA = 10  |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1     | FPA = 10<br><br>FPA = 4  |   |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 | Não requerida  | -  |   |

\*PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.

A síntese dos FPA's de diferentes EPR (de acordo com a norma UNE EN 529:2005) pode ser encontrada no glossário da MEASE (16).

Qualquer dos EPR acima mencionados só se poderão usar se os seguintes princípios forem implementados em paralelo: a duração do trabalho (comparar com "duração de exposição" em cima) deve refletir o stress psicológico adicional para o trabalhador, devido aos efeitos criados pelo uso do EPR, nomeadamente a resistência à respiração e o peso do próprio EPR, o aumento do stress térmico por cobrir a cabeça. Além disso, deve ser considerado que as capacidades de usar ferramentas e de comunicação do trabalhador são reduzidas durante o uso do EPR.

Pelas razões anteriormente mencionadas o trabalhador deve portanto (I) ser saudável (especialmente em relação a problemas médicos que possam afetar o uso do EPR), (II) ter características faciais adequadas que reduzam as fugas entre a máscara e a face (tendo em conta cicatrizes e barba). Os dispositivos recomendados na tabela baseiam-se num ajuste hermético à cara e não proporcionarão a proteção necessária a menos que se adaptem ao contorno da cara de uma maneira segura e adequada.

Os empregadores e os trabalhadores independentes são obrigados por lei a fornecer e manter disponíveis equipamentos de proteção respiratória no local de trabalho e garantir a sua correta utilização. Assim, devem definir e documentar uma política adequada para os equipamentos de proteção respiratória e um programa de proteção respiratória que inclua a formação dos trabalhadores.

### 8.2.3. Controlos da exposição ambiental

Ar: O controlo para evitar a dispersão das partículas de cimento pelo meio ambiente deve estar de acordo com a tecnologia disponível e as normas relacionadas com as emissões de partículas de pó.

Água: Não verter cimento para os esgotos, sistemas de drenagem ou cursos de água, de forma a evitar um aumento de pH. Um pH superior a 9 pode provocar impactos ecotoxicológicos negativos.

Solo e meio terrestre: Não são necessárias medidas de controlo especiais para exposição ao meio terrestre.

## SECÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas

### 9.1. Informação sobre propriedades físicas e químicas básicas

Esta informação aplica-se a toda a mistura.

- a) Aspecto: o cimento seco é um material sólido inorgânico finamente moído (pó fino de cor cinzenta ou branca). Granulometria geral: 5-30 µm
- b) Odor: inodoro
- c) Limiar olfativo: não há limiar, inodoro.
- d) pH: (T<sup>a</sup> = 20 °C; em água, proporção água - sólido 1:2): básico entre 11 e 13,5
- e) Ponto de fusão: > 1250 °C
- f) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: no aplicable ya que en condiciones atmosféricas normales el punto de ebullición >1250 °C.
- g) Ponto de inflamação: não aplicável por não ser um líquido.
- h) Taxa de evaporação: não aplicável por não ser um líquido.
- i) Inflamabilidade (sólido, gás): não aplicável por ser um sólido não inflamável e não causar nem contribuir para o início de incêndio por fricção.
- j) Límites superior/inferior de inflamabilidade ou de explosividade: não aplicável por não ser um gás inflamável.
- k) Pressão de vapor: não aplicável pois o seu ponto de ebulição é >1250 °C.
- l) Densidade de vapor: não aplicável pois o seu ponto de ebulição é >1250 °C.
- m) Densidade relativa: 2,75 - 3,20 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C; densidade aparente 0,9-1,5 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C
- n) Solubilidade(s) em água: (T = 20 °C): ligeira (0.1-1.5 g/l)
- o) Coeficiente de partição n-octanol/água: não aplicável por se tratar de uma substância inorgânica.
- p) Temperatura de auto-ignição: não aplicável (não é pirofórico – não tem ligações organo-metálicas, organo-fosfatadas ou organo-metalóides ou dos seus derivados. Na sua composição não há nenhum outro componente pirofórico)
- q) Temperatura de decomposição: não aplicável por não estarem presentes peróxidos orgânicos.
- r) Viscosidade: não aplicável por não ser um líquido.

s) Propriedades explosivas: não aplicável por não apresentar efeito explosivo ou pirotécnico e não ter a capacidade de maneira espontânea, por reação química, de poder libertar gases a uma temperatura, pressão e velocidade tais que possam provocar danos ao redor. Não é capaz de produzir uma reação química exotérmica autossustentada.

t) Propriedades comburentes: não aplicável já que não provoca nem facilita a combustão de outras substâncias.

## 9.2. Informação adicional

Não aplicável.

## SECÇÃO 10: Estabilidade e reactividade

### 10.1. Reactividade

Quando misturados com água, os cimentos endurecem formando uma massa estável e resistente às condições ambientais normais.

### 10.2. Estabilidade química

Os cimentos em pó são estáveis desde que estejam armazenados corretamente (ver secção 7) e compatíveis com a maioria dos outros materiais de construção. Devem manter-se secos.

O contacto com materiais incompatíveis deverá ser evitado.

O cimento húmido é alcalino e incompatível com sais de amónio, alumínio ou outros metais não nobres. O cimento dissolve-se em ácido fluorídrico produzindo gás corrosivo de tetrafluoreto de silício. O cimento reage com água formando silicatos e hidróxido de cálcio. Os silicatos do cimento reagem com agentes oxidantes fortes como o flúor, trifluoreto de boro, trifluoreto de cloro, trifluoreto de manganésio e difluoreto de oxigénio.

### 10.3. Possibilidade de reações perigosas

Os cimentos não provocam reações perigosas.

### 10.4. Condições a evitar

A humidade durante o armazenamento pode provocar endurecimento do cimento e uma perda de qualidade do produto.

### 10.5. Materiais incompatíveis

Ácidos, sais de amónio, alumínio ou outros metais não nobres. Deve evitar-se a utilização não controlada de pó de alumínio no cimento húmido uma vez que conduz à formação de hidrogénio.

### 10.6. Produtos de decomposição perigosos.

O cimento não se decompõe em produtos perigosos.

## SECÇÃO 11: Informação toxicológica

### 11.1. Informação sobre os efeitos toxicológicos

| Classe de perigo                           | Cat | Efeito  | Referência                                 |
|--|-----|---|--|
| Toxicidade dérmica aguda                   | -   | Parâmetros do ensaio: coelho, 24 horas de contacto, 2000 mg/kg peso corporal - não letal. De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.   | (2)  |
| Toxicidade aguda por inalação              | -   | Não foi observada toxicidade aguda por inalação. De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.  | (9)  |
| Toxicidade aguda por ingestão              | -   | De acordo com estudos realizados com o pó do forno de clínquer não há indício de toxicidade por ingestão. De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.   | Pesquisa bibliográfica                     |
| Corrosão ou Irritação cutânea              | 2   | O cimento em contacto com a pele húmida, sem proteção adequada, pode provocar crostas, escamas, gretas ou fissuras na pele. O contacto prolongado combinado com abrasão pode produzir queimaduras graves.   | (2)<br>Experiência em humanos              |
| Lesões oculares graves ou irritação ocular | 1   | O clínquer para cimento Portland provocou diferentes efeitos na córnea e o índice de irritação calculado foi de 128.<br>Os cimentos contêm quantidades variáveis de clínquer de cimento Portland, cinzas volantes, escórias de alto forno, gesso, pozolanas naturais, xistos calcinados, fumos de sílica e calcário. O contacto direto com pó de cimento pode provocar lesões na córnea por pressão mecânica, irritação e inflamação imediata ou retardada.<br>O contacto direto com grandes quantidades de pó de cimento seco ou salpicos de cimento húmido pode causar efeitos que poderão ir da irritação moderada dos olhos (por exemplo conjuntivite ou blefarite) até queimaduras químicas e cegueira.  | (10), (11)                                 |
| Sensibilização cutânea                     | 1B  | Alguns indivíduos expostos a poeiras de cimento húmido podem desenvolver eczema, causado tanto porque o elevado pH induza uma dermatite de contacto depois de um contacto prolongado, ou por uma reação imunológica ao Cr (VI) solúvel que provoque uma dermatite alérgica por contacto.<br>A reação pode aparecer de várias formas que vão desde uma leve irritação até uma dermatite grave e é uma combinação dos mecanismos acima mencionados.<br>Se o cimento contém agente redutor de Cr(VI) solúvel, e se o período de eficácia do efeito de redução do crómio não for excedido, não é esperado qualquer efeito de sensibilização [Referência 3]  | (3), (4), (17)                             |
| Sensibilização respiratória                | -   | Não existem indícios de que provoque sensibilização nas vias respiratórias.<br>De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.  | (1)  |
| Mutagenicidade em células germinativas     | -   | Não existem indícios.<br>De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.  | (12), (13)                                 |
| Carcinogenicidade                          | -   | Não foi estabelecida nenhuma relação causal entre a exposição ao cimento Portland e o cancro.<br>Os dados epidemiológicos presentes na bibliografia não apoiam a consideração do cimento Portland como suspeito de ser carcinogénico em humanos.<br>O cimento Portland não é classificável como carcinogénico em humanos (de acordo com a ACIGH A4 Agentes que causam preocupação pois poderiam ser carcinogénicos em seres humanos mas que não podem ser avaliados de forma conclusiva devido à falta de dados. Os estudos in vitro e em animais não fornecem indícios suficientes para classificar o agente em relação à carcinogenicidade em algumas das outras notações)<br>De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação. | (1)<br><br>(14)                            |
| Toxicidade reprodutiva                     | -   | De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.   | Não há evidência da experiência em humanos |

|  |   |  |      |
|--|---|--|------|
| Toxicidade específica em determinados órgãos (STOT) — exposição única    | 3 | O pó de cimento pode provocar irritação da garganta e das vias respiratórias. Exposições a concentrações superiores aos valores limite de exposição podem produzir tosse, espirros e falta de ar.<br>Em geral, o histórico de dados indica que a exposição no local de trabalho ao pó de cimento produz insuficiência da função respiratória. No entanto, os dados atualmente disponíveis são insuficientes para estabelecer uma relação dose-resposta para estes efeitos. | (1)  |
| Toxicidade específica em determinados órgãos (STOT) — exposição repetida | - | Há indícios de doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC). Os efeitos são agudos e devidos a exposições a concentrações elevadas. Não se observaram nem efeitos crônicos nem efeitos derivados de exposições a baixas concentrações.<br>De acordo com os dados disponíveis não reúne os critérios para a sua classificação.  | (15) |
| Perigo de aspiração  | - | Não aplicável visto que os cimentos não são utilizados como aerossol.  |      |

Para além da sensibilização cutânea, o clínquer de cimento Portland e os cimentos correntes possuem as mesmas propriedades toxicológicas e ecotoxicológicas.

### Condições médicas agravadas pela exposição

Respirar pó de cimento pode agravar os sintomas de doenças previamente diagnosticadas tais como patologias respiratórias, enfizema, asma, patologias oculares e patologias cutâneas.

## SECÇÃO 12: Informação ecológica

### 12.1. Toxicidade

O produto não é perigoso para o meio ambiente. Ensaio de ecotoxicidade de cimento Portland com *Daphnia magna* [Referência (5)] e *Selenastrum còli* [Referência (6)] demonstraram baixo impacto toxicológico, pelo que não se puderam determinar valores de LC50 e EC50 [Referência (7)]. Não há indicação sobre toxicidade da fase sedimentária [Referência (8)]. O derrame acidental de grandes quantidades de cimento na água pode produzir uma débil subida do seu pH, o que em certas circunstâncias poderia representar certa toxicidade para a vida aquática.

### 12.2. Persistência e degradabilidade

Não relevante. Após endurecimento, o cimento não apresenta nenhum risco de toxicidade.

### 12.3. Potencial de bioacumulação

Não relevante. Após endurecimento, o cimento não apresenta nenhum risco de toxicidade.

### 12.4. Mobilidade no solo

Não relevante. Após endurecimento, o cimento não apresenta nenhum risco de toxicidade.

### 12.5. Resultados da avaliação PBT e mPmB

Não relevante. Após endurecimento, o cimento não apresenta nenhum risco de toxicidade.

### 12.6. Outros efeitos adversos

Não relevante.

## SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação

### 13.1. Métodos para o tratamento de resíduos

Não deitar cimento em águas superficiais ou em redes de drenagem pluviais ou esgotos.

#### **Produto - cimento cujo redutor de crómio ultrapassou o prazo de validade**

Código LER: 10 13 99 (Outros resíduos não especificados)

(e quando demonstrado conter mais que 0,0002% de Cr(VI) solúvel): não deve ser utilizado ou vendido exceto para o seu uso em processos fechados e totalmente automatizados, ou deve reciclar-se ou eliminar-se de acordo com a legislação local ou voltar a ser tratado com agente redutor.

#### **Produto – resíduo não usado ou derrame seco**

Código LER: 10 13 06 (outras partículas finas e pó)

Recolher o pó. Marcar os contentores. A sua reutilização é possível dependendo do prazo de validade do redutor de crómio (prazos indicados no saco ou guia de entrega) e dos requisitos para evitar a exposição ao pó. Em caso de eliminação, misturar com água, deixar endurecer e eliminar de acordo com as indicações do parágrafo “Produto - cimento endurecido após adição de água”

#### **Produto – material húmido**

Deixar endurecer, evitar a entrada nos esgotos ou nos sistemas de drenagem ou em cursos de água (e.g. efluentes) e eliminar como se indica no parágrafo “Produto - cimento endurecido após adição de água”.

#### **Produto - cimento endurecido após adição de água**

Eliminar de acordo com a legislação local. Evitar entrada no sistema de esgotos de água. Eliminar o produto endurecido como resíduo de betão. O cimento endurecido é um resíduo inerte e não perigoso.

Código LER: 10 13 14 (Resíduos da fabricação de cimento - resíduos de betão e sedimentos de betão) ou 17 01 01 (Resíduos da construção e demolição - betão).

#### **Resíduos de embalagem**

Embalagem completamente vazia e processo em conformidade com legislação local.

Código LER: 15 01 01 (resíduos de papel e cartão de embalagem).

## SECÇÃO 14: Informação relativa ao transporte

O cimento não está abrangido pela regulamentação internacional de transporte de mercadorias perigosas (IMDG, IATA, ADR/RID). Mercadoria não perigosa segundo a regulamentação de transporte.

Não é necessário adotar nenhuma precaução especial para além das mencionadas na secção 8.

### 14.1. Número ONU

Não relevante.

### 14.2. Designação oficial de transporte das Nações Unidas

Não relevante.



### 14.3. Classe(s) de perigo para o transporte

Não relevante.

### 14.4. Grupo de embalagem

Não relevante.

### 14.5. Perigos para o meio ambiente

Não relevante.

### 14.6. Precauções especiais para os utilizadores

Não relevante.

### 14.7. Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção Marpol 73/78 e o Código IBC

Não relevante.

## SECÇÃO 15: Informação sobre regulamentação

### 15.1. Regulamentação e legislação em matéria de segurança, saúde e meio ambiente específicas para a substância ou mistura

#### Informação sobre regulamentação Europeia

De acordo com o REACH o cimento é uma mistura, pelo que não está sujeito a processo de registo. O clínquer de cimento está isento de registo (Art. 2.7 (b) e Anexo V.10 do REACH).

#### Informação sobre regulamentação Nacional

(1) Decreto-Lei n.º 72/2005, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/53/CE.

(2) Decreto-Lei n.º 82/2003, transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas n.º 1999/45/CE, n.º 2001/58/CE e 2001/60/CE.

(3) Decreto-Lei n.º 98/2010, que estabelece o regime a que obedecem a classificação, embalagem rotulagem das substâncias perigosas para a saúde humana ou para o ambiente, com vista à sua colocação no mercado, transpõe parcialmente a Directiva n.º 2008/112/CE e transpõe a Directiva n.º 2006/121/CE.

(4) Decreto-Lei n.º 220/2012, que assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas que altera e revoga as Directivas n.ºs 67/548/CEE e 1999/45/CE e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

(5) Decreto-Lei n.º 293/2009 de 13 de outubro (transpõe o Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro (REACH) e procede à criação da Agência Europeia dos Produtos Químicos).

(5) NP EN 197-1:2012 - Cimento Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.

(6) NP 1796:2007 - Segurança e Saúde no Trabalho Valores limite de exposição

profissional a agentes químicos.

(7) NP EN 196-10:2007 (Ed.1) Métodos de ensaio de cimentos-Parte 10:  
Determinação do teor do crómio (VI) solúvel em água no cimento.

## 15.2. Avaliação da segurança de riscos químicos

Não foi efetuada nenhuma avaliação de riscos químicos.

## SECÇÃO 16: Outras informações

### 16.1. Indicação das alterações efectuadas

A presente Ficha de Dados de Segurança substitui a anterior com data de 29/05/2015. Foram incluídas todas as recomendações do modelo de Ficha de Dados de Segurança elaborado pelo OFICEMEN com base no modelo europeu elaborado pelo CEMBUREAU para a indústria cimenteira europeia.

Como principais alterações destacamos:

1. Na "SECÇÃO 2. Identificação dos perigos - 2.1 Classificação da substância ou mistura" é removida a classificação:

2.1.2. De acordo com a Diretiva 1999/45 / CE

[Deve incluir-se até 31 de maio de 2015]

Xi Irritante

R37 / 38: irrita os olhos, a pele e as vias respiratórias.

R41: Risco de lesões oculares graves.

R43: Pode causar sensibilização em contacto com a pele ..

Uma vez que tinha que manter-se até 2015/05/31

2.No parágrafo "3.2.1. Componentes que constituem um risco para a saúde ou o meio ambiente" é removida da tabela a classificação de acordo com 67/548/CEE do Conselho \*\* [devia ser incluída até 31 de maio, 2015]

### 16.2. Identificação de utilizações, descrições e categorias

A tabela abaixo apresenta um resumo de todas as utilizações pertinentes identificadas para o cimento ou de misturas que o contenham (ligantes hidráulicos) Todas as utilizações foram agrupadas em classes identificadas devido às condições específicas de exposição para a saúde humana e o meio ambiente. Para cada uma das utilizações foram definidas um conjunto de medidas de gestão de riscos ou controlos localizados (ver secção 8) que necessitam ser implementados pelo utilizador do cimento ou das misturas que o contém (ligantes hidráulicos) para alcançar um nível de exposição aceitável.

| Categoria de processo (PROC) | Utilizações identificadas – Descrição da utilização                         | Fabricação/Formulação de             | Utilização industrial/profissional de |
|------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                              |   | materiais de edificação e construção |                                       |
| 2                            | Uso em processo contínuo e fechado com esporádicas exposições controladas.  | X                                    | X                                     |
| 3                            | Uso em processo fechado por lotes/ dosificação                              | X                                    | X                                     |
| 5                            | Mistura mediante processos de dosificação para formular misturas ou artigos | X                                    | X                                     |
| 7                            | Pulverização industrial   |                                      | X                                     |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 8a | Transferência de substâncias ou misturas desde/para navios/grandes depósitos em instalações não dedicadas/não específicas |   | X |
| 8b | Transferência de substâncias ou misturas desde/para navios/grandes depósitos em instalações dedicadas/específicas         | X | X |
| 9  | Transferência de substâncias ou misturas para contentores mais pequenos   | X | X |
| 10 | Aplicações a rolo e a pincel  |   | X |
| 11 | Pulverização não industrial   |   | X |
| 13 | Tratamento de artigos por imersão ou deposição  |   | X |
| 14 | Produção de artigos ou misturas mediante "tableting", extrusão-compressão, peletização                                    | X | X |
| 19 | Mistura manual com contato direto e sempre que esteja disponível EPI  |   | X |
| 22 | Operações de processamento de minerais/metals, potencialmente fechados, a elevadas temperaturas. Contexto industrial      |   | X |
| 26 | Manipulação de substâncias inorgânicas sólidas a temperatura ambiente.  | X | X |

### 16.3. Abreviaturas e acrónimos

|         |  |
|---------|--|
| ACGIH   | American Conference of Industrial Hygienists (Associação Americana de Higienistas Industriais)   |
| ADR/RID | Acordo europeu para o transporte internacional de mercadorias perigosas por rodovia / caminho de ferro   |
| CAS     | Chemical Abstracts Service, é uma divisão da Sociedade Americana de Química,   |
| CLP     | Classificação, Etiquetagem e Embalagem de substâncias e misturas (Regulamento Europeu, nº 1272/2008)   |
| DPOC    | Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica   |
| DNEL    | Nível derivado de exposição sem efeitos  |
| CE50    | Concentração efetiva média: concentração determinada estatisticamente em que se estima causar um efeito não letal definido em 50% de uma dada população de organismos em condições definidas                 |
| ECHA    | European Chemicals Agency  |
| EPA     | Filtro de ar eficiente para partículas   |
| FDS     | Ficha de dados de segurança  |
| FPA     | Fator de proteção atribuído  |
| FF P    | Máscara autofiltrante para partículas (descartável)  |
| HEPA    | Filtro de ar de alta eficiência para partículas  |
| IATA    | Associação internacional dos transportes aéreos.   |
| IMDG    | Código marítimo internacional de mercadorias perigosas.  |
| LC50    | Concentração letal de um composto em ar ou água que mata 50% dos organismos estudados em condições específicas.  |
| LER     | Lista europeia de resíduos   |
| EM      | Estado Membro  |
| MEASE   | Ferramenta para a estimativa de exposições a metais e compostos inorgânicos EBRC Consulting GmbH for Eurometaux, <a href="http://www.ebrc.de/ebrc/ebrc-mease.php">http://www.ebrc.de/ebrc/ebrc-mease.php</a> |
| PBT     | Persistente, bioacumulável e tóxica.   |

|        |  |
|--------|--|
| PNEC   | Concentração Prevista sem Efeitos  |
| PROC   | Categoria de processo  |
| R20    | Nocivo por inalação.   |
| R37/38 | Irrita os olhos, a pele e as vias respiratórias.   |
| R41    | Riscos de lesões oculares muito graves.  |
| R43    | Possibilidade de sensibilização em contacto com a pele   |
| R48    | Risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada.                                    |
| REACH  | Registo, avaliação, autorização e restrição de produtos químicos (Regulamento (CE) nº1907/2006)          |
| SCOEL  | Comité Científico para os Limites de Exposição profissional a Agentes Químicos                           |
| STOT   | Toxicidade específica em determinados órgãos   |
| UVCB   | Substâncias de composição desconhecida ou variável, produtos de reação complexos ou materiais biológicos |
| vPvB   | Muito persistente e muito bioacumulável.   |
| VLA/ED | Valor limite ambiental de exposição profissional diária  |

## 16.4. Referências

- (1) Portland Cement Dust - Hazard assessment document EH75/7, UK Health and Safety Executive, 2006. Available from: <http://www.hse.gov.uk/pubns/web/portlandcement.pdf>
- (2) Observations on the effects of skin irritation caused by cement, Kietzman et al, *Dermatosen*, 47, 5, 184-189 (1999).
- (3) European Commission's Scientific Committee on Toxicology, Ecotoxicology and the Environment (SCTEE) opinion of the risks to health from Cr(VI) in cement (European Commission, 2002). [http://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_risk/committees/sct/documents/out158\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/sct/documents/out158_en.pdf)
- (4) Epidemiological assessment of the occurrence of allergic dermatitis in workers in the construction industry related to the content of Cr (VI) in cement, NIOH, Page 11, 2003.
- (5) U.S. EPA, Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms, 3rd ed. EPA/600/7-91/002, Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. EPA, Cincinnati, OH (1994a) and 4th ed. EPA-821-R-02-013, US EPA, office of water, Washington D.C. (2002)..
- (6) U.S. EPA, Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 4th ed. EPA/600/4-90/027F, Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. EPA, Cincinnati, OH (1993) and 5th ed. EPA-821-R-02-012, US EPA, office of water, Washington D.C. (2002).
- (7) Environmental Impact of Construction and Repair Materials on Surface and Ground Waters. Summary of Methodology Laboratory Results, and Model Development. NCHRP report 448, National Academy Press, Washington, D.C., 2001.
- (8) Final report Sediment Phase Toxicity Test Results with *Corophium volutator* for Portland clinker prepared for Norcem A.S. by AnalyCen Ecotox AS, 2007.
- (9) TNO report V8801/02, An acute (4-hour) inhalation toxicity study with Portland Cement Clinker CLP/GHS 03-2010-fine in rats, July 2010 – unaudited draft approved
- (10) TNO report V8815/09, Evaluation of eye irritation potential of cement clinker G in vitro using the isolated chicken eye test, April 2010
- (11) TNO report V8815/10, Evaluation of eye irritation potential of cement clinker W in vitro using the isolated chicken eye test, April 2010
- (12) Investigation of the cytotoxic and proinflammatory effects of cement dusts in rat alveolar macrophages, Van Berlo et al, *Chem. Res. Toxicol*, 2009 Sept; 22(9): 1548-58
- (13) Cytotoxicity and genotoxicity of cement dusts in A549 human epithelial lung cells in vitro; Gminski et al, Abstract DGPT conference Mainz, 2008
- (14) Comments on a recommendation from the American Conference of governmental industrial Hygienists to change the threshold limit value for Portland cement, Patrick A. Hessel and John F. Gamble, *ÉpiLung Consulting*, June 2008
- (15) Prospective monitoring of exposure and lung function among cement workers, Interim report of the study after the data collection of Phase I-II 2006-2010, Hilde Notø, Helge Kjuus, Marit Skogstad and Karl-Christian Nordby, National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway, March 2010,
- (16) MEASE, Metals estimation and assessment of substance exposure, EBRC Consulting GmbH for Eurometaux, <http://www.ebrc.de/ebrc/ebrcmease.php>.

- (17) Occurrence of allergic contact dermatitis caused by chromium in cement. A review of epidemiological investigations, Kåre Lenvik, Helge Kjuus, NIOH, Oslo, December 2011.

## 16.5. Formação

Em complemento aos programas de formação para os trabalhadores em meio ambiente, segurança e saúde, as empresas deverão assegurar que os trabalhadores lêem, entendem e aplicam os requisitos da presente ficha de dados de segurança (FDS).

## 16.6. Outra informação

Não sendo incorporados nas misturas dos cimentos mencionados na Secção 1.1 substâncias em quantidades relevantes, que estejam sujeitas a processo de registo ou que sejam consideradas perigosas pelo Regulamento REACH, não são apresentados anexos específicos com cenários de exposição suplementares além dos respeitantes à própria mistura. Na Secção 11.1, são explicitados ou referidos os valores e os métodos de teste utilizados para definição da classificação dos cimentos comuns.

## 16.7. Classificação e procedimento utilizado para determinar a classificação de misturas de acordo com o Regulamento (CE) nº 1272/2008 [CLP]

| Classificação de acordo com o Regulamento (CE) nº 1272/2008           | Indicações de perigo   |
|---|------------------------|
| Irritação cutânea 2 H315  | Resultados de ensaios  |
| Lesão ocular grave/ Irritação ocular 1 H318                           | Resultados de ensaios  |
| Sensibilizante cutâneo 1B, H317                                       | Estudos bibliográficos |
| Toxicidade Sistémica Específica Órgão Diana (exposição única) 3, H335 | Estudos bibliográficos |

## 16.8. Aviso legal/Nota de esclarecimento/ limitação de responsabilidade

A informação constante desta ficha reflete os conhecimentos atualmente disponíveis e confiando que o produto se utiliza de acordo com as condições estabelecidas e de acordo com as indicações que aparecem na embalagem ou em guias técnicas. Qualquer outro uso não especificado do produto, incluindo a sua utilização junto com outros produtos ou em outros processos, é da exclusiva responsabilidade do utilizador.

É responsabilidade do utilizador tomar as medidas de proteção adequadas, utilizar o cimento dentro do seu prazo recomendado e cumprir com todos os requisitos legais que sejam aplicáveis à sua atividade.

## Anexo: Tabelas adicionais com controlos técnicos apropriados e medidas de proteção individual da secção 8.2

### 1. Inalação DNEL de 1 mg/m<sup>3</sup>

#### 8.2.1. Medidas técnicas de controlo adequadas

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Controlos localizados  | Eficiência |
|---|---------------------------------|--|--|------------|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não são requeridos   | -          |
|   | 14, 26                          |  | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>78 %  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | Aspiração localizada   | 78 %       |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não são requeridos   | -          |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>78 %  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | Aspiração localizada   | 78%        |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               |  | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>78 %  |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14         |  | Não são requeridos   | -          |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               |  | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>72 %  |
|   | 9, 26                           |  | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada   | -<br>72 %  |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | Aspiração localizada   | 72 %       |
|   | 19 (#)                          |  | Não são aplicáveis os controlos localizados, só se pode levar a cabo o processo em espaços bem ventilados ou no exterior | -          |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              | A) Não são requeridos<br>ou<br>B) Aspiração localizada               | -<br>72 %  |            |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 | Não são requeridos   | -  |            |

\* PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.

## 8.2.2. Medidas de protecção individual, tales como equipos de protecção personal

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Especificação do Equipamento de Protecção Respiratória (EPR)       | Eficiência EPR - Factor de Protecção Atribuído (FPA) |
|---|---------------------------------|--|--|--|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não são requeridos   | -  |
|   | 14, 26                          |  | A) Protecção respiratória P2<br>ou<br>B) Protecção respiratória P1 | FPA = 10<br>FPA = 4                                  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | Protecção respiratória P2  | FPA = 10   |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não são requeridos   | -  |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Protecção respiratória P2<br>ou<br>B) Protecção respiratória P1 | FPA = 10<br>FPA = 4                                  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | Protecção respiratória P2  | FPA = 10   |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               |  | A) Protecção respiratória P3<br>ou<br>B) Protecção respiratória P2 | FPA = 20<br>FPA = 10                                 |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14         |  | Não são requeridos   | -  |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               |  | A) Protecção respiratória P2<br>ou<br>B) Protecção respiratória P1 | FPA = 10<br>FPA = 4                                  |
|   | 9, 26                           |  | A) Protecção respiratória P3<br>ou<br>B) Protecção respiratória P2 | FPA = 20<br>FPA = 10                                 |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | Protecção respiratória P3  | FPA = 20   |
|   | 19 (#)                          |  | Protecção respiratória P3  | FPA = 20   |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              | A) Protecção respiratória P3<br>ou<br>B) Protecção respiratória P2   | FPA = 20<br>FPA = 10   |  |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 | Não são requeridos   | -  |  |

\* PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.

## 2. Inalação DNEL de 5 mg/m<sup>3</sup>

### 8.2.1 Medidas técnicas de controlo adequadas

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Controlos localizados  | Eficiência |
|---|---------------------------------|--|--|------------|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não são requeridos   | -          |
|   | 14, 26                          |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>78 %  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>82 %  |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não são requeridos   | -          |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>78 %  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Ventilação geral ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>82 %  |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>78 %  |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14         |  | Não são requeridos   | -          |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Ventilação geral  | -<br>29 %  |
|   | 9, 26                           |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>77 %  |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada  | -<br>72 %  |
|   | 19                              |  | Não são aplicáveis os controlos localizados, só se pode levar a cabo o processo em espaços bem ventilados ou no exterior | -          |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              | A) Não são requeridos ou<br>B) Aspiração localizada                  | -<br>77 %  |            |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 | Não são requeridos   | -  |            |

\* PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.



## 8.2.2 Medidas de proteção individual como equipamentos de proteção pessoal

| Utilização  | PROC*                           | Exposição  | Especificação do Equipamento de Proteção Respiratória (EPR)      | Eficiência EPR - Factor de Proteção Atribuído (FPA) |
|---|---------------------------------|--|--|---|
| Fabricação industrial/formulação de aglomerados hidráulicos e materiais de construção           | 2, 3                            | A duração não está limitada (até 480 minutos/turno, 5 turnos/semana) | Não requerida  | -   |
|   | 14, 26                          |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br>-  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 10<br>-                                       |
| Usos industriais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior)   | 2                               |  | Não requerida  | -   |
|   | 14, 22, 26                      |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br>-  |
|   | 5, 8b, 9                        |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 10<br>-                                       |
| Usos industriais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção        | 7                               |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 10<br>-                                       |
|   | 2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14         |  | Não requerida  | -   |
| Usos profissionais de ligantes hidráulicos secos e materiais de construção (interior, exterior) | 2                               |  | A) Proteção respiratória P1<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 4<br>-  |
|   | 9, 26                           |  | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Não requerida            | FPA = 10<br>-                                       |
|   | 5, 8a, 8b, 14                   |  | A) Proteção respiratória P3<br>ou<br>B) Proteção respiratória P1 | FPA = 20<br>FPA = 4                                 |
|   | 19                              |  | Proteção respiratória P2   | FPA = 10  |
| Usos profissionais de suspensões húmidas de ligantes hidráulicos e materiais de construção      | 11                              | A) Proteção respiratória P2<br>ou<br>B) Não requerida                | FPA = 10<br>-  |   |
|   | 2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19 | Não requerida  | -  |   |

\* PROC são as utilizações identificadas e definidas na secção 16.2.

## Hoja de Datos de Producto

Edición 06/10/2008  
 Identificación nº 2.1.10  
 Versión nº 1  
 Sika ViscoCrete®-3425

# Sika ViscoCrete®-3425

Superplastificante de alto rendimiento



|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Descripción del Producto</b> | El Sika ViscoCrete®-3425 es un superplastificante de altas prestaciones para hormigones.  |
| <b>Usos</b>                     | <p>El Sika ViscoCrete®-3425 se utiliza para la confección de hormigones con gran necesidad de reducción de agua y de excelente fluidez</p> <p><i>El Sika ViscoCrete® -3425 se utiliza principalmente para las siguientes aplicaciones:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hormigón prefabricado.</li> <li>■ Hormigón autocompactante.</li> </ul>  |
| <b>Características/Ventajas</b> | <p>El Sika ViscoCrete®-3425 es un poderoso superplastificante que combina diferentes mecanismos de actuación.</p> <p>Debido a la adsorción superficial y el efecto esteárico, que separan las partículas, se consiguen las siguientes propiedades :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reducción muy importante de agua de amasado dando hormigones de alta densidad, altas resistencias y gran impermeabilidad.</li> <li>■ Excelente plasticidad, mejorando la fluidez, la colocación y la compactación.</li> <li>■ Bajo coste de energía en elementos prefabricados curados al vapor.</li> <li>■ Especialmente indicado para la preparación de hormigón autocompactable.</li> <li>■ Disminuye la retracción</li> </ul> <p>No contiene cloruros ni sustancias que puedan provocar o favorecer la corrosión del acero y por lo tanto pueden utilizarse sin restricciones en hormigones armados o pretensados.</p> |
| <b>Ensayos</b>                  |   |
| <b>Certificados/Normas</b>      | Cumple las especificaciones de la norma UNE-EN 934-2. Tablas 11.1 y 11.2: retardador / reductor / superplastificante  |
| <b>Datos del Producto</b>       |   |
| <b>Forma</b>                    |   |
| <b>Apariencia/Color</b>         | Líquido incoloro  |
| <b>Presentación</b>             | Contenedores de m <sup>3</sup> y bajo pedido puede suministrarse a granel   |



---

## Almacenamiento

---

|   |   |
|---|---|
| <b>Condiciones de Almacenamiento/Conservación</b> | 12 meses desde su fecha de fabricación, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados entre + 5° C y +35°C.<br>Proteger de la acción directa de la luz solar y de las heladas. |
|---|---|

---

## Datos Técnicos

---

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Composición química</b>          | Policarboxilato modificado en base acuosa |
| <b>Densidad</b>                     | 1.05 kg/l ± 0.01                          |
| <b>Valor de pH</b>                  | 4 ± 1.                                    |
| <b>Contenido en Cloruros</b>        | Libre de cloruros (EN 934-2)              |
| <b>Efecto del fraguado</b>          | No retardante                             |
| <b>Efecto de sobre-dosificación</b> | Puede producir exudación                  |

---

## Información del Sistema

---

### Detalles de Aplicación

---

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Consumo/Dosificación</b> | Dosificación recomendada:<br>Para media trabajabilidad: 0.2-0.8% del peso del cemento<br>Para una alta trabajabilidad, con baja relación agua/cemento y para hormigón autocompactable: 1.0-1.5 % del peso del cemento. |
|-----------------------------|--|

---

### Condiciones de Aplicación/ Limitaciones

---

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Compatibilidad</b> | El Sika ViscoCrete®-3425 se combina con los siguientes productos Sika entre otros:<br>-SikaPump®<br>-Sika® Ferrogard® -901<br>-Sikafume®<br>-SikaRapid®<br>-Sika® Stabilizer® -229<br>-Sika® Retarder®<br>Se recomienda hacer ensayos antes de combinar los productos. |
|-----------------------|--|

---

### Instrucciones de Aplicación

---

|   |  |
|---|--|
| <b>Incorporación al hormigón</b>          | El Sika ViscoCrete®-3425 se añadirá al agua de amasado o a la mezcla de hormigón.  |
| <b>Método de Aplicación/ Herramientas</b> | Se deben seguir las reglas de buena práctica del hormigonado en cuanto a producción y colocación.<br><br>El hormigón debe curar adecuadamente. |

---

|  |   |
|--|---|
| <b>Notas de Aplicación/ Limitaciones</b> | <i>Hormigón autocompactable:</i><br>Para la realización de hormigones autocompactables con Sika ViscoCrete®-3425 se deben hacer diseños del hormigón específicos<br><br><i>Heladas:</i><br>Si el Sika ViscoCrete®-3425 se helase, puede utilizarse sin que se vea disminuida ninguna de sus propiedades después de deshelarse lentamente a temperatura ambiente y agitado cuidadosamente. |
|--|---|

---

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Notas</b> | Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control. |
|--------------|--|

---

## Instrucciones de Seguridad e Higiene

Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.

## Notas Legales

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es".



**Sika**®

### OFICINAS CENTRALES Y FABRICA

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
Carretera de Fuencarral, 72  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38

### OFICINAS CENTRALES Y CENTRO LOGÍSTICO

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38

