

SISTEMA Y MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DE PUENTES EN MAMPOSTERÍA POSTENSADA

CAMPO DE LA TÉCNICA

[0001] La presente invención está relacionada con el campo técnico de construcción de puentes vehiculares, peatonales y en general, para obras de infraestructura y edificación, más particularmente en puentes construidos a partir de la técnica de mampostería postensada sin relleno de grouting, con unidades fácilmente portables y su método de construcción.

ESTADO DE LA TÉCNICA

[0002] Los puentes son bien conocidos en el arte, y a través de la historia han sido elementos fundamentales para la construcción de caminos y carreteras, que dentro de su función principal se encuentra el unir tramos separados por un accidente natural o artificial y de esta manera permitir el fácil desplazamiento de la población e incentivar el desarrollo económico y social de una región. En los países poco industrializados existe en la actualidad una acelerada demanda para la construcción de nuevos puentes en el desarrollo de nuevos proyectos viales, en especial en vías intermunicipales (secundarias), y entre veredas (terciarias), para permitir el libre comercio de productos y desplazamiento de personas en zonas de alto conflicto social y que por mucho tiempo han estado en abandono por el estado. De igual forma, es alto el número de puentes que cada año requieren de una adecuación en su infraestructura, así como mantenimientos preventivos y correctivos por el alto nivel de su deterioro físico y estructural.

[0003] En la actualidad los puentes se construyen en su mayoría usando materiales como el concreto reforzado o estructuras metálicas, que requieren de procesos constructivos complejos, tiempos de ejecución a largo plazo, y el uso de herramientas y equipos de gran envergadura. A continuación, se describen algunos de las metodologías ya desarrolladas.

[0004] La solicitud de patente US2007180634A1, hace referencia a un puente de vigas cajón mejorado y un método de construcción. El puente de vigas cajón comprende una pluralidad de vigas en cajón para cada estructura de carril del puente. Cada una de estas estructuras de carriles se asegura por separado y se postensa por medio de un cable de material compuesto. Luego, las estructuras de carriles separadas se juntan para completar el ancho del puente, con una viga cajón intersticial colocada entre las estructuras de carriles separados. Una vez dispuestas juntas, las estructuras de carril separadas y la viga cajón intersticial integrada se

aseguran juntas y se someten a un postensado mediante un segundo cable de material compuesto que recorre todo el ancho del puente.

[0005] Por su parte, el documento de patente CN113073557A, menciona un método para instalar un tablero de puente de hormigón y vigas de celosía de acero continuas combinadas, y se refiere al campo técnico de la construcción de ingeniería de puentes. La instalación de la losa de cubierta del puente de hormigón y la construcción de las vigas de celosía de acero se llevan a cabo de forma sincronizada, y el tiempo de construcción se puede acortar de manera efectiva; se vierte una junta húmeda en la plataforma del puente después de que la viga en celosía de acero se eleva por intervalos, luego la viga se deja caer para permitir que la plataforma del puente sea comprimida y presionada en la región de máximo momento de la viga, y parte de la tensión de tracción generada se contrarreste por el tablero de puente de hormigón durante la etapa de operación del puente. Las ranuras para los clavos de cortante se vierten después de que las vigas de acero pretensadas se tensan transversalmente, de modo que la fuerza de tensión transversal actúe completamente sobre la plataforma del puente y se evite el estado de tensiones inicial generado por la tensión transversal de las vigas de acero.

[0006] El documento US5471694A se refiere a una viga de puente prefabricada con elementos pretensados que comprende un conjunto viga-cajón rectangular que incluye una placa inferior pretensada en compresión y un par de largueros verticales, cada uno con sus partes superiores pretensadas en tracción, y un tablero de puente en hormigón vertido y curado soportado por dichos largueros, donde la plataforma curada asegura en su lugar dichos esfuerzos de tensión y compresión. La viga del puente se construye apoyando las vigas cajón en el centro de su longitud, de modo que sus extremos estén en voladizo, vertiendo un material de plataforma endurecible y usable sobre una superficie de soporte de la plataforma que se extiende a lo largo de las vigas cajón y permitiendo la carga en voladizo de la viga-cajón y el material de la plataforma superpuesto para deformar la viga en forma de arco con el soporte central de la viga ubicado en el centro del arco, y luego curar el material que forma la plataforma mientras la viga se deforma en forma de arco para bloquear en los esfuerzos de tensión y compresión que se crean dentro de la viga por su deformación.

[0007] Por otra parte, la patente US7475446B1 menciona un sistema de puente compuesto por unidades de cubierta prefabricadas espaciadas a lo largo de miembros longitudinales de carga. Los elementos estructurales tensados son externos a una pluralidad de unidades de cubierta prefabricadas y producen compresión axial longitudinal en estas unidades. Los elementos estructurales tensados pueden desviarse con respecto al plano horizontal de las

unidades de cubierta prefabricadas, mejorando posteriormente la capacidad de carga de los miembros longitudinales de carga. Se proporcionan dispositivos de nivelación que permiten el movimiento relativo entre los miembros longitudinales de carga y las unidades de cubierta prefabricadas. Los dispositivos de nivelación permiten que los elementos estructurales tensados proporcionen compresión longitudinal a las unidades de cubierta prefabricadas independientemente de los miembros de carga longitudinales.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0008] Los inventores, han encontrado la necesidad en el campo técnico de un nuevo puente y su correspondiente metodología de construcción, que sea sencilla, que reduzca los costos y tiempos de construcción. Para esto, en la presente solicitud los inventores proporcionan un sistema constructivo de puentes y el método de construcción de puentes en mampostería postensada sin relleno de grouting, que resuelve algunas de las deficiencias del campo técnico.

[0009] El sistema constructivo de puentes en mampostería postensada comprende una pluralidad de bloques de mampostería, bloques deflectores prefabricados, barras de postensado, y bloques macizos de anclaje prefabricados, preferiblemente reforzados.

[0010] El método comprende los pasos de i) ubicar entre los apoyos de cimentación del puente previamente construidos, una cimbra de construcción; ii) colocar de manera sucesiva en línea recta y en la dirección longitudinal del puente, la primera hilada de bloques de mampostería formando así la primera viga; iii) colocar los bloques deflectores en las posiciones que lo requiera el diseño del puente; iv) incorporar en forma de enhebrado al interior de las unidades de mampostería, la barra de postensado, que se disponen próximas a la zona inferior de la viga, conjuntamente al avance de la construcción de la viga; v) colocar bloques de anclaje en los extremos de la viga; vi) disponer sobre los bloques de anclaje de la viga un sistema de acople mediante platinas y tuercas roscadas; vii) postensar la barra de postensado longitudinal de la primera viga; viii) levantar desde sus extremos mediante un sistema de polipastos o equipos similares de izaje, la viga, y liberar la cimbra constructiva para desplazarla al costado para la construcción de la siguiente viga que conformará el puente, ix) bajar la primera viga sobre los apoyos de cimentación; xi) repetir sucesivamente para todo el resto de las vigas que conforman el tablero del puente; xii) pasar un sistema de barras de postensado en la dirección transversal al puente, a través de los bloques deflectores; y postensar las barras de postensado transversal del tablero del puente.

[0011] A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Además, la palabra "comprende" incluye el caso "consiste en". Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012] La Fig. 1 muestra una posible aproximación de la vista inicial de la depresión topográfica del terreno, u obstáculo físico que el puente permitirá cruzar, más precisamente en el área donde se llevará a cabo la metodología de la presente invención.

[0013] La Fig. 2 muestra la cimbra constructiva ubicada sobre los apoyos de cimentación del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0014] La Fig. 3 muestra un primer bloque de mampostería sobre la cimbra constructiva, de una modalidad de la metodología de la presente invención.

[0015] La Fig. 4 muestra un conjunto de bloques de mampostería sobre la cimbra constructiva, de una modalidad de la presente invención.

[0016] La Fig. 5 muestra un conjunto de bloques de mampostería, seguidos por un primer bloque deflector, sobre la cimbra constructiva, de una modalidad de la presente invención.

[0017] La Fig. 6 muestra un conjunto de bloques de mampostería, seguidos por un primer bloque deflector, seguido por otro conjunto de bloques de mampostería y un segundo bloque deflector, sobre la cimbra constructiva, de una modalidad de la presente invención.

[0018] La Fig. 7 muestra una primera hilada de bloques de mampostería con bloques deflectores, sobre la cimbra constructiva, de una modalidad de la presente invención.

[0019] La Fig. 8 muestra una primera hilada de bloques de mampostería con bloques deflectores, atravesada por una barra de acero roscada para el postensado longitudinal, de una modalidad de la metodología de la presente invención.

[0020] La Fig. 9 muestra los bloques de anclaje ubicados a cada extremo de la primera viga que está siendo atravesada por una barra de acero roscada para el postensado longitudinal, de una modalidad de la presente invención.

[0021] La Fig. 10 muestra la dirección en la cual se realiza el tensionamiento externo o postensado, de una primera viga, de una modalidad de la presente invención.

[0022] La Fig. 11 muestra el sistema de polipastos izando verticalmente la primera viga, de una modalidad de la presente invención.

[0023] La Fig. 12 muestra izada la primera viga de una modalidad de la presente invención.

[0024] La Fig. 13 muestra el desplazamiento de la cimbra constructiva, para ser ubicada en donde se localizará la segunda viga, sobre los apoyos de cimentación del puente, mientras que la primera viga sigue izada, de una modalidad de la presente invención.

[0025] La Fig. 14 muestra los polipastos ubicando la primera viga sobre los cimientos del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0026] La Fig. 15 muestra un conjunto de bloques de mampostería y un bloque deflector sobre la cimbra constructiva, para conformar la segunda viga que conformará el tablero del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0027] La Fig. 16 muestra una segunda hilada de bloques de mampostería con bloques deflectores, sobre la cimbra constructiva, para formar una segunda viga, de una modalidad de la presente invención.

[0028] La Fig. 17 muestra la segunda hilada de bloques de mampostería con bloques deflectores y bloques de anclaje, atravesada por una barra de acero roscada para el postensado longitudinal, de una modalidad de la presente invención.

[0029] La Fig. 18 muestra el sistema de polipastos izando verticalmente una segunda viga, de una modalidad de la presente invención.

[0030] La Fig. 19 muestra la cimbra constructiva desplazada y ubicada en donde se ubicará la tercera viga, sobre los apoyos de cimentación del puente, mientras que la segunda viga sigue izada, de una modalidad de la presente invención.

[0031] La Fig. 20 muestra los polipastos ubicando la segunda viga sobre los cimientos del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0032] La Fig. 21 muestra posicionadas todas las vigas que conformarán el tablero del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0033] La Fig. 22 muestra las barras de acero roscada para realizar el postensado transversal del tablero del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0034] La Fig. 23 muestra ubicadas las barras de acero roscada, en las perforaciones de los bloques deflectores, para realizar el postensado transversal del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0035] La Fig. 24 muestra el paso de tensionamiento externo o postensado transversal de las vigas que conforman el tablero del puente, de una modalidad de la presente invención.

[0036] La Fig. 25 muestra el puente con las vigas postensadas longitudinal y transversalmente, de una modalidad de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0037] En una primera modalidad, la invención hace referencia a un sistema constructivo de puentes en mampostería postensada que comprende: apoyos de cimentación 1; bloques de mampostería 3; bloques deflectores 4; barras roscadas de postensado 5 y 8; bloques de anclaje 6; y dispositivos de anclaje de la barra; en donde los bloques de mampostería 3 y los bloques deflectores 4, se ubican de manera sucesiva en línea recta y en dirección longitudinal al puente, sobre los apoyos cimentación 1, formando una o más hileras que se disponen consecutivamente una al lado de la otra hasta alcanzar el ancho del puente deseado; en donde los bloques de anclaje 6 se ubican en cada extremo de cada una de la una o más hileras de bloques de mampostería 3 y los bloques deflectores 4, y una barra roscada de postensado 5 atraviesa longitudinalmente cada una de las hileras, formando una o más vigas; en donde los dispositivos de anclaje de la barra se ubican a los lados externos de cada una de las vigas; en donde las barras roscadas de postensado 8, atraviesan las vigas a la altura de los bloques deflectores 4 transversalmente; y en donde se ubican dispositivos de anclaje de la barra en cada lado externo lateral de los bloques deflectores 4 de los extremos del sistema.

[0038] Como se muestra en la Fig. 1, el sistema constructivo está pensado para ser

implementado en cualquier tipo de obstáculo físico, ya sea: un cauce hídrico, un cañón, una vía, una depresión del terreno, un camino, entre otros.

[0039] En una modalidad de la invención los bloques de mampostería 3, los bloques deflectores 4 y los bloques de anclaje 6, cuentan con perforaciones longitudinales en la zona inferior del bloque.

[0040] En otra modalidad de la invención los bloques de mampostería 3 se pueden seleccionar del grupo de bloques de concreto y ladrillos de arcilla.

[0041] En una modalidad de la presente invención en donde los bloques deflectores 4 también comprende perforaciones transversales en la zona media del bloque.

[0042] En otra modalidad el material de las barras roscadas de postensado 5 y 8, puede seleccionarse entre acero, fibra de carbono, y fibra de vidrio.

[0043] En una modalidad de la presente invención en donde los dispositivos de anclaje de la barra son platinas, arandelas y tuercas.

[0044] En otra modalidad de la presente invención en donde los bloques de anclaje 6 son prefabricados de concreto reforzado.

[0045] En otra modalidad la invención hace referencia a un método de construcción de puentes en mampostería postensada que comprende los pasos de: a) ubicar entre los apoyos de cimentación 1 del puente ya contruidos una o más cimbras constructivas 2; b) colocar de manera sucesiva en línea recta y en dirección longitudinal al puente, bloques de mampostería 3 que comprenden perforaciones longitudinales, sobre la una o más cimbras constructivas 2, de tal manera que las perforaciones longitudinales de los diferentes bloques de mampostería 3 queden alineadas; c) colocar un bloque deflector 4 que comprende perforaciones longitudinales y transversales, sobre la una o más cimbras constructivas 2, después de los bloques de mampostería 3, estando sus perforaciones longitudinales alienadas con las perforaciones longitudinales de los bloques de mampostería 3; d) repetir los pasos b) y c), hasta alcanzar la longitud del puente deseada; e) introducir a través de las perforaciones longitudinales de los bloques de mampostería 3 y deflectores 4, la barra roscada de postensado 5; f) colocar un bloque de anclaje 6 en cada extremo de la viga sobre una o más cimbras constructivas 2, estando sus perforaciones longitudinales alienadas con las perforaciones longitudinales de los bloques de mampostería 3 y atravesadas por la barra

roscada de postensado 5, formando una viga; g) instalar dispositivos de anclaje en ambos extremos de la viga; h) tensar la barra roscada de postensado 5 longitudinalmente; i) levantar la viga, desde sus extremos de manera simultánea con la ayuda de un sistema de polipastos o equipos especializados de izado; j) desplazar lateralmente la una o más cimbras constructivas 2 en dirección de los apoyos de cimentación 1, para la construcción de la siguiente viga; k) bajar de manera simultánea la viga desde los extremos, sobre los apoyos de cimentación 1 del puente; l) repetir los pasos a) a k), hasta completar el número de vigas necesario para alcanzar el ancho deseado del puente, asegurándose que la ubicación y distribución de los bloques de mampostería 3, así como el de los bloques deflectores 4 de las demás vigas que conforman el puente deben coincidir con la configuración de la primera viga; m) introducir a través de las perforaciones transversales de los bloques deflectores 4, la barra roscada de postensado 8; n) instalar dispositivos de anclaje en ambos extremos de la viga a la altura de los bloques deflectores 4; y o) tensar la barra roscada de postensado 8 transversalmente.

[0046] Como se puede ver en la Fig. 2, en el paso a), se ubica la cimbra constructiva 2 o estructura auxiliar, sobre los apoyos de cimentación 1. La cimbra constructiva 2 sirve para sostener provisionalmente las vigas postensadas que conformarán el puente de la invención durante su proceso constructivo. La cimbra es una estructura resistente y liviana, con una superficie de apoyo suficiente que permita la construcción de cada línea de vigas y la libre circulación del personal encargado para la construcción de la invención de manera segura. Puede ser en materiales tales como el acero, madera, polímeros, o cualquier otro material que permita su adecuada construcción y funcionalidad.

[0047] Posteriormente, como se muestra en las Fig. 3 y 4, y se describe en el paso b) se comienza con el inicio del proceso constructivo de la primera viga longitudinal del puente de la invención, mostrándose el inicio de construcción de la primera hilera horizontal de bloques de mampostería 3 que se dispone sobre la cimbra de construcción 2. Los bloques de mampostería 3 pueden ser bloques de concreto, ladrillos de arcilla, o elementos de mampostería que comprenden perforaciones longitudinales. Los bloques se deben colocar alineados con la dirección principal del puente, conservando su verticalidad y orden, de tal manera que las perforaciones longitudinales de los diferentes bloques de mampostería 3 queden alineadas.

[0048] En otra modalidad de la invención, los bloques de mampostería (3) se pueden seleccionar del grupo de bloques de concreto, y ladrillos de arcilla.

[0049] Luego, como se describe en el paso c), y se muestra en la Fig. 5, se ubica un bloque

deflector 4, que servirá como elemento desviador para garantizar la excentricidad de la barra de refuerzo longitudinal, y al mismo tiempo cumplen la función de elemento de anclaje para el tensionamiento de las barras transversales que componen el sistema. Este bloque deflector 4 debe comprender perforaciones longitudinales y transversales, de tal forma que se permita el paso simultáneo de una o más barras roscadas 5 y 8, para el tensionamiento en las dos direcciones principales del puente.

[0050] En una modalidad de la invención, las perforaciones longitudinales de los bloques de mampostería 3, de los bloques deflectores 4 y de los bloques de anclaje 6, se disponen en la zona inferior de los mismos.

[0051] En otra modalidad de la invención, las perforaciones transversales de los bloques deflectores (4) se disponen en la zona media de los mismos.

[0052] Como se observa en las Fig. 6 y 7, y se describe en el paso d), posterior a la colocación del primer bloque deflector 4, se repite la instalación de los bloques de mampostería 3, hasta la posición del segundo bloque deflector 4, si el diseño lo requiere, o en su defecto hasta completar la longitud de la viga. La cantidad y posición de los bloques deflectores 4 que requiere cada viga que conforma el sistema constructivo de puentes de la invención, se determina con base en el diseño estructural del sistema, y depende de variables como son: la longitud del puente, la resistencia y geometrías de las unidades de mampostería, la carga de diseño del puente, entre otras.

[0053] En la Fig. 8, se puede observar lo descrito en el paso e), en el que se introduce la barra roscada de postensado 5 al interior de los bloques de mampostería 3 y los bloques deflectores 4, de tal forma que queda alojada dentro de los orificios y se garantiza una excentricidad constante en la barra durante toda la extensión de la viga. El valor de la excentricidad, al igual que el posicionamiento de la barra se establecen en el diseño estructural del sistema. De manera preferible, las barras longitudinales se disponen próximas a la cara inferior de la viga para su mejor desempeño a flexión. El proceso de instalación de la barra roscada de postensado 5 se puede hacer una vez se finalice la instalación de la totalidad de los bloques que conforman la viga, siempre y cuando las dimensiones de las perforaciones dentro de las unidades de mampostería lo permitan adecuadamente.

[0054] En otra modalidad de la invención la barra roscada de postensado 5 se va instalando al interior de los bloques de mampostería 3, a medida que se va construyendo la viga.

[0055] Cada desfasaje posible entre barras 5 y 8 y los orificios de los bloques deflectores 4 será absorbido sin esfuerzo por la libre longitud de las barras y por la flexibilidad de la localización de los orificios en el bloque deflector 4 acorde a la nueva tipología de prefabricado propuesta por los inventores. Esta nueva tipología del bloque deflector consta de diferentes orificios en su sección transversal que permiten darle versatilidad al sistema durante el proceso constructivo, con la posibilidad de poder variar la excentricidad de las barras de postensado y contrarrestar los posibles desfases durante el posicionamiento de las barras de postensado en la etapa de constructiva del puente. Igualmente esta flexibilidad en la localización de los orificios en el bloque deflector 4, ofrece también alternativas para el posicionamiento de elementos de amarre provisionales que puedan servir durante el proceso de izaje de cada componente del puente.

[0056] En una modalidad de la invención, el material de las barras roscadas de postensado 5 y 8, puede seleccionarse entre acero, fibra de carbono, y fibra de vidrio.

[0057] Como se puede observar en la Fig. 9, y como se describe en el paso f) de la metodología, en los extremos de la viga se colocan los bloques de anclaje 6, que al igual que los bloques deflectores 4 de la invención, proporcionan una adecuada zona de anclaje para la transmisión del tensionamiento que se aplicará a la viga sobre sus extremos.

[0058] En una modalidad de la invención, entre los pasos c), d) y f), se pegan los bloques de mampostería 3 deflectores 4 y de anclaje 6 entre sí, a través de un material cementante como mortero o un material epóxico. Esto, permite evitar la concentración de esfuerzos entre las unidades de mampostería, y garantizar una superficie uniforme en la discontinuidad de los elementos, o en su defecto sin emplear ningún tipo de material de contacto cuando las características de los bloques de mampostería 3 lo permitan.

[0059] Posterior a la colocación de los bloques de anclaje se instalan los dispositivos de anclaje de la barra sobre ambos extremos de la viga, como se describe en el paso g) de la metodología. Los dispositivos de anclaje permitirán transmitir y mantener la fuerza de postensado longitudinal que se aplica al sistema.

[0060] En una modalidad de la invención, los dispositivos de anclaje de la barra son platinas, arandelas y tuercas.

[0061] Como se muestra en la Fig. 10, y se describe en el paso h), posterior a la instalación de los elementos de anclaje, se continúa con el proceso de tensionamiento longitudinal externo

(postensado), cuya finalidad es la de unir de manera eficiente todos sus componentes del sistema y proporcionar continuidad estructural a toda la viga. Este tensionamiento se puede hacer mediante mecanismos de acción manual mediante una llave inglesa o un torquímetro, o mediante un sistema de acción mecánica con la ayuda de un gato hidráulico.

[0062] Luego, como se muestra en las Fig. 11 y 12, y se describe en el paso i) se levanta la viga, desde sus extremos de manera simultánea, controlando de manera lenta su desplazamiento para evitar su inestabilidad lateral.

[0063] En una modalidad de la invención, las vigas se pueden levantar mediante un sistema de poleas 7. El sistema de poleas puede ser un sistema de polipastos o un equipo para el izado de elementos.

[0064] Una vez se finaliza el proceso de izado de la viga, queda liberada la cimbra constructiva 2 y se procede a desplazarla lateralmente para darle continuidad al proceso constructivo de las demás vigas que componen el puente de la invención, como se describe en el paso j) de la metodología (ver Fig. 13).

[0065] Una vez desplazada la cimbra constructiva 2, se baja la primera viga retornándose a su posición final sobre los apoyos de cimentación 1, como se muestra en la Fig. 14, y se describe en el paso k).

[0066] Como se muestra en las Fig. 15 a 21, y se describe en el paso l), se repiten los pasos a) a k), hasta completar el número de vigas necesario para alcanzar el ancho deseado del puente, asegurándose que la ubicación y distribución de los bloques de mampostería 3, así como el de los bloques deflectores 4 de las demás vigas que conforman el puente deben coincidir y estar alineados con la configuración de la primera viga.

[0067] El conjunto de las diferentes vigas, construidas independientemente, y que conforman de manera independiente la totalidad del tablero del puente, cada una de ellas está dispuesta inicialmente de su tensionamiento longitudinal de manera independiente.

[0068] Posteriormente, se introduce a través de las perforaciones transversales de los bloques deflectores 4, la barra roscada de postensado 8, como se describe en el paso m), y se observa en las Fig. 22 y 23.

[0069] La principal función de la barra roscada de postensado 8 es la de unificar el conjunto de vigas independientes que componen tablero del puente, para que entre todas ellas conformen un sistema estructural unificado y no trabajen por separado. De manera preferente, las barras transversales se disponen en la porción central de la sección transversal de la viga para su mejor desempeño estructural.

[0070] En los extremos de las barras de roscado 8, a la altura de los bloques deflectores 4, se disponen de los dispositivos de anclaje, los cuales permitirán transmitir y mantener la fuerza de postensado transversal que se aplica al sistema estructural, como se describe en el paso n).

[0071] Por último, como se observa en la Fig. 24, y se describe en el paso o) de la metodología, se procede a realizar el tensionamiento externo (postensado) de manera transversal al conjunto de vigas, con la finalidad de proporcionar una suficiente rigidez estructural a todo el tablero del puente y conformar una sola estructura para el tablero como elemento rígido. Similar al tensionamiento longitudinal de las vigas, el tensionamiento de las barras de postensado 8 transversales, se puede hacer mediante mecanismos de acción manual mediante una llave inglesa o un torquímetro, o mediante un sistema de acción mecánica mediante un gato hidráulico.

[0072] De esta manera, queda construido el puente de mampostería postensada como se muestra en la Fig. 25, que presenta una pluralidad de ventajas constructivas y funcionales en comparación con los puentes y sistemas propuestos por el arte previo.

[0073] Entre otras ventajas se puede mencionar es que la ejecución y uso de unidades prefabricadas de mampostería livianas y fácilmente portables, es que facilita su proceso constructivo, haciendo su aplicación una tarea mucho más fácil y económica comparada con las técnicas conocidas. Se puede construir el puente en menor tiempo y con menor mano de obra requerida, reduciendo los costos de construcción y produciendo muy baja cantidad de desperdicios. Esta técnica también facilita la construcción de puentes en regiones apartadas con difícil acceso, dado a que no requiere mano de obra especializada, maquinaria pesada, o equipos especiales para la construcción de este tipo de estructuras, permitiendo de esta manera un mejor desarrollo en infraestructura para estas regiones, mejorando su conectividad y la calidad de vida de sus habitantes.

[0074] El sistema y método propuestos por la invención establecen un mejor control de la calidad de los materiales que emplea, al usar elementos prefabricados. El sistema de postensado empleado incrementa la resistencia a las tensiones de corte, disminuye la

aparición de fisuras para cargas de servicio, los costos de mantenimiento en el tiempo son bajos, permite hacer reparaciones a sus diferentes componentes de forma rápida, sencilla y económica, tiene una apariencia estética agradable y gran parte de las deformaciones generadas al cargar el puente propuesto se recobran al ser descargado, lo cual es muy importante para su desempeño estructural frente a cargas extremas.

Ejemplo

[0075] Se realizaron ensayos de laboratorio a escala real con la finalidad de establecer la capacidad estructural de un conjunto de 45 vigas de mampostería postensada, que permitieron validar la capacidad estructural del sistema propuesto y su futura implementación en la construcción de puentes de mampostería postensada. Se estudió el efecto de las diversas variables que influyen en el diseño de esta tipología de estructuras como son: longitud del puente, resistencia de la unidad de mampostería, excentricidad de la barra, nivel de tensionamiento inicial, desempeño bajo cargas monotónicas y cíclicas, influencia del elemento de contacto, entre otras.

[0076] Dentro de las principales conclusiones de la etapa experimental desarrollada para elementos tipo incorporados dentro de la presente invención se observó que la resistencia de la mampostería es el parámetro más relevante que afecta el comportamiento estructural de las vigas de mampostería postensadas, con efectos tanto en la capacidad última de flexión, como en los niveles máximos de deformación de las vigas. También se observó que la variación en la excentricidad de la barra y el nivel de tensionamiento inicial de las barras de postensado tuvieron poca influencia en el comportamiento estructural de las vigas. De igual manera, los resultados experimentales permitieron validar que las expresiones de diseño propuestas por los códigos de diseño más importantes de mampostería postensada a nivel mundial (código norteamericano-TMS402/602-16 y código canadiense-CSA-2014) predicen de manera adecuada la capacidad estructural de este sistema y se pueden aplicar satisfactoriamente para el diseño de esta tipología de estructuras.

[0077] Se encontraron los siguientes resultados en las vigas recién construidas:

Tabla 1. Resultados de los ensayos realizados a 12 de las vigas construidas

Viga	Resistencia Mampostería f'_m (MPa)	Tensionamiento o Inicial T_i (kN)	Longitud libre L_l (m)	Longitud total L (m)	Excentricidad de barra e (mm)	Esbelle z L/d	Tipología de carga
B-1	9.36	75.05	2.41	2.62	80	8.76	Monotonica

B-2	9.36	40.39	2.40	2.60	80	8.73	Monotonica
B-10	26.61	91.54	2.36	2.59	80	8.57	Monotonica
B-11	26.61	93.39	2.44	2.63	80	8.87	Cíclica
B-13	26.61	71.70	2.40	2.58	125	7.48	Monotonica
B-14	26.61	47.30	2.40	2.61	125	7.50	Monotonica
B-15	26.61	46.65	2.43	2.62	125	7.60	Cíclica
B-17	9.36	75.71	3.13	3.34	80	11.38	Monotonica
B-18	9.36	69.99	3.15	3.34	80	11.47	Cíclica
B-21	26.61	95.92	3.14	3.35	80	11.40	Monotonica
B-23	26.61	42.39	3.20	3.36	125	10.00	Cíclica
B-24	26.61	72.03	2.38	2.58	125	7.44	Cíclica

[0078] Se encontraron los siguientes resultados una vez se realizaron los ensayos de caracterización dinámica y carga en las vigas:

Tabla 2. Resultados de los ensayos de caracterización dinámica y carga realizados en 12 de las vigas construidas

Viga	Carga Máxima P_{max}	Deformación Máxima $\square_{mid, max}$	Momento Resistente Máximo M_{max} (kN-m)		Moment O_{max}	Nivel Tensionamiento o último T_u		Rigidez elástica K_e (kN/mm)	Rigidez última K_u (kN/mm)
	(kN)	(mm)	Carga	Peso Propio	(kN-m)	(kN)	% T_y		
B-1	76.1	11.81	22.93	0.70	23.63	112.9	43	12.97	6.44
B-2	76.2	14.7	22.84	0.72	23.56	100.0	38	11.91	5.18
B-10	148.4	20.62	43.71	1.21	44.92	176.8	67	16.70	7.20
B-11	147.9	18.19	45.14	1.17	46.31	172.8	66	17.02	8.13
B-13	190.1	23.51	56.89	1.22	58.11	196.7	75	14.64	8.09
B-14	188.8	28.37	56.64	1.20	57.84	191.5	73	10.34	6.65
B-15	199.0	29.43	60.50	1.22	61.72	206.4	78	9.56	6.76
B-17	50.7	22.55	19.85	0.67	20.52	117.4	45	4.06	2.25
B-18	48.5	17.97	19.11	0.71	19.82	104.5	40	3.42	2.70
B-21	132.2	35.80	51.80	1.21	53.01	224.6	85	9.02	3.69
B-23	128.5	33.70	51.41	1.19	52.60	182.9	70	6.61	3.81
B-24	211.1	25.91	62.78	1.22	64.00	206.4	78	12.11	8.15