

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 580**

21 Número de solicitud: 201631022

51 Int. Cl.:

E04H 9/02 (2006.01)

E02D 27/34 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

27.07.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.05.2017

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

03.08.2017

Fecha de concesión:

22.11.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

29.11.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(100.0%)**

**Ctro. Apoyo a la Innovación, la Investigación y la
Transferencia de Tecnología CTT, Edif. 6 G,
Camino de Vera s/n
46022 VALENCIA (Valencia) ES**

72 Inventor/es:

**BONET SENACH, José Luis;
PEREIRO BARCELÓ, Javier y
NAVARRO GÓMEZ zAlberto**

74 Agente/Representante:

MALDONADO JORDAN, Julia

54 Título: **ELEMENTO DE CONEXIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA SISMOS**

57 Resumen:

La presente invención describe un elemento de conexión de protección contra sismos para la conexión entre elementos estructurales, que comprende barras longitudinales de tipo SMA y con superelasticidad en temperatura ambiente; armadura transversal de acero convencional; hormigón de tipo VHPC o UHPC en el que se hallan embebidas las barras; conectores entre barras de acero convencionales de los elementos estructurales y las barras del elemento de conexión; y juntas entre el elemento de conexión y los elementos estructurales.

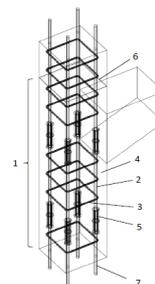


FIG. 1a

ES 2 611 580 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

ELEMENTO DE CONEXIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA SISMOS

Campo de la invención

La presente invención se refiere de forma general al
5 campo de la construcción, y más concretamente a la
protección frente a daños físicos y económicos en las
construcciones debido a movimientos sísmicos.

Antecedentes de la invención

10 Tradicionalmente, el diseño sísmico de estructuras
tenía como objetivo la prevención de las vidas humanas
respecto al colapso global o local de las estructuras
frente a un terremoto. En los años 60, la "Asociación de
Ingenieros Estructurales de California" (SEAOC) manifestó
15 la importancia que tiene la evaluación del daño, tanto en
elementos estructurales como no estructurales, en el diseño
sísmico de estructuras. A pesar de ello, el diseño sísmico
mantuvo los mismos criterios hasta los años 90. Así, los
terremotos importantes sucedidos en EEUU y en Japón, a
20 finales de los años 80 y principios de los 90, no
significaron pérdidas de vidas importantes pero sí
importantes daños y pérdidas económicas. En respuesta a
estos hechos, surgió la "Ingeniería Sísmica basada en el
Comportamiento" del documento "VISION 2000" publicado por
25 la SEAOC en 1995, como la idea más importante en los
últimos años en referencia al diseño sísmico o refuerzo de
estructuras. Este cambio de paradigma modificó el objetivo
del diseño sísmico actual basado sobre todo en la capacidad
de la estructura para cumplir la finalidad prevista,
30 teniendo en cuenta las consecuencias de su incumplimiento.
En dicho documento se definen cuatro niveles de
comportamiento en función de la importancia del terremoto
(operacional, inmediata ocupación, seguridad vital y no

colapso), en donde se acepta desde ningún tipo de daño hasta el daño total de la estructura, eso sí, en todo caso hay que asegurar la capacidad vertical de la estructura con el objetivo de poder desalojarla en condiciones de
5 seguridad tras un terremoto muy poco frecuente.

En este sentido, el Eurocódigo 8 del 2004, aplicable al proyecto y la construcción de edificios y obras de ingeniería civil en regiones sísmicas, se plantea como objetivo de su aplicación el asegurar que, en caso de
10 terremotos, se protejan las vidas humanas, se limite el daño y que las estructuras importantes para la protección civil continúen operativas.

El comportamiento de las estructuras convencionales calculadas en base al Eurocódigo 8 posee inconvenientes que
15 el invento objeto de patente logra suplir. El daño resultante tras un evento sísmico de cierta entidad es elevado y se concentra en las conexiones entre elementos estructurales: el hormigón del recubrimiento estalla, las armaduras comprimidas de acero pandean y la zona de daño
20 formada es muy grande. Como consecuencia, la reparación de estas estructuras, en los casos en que sea posible realizarla, es compleja y costosa. Es más, hay muchos casos en que la deriva residual que posee la estructura es tal que se debe demoler. Por lo tanto, aspectos como el elevado
25 daño tras un sismo, el coste de reparación, la nula capacidad de auto-recentrado de la estructura, representan unos graves inconvenientes que provocan que el coste del ciclo de vida de estas estructuras sea alto. Además, estas soluciones convencionales no permiten asegurar la
30 funcionalidad de infraestructuras de especial importancia tales como centrales eléctricas, hospitales, suministradoras de agua, etc. después de un sismo.

El documento WO2015100497 da a conocer un sistema de

amortiguación estructural adecuado para la protección sísmica en el que una camisa da espacio para la inserción de unas varillas de SMA de forma radial en torno a un eje. Sin embargo, dicho sistema resulta relativamente complejo y
5 costoso de fabricar y los resultados no resultan óptimos al no formar parte intrínseca de la estructura de hormigón armado de la edificación.

El documento W09857014 se refiere a un elemento a incorporar en estructuras destinado a modificar la
10 frecuencia de vibración de la estructura con el fin de proteger su integridad frente a un movimiento sísmico. Dicha modificación de la frecuencia se alcanza en virtud de que el elemento estructural comprende una pieza de aleación con memoria de forma (SMA), la cual modificará sus
15 propiedades mecánicas al producirse una vibración externa como la causada por un terremoto. Se trata de un elemento complementario que, en ausencia de dicha vibración externa, no cumple función alguna dentro de la estructura de la construcción. Por tanto supone un coste adicional en la
20 construcción de la estructura final.

El documento JPH04317446 se refiere a un material compuesto en el que están embebidas en el hormigón fibras metálicas de distintas características: de acero en estado martensítico, de aleación superelástica, así como
25 aleaciones con memoria de forma. Dicha incorporación de fibras metálicas proporciona al cemento, mortero u hormigón la capacidad de absorber las vibraciones en cierta medida. Sin embargo, el uso simplemente de un material compuesto de este tipo no proporciona resultados totalmente
30 satisfactorios en cuanto a la protección de edificaciones y otras construcciones frente a desplazamientos sísmicos.

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de una solución alternativa a las conocidas en la técnica

anterior que permita construir estructuras sismo-resistentes a un precio asumible a lo largo del ciclo de vida de las mismas que minimice los daños estructurales y asegure la funcionalidad después de un terremoto además de
5 contribuir a la capacidad resistente frente a otro tipo de sollicitaciones (gravitatorias, sobrecarga de uso, viento, etc.) en situaciones no sísmicas.

En base al conocimiento y a las normas de diseño actuales, ante un terremoto de alta magnitud, las
10 estructuras o bien colapsan, o bien quedan inservibles debido a sus altas deformaciones remanentes y alto nivel de daño. Por tanto, el objetivo principal de la invención es proporcionar un elemento de conexión entre elementos estructurales que posea una gran capacidad de giro, bajo
15 nivel de daño tras un sismo, sea de fácil reparación y que dote a la estructura global de la capacidad de recentrado tras el sismo.

Sumario de la invención

20 Para solucionar los problemas de la técnica anterior, en el presente documento se describe un elemento de conexión de protección contra sismos para la conexión entre elementos estructurales, comprendiendo el elemento de conexión:

- 25 - barras longitudinales de aleación con memoria de forma (SMA) y con superelasticidad en temperatura ambiente;
- armadura transversal, preferiblemente de acero convencional;
- 30 - hormigón de tipo VHPC o UHPC en el que se hallan embebidas las barras de SMA;
- conectores entre barras de acero convencionales de los elementos estructurales y las barras de SMA del

- elemento de conexión; y
- juntas entre el elemento de conexión y los elementos estructurales.

5 Breve descripción de las figuras

La presente invención se entenderá mejor con referencia a las siguientes figuras que ilustran realizaciones preferidas de la invención, proporcionadas a modo de ejemplo, y que no deben interpretarse como
10 limitativas de la invención de ninguna manera.

La figura 1 muestra esquemáticamente ejemplos de disposición de un elemento de conexión según realizaciones preferidas de la invención.

La figura 2 muestra dos gráficas comparativas que
15 representan la relación tensión-deformación en tracción de una barra de aleación tipo SMA empleada en una realización preferida de la presente invención y en una barra de acero convencional.

La figura 3 muestra dos gráficas comparativas que
20 representan el comportamiento en compresión y en tracción de un hormigón convencional, un hormigón de alta resistencia y un hormigón según una realización preferida de la presente invención.

La figura 4 muestra dos gráficas comparativas que
25 representan las derivas obtenidas con un elemento de conexión según la realización preferida de la invención y con una estructura convencional según la técnica anterior.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 El elemento de conexión (1) dado a conocer tiene aplicación para la conexión de un elemento estructural con otro de cualquier sección, tal como por ejemplo una viga con un soporte en un nudo o un soporte con una cimentación

de forma cualquiera. En la figura 1 se muestran de manera esquemática 8 ejemplos de aplicación del elemento de conexión (1), en concreto, la figura 1a muestra la conexión entre un soporte y una viga isostática en un nudo, la
5 figura 1b muestra la conexión entre un soporte y una viga continua con vainas (8) en un nudo, la figura 1c muestra la conexión tipo vainas (8) entre un soporte prefabricado y una cimentación ejecutada *in situ*, la figura 1d muestra la conexión tipo cáliz (9) entre un soporte prefabricado y una
10 cimentación ejecutada *in situ*, la figura 1e muestra la conexión entre unas vigas y un soporte interior en el nudo, la figura 1f muestra la conexión entre una viga y un soporte exterior en un nudo, la figura 1g muestra la conexión entre la viga y un muro y la figura 1h muestra la
15 conexión de la cabeza superior de una pila y un tablero. En cada caso, el elemento de conexión (1) según la presente invención se representa entre llaves. Las barras de SMA (2) se disponen en el sentido longitudinal del elemento estructural viga, soporte o pila.

20 El elemento de conexión (1) puede insertarse en cualquier estructura de hormigón, tanto creada *in situ* como prefabricada. La longitud "L" del elemento de conexión (1) variará en función de la calidad de los materiales y de las características mecánicas del resto de la estructura en la
25 que va a insertarse el elemento de conexión (1) de protección contra sismos.

El elemento de conexión (1) otorga de una gran capacidad de giro a la zona de la estructura en la que se incorpora, con un daño mínimo (fácilmente reparable) y con
30 una capacidad de recentrado de la estructura tras el evento sísmico. Todo esto se logra gracias a la combinación de dos materiales: hormigón de muy altas o ultra altas prestaciones (VHPC o UHPC) (4) y barras longitudinales (2)

de aleación con memoria de forma (SMA) y superelasticidad en temperatura ambiente. La gran capacidad de giro se consigue gracias a la gran capacidad de deformación de SMA. Esta gran deformación no podría mobilizarse sin un hormigón
5 con una gran resistencia y ductilidad. El bajo daño se consigue gracias a que el VHPC o UHPC concentra el daño en una única sección. En estados avanzados de carga se produce una gran fisura en la zona sometida a tracción, la cual se une por el SMA. Mientras tanto, en la zona comprimida,
10 debido al alto porcentaje en fibras metálicas y resistencia del hormigón utilizado, el daño es reducido (aunque variable, dependiendo de la junta utilizada). El bajo coste a lo largo del ciclo de vida de la estructura también es causa directa del bajo daño y de la facilidad de reparación
15 de la estructura tras un sismo de entidad. Por último, el recentrado de la estructura lo provoca el material de tipo SMA, ya que se utiliza SMA superelástico en temperatura ambiente, es decir, capaz de recobrar deformaciones cercanas a cero cuando desaparece la acción sísmica (figura
20 2a). Además, el hecho de utilizar un hormigón VHPC o UHPC (4) permite que frente a cargas cíclicas el hormigón no sufra un proceso de degradación (fisuración o salto de recubrimiento), lo que permite ayudar al material de tipo SMA a reducir los desplazamientos residuales y no pandear
25 localmente.

Por tanto, la invención se basa en la combinación del material de tipo SMA con el hormigón de tipo VHPC o UHPC (4). Por una parte, un material de tipo SMA insertado en un hormigón convencional provocaría que éste se degradara
30 notablemente frente a cargas cíclicas, provocadas por un terremoto. Por lo tanto, no se podría aprovechar la gran capacidad de deformación del SMA siendo la disipación de energía baja, ya que apenas se entraría en el régimen no

lineal de estas barras. Por otra parte, utilizar VHPC o UHPC con armaduras convencionales de acero presenta una menor capacidad de giro de la rótula, menor ductilidad, mayor daño y deformaciones residuales, y en consecuencia, un mayor coste de reparación. En ambas soluciones, la condición de no pandeo local de la armadura longitudinal no queda asegurada, lo cual limita la ductilidad y la energía de disipación de la estructura frente a sismos.

En el elemento de conexión (1) se pueden combinar las barras longitudinales (2) de aleación (SMA) con barras de refuerzo de polímeros reforzados con fibras (FRP), por ejemplo de fibra de vidrio o de carbono, o barras pasivas o activas de acero convencional, con la finalidad de reducir el coste de construcción. En este caso, respecto a la solución de disponer solo barras de SMA, la zona de daño se incrementa, se reduce la capacidad de auto-centrado de la estructura, los costes de reparación son mayores y la estructura muestra una menor energía de disipación. Por todo ello, el comportamiento óptimo desde el punto de vista del auto-centrado (menores desplazamientos residuales), de la reducción de daños, de la mayor energía de disipación y del menor coste de reparación se encuentra cuando se dispone en el elemento de conexión (1) únicamente barras longitudinales (2) de aleación con memoria de forma (SMA).

Además, en el elemento de conexión (1) se dispondrá una armadura transversal (3) de acero convencional para resistir las sollicitaciones transversales (por ejemplo, el esfuerzo cortante). No obstante, por el hecho de utilizar un hormigón de tipo UHPC o VHPC (4) con alto contenido en fibras de acero da lugar a que la cuantía a disponer de armadura transversal (3) no sea importante, lo que facilita la puesta en obra del hormigón. Esta armadura transversal (3) mejorará el efecto de confinamiento del hormigón

dispuesto y en consecuencia su resistencia y ductilidad.

Por tanto, el elemento de conexión (1) de protección contra sismos según una realización preferida de la invención comprende:

- 5 - barras longitudinales (2) de aleación con memoria de forma (SMA) y con superelasticidad en temperatura ambiente, combinadas o no con barras de refuerzo de polímeros reformados con fibras (FRP) o barras pasivas o activas de acero convencional;
- 10 - armadura transversal (3) de acero convencional;
- hormigón de tipo VHPC o UHPC (4) en el que se hallan embebidas las barras de SMA;
- conectores (5) entre barras de acero convencionales de los elementos estructurales y las barras de SMA
- 15 del elemento de conexión (1); y
- juntas (6) entre el elemento de conexión (1) y los elementos estructurales.

Tal como se mencionó anteriormente, las barras de aleación con memoria de forma presentan superelasticidad a

20 temperatura ambiente, lo que significa que pueden recuperar deformaciones cercanas a cero cuando desaparece la acción sísmica.

La aleación con memoria de forma de las barras puede seleccionarse, por ejemplo, del grupo constituido por Ni-

25 Ti, Ni-Ti-Nb, Ni-Ti-Cu, Ni-Ti-Fe, Cu-Al-Be, Cu-Al-Ni, Cu-Al-Zn, aleaciones en base Mn y aleaciones en base Fe. Más preferiblemente, la aleación con memoria de forma de las barras es Ni-Ti, y aún más preferiblemente es 50% Ni - 50% Ti aproximadamente.

30 Las características de la aleación con memoria de forma son que presenta superelasticidad a temperatura ambiente, una temperatura de finalización de la transformación austenítica (Af) de aproximadamente

entre -100°C y 10°C , un módulo de Young de aproximadamente de 10000 - 240000 MPa, una tensión directa f_y de aproximadamente de 150 - 800 MPa y una deformación de transformación H de aproximadamente de 2 - 6%.

5 El elemento de conexión (1) puede incluir barras fabricadas con otros materiales como barras de polímeros reformados con fibras (FRP), por ejemplo de fibra de vidrio o de carbono, o armaduras pasivas o activas de acero convencional. Tal y como entenderá el experto en la
10 técnica, las armaduras longitudinales unirán el elemento de conexión (1) con los elementos estructurales, tendrán continuidad en los elementos estructurales y en el elemento de conexión (1). El experto en la técnica seleccionará la combinación más adecuada de acuerdo con las prestaciones
15 necesarias. Más preferiblemente, si se requiere el mínimo daño, la máxima energía de disipación, la máxima recuperación y el mínimo coste de reparación, el experto dispondrá únicamente barras longitudinales (2) de SMA en el elemento de conexión (1).

20 En todo caso, tal y como entenderá el experto en la técnica, se dispondrá armadura transversal (3) de acero convencional requerida para resistir las sollicitaciones transversales (por ejemplo, respecto al esfuerzo cortante) en el elemento de conexión (1) de protección contra sismos.

25 En la figura 2 se muestra la relación tensión - deformación en tracción sometida a una carga cíclica de una barra de aleación de tipo SMA según la presente invención (gráfica superior) y de una barra de acero de armado convencional (gráfica inferior). Tal como puede apreciarse
30 en la figura 2, las deformaciones residuales de la barra de SMA son inferiores con respecto a la barra de acero convencional.

En concreto, las barras de SMA empleadas en la prueba

de tensión - deformación anterior son barras de Ni-Ti que presentan una composición de aproximadamente 50% Ni - 50% Ti, superelasticidad a temperatura ambiente, una temperatura de finalización de la transformación austenítica (Af) de aproximadamente -8°C, un módulo de Young de aproximadamente 65000 MPa, una tensión de transformación directa f_y de aproximadamente 450 - 500 MPa y una deformación de transformación H de aproximadamente el 4%.

10 El hormigón empleado en el elemento de conexión (1) según la realización preferida de la presente invención presenta una resistencia muy alta (de entre aproximadamente 100 y aproximadamente 200 MPa, más preferiblemente entre aproximadamente 110 MPa y aproximadamente 140 MPa) y un
15 alto contenido en fibras metálicas (superior al 1%).

Mediante esta alta resistencia se consigue una alta adherencia con las fibras metálicas. Para conseguir esas resistencias tan altas anteriormente mencionadas, se emplea un alto contenido en cemento y también se utiliza humo de
20 sílice. Además, el hormigón resultante es autocompactante debido a que la granulometría tiene un tamaño máximo del árido bajo.

Con respecto a la nomenclatura empleada, debe tenerse en cuenta que en la bibliografía existente no es homogénea.
25 Algunos autores clasifican este tipo de hormigones como de "ultra altas prestaciones" (UHPC) a partir de 100 MPa, y otros autores los clasifican como de "muy altas prestaciones" (VHPC) entre 100 y 150 MPa, y de "ultra altas prestaciones" a partir de 150 MPa. Por tanto, en la
30 presente invención se emplean los términos VHPC y UHPC de manera intercambiable para referirse al hormigón empleado en las realizaciones de la presente invención, con una resistencia de entre 100 MPa y 200 MPa, más preferiblemente

de entre 110 y 140 MPa.

Para la fabricación del elemento de conexión (1) según la presente invención resulta necesario fabricar un hormigón con muy altas prestaciones tanto en compresión como en tracción con un alto contenido en fibras de acero. El rango de hormigones que tienen estas prestaciones iría desde los 110 MPa en adelante con un alto contenido en fibras de acero. Se han realizado pruebas con hormigones de una calidad inferior dando lugar a resultados insatisfactorios: un daño mayor en la pieza, salto del recubrimiento y pandeo de las barras por pérdida del recubrimiento del hormigón.

En la figura 3 se muestran unas gráficas en las que puede compararse el comportamiento en compresión (gráfica superior) y en tracción (gráfica inferior) de un hormigón convencional (resistencia inferior a 50 MPa), un hormigón de alta resistencia (entre 50 y 80 MPa) y un hormigón según una realización preferida de la presente invención (resistencia de entre 110 MPa y 140 MPa). Puede apreciarse una diferencia notable en las prestaciones (resistencia y ductilidad) entre el hormigón de la realización preferida de la invención y los hormigones de la técnica anterior.

En concreto, el hormigón empleado en las pruebas de compresión y tracción anteriores tiene la composición presentada en la siguiente tabla:

Cemento tipo CEM 42.5 SR	1000 kg
Agua	184 kg
Humo de sílice densificado	150 kg
Arena con una granulometría de 0,4 mm	310 kg
Arena con una granulometría de 0,8 mm	575 kg
Aditivo tipo Sika 20HE	28,5 kg
Fibra acero tipo Dramix 80/30 BP	60 kg

ES 2 611 580 B2

Fibra acero tipo Dramix OL 13/0.5	90 kg
-----------------------------------	-------

Para la fabricación del hormigón empleado en la realización preferida se ha seguido el siguiente procedimiento de preparación del hormigón:

- 5 - humedecer una amasadora;
- verter áridos de los más gruesos a los más finos;
- pre-mezclar los componentes anteriores durante un minuto;
- sin parar la amasadora, añadir agua;
- 10 - al alcanzar 2 minutos tras terminar la adición de agua, empezar a verter aditivo a ritmo constante;
- en el minuto 10 tras terminar la adición de agua empezar a añadir fibras, primero las cortas y después las largas;
- 15 - en el minuto 23 tras terminar la adición de agua realizar una prueba de cono de Abrams y comprobar que se obtiene como resultado aproximadamente 700 mm de escurrimiento;
- a partir del minuto 25 tras terminar la adición de
- 20 agua verter el hormigón en los moldes.

Según una realización preferida, la etapa de verter áridos comprende verter los siguientes componentes en el siguiente orden: arena con una granulometría de 0,8 mm, arena con una granulometría de 0,4 mm, cemento y humo de

25 sílice densificado.

Tal y como entenderá el experto en la técnica, los tiempos de espera y de amasado variarán en función del tipo de amasadora, las condiciones climatológicas y el volumen de hormigón amasado.

30 Para transmitir los esfuerzos de las barras de acero convencionales (7) de los elementos estructurales que conectan con las barras de SMA (2) del elemento de conexión

(1) deben utilizarse conectores (5). Estos deben poder transmitir los esfuerzos sin que la barra deslice en su interior, sin que se rompa ninguna de las barras que unen y sin que se rompa el propio conector (5).

5 Pueden emplearse, por ejemplo, conectores mecánicos de marcas comerciales tales como el modelo MBT de HALFEN, el modelo ZAP screwlock tipo SL de BPI y similares; siempre que se garantice la continuidad de la barra tanto en tracción como en compresión. Según una realización
10 preferida, el conector (5) empleado es un conector roscado en el que la rosca de la barra se realizará en el proceso de fabricación de la misma, con el objetivo de no modificar las características mecánicas de la barra por sobrecalentamiento.

15 Los grupos de elementos estructurales que se conectan mediante el elemento de conexión (1) según la presente invención pueden seleccionarse del grupo constituido por soporte-cimentación, pila-cimentación, viga-cimentación, viga-soporte en el nudo, viga-viga en el nudo, soporte-
20 soporte en el nudo, pila-pila en el nudo, pila-tablero, soporte-muro y viga-muro. Los elementos estructurales que se conectan mediante el elemento de conexión (1) según la presente invención forman parte de los grupos seleccionados en realizaciones tanto de obra civil (por ejemplo, puentes)
25 como en edificación. Además, podrán formar parte tanto de elementos prefabricados como ejecutados *in situ*. La continuidad entre el elemento de conexión (1) y el elemento estructural (viga, soporte o pila) en donde se dispone el elemento de conexión (1) se materializa con una junta (6)
30 seleccionada del grupo constituido por una junta seca y una junta húmeda. La junta seca consiste en el contacto directo entre hormigones, mientras que la junta húmeda consiste en un puente de unión químico entre hormigones. Tal como

entenderá el experto en la técnica, en este caso siempre existirá armadura longitudinal para unir el hormigón del elemento de conexión (1) con el hormigón del elemento estructural.

5 El puente de unión químico en el caso de la junta húmeda puede realizarse mediante la aplicación, por ejemplo, de resinas de tipo SiKaDur o similares.

Por otro lado, la continuidad entre el elemento de conexión (1) y un nudo, cimentación, muro o tablero se
10 ejecuta mediante una junta (6) que se selecciona del grupo constituido por una junta con continuidad y una junta sin continuidad. Se han sometido a prueba ambas opciones y se ha constatado que el comportamiento es distinto. Si la junta (6) no tiene continuidad, ésta se abre en la zona
15 sometida a tracción sin ocasionar daños. En cuanto a la parte comprimida, la calidad del hormigón provoca que pueda soportar enormes compresiones, fruto de la elevada posición de la fibra neutra debido al gran giro que se concentra en esa sección. La junta (6) se materializa realizando el
20 hormigonado en dos fases, de tal forma que existe una junta seca en una determinada sección. En ésta se prescinde de la resistencia a tracción que aportan las fibras metálicas del hormigón. Este hecho provoca que la carga máxima alcanzada sea menor que en el caso con junta con continuidad.

25 En las realizaciones de junta sin continuidad no existe continuidad en tracción pero sí en compresión. Es decir, las fibras de acero no unen la junta (6) de la conexión entre elementos.

Una realización específica del elemento de conexión
30 (1) según la presente invención sin continuidad en la junta es una conexión tipo vainas (8) entre un soporte prefabricado y una cimentación ejecutada in-situ. En este caso, en primer lugar se monta la armadura longitudinal y

transversal tanto en la cimentación como en el soporte. En la cimentación se disponen las vainas (8) que servirán para conectar el soporte prefabricado con la cimentación. En la cara inferior del soporte se disponen las barras exentas de SMA conectadas a las barras de acero convencional (7) que
5 habrá que insertar en las vainas (8) de la cimentación. La continuidad de las barras de tipo SMA (2) y de acero convencional (7) queda garantizada por la disposición de los conectores (5), tanto en la conexión con la cimentación
10 como en el soporte prefabricado. Las barras de Ni-Ti cruzan la junta (6) entre el soporte prefabricado y la cara superior de la cimentación. A continuación, se fabrica por un lado la cimentación, y por otro lado el soporte prefabricado en donde se vierte el hormigón teniendo
15 especial cuidado con la zona crítica del soporte en la que se ha situado la barra de Ni-Ti. Por último, se realiza la conexión entre el soporte prefabricado y la cimentación. Para rellenar el hueco que queda entre la vaina (8) y la barra se emplea un mortero expansivo adecuado para
20 anclajes, rellenos y nivelación, por ejemplo de la marca Sika, de tipo Sika Grout o similar. Por otro lado, en la junta (6) puede colocarse un puente de unión de tipo SiKaDur o similar.

Otro ejemplo de conexión sin continuidad en la junta
25 (6) es una conexión de un soporte híbrido con una viga en un nudo sin continuidad. En este caso, en primer lugar se monta la armadura longitudinal y transversal. La continuidad de las barras SMA (2) y de acero convencional (7) se garantiza por la disposición de conectores (5). A
30 continuación, se realiza el encofrado del soporte y después la construcción del elemento de conexión (1) (vertido de hormigón de tipo UHPC de forma independiente al resto del elemento en el soporte inferior). Después se vierte en el

resto del soporte inferior un hormigón con prestaciones inferiores (por ejemplo con una resistencia de 80 MPa). En la junta (6) entre ambos hormigones se dispone un puente de unión de tipo SikaDur o similar. Por último, se vierte
5 hormigón en el nudo del encuentro entre soporte inferior y la viga, así como en el resto del soporte superior y la viga. En este caso, en la junta (6) no se dispone de ningún puente de unión.

Por otro lado, en las conexiones con continuidad en la
10 junta (6), la zona de daño es mayor ya que se produce una fisura a costa de romper el hormigón a tracción, por lo que los daños son mayores que en el caso de sin continuidad de la junta (6), en el que ya se había preformado la sección de fisuración de forma controlada. El daño a compresión
15 también resulta ligeramente mayor al ser una sección de rotura irregular provocada por el daño en tracción. Sin embargo, la carga máxima soportada en este caso es mayor.

Este tipo de solución confiere continuidad tanto en tracción como en compresión de la junta (6). Es decir, las
20 fibras de acero unen la junta (6) de la conexión entre elementos estructurales. Una realización específica del elemento de conexión (1) según la presente invención con continuidad en la junta (6) es una conexión tipo cáliz (9) entre un soporte prefabricado y una cimentación ejecutada
25 *in situ*. En este caso, en primer lugar se monta la armadura longitudinal y transversal, tanto en el soporte prefabricado como en la cimentación. La continuidad de las barras SMA (2) y de acero convencional (7) se garantiza por la disposición de conectores (5) dispuestas en el soporte
30 prefabricado. Por un lado, se fabrica la cimentación. En la cimentación se dispone un cajeadado con la misma forma que el soporte y que servirá para insertar el soporte en la cimentación. Por otro lado, se vierte el hormigón en el

soporte prefabricado, teniendo especial cuidado con la zona crítica del soporte en la que se ha situado las barras de Ni-Ti que se disponen cruzando la cara superior de la cimentación, una vez se haya colocado el soporte. Por
5 último, se realiza la conexión entre el soporte y la cimentación (colocación y relleno del hueco mediante mortero expansivo de tipo Sika Grout o similar).

Otro ejemplo de conexión con continuidad en la junta (6) es una conexión entre un soporte híbrido y una viga en
10 un nudo con continuidad. En este caso, en primer lugar se monta la armadura longitudinal y transversal. La continuidad de las barras SMA (2) y de acero convencional (7) se garantiza por la disposición de conectores (5). A continuación, se realiza el encofrado del soporte y la
15 fabricación de la parte del soporte inferior objeto de ensayo con un hormigón con prestaciones inferiores (por ejemplo, una resistencia de 80 MPa). Una vez fraguado el hormigón de 80 MPa, se vierte el hormigón de tipo UHPC según la presente invención en la zona de conexión.
20 Previamente, en la junta (6) entre ambos hormigones (H80-UHPC) se dispone un puente de unión tipo SikaDur o similar. A continuación, se vierte el hormigón en el resto de la estructura (nudo, viga y soporte superior). En este caso, este hormigón se vierte después de verter el hormigón del
25 elemento de conexión (1) según la presente invención, dando lugar a la continuidad a tracción mediante las fibras de acero.

Se han obtenido experimentalmente de un ensayo las derivas producidas al aplicar una carga lateral cíclica
30 sobre un elemento de conexión (1) según la presente invención de acuerdo con la realización preferida, hormigón tipo UHPC de 121 MPa de resistencia a compresión y barras SMA con las características preferidas, así como sobre un

elemento estructural convencional, de hormigón convencional de 34 MPa de resistencia a compresión y barras de acero B500SD. En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos en dichos ensayos (gráfica superior: elemento de conexión
5 según la invención, gráfica inferior: elemento estructural convencional). Puede apreciarse que las derivas máximas obtenidas con el elemento de conexión (1) según la presente invención son el doble que las obtenidas con el elemento estructural convencional.

10 También ha podido constatarse que el nivel de daño en el hormigón del elemento de conexión (1) según la presente invención tras un evento sísmico es muy reducido, y que una simple reparación permite recobrar la misma capacidad de resistencia y ductilidad. En concreto, tras reparar el
15 elemento de conexión (1) según la presente invención volvió a realizarse un ensayo de derivas frente a cargas cíclicas, alcanzándose un 95% de la deriva máxima inicial y manteniendo la misma capacidad de resistencia y deriva residual.

20 La deriva residual tras un evento sísmico en el elemento de conexión (1) según la presente invención es de aproximadamente el 15% de la deriva máxima, mientras que con los elementos estructurales convencionales es de aproximadamente el 80% de la deriva máxima.

25 Una ventaja adicional de la invención es que los procedimientos de fabricación son sustancialmente similares a los habituales, por lo tanto puede aplicarse en cualquier construcción, prefabricada o *in situ*, en obra civil o edificación, y con cualquier mano de obra.

30 Algunas ventajas proporcionadas por la presente invención se resumen en la siguiente tabla, que presenta algunas características del elemento de conexión (1) según la presente invención en comparación con algunas soluciones

conocidas de protección contra sismos:

Parámetro		Inven- ción	Solu- ción conven- cional	Aisla- dores	Tirantes rigidiza- dores
Ejecu- ción	Procedimientos constructivos habituales	Sí	Sí	No	Sí
	Mano de obra especializada	No	No	Sí	No
	Posible ejecución de la solución en la misma obra	Sí	Sí	No	No
Econó- mica	Coste económico	Sí	Sí	No	Sí
	Economiza la estructura en su ciclo de vida	Sí	No	Sí	Sí
Daños tras el sismo	Grado alto de daño	No	Sí	No	Sí
	Coste de reparación ante un mismo sismo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Derivas resi- duales	Capacidad de auto-recentrado de la estructura tras el sismo	Sí	No	No	No

Capacidad de giro	Alta ductilidad en las rótulas plásticas formadas	Sí	No	No	No
Aplicabilidad	Estructuras <i>in situ</i>	Sí	Sí	Sí	Sí
	Estructuras prefabricadas	Sí	No	Sí	Sí
Invasibilidad	Repercute en el diseño de fachadas	No	No	No	Sí
	Propensión a eliminar espacio útil	No	No	No	Sí

- Solución convencional: la ductilidad se consigue mediante exigencias de cuantía de armadura longitudinal y mayores disposiciones de armadura transversal en las zonas de encuentro, lo que dificulta la puesta en obra y aumenta los costes. La disipación de energía se genera en gran medida a costa de plastificación de las armaduras de acero y rotura del hormigón, lo que obliga en un futuro a costosas reparaciones o directamente conduce a la demolición y nueva construcción, y a posibles interrupciones de funcionamiento. Se aplica a sistemas de pórticos o duales equivalentes a pórticos.

- Aisladores de la cimentación: solución similar a la propuesta por la presente invención, pero que aporta menos rigidez a la estructura, genera movimientos más violentos para el usuario y obliga a mayores labores de mantenimiento y limpieza e inspecciones periódicas.

- Tirantes rigidizadores (cruces de San Andrés): obliga a la construcción de nuevos elementos, cuya posición

óptima se da en la zona exterior del edificio. Esto limita la visión hacia el exterior así como la estética del edificio. Si se posicionan en el interior, también coarta los espacios interiores.

- 5 Aunque se ha descrito la presente invención con referencia a realizaciones preferidas de la misma, el experto en la técnica podrá concebir cambios y modificaciones sin por ello apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

1. Elemento de conexión (1) de protección contra sismos para la conexión entre elementos estructurales, comprendiendo el elemento de conexión (1):
 - 5 - barras longitudinales (2) de aleación con memoria de forma (SMA) y con superelasticidad en temperatura ambiente, dispuestas de manera que cruzan la intersección entre el elemento de conexión (1) y el nudo u otro elemento estructural que se conecta;
 - 10 - armadura transversal (3);
 - hormigón de tipo VHPC o UHPC (4) en el que se hallan embebidas las barras de SMA;
 - conectores (5) entre barras de acero convencionales (7) de los elementos estructurales y las barras de SMA (2) del elemento de conexión (1); y
 - 15 - juntas (6) entre el elemento de conexión (1) y los elementos estructurales.
2. Elemento de conexión (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que la aleación con memoria de forma de las barras se selecciona del grupo constituido por Ni-Ti, Ni-Ti-Nb, Ni-Ti-Cu, Ni-Ti-Fe, Cu-Al-Be, Cu-Al-Ni, Cu-Al-Zn, aleaciones en base Mn y aleaciones en base Fe.
- 20
3. Elemento de conexión (1) según la reivindicación 2, caracterizado por que la aleación con memoria de forma de las barras es Ni-Ti.
- 25
4. Elemento de conexión (1) según la reivindicación 3, caracterizado por que la aleación con memoria de forma de las barras es 50% Ni - 50% Ti.
- 30
5. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que las barras longitudinales (2) de aleación con memoria de forma (SMA) y con superelasticidad en temperatura

ambiente se combinan con una armadura de refuerzo seleccionada del grupo constituido por barras de polímeros reformados con fibras (FRP), barras pasivas o activas de acero convencional.

- 5 6. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la armadura transversal (3) es de acero convencional.
7. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el
- 10 hormigón presenta una resistencia de 100-200 MPa.
8. Elemento de conexión (1) según la reivindicación 7, caracterizado por que el hormigón (4) presenta una resistencia de 110 - 140 MPa.
9. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las
- 15 reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hormigón (4) presenta un contenido en fibras metálicas superior al 1%.
10. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el
- 20 hormigón (4) es autocompactante.
11. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hormigón (4) presenta la siguiente composición: 1000
- 25 kg de Cemento tipo CEM 42.5 SR, 184 kg de Agua, 150 kg de Humo de sílice densificado, 310 kg de Arena con una granulometría de 0,4 mm, 575 kg de Arena con una granulometría de 0,8 mm, 28,5 kg de Aditivo tipo Sika 20HE, 60 kg de Fibra acero tipo Dramix 80/30 BP y 90 kg de Fibra acero tipo Dramix OL 13/0.5.
- 30 12. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los conectores (5) entre barras de acero convencionales (7) de los elementos estructurales y las barras de SMA

- (2) del elemento de conexión (1) son conectores mecánicos.
13. Elemento de conexión (1) según la reivindicación 12, caracterizado por que el conector mecánico entre el
5 acero convencional y la barra de SMA (2) es de tipo roscado.
14. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos estructurales que se conectan se seleccionan
10 del grupo constituido por realizaciones de obra civil (puentes) y edificación.
15. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que los elementos estructurales que se conectan se seleccionan
15 del grupo constituido por elementos prefabricados y elementos ejecutados *in situ*.
16. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que los elementos estructurales que se conectan se seleccionan
20 del grupo constituido por soporte-cimentación, pila-cimentación, viga-cimentación, viga-soporte en el nudo, viga-viga en el nudo, soporte-soporte en el nudo, pila-pila en el nudo, pila-tablero, soporte-muro y viga-muro.
- 25 17. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el elemento estructural es un soporte y la junta (6) entre el elemento de conexión (1) y el soporte se selecciona del grupo constituido por una junta seca y
30 una junta húmeda.
18. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el elemento estructural es una viga y la junta (6) entre

el elemento de conexión (1) y la viga se selecciona del grupo constituido por una junta seca y una junta húmeda.

- 5 19. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el elemento estructural es una pila y la junta (6) entre el elemento de conexión (1) y la pila se selecciona del grupo constituido por una junta seca y una junta húmeda.
- 10 20. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el elemento estructural es un nudo y la junta (6) se selecciona del grupo constituido por una junta con continuidad y una junta sin continuidad.
- 15 21. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el elemento estructural es una cimentación y la junta (6) se selecciona del grupo constituido por una junta con continuidad y una junta sin continuidad.
- 20 22. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el elemento estructural es un tablero y la junta (6) se selecciona del grupo constituido por una junta con continuidad y una junta sin continuidad.
- 25 23. Elemento de conexión (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, caracterizado por que el elemento estructural es un muro y la junta (6) se selecciona del grupo constituido por una junta con continuidad y una junta sin continuidad.

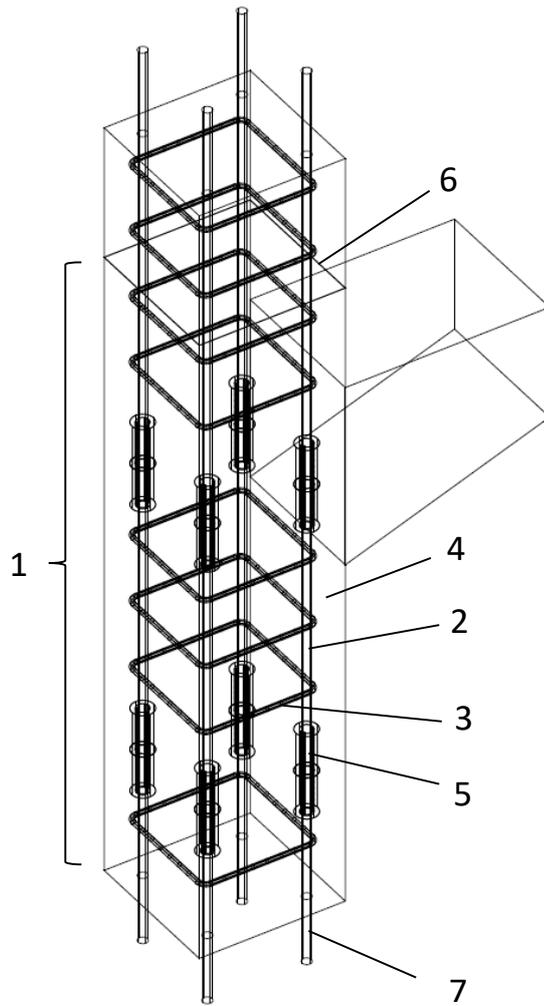


FIG. 1a

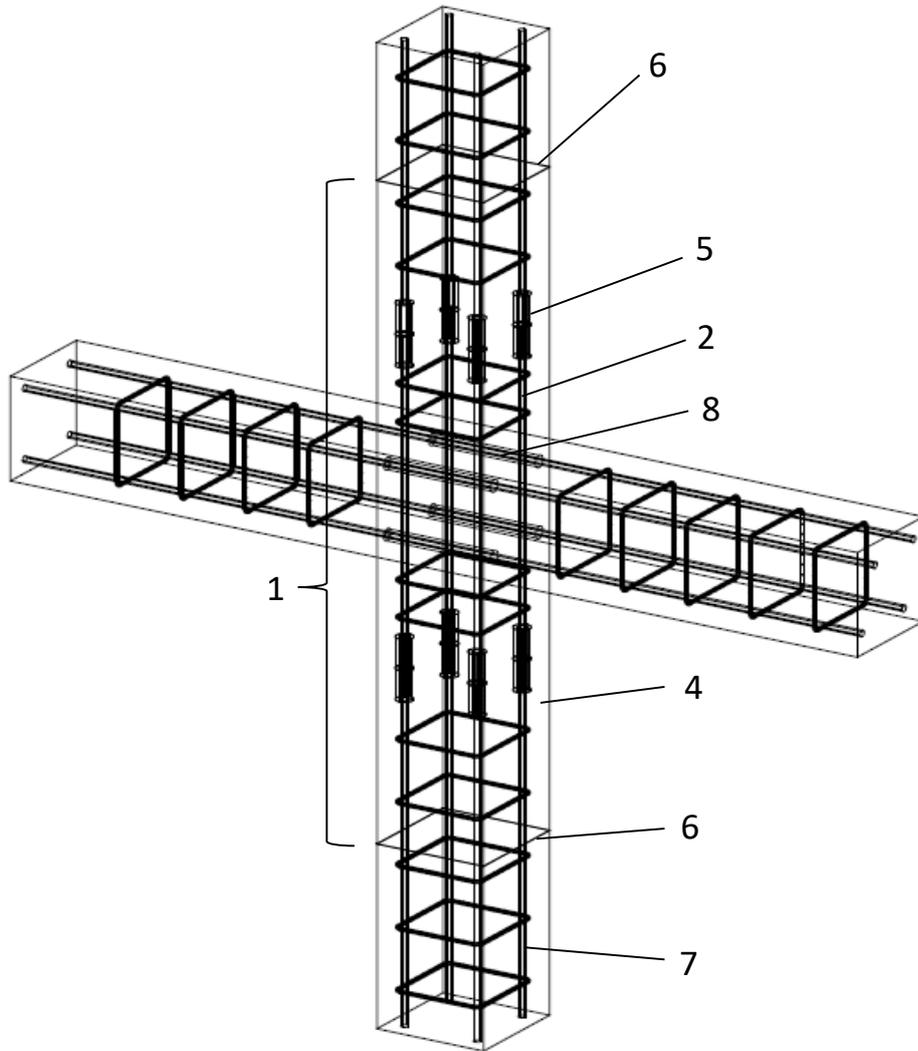


FIG. 1b

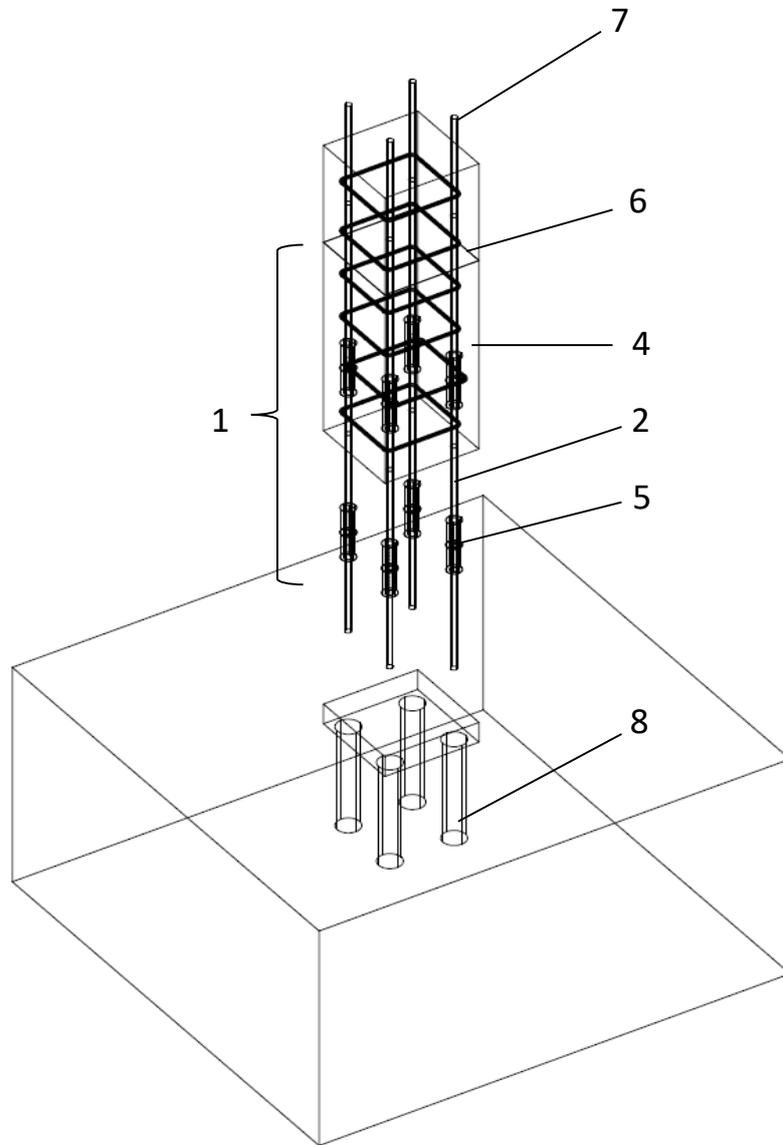


FIG 1c

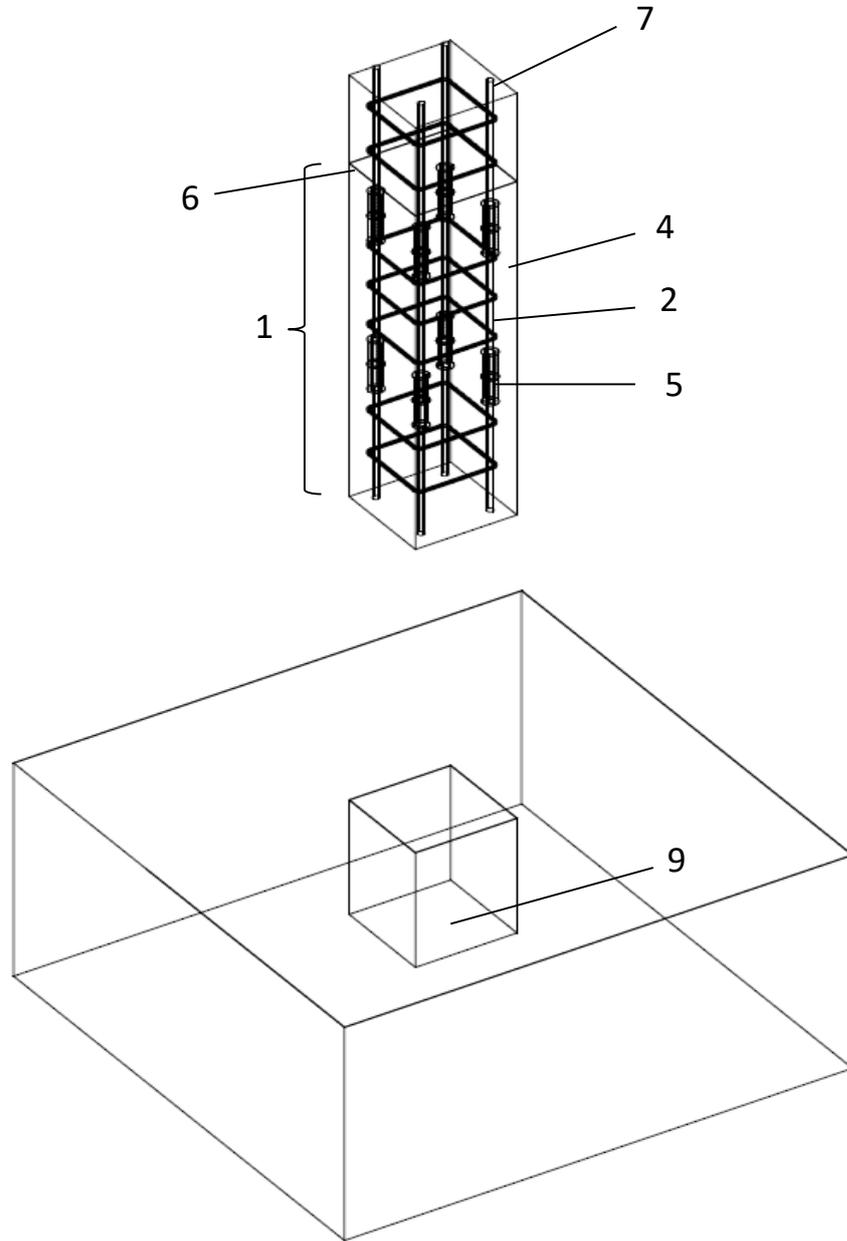


FIG 1d

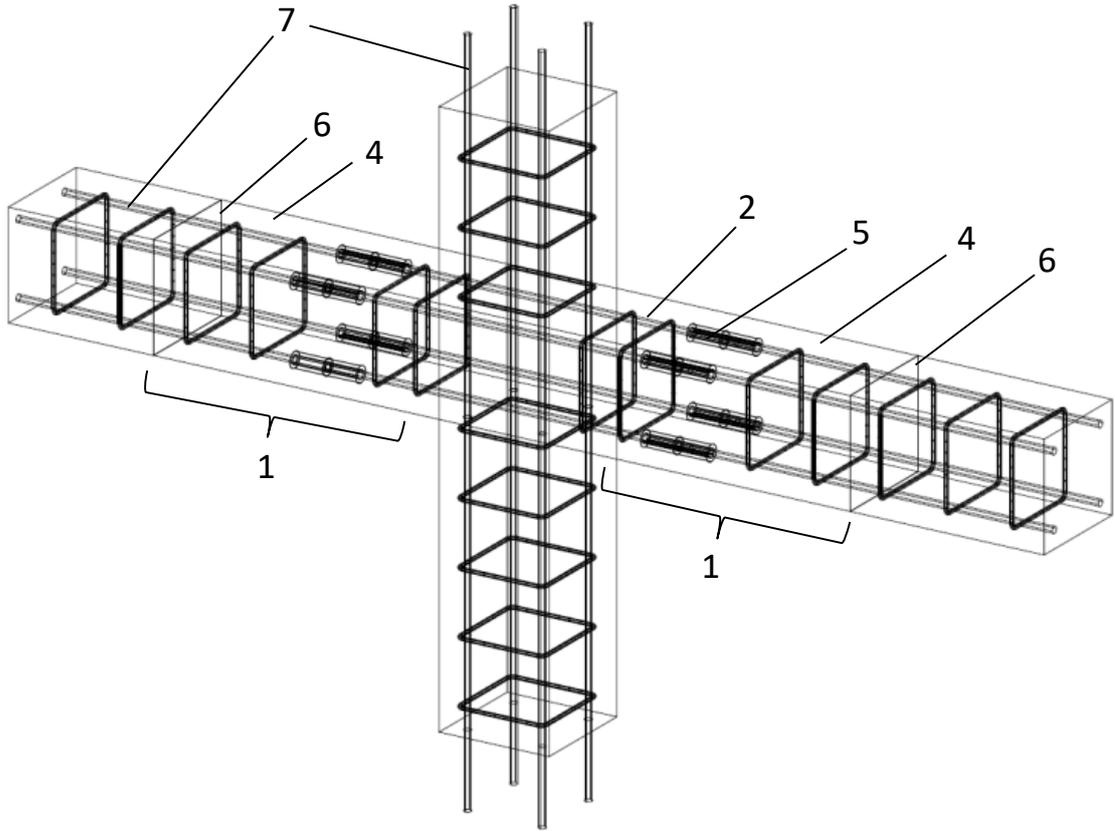


FIG 1e

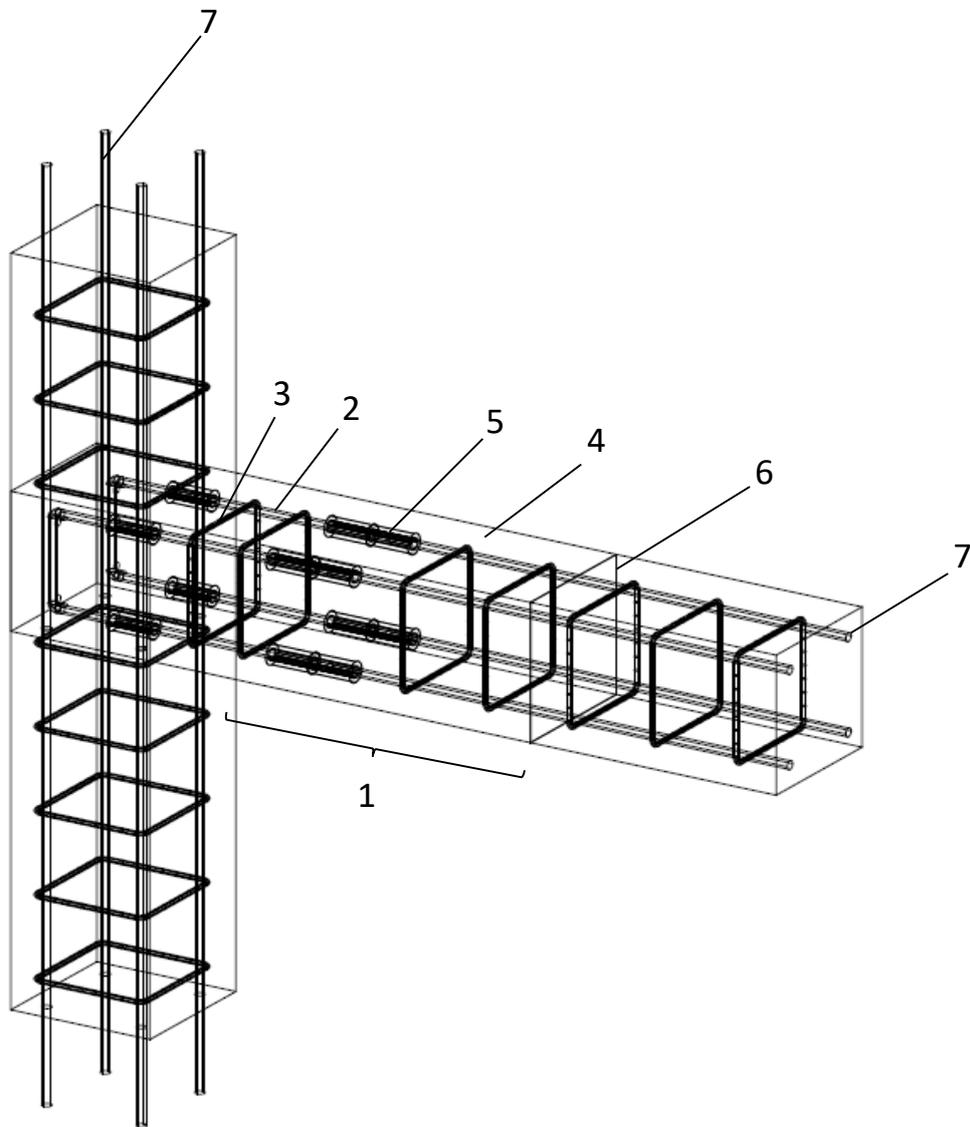


FIG 1f

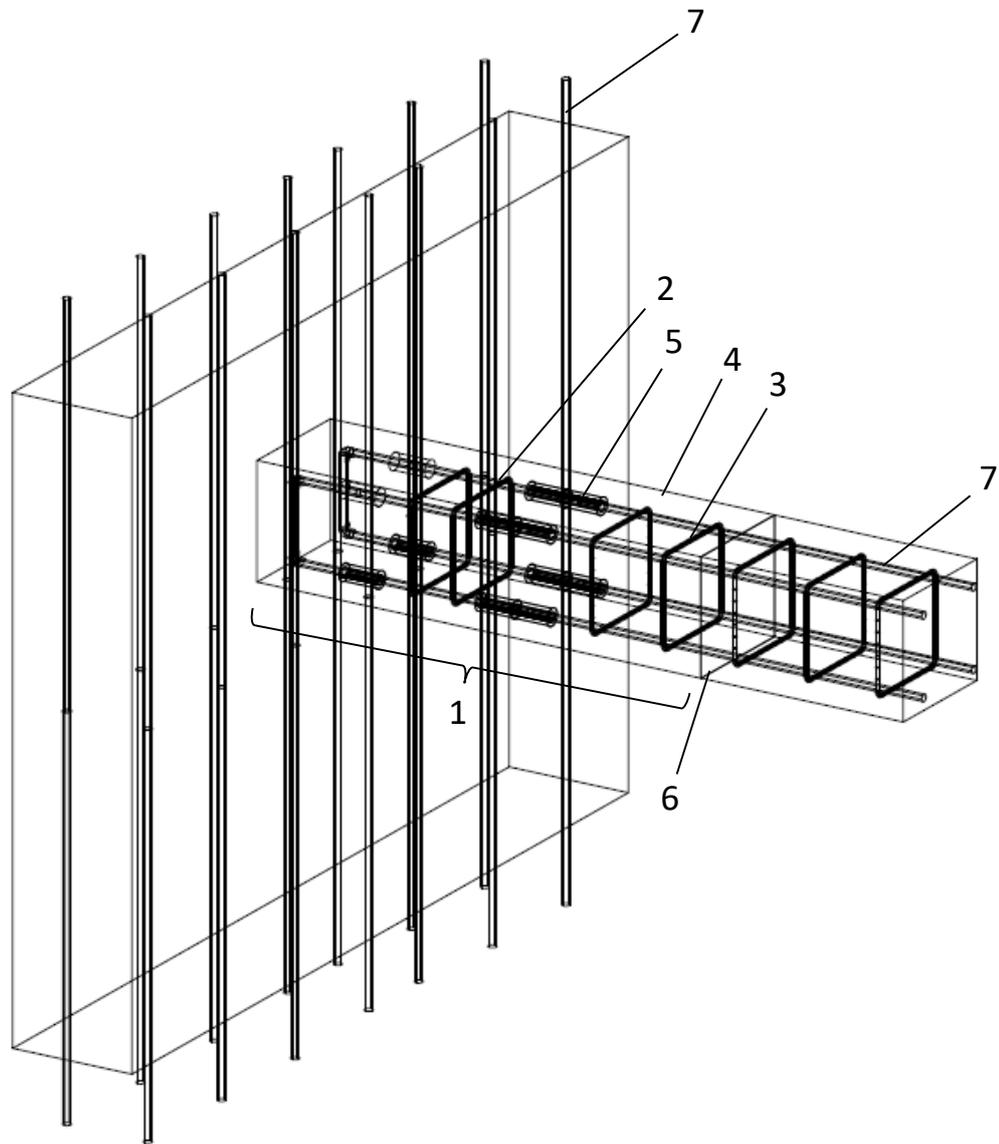


FIG 1g

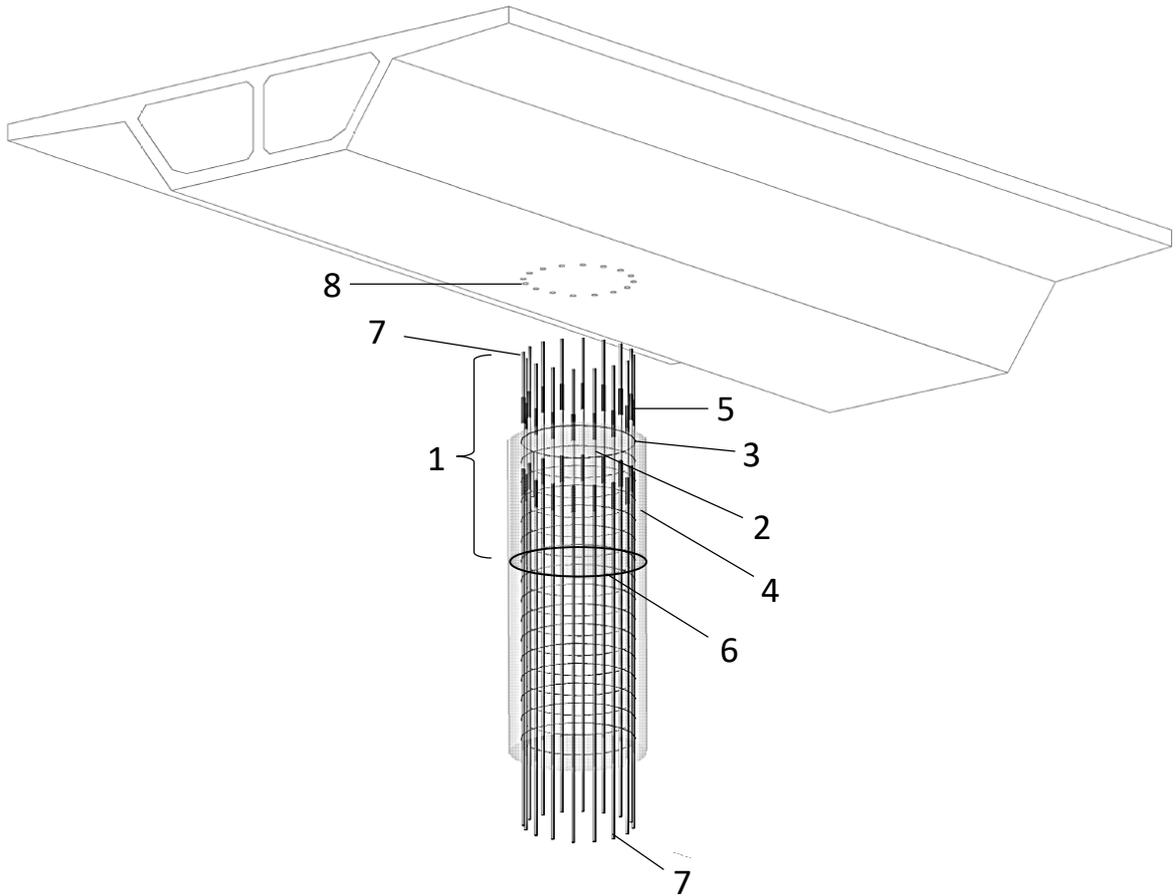


FIG 1h

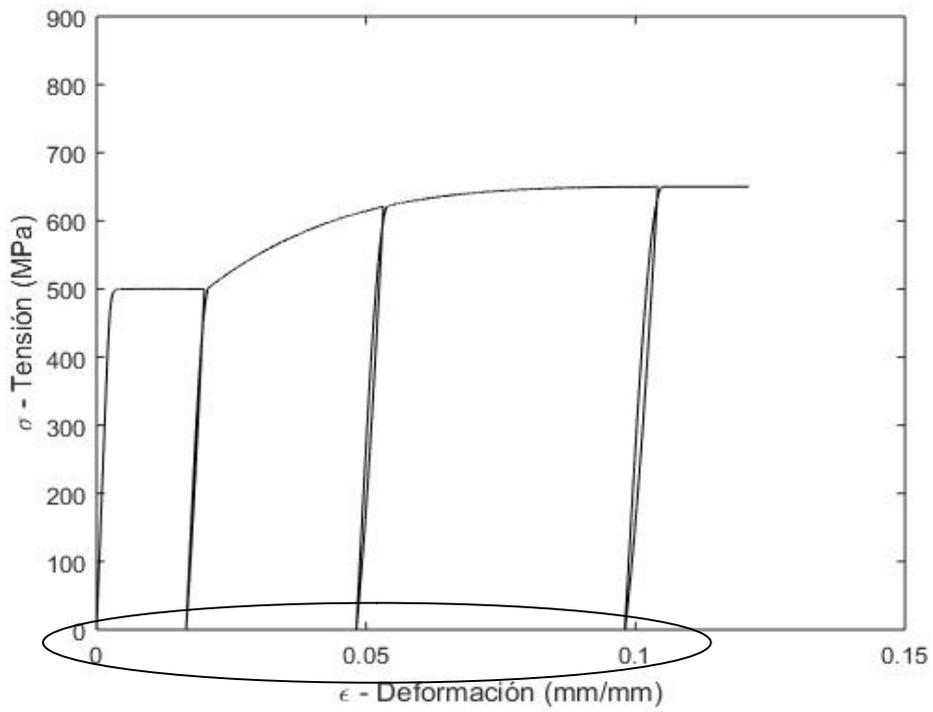
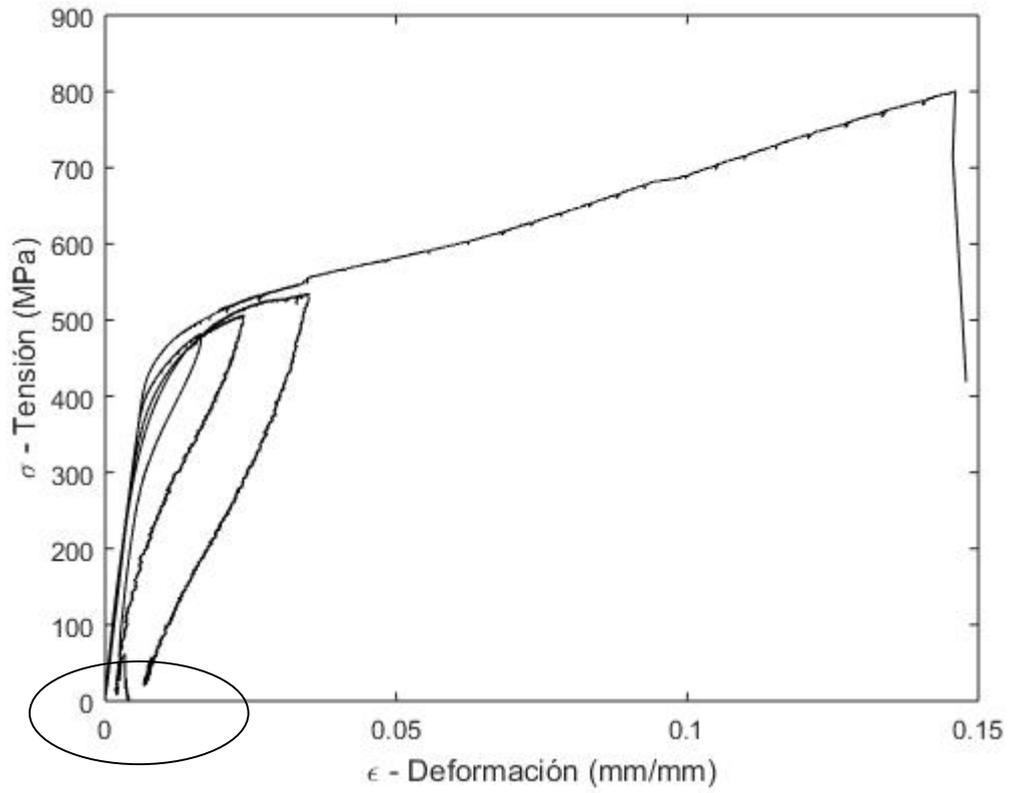


FIG. 2

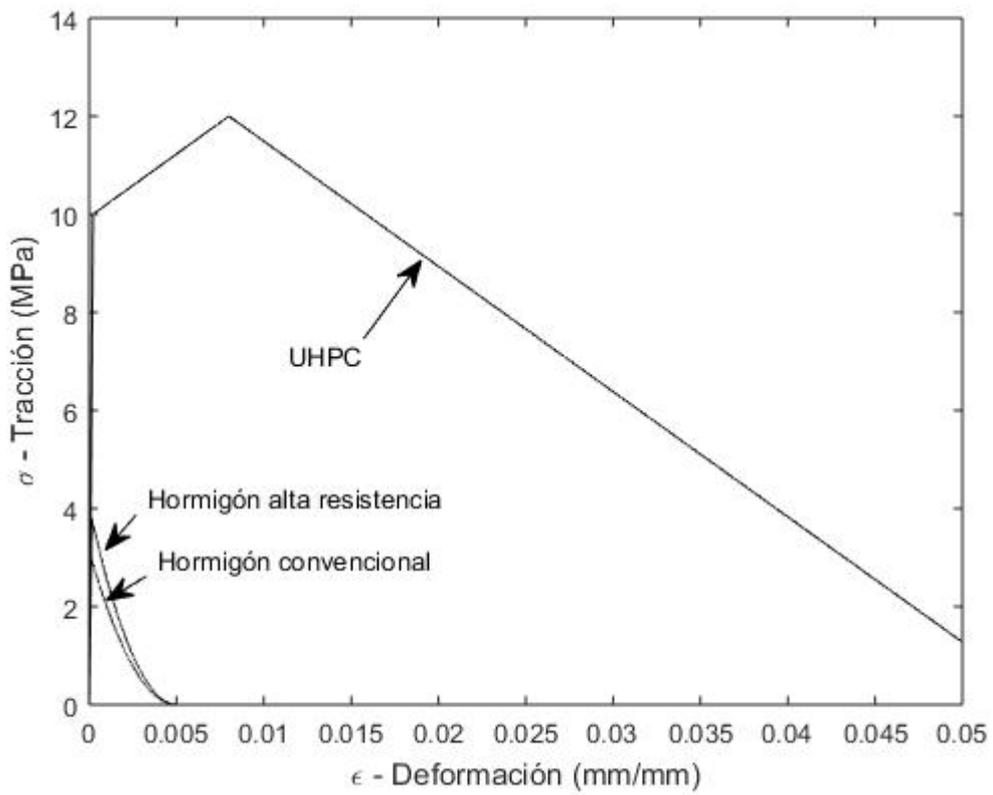
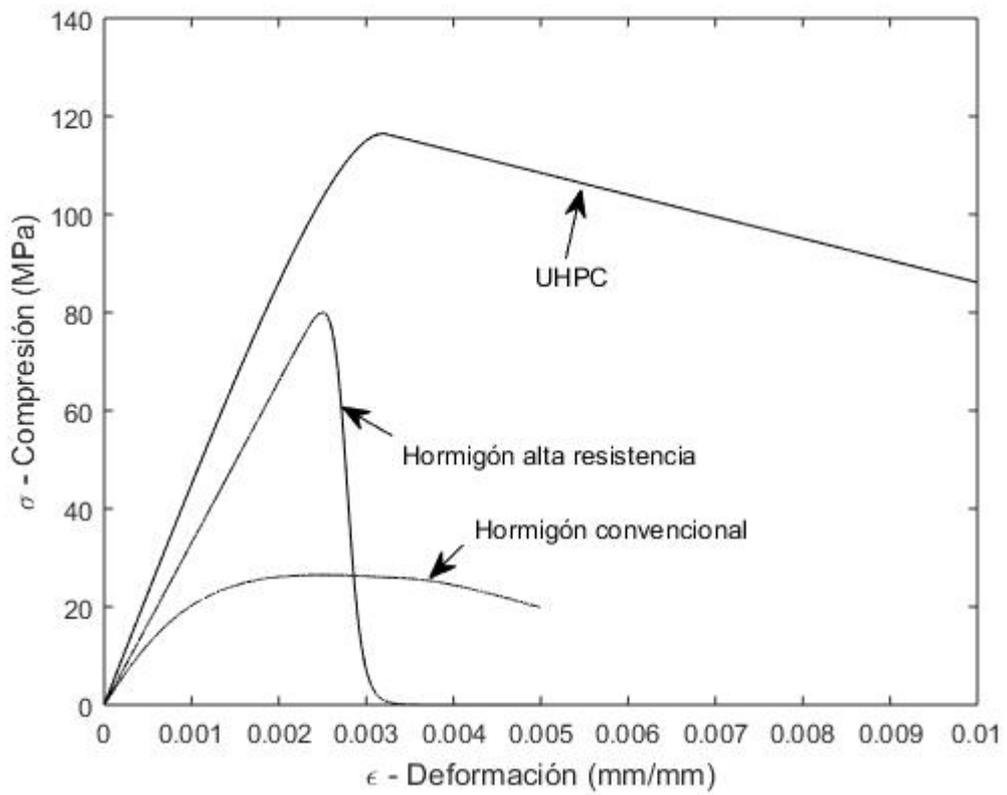


FIG. 3

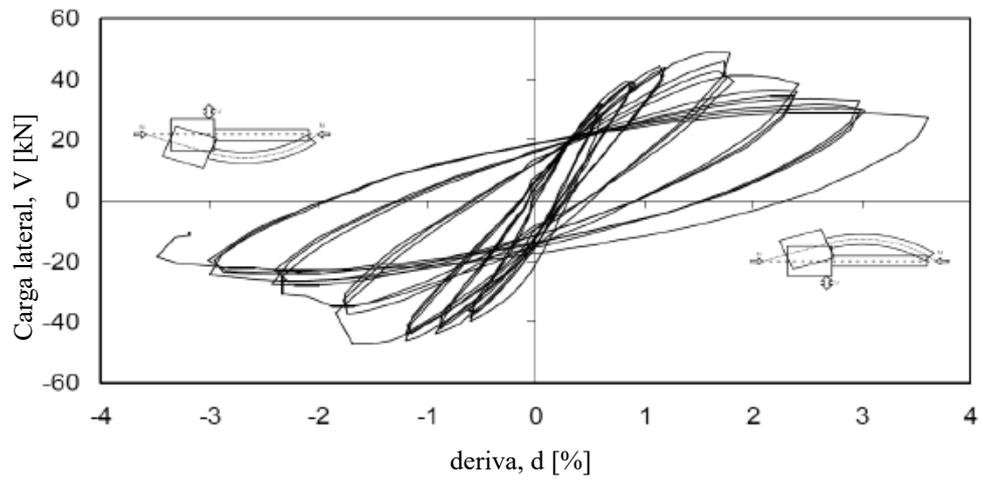
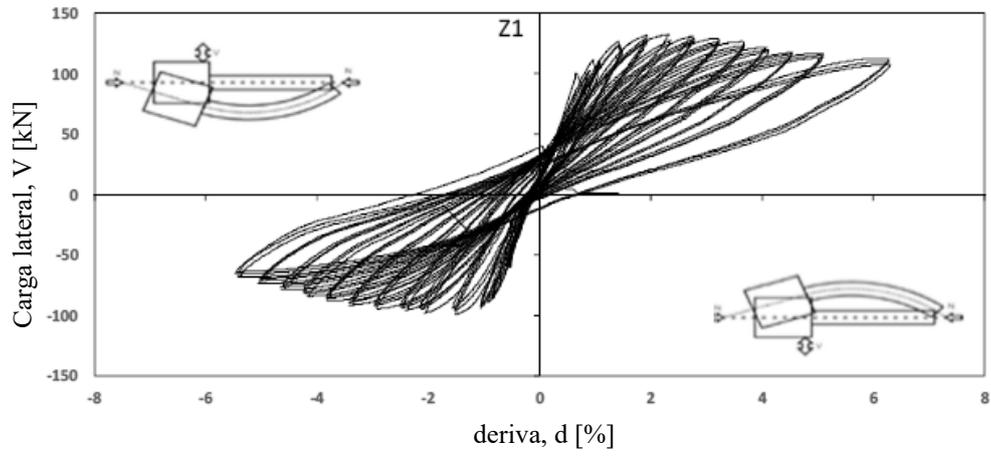


FIG. 4



- ②① N.º solicitud: 201631022
②② Fecha de presentación de la solicitud: 27.07.2016
②③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **E04H9/02** (2006.01)
E02D27/34 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	18/05/2015, UHPC Filled-duct connections for accelerated bridges construction of RC columns In high seismic zones (MOATAFA TAZARV, M.SAIID SAIDII) http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029615003351	1-10,12-23
Y	31/12/2015, Highlights of Recent and Current Bridge Earthquake Engineering Research at UNR (MOATAFA TAZARV) 	1-10,12,23
Y	31/12/2011, Nitinol, un biomaterial con memoria de forma (UNAM) 	1-10,12-23
Y	31/12/2009, Cement-Based Composites (ANDRZEJ M. BRANDT) Página 471	1-10,12-23

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.04.2017

Examinador
M. B. Hernández Agusti

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E04H, E02D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.04.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-23	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 11	SI
	Reivindicaciones 1-10,12-23	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

Consideraciones:

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	(M. SAID SAIDI)	31.12.2015
D02	(ANDRZEJ M. BRANDT)	31.12.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 describe un elemento de conexión de protección contra sismos para la conexión entre elementos estructurales comprendiendo el elemento de conexión:

- barras longitudinales de aleación con memoria de forma (SMA) y con súper elasticidad.

- Armadura transversal

- Hormigón de tipo UHPC o VHPC. En este caso el hormigón utilizado es un hormigón ECC, el autor define las características destacando por tener una gran resistencia a la rotura por sobrecarga, lleva un 2% de fibras especiales, no lleva árido grueso y tiene una gran resistencia a la flexión y tracción y es utilizado para edificios y puentes en lugares de riesgo sísmico. El D02 podemos apreciar una figura en la que se representa la unión entre una columna y una base y vemos que se utiliza hormigón UHPC en la zona de la rótula plástica.

- conectores entre barras de acero convencionales de los elementos estructurales y las barras de SMA del elemento de conexión

-juntas entre el elemento de conexión y los elementos estructurales.

Se considera que la reivindicación no tiene actividad inventiva.

Respecto a la reivindicación 2-4 varias de las aleaciones citadas se han encontrado en el estado de la técnica como aptas para la fabricación de barras SMA. Son ampliamente conocidas. En concreto la aleación Níquel Titanio es muy conocida para la fabricación de barras SMA para la construcción y se considera muy idónea por su comportamiento

Además la proporción del 50% es ampliamente conocida y utilizada tal y como describe el documento D03. En este documento podemos leer que las aleaciones con memoria de forma NiTi son compuestos basados en la composición (50% atómico de Ti y de Ni). Estas aleaciones siguen presentando propiedades de memoria de forma en un rango aproximado de entre 49% hasta 52% atómico de Ni.

Respecto a la reivindicación 5 y 6 las barras SMA y de súper elasticidad se combinan con una armadura de refuerzo de barras convencionales de acero corrugado y como vemos en el D01 con armaduras transversales de acero, utilizar estas armaduras

Reivindicación 7 y 8. La Mpa del hormigón entre 110 y 140 es propia de los VHPC y UHPC.

Reivindicación 9.El hormigón presenta un contenido en fibras metálicas mayor al 1% En el documento D01 podemos ver que el hormigones UHPC utilizado tiene una proporción del 2% de fibras metálicas No tiene actividad inventiva.

Reivindicación 10. El hormigón utilizado en el D01 es autocompactante. No tiene actividad inventiva

Respecto a las reivindicaciones 12 y 13, vemos que los conectores entre barras en el D02 son mecánicos, de tipo roscado por lo que esta reivindicación no tiene actividad inventiva.

Las reivindicaciones 14 y 15 reivindican que los elementos conectados sean para realizaciones de obra civil o de edificación y sean prefabricados o realizados in situ. Se considera que no tiene actividad inventiva según los documentos D01 y D02

La reivindicación 16 tampoco tiene actividad inventiva ya que la solución aportada (conexión) es común a todas ellas. El solicitante no indica la necesidad de una solución particular específica para cada tipo de unión.

Respecto a las reivindicaciones 17-19 reivindican que la unión entre los elementos estructurales y el elemento de conexión sean una junta seca o una junta húmeda. Tal como vemos en el documento D01 no tiene actividad inventiva.

Las reivindicaciones 20-23 especifican que las juntas podrán ser con continuidad o y sin continuidad. Estas reivindicaciones no tienen actividad inventiva a la vista de los documentos citados.

Se considera que la solicitud de patente es nueva para todas sus reivindicaciones pero no tiene actividad inventiva para las reivindicaciones1-10 y 12-23 según los Art.6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.