

El desmantelamiento de los viaductos del enlace de Sabino Arana en Bilbao

The Dismantling of the Viaducts of the Sabino Arana Junction in Bilbao

José Manuel Baraibar Díez^{*,a} Pedro Rivas de Apráiz^b

^a Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Viuda de Sainz, S.A. Departamento Técnico y de Innovación. (Bizkaia, España)

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Interbiak S.A. Departamento de Construcción. (Bizkaia, España)

Recibido el 2 de agosto de 2022; revisado el 27 de febrero de 2023; aceptado el 23 de mayo de 2023

RESUMEN

En el presente artículo se describen las obras de desmantelamiento de los viaductos del enlace de Sabino Arana, en Bilbao. Este enlace se componía de varias estructuras yuxtapuestas, de hormigón pretensado, que conectaban la autopista A-8 con el centro de la ciudad. Para llevar a cabo la demolición se emplearon dos procedimientos diferenciados. Por una parte, los tableros de menor altura se demolieron vano a vano de forma directa empleando retroexcavadoras equipadas con martillos hidráulicos, demoledores primarios y cizallas. El resto de vanos, bien por su mayor altura o por la cercanía a viviendas u otras infraestructuras sensibles, se desmantelaron siguiendo un procedimiento de corte con hilo de diamante, izado con una grúa de celosía de gran tonelaje y apoyo en el suelo, en donde se finalizaba su demolición empleando equipos mecánicos tradicionales. La actuación ha conseguido recuperar para el uso vecinal un ámbito de más de 43 000 m², situado en una zona próxima al centro de la ciudad.

PALABRAS CLAVE: Demolición de puente, desmantelamiento, hilo de diamante, grúa de gran tonelaje, árido reciclado.

©2023 Hormigón y Acero, la revista de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Publicado por Cinter Divulgación Técnica S.L. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

ABSTRACT

This article describes the dismantling works of the viaducts of the Sabino Arana junction in Bilbao. This link consisted of several juxtaposed prestressed concrete structures that connected the A-8 motorway with the city centre. Two different procedures were used to carry out the demolition. On the one hand, the lower decks were demolished span by span directly using backhoes equipped with hydraulic breakers, primary demolishers and demolition shears. The rest of the spans, either because of their greater height or because of their proximity to buildings or other sensitive infrastructures, were dismantled using a procedure consisting of diamond wire cutting by sections, hoisting with a heavy-duty lattice crane and supporting on the ground, where their demolition was completed using traditional mechanical equipment. These demolition works have served for recovering for neighbourhood use an area of more than 43 000 m², located close to the city centre.

KEYWORDS: Bridge demolition, dismantling, diamond wire, large tonnage crane, recycled aggregate.

©2023 Hormigón y Acero, the journal of the Spanish Association of Structural Engineering (ACHE). Published by Cinter Divulgación Técnica S.L. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0) License

1. INTRODUCCIÓN

La puesta en servicio en 2013 de los nuevos accesos a Bilbao desde la Autopista A-8 por San Mamés ha posibilitado la anulación de la antigua entrada por el enlace de la calle Sabino Arana (figura 1). Este enlace, que se construyó en 1975, se materializaba con un conjunto de viaductos de hormigón

pretensado que, en un desarrollo en planta de 450 m, unían la autopista con el corazón mismo de la ciudad. La demolición de los viaductos de este enlace, que en sus últimos años de servicio presentaba una intensidad media diaria de 80 000 vehículos, ha conseguido un doble objetivo: por una parte, evi-

* Persona de contacto / Corresponding author:
Correo-e / e-mail: jmbaraibar@viudadesainz.com (José Manuel Baraibar)



Figura 1. Plano de accesos a la ciudad de Bilbao desde la autopista A-8. En verde, nuevo acceso por San Mamés. En rojo, acceso eliminado por la calle Sabino Arana.

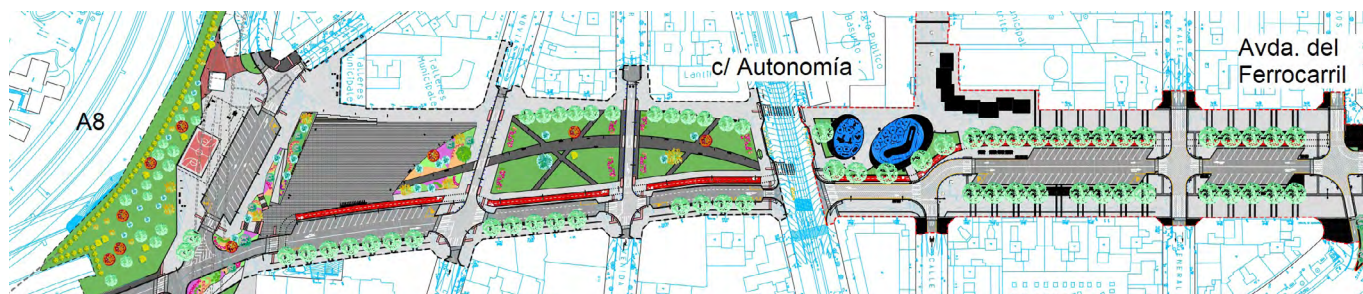


Figura 2. Planta del proyecto de reurbanización de la calle Sabino Arana tras la demolición de los viaductos.



Figura 3. Vista de los ramales de acceso del viaducto antes de la demolición (izda.) Vista del tronco principal del enlace antes de la demolición (centro). Vista de la calle Sabino Arana tras la demolición de los viaductos (dcha.).

tar un foco de contaminación tanto atmosférica como acústica dentro de un entorno muy densamente poblado y, por otra, recuperar espacio para una urbanización más amable con el peatón en una zona de trama urbana muy madura [1].

Esta actuación ha conseguido recuperar un ámbito de 43 090 m², cuya reurbanización se ha acometido en dos fases: una primera fase entre la Avenida del Ferrocarril y la calle

Autonomía (con casi 18 000 m²), y una segunda fase entre esta última y los taludes de la autopista A-8 (figura 2). La liberación de este espacio ha permitido un nuevo diseño de urbanización priorizando el protagonismo del peatón, evitando el efecto frontera y garantizando la permeabilidad transversal de sus trayectos [2]. Los viaductos no habían alcanzado su vida útil y no presentaban daños o deterioros importantes.

La decisión de su demolición fue eminentemente urbanística y de reordenación del tráfico. La nueva urbanización alberga zonas de ocio, de estancia, viales, aparcamiento en superficie, carril bici, zonas verdes, juegos infantiles y arbolado [3].

En el presente artículo se describe el procedimiento empleado para demoler el conjunto de los viaductos que conformaban el enlace de Sabino Arana (figura 3). El proyecto ha contemplado la demolición de los tableros de hormigón pretensado de diferentes secciones tipo y vanos con luz media de 25 m; la demolición de las pilas que soportaban los tableros, con alturas variables entre 5 y 18 m; la excavación del estribo principal de acceso desde Bilbao; la retirada de toda la superestructura de los tableros, especialmente los elementos de protección acústica y los elementos de contención y, finalmente, la retirada del material resultante de la demolición y la limpieza de toda la zona ocupada por las obras [4].

El procedimiento de demolición se considera de interés por el elevado número de condicionantes que presentaba, al situarse la estructura dentro de una malla urbana consolidada. Los principales condicionantes se enumeran a continuación: afección a la circulación peatonal, de vehículos y de líneas de transporte público (autobús municipal y comarcal, y tranvía); afección eventual de las cargas de la maquinaria auxiliar a una línea soterrada de FEVE; desarrollo de trabajos con maquinaria pesada en la proximidad de viviendas habitadas; corte temporal de calles y desvíos de tráfico, así como interferencias significativas en varios servicios (saneamiento, abastecimiento, líneas eléctricas y de alumbrado).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

2.1. Descripción de la estructura y criterio de demolición

En abril de 1975 se inauguró la primera fase del enlace de Sabino Arana, entonces enlace de José Antonio, como parte de la Solución Sur de Bilbao, que se proyectó para comunicar la capital con la autopista A-8. Los viaductos de Sabino Arana se dividían en cuatro estructuras, denominadas T1, T3, T4 y T5 (figura 4). Estas estructuras estaban formadas a su vez por varios tramos yuxtapuestos que se encontraban independizados entre sí mediante juntas de dilatación. Los puentes pre-



Figura 4. Vista de los 4 ramales principales del enlace de la calle Sabino Arana.

Tablero	Tipología sección tipo	Nº vanos (L _{med} ~ 25 m)	Long total aprox (m)
T 1.1	Losa aligerada postesada de canto constante de 1,1 m y ancho de tablero igual a 13,1 m	4	116,57
T 1.2		4	106,20
T 1.3	Losa nervada postesada de canto constante e igual a 1,1 m y ancho de tablero variable	5	123,95
T 1.4		5	136,41
T 3.1	Losa aligerada postesada de canto constante de 1,1 m y ancho de tablero igual a 13,1 m	4	82,82
T 3.2		3	70,00
T 3.3	Losa nervada postesada de canto constante e igual a 1,1 m y ancho de tablero variable	5	119,13
T 3.4		6	161,49
T 4.1	Losa aligerada postesada de canto constante de 1,1 m y ancho de tablero igual a 11,6 m	7	169,57
T 5.1		4	106,57
T 5.2	Tablero nervado bñjácena de canto constante de valor 1,8 m y anchura total igual a 11,6 m	4	135,50

Figura 5. Identificación de las estructuras con su sección tipo, nº de vanos, luz media y longitud total aproximada.

sentaban una tipología principal de losa pretensada, aligerada o nervada, de canto constante y ancho variable en función de las necesidades del trazado (figura 5 y figura 6).

La subestructura estaba compuesta por estribos y pilas de diferentes tipologías (figura 7). Los estribos eran de hormigón armado, de tipo cerrado, alguno de ellos con muros asociados sin interés estructural. Las pilas eran de seis tipos. La pila “Tipo 1” era de hormigón armado y pretensado, con un único fuste de sección rectangular constante rematado en coronación mediante un cabezal, que disponía en su parte central de un nervio transversal pretensado. La pila “Tipo 2” era una pila pórtico de hormigón armado y pretensado, con fustes de espesor variable. La pila “Tipo 3” era de hormigón armado, con un único fuste de sección rectangular que finalizaba en un cabezal formado por una sección inferior circular y una sección superior rectangular. La pila “Tipo 4” era de hormigón armado y pretensado, con un único fuste de sección rectangular, con un lado de dimensión variable y otro constante. En la zona superior la sección se dividía en dos fustes de sección rectangular unidos por un macizo. La pila “Tipo 5” era similar a la “Tipo 1”, salvo la dirección del cabezal con el que se remata el fuste, que en este caso se orientaba según el sentido longitudinal del tablero. Finalmente, la pila “Tipo 6” era de hormigón armado, con dos fustes separados de sección rectangular. Las pilas presentaban una altura máxima sobre rasante de 18 m.

En total se contabilizaban 51 vanos, con una luz media de 25 m. La longitud total de tableros era de 1324 m, con una superficie de 23 850 m² repartidos en 14 357 m² correspondientes al tronco principal y 9493 m² correspondientes a los ramales.

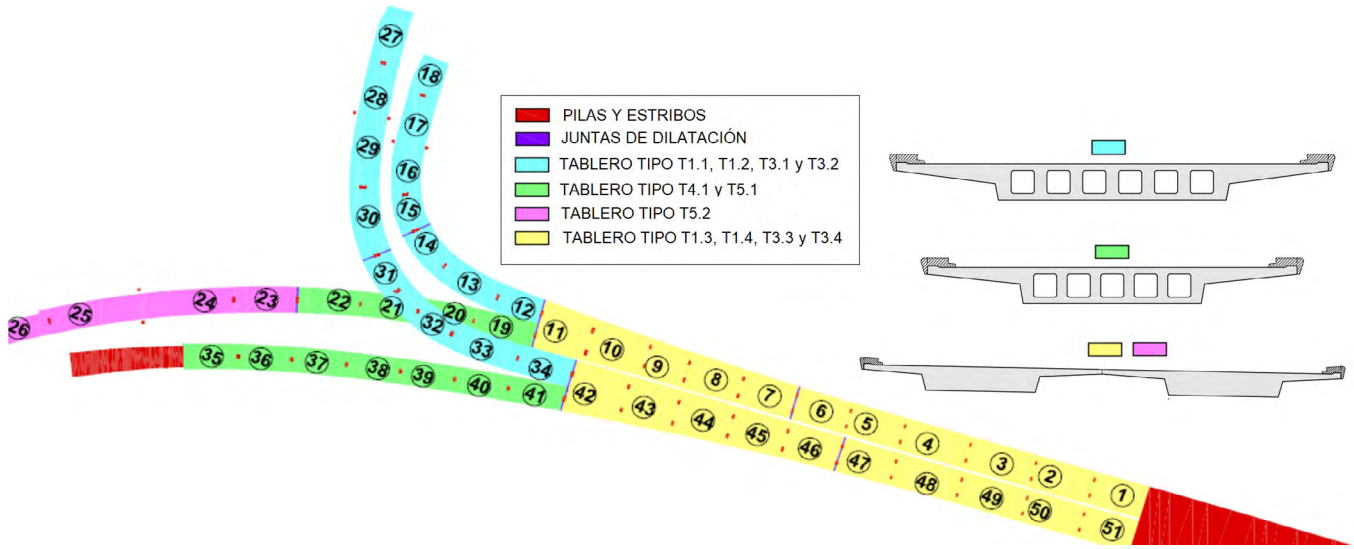


Figura 6. Localización en planta de tipologías estructurales en el enlace de Sabino Arana.

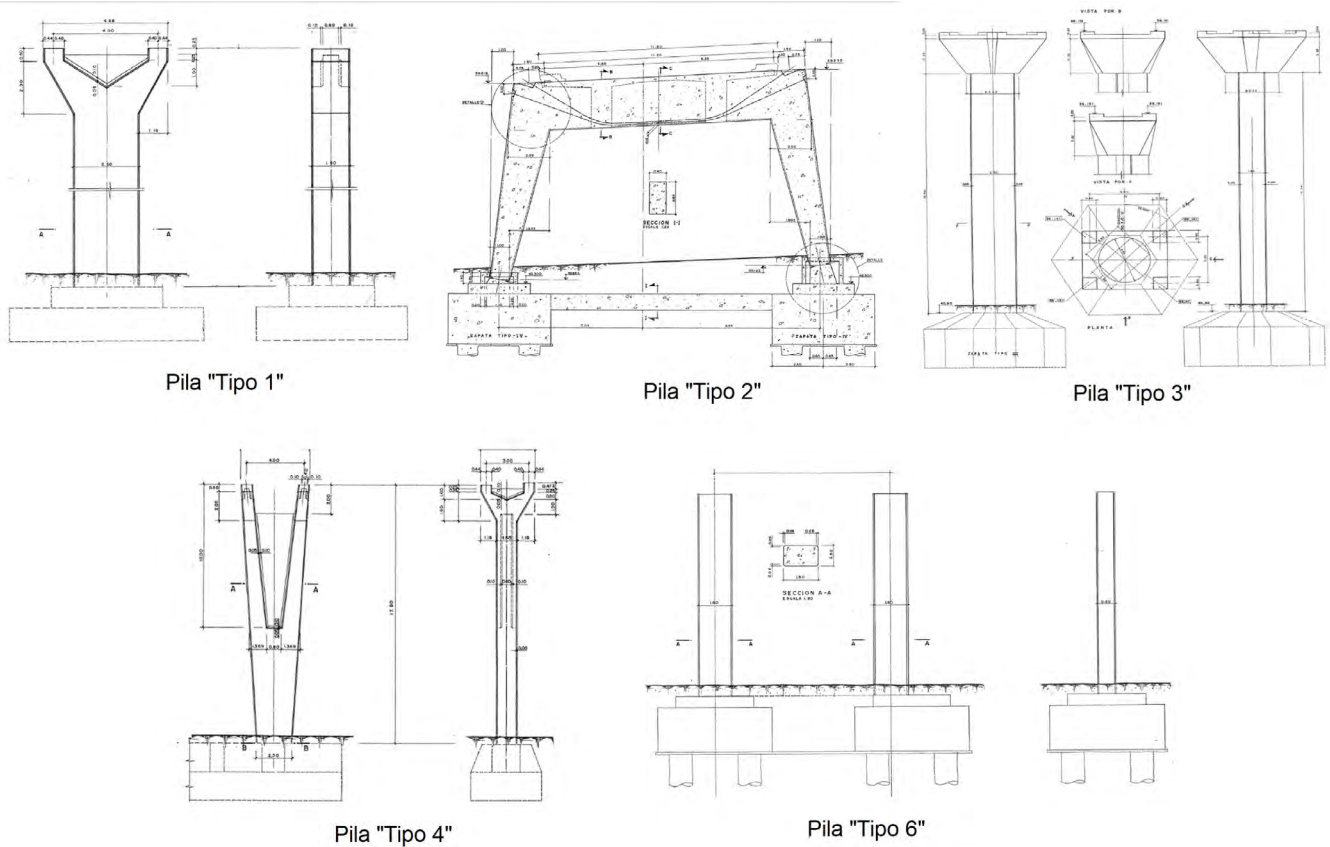


Figura 7. Diferentes tipologías de pilas en el enlace de Sabino Arana.

En toda demolición es preciso considerar la existencia de una serie de riesgos, algunos presentes en cualquier obra de esta tipología, y otros según las especificidades de cada una de ellas [5]. En el desmantelamiento de los viaductos del enlace de Sabino Arana, al tratarse de una demolición en un entorno urbano, se tomaron precauciones adicionales respecto a las habituales en este tipo de trabajos, ya que cualquier fallo o descontrol en la operación podría haber ocasionado daños muy graves a personas, edificios o equipamientos urbanos. La elección del tipo de demolición, por lo tanto, estuvo

condicionada por esta característica, descartándose desde el principio la demolición con explosivos. Los riesgos de ruido y vibraciones se mitigaron estableciendo un horario de trabajo compatible con la dinámica urbana. Para mitigar los riesgos de polvo y proyecciones se regaron periódicamente los acopios y las zonas de trabajo. Además de estos riesgos generales, se consideraron especialmente la altura de los tableros sobre el suelo, la cercanía a edificaciones existentes y la cercanía a infraestructuras singulares. Bajo los tableros se identificaban las siguientes infraestructuras:

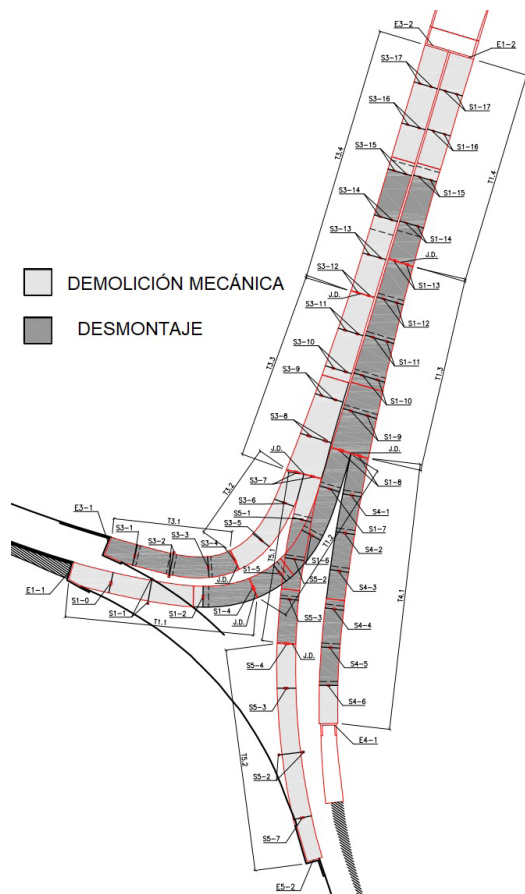


Figura 8. Identificación de procedimientos de demolición desarrollados en cada tramo de estructura.

- Carretera (ramal de autovía A-8). Situada bajo los viaductos T1.1 y T5.1. Durante los trabajos de demolición se cortó temporalmente el tráfico, además de protegerse mediante una cama de arena para evitar la destrucción total o parcial de su firme y pavimento.
- Soterramiento de línea de FEVE. Se localiza bajo los tableros T1.1, T3.1, T4.1 y T5.1. La escasa distancia de soterramiento (en algún punto inferior a 2 m) imponía un método de demolición que evitase la eventual proyección de fragmentos pesados que pudieran afectar a esta estructura. El posicionamiento de las grúas y de las zonas de acopio tuvo en cuenta la existencia de esta infraestructura subterránea, al objeto de guardar una distancia mínima de seguridad y evitar posibles interferencias sobre la misma.
- Tranvía. Se sitúa bajo los viaductos T1.4 y T3.4, a lo largo de la calle Autonomía.

Habida cuenta de los condicionantes antedichos, especialmente el cruce con otras infraestructuras transversales, se emplearon principalmente dos sistemas de demolición: demolición por medios mecánicos desde el suelo y desmontaje mediante izado, corte y bajada de tramos de estructura al suelo, en donde se terminaba con una demolición mecánica tradicional. En la figura 8 se indica qué procedimiento se siguió en cada vano de la estructura. La descripción pormenorizada de cada procedimiento de demolición se desarrolla en el apartado 3.



Figura 9. Retirada de pantallas acústicas (Izda.) y aprovechamiento en otras zonas de la autovía A-8 (Dcha.).

2.2. Fases de ejecución

Antes de demoler las estructuras se retiraron las barreras de seguridad y las barandillas metálicas situadas en los bordes del tablero. También se retiraron las barreras acústicas, más altas que las anteriores y que se situaban únicamente en los bordes anexos a las viviendas más cercanas a las estructuras. Estas pantallas fonoabsorbentes se repintaron y aprovecharon recolocándose en distintos puntos de la autopista A-8, entre las localidades de Basauri y Ermua (figura 9).

Posteriormente, al objeto de minimizar las cargas muertas sobre la estructura, se fresó y retiró el pavimento de mezcla bituminosa. Tras esta operación, se llevó a cabo la demolición de la estructura por fases, comenzando desde la Avenida del Ferrocarril, en donde la estructura tenía menor altura, y avanzando posteriormente hacia zonas de mayor altura de rasante, en la cercanía de la unión con la autopista A-8. La duración total de la obra fue de 8 meses (figura 10).

El comienzo desde la zona de estructura con menor cota permitía ir liberando tramos urbanos entre manzanas de forma paulatina y ordenada, al objeto de recuperar lo antes posible los itinerarios de paso habituales, tanto peatonales como de vehículos, que tenían que desviarse en cada fase a consecuencia de los trabajos de demolición.

3. PRINCIPALES ESTRATEGIAS DE DEMOLICIÓN

3.1. Demolición tradicional por medios mecánicos desde el suelo

La demolición por medios mecánicos se efectuó con dos equipos de tres retroexcavadoras de 30 t equipadas con martillos hidráulicos de 1500 kg, demoledores primarios y cizallas. Este procedimiento de demolición, empleado en 25 vanos de los 51 totales, ha tratado de maximizarse en la medida de lo posible respecto al procedimiento de desmontaje mediante grúas de gran tonelaje, por su mayor velocidad de ejecución y menor coste relativo.

Antes de comenzar los trabajos, se protegía el terreno circundante mediante la extensión de una cama de arena de 30 cm de espesor, con el ánimo de evitar daños ante el eventual impacto del material sobre el pavimento existente. La demolición se realizaba mediante la trituración de los elementos de hormigón con el martillo rompedor y el demoledor primario, que realizaba la descomposición del material por aplastamiento, produciendo la rotura de la adherencia entre la fracción de hormigón y la ferralla. En las zonas de los tendones

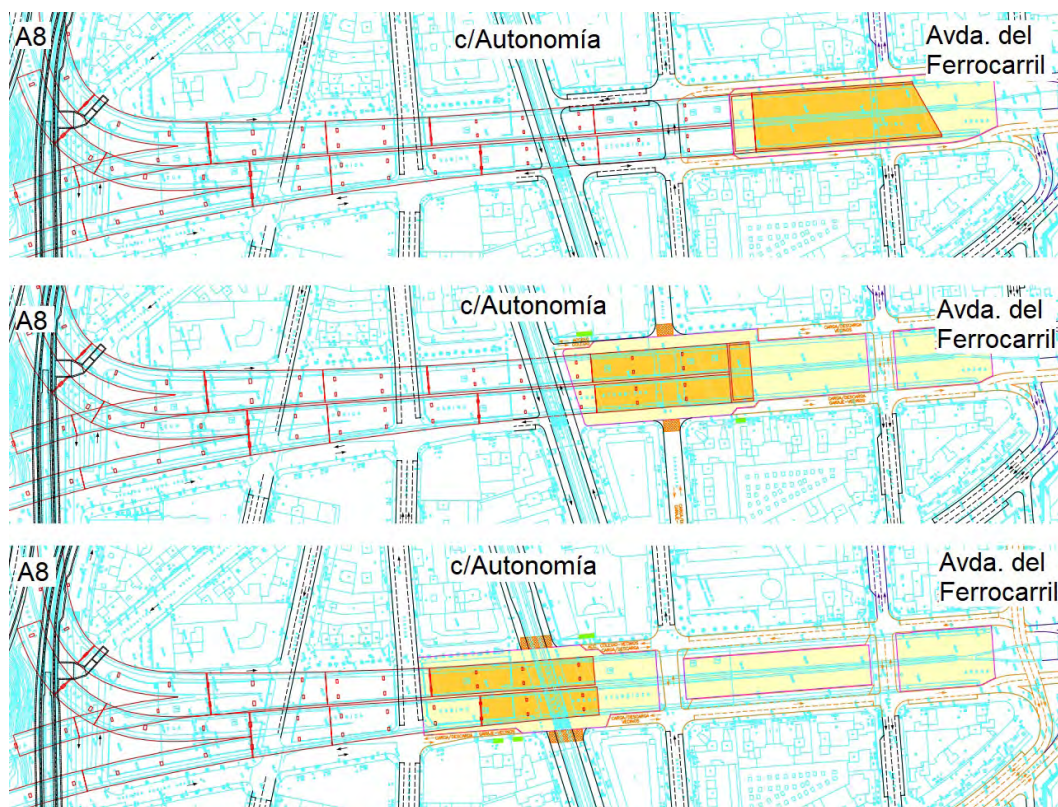


Figura 10. Capturas en planta del avance de la demolición, entre la Avda. del Ferrocarril y la autopista A-8.



Figura 11. Equipo de demolición mecánica.

de pretensado, ocasionalmente se empleaba una máquina de corte por oxiacorte, como ayuda al martillo y al demolidor.

El orden de demolición consistió generalmente en el picado de las pilas en sus zonas superiores para poder hacer descender los tableros al suelo. Para ejecutar esa operación, la máquina siempre trabajaba fuera de la huella del tablero, en una zona ya demolida. Previamente se generaba una rótula entre el vano a demoler y el vano contiguo, de modo que se favorecía el movimiento, controlando además el punto de rotura. El tramo de tablero que quedaba por demoler iba descendiendo y pivotando sobre la rótula, facilitando la continuidad de la demolición. El procedimiento se ilustra de forma detallada en la [figura 12](#).

Cabe destacar que todo el material obtenido a partir de la demolición pudo emplearse en otros usos. Todos los tipos de acero, corrugado, estructural y de postesar se reciclaron a través de gestores autorizados. El residuo de demolición de hormigón se cribó para transformarlo en árido reciclado de tipo AR-H [6], y se empleó para la generación de explanadas en diferentes obras municipales de Bilbao así como para relleno de los cajones del dique de cruceros de Getxo, en el Puerto de Bilbao. El rendimiento medio de cada equipo de demolición fue de 250 t diarias.

3.2. Desmontaje mediante izado con grúa y corte con hilo de diamante

El desmontaje de los tableros que se situaban a mayor altura sobre el suelo (a partir de 10 m) o cercanos a viviendas u otras infraestructuras críticas, como el tranvía o la línea soterrada de FEVE, se efectuó con ayuda de una grúa de gran tonelaje, concretamente una grúa de celosía Liebherr de 1350 t (LR11350). Este procedimiento de demolición se empleó en 26 vanos de los 51 totales. Consistió en el enganche, corte, izado y bajada de los tramos de tablero hasta el suelo, en donde, en una zona segura, se demolían empleando los equipos de demolición mecánica descritos en el apartado anterior.

Este procedimiento presentaba la ventaja de generar una mínima afección a terceros, evitando riesgos de proyección de polvo y partículas que pudieran desprenderse de la demolición mecánica en altura ([figuras 13 y 14](#)). Por el contrario, resultó un procedimiento más lento y con mayor coste relativo que la demolición mecánica, y cuyas maniobras precisaron un estudio y diseño exclusivo para cada vano desmantelado,

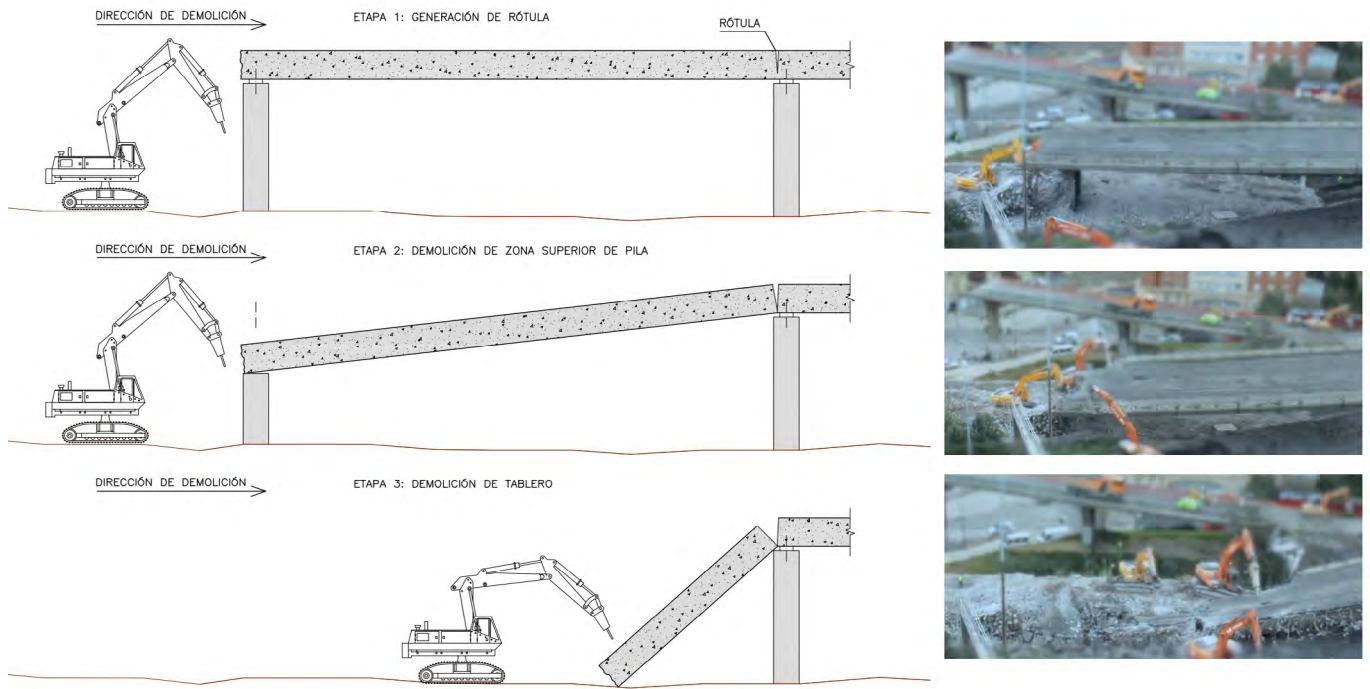


Figura 12. Procedimiento de demolición mecánica en vanos con altura inferior a 10 m.



Figura 13. Ejemplo de demolición con grúa en la cercanía de viviendas.



Figura 14. Ejemplo de demolición con grúa en horario nocturno para evitar afcción a línea de Tranvía.

adaptado a las particularidades del entorno específico en el que situaba cada uno de ellos.

En primer lugar se redactó un documento técnico específico con el plan de demolición en el que se definieron las

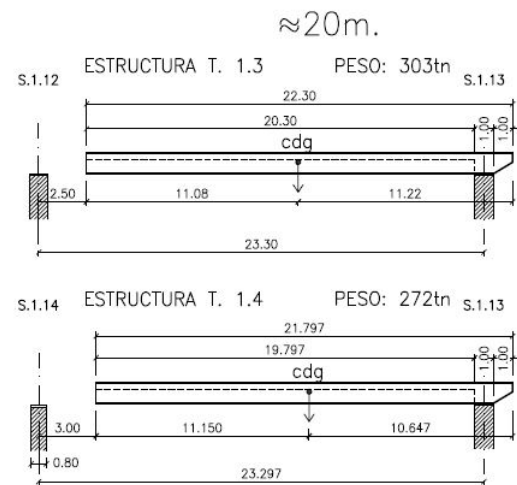


Figura 15. Ejemplo de determinación de tramos de tablero, incluyendo peso global estimado y posición de centro de gravedad.

dimensiones exactas de cada uno de los 26 vanos que iban a desmantelarse empleando este procedimiento. Para cada uno de los tramos en los que se dividían las operaciones de izado se calculó su peso global y la posición de su centro de gravedad, teniendo en cuenta su sección tipo a lo largo de cada eje longitudinal de cada viaducto, considerando las diferentes variaciones en las leyes de pesos por los recrecidos en la zona de apoyos y la existencia de zonas de rigidización sin aligeramientos en las cercanías de las pilas (figura 15).

Al objeto de racionalizar el empleo de los medios auxiliares, se trató de aproximar cada uno de los tramos de tablero a longitudes próximas a 20, 24, 26 o 30 m.

Teniendo en cuenta el orden de magnitud de las cargas de trabajo, de entre 272 y 722 t, uno de los principales retos de la obra consistió en determinar con precisión suficiente

el centro de gravedad de cada pieza. De este modo podría situarse de forma apriorística el punto de enganche de la grúa sobre la vertical del centro de gravedad de cada pieza a izar, al objeto de evitar giros indeseados de cada tramo de tablero en el momento de su entrada en carga al separarse del cuerpo monolítico del viaducto.

Otro de los retos técnicos fundamentales de la obra de desmantelamiento, y la principal innovación en el proyecto, consistió en el diseño y la fabricación de un bastidor metálico modular que permitía, al colocarse en la horizontal, el empleo de tirantes de longitud fija desde el punto de enganche de la grúa hasta los puntos de izado. Este tipo de tirantes son más seguros en este rango de cargas de trabajo que las eslingas, si bien estas últimas presentan la ventaja de deslizar respecto al punto de enganche, facilitando el alineamiento entre este punto y el centro de gravedad de cada pieza de izado sin producirse giros indeseados.

El bastidor metálico posibilitó el empleo de dos únicos grupos de tirantes de longitud fija en todas las operaciones de izado, ya que permitía absorber la pendiente del viaducto, evitando situaciones como la que se ilustra en la [figura 16](#).

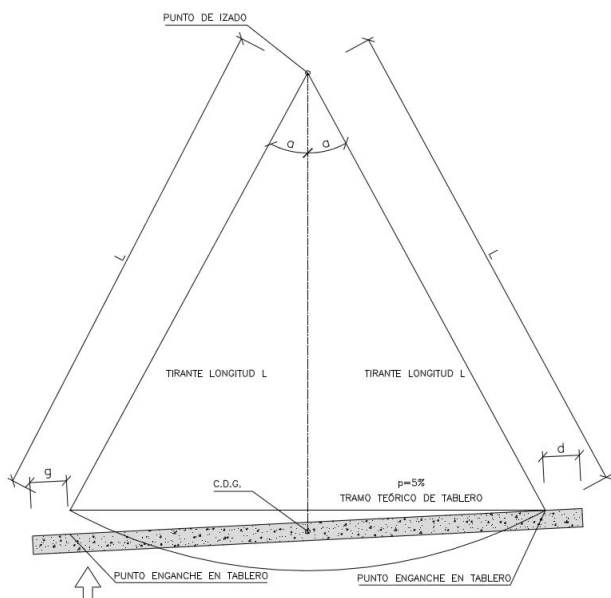


Figura 16. Ejemplo de uso ineficaz de tirantes de longitud fija en caso de tablero con pendiente.

El bastidor metálico se conectaba en cada tramo de tablero a desmontar, situándose de forma horizontal con la generación de una peana de apoyo de hormigón que salvase el desnivel propio de la pendiente del viaducto, como máximo del 5%. Esta peana de apoyo de hormigón también podía compensar la pendiente transversal del mismo ([figura 17](#)).

Tras esta operación, el bastidor y el tablero se solidarizaban mediante la disposición de tres barras tipo Dywidag de $\phi 47$ mm por tirante, de 950 MPa de límite elástico, que se pretensaban para evitar movimientos entre ambos elementos ([figuras 18 y 19](#)). Una vez solidarizados, se enganchaban los tirantes de la grúa de gran tonelaje hasta conseguir una mínima entrada en carga.

Posteriormente se separaba el tramo a izar respecto del resto del viaducto efectuando un corte transversal con hilo



Figura 17. Vista general de bastidor metálico y peanas para absorber el cambio de pendiente.



Figura 18. Perforación de orificios en el tablero para enfilarse las barras Dywidag.



Figura 19. Operación de enhebrado de barras Dywidag en el tablero



Figura 20. Corte con hilo diamantado.



Figura 21. Desplazamiento de tramo de tablero tras su separación del resto de estructura.



Figura 22. Posado de tramo de tablero en el suelo, previo a acometer su demolición mecánica.

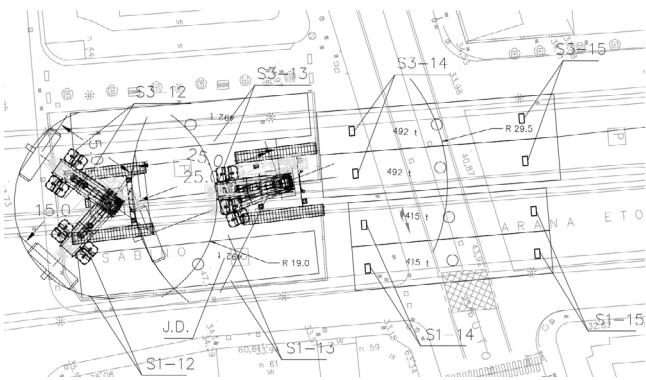


Figura 23. Simulación en planta de la posición de la grúa de gran tonelaje durante una de las maniobras de izado.

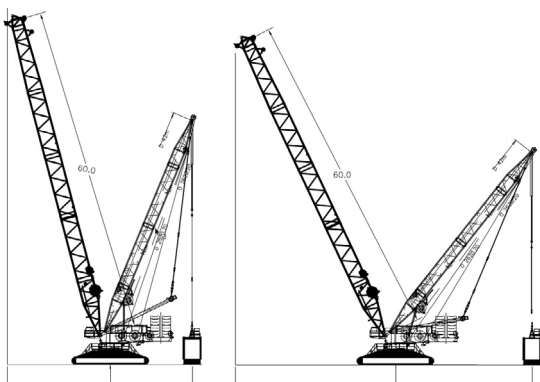


Figura 24. Posiciones inicial y final de la grúa en la denominada "maniobra 7", de izado de los tramos T1.4 y T3.4, con un contrapeso de 200 + 600 t.

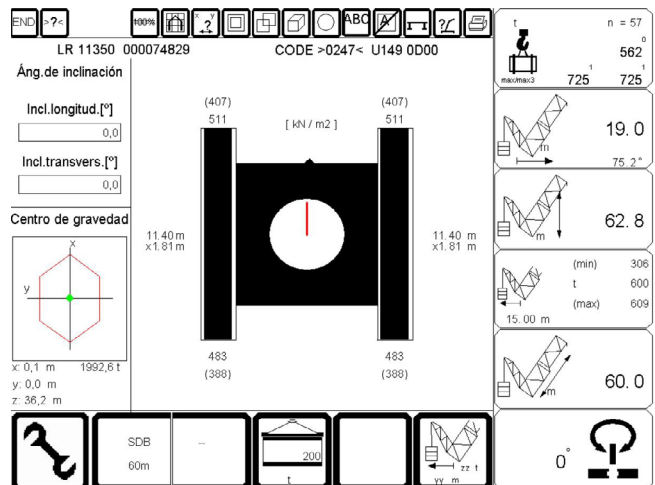


Figura 25. Simulación de operación de izado y presiones de trabajo.

diamantado (figura 20). Las posiciones de los cortes trataron de aproximarse a los puntos de menor esfuerzo. En este momento el tramo de tablero se liberaba del resto de la estructura y podía izarse y desplazarse hasta una zona segura en el suelo, en donde se acometía su demolición mecánica (figuras 21 y 22). Para evitar impactos accidentales durante el izado, se emplearon cables auxiliares que permitieron compensar los pequeños giros indeseados hasta situar cada tramo sobre el suelo (figura 21).

Antes de proceder a cada operación de izado, la localización prevista en cada momento de la grúa de gran tonelaje se proyectaba tanto en planta (figura 23), como en alzado (figura 24), verificándose la ausencia de interferencias con los edificios y otras infraestructuras urbanas circundantes. Los izados y desmontajes de cada uno de los 26 vanos que se demolieron empleando este procedimiento se agruparon en 14 maniobras diferenciadas.

Además de la comprobación de la posibilidad geométrica de cada maniobra, se simularon en cada una de ellas las condiciones reales de carga en todas las maniobras, obteniéndose las presiones de trabajo teóricas bajo las orugas, que posteriormente pudieron compararse con las presiones reales (figura 25).

Se obtuvo una presión de pico máxima en el extremo de la oruga de 5.73 kg/cm², con tensiones medias en las maniobras del orden de 3.9 kg/cm².

3.3. Diseño de elementos auxiliares

Para poder efectuar las maniobras necesarias con la grúa de celosía de forma eficiente, tratando por una parte de homogeneizar la tipología de operaciones de desmontaje y por otra de emplear siempre los mismos grupos de tirantes, se diseñaron, además del bastidor metálico ya apuntado en el apartado anterior, diversas estructuras auxiliares, que se representan de forma esquemática en la figura 26.

Estas estructuras auxiliares y sus elementos principales se describen a continuación:

- Un útil superior para el enganche y direccionamiento de los tirantes al gancho de la grúa, que actuaba como rótula. En el triángulo superior y en el trapecio intermedio se empleó acero S355 J0, y para el elemento de cambio de



Figura 26. Estructura auxiliar de desmontaje.

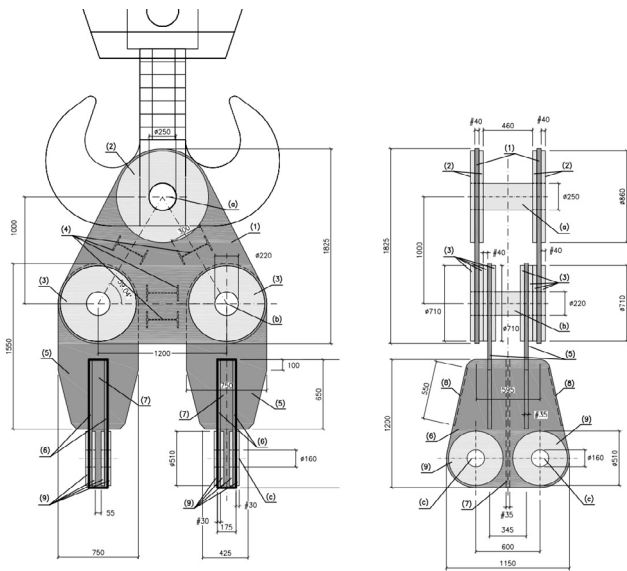
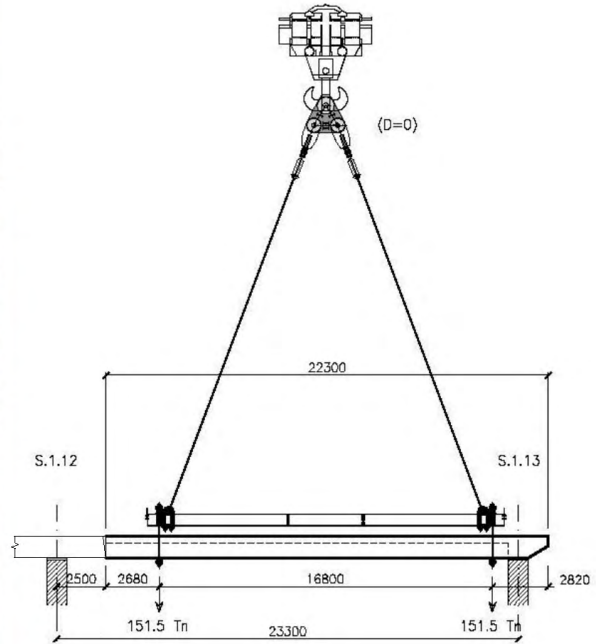


Figura 27. Representación de útil superior para enganche y direccionamiento de la grúa.

dirección se empleó acero en chapa tipo Naxtra de la casa Thyssen Krupp (figura 27).

- Unos tirantes para la transmisión de la carga. Se reaprovecharon unos juegos de tirantes que emplea la grúa para soportar la carga de los contrapesos sobre la bandeja trasera. La capacidad nominal de cada uno de los 4 tirantes utilizados era de 300 t en servicio.
- Un bastidor metálico formado por cuatro vigas metálicas HEB600 y acero S355, de anchura variable, con rigidizadores intermedios (figuras 28 y 29). La ejecución del bastidor se planteó por módulos, de modo que pudieran adaptarse a diferentes longitudes de vano a desmantelar. De este modo se podían conseguir bastidores de 13 m, 16.80 m, 20 m, 22 m y 25.50 m. Este bastidor, por una parte, absorbía la componente horizontal que transmitían

los tirantes. Además, la longitud variable del bastidor permitió aproximar al máximo el centro de gravedad de cada pieza a desmantelar con la vertical de la rótula de la grúa, al objeto de minimizar los giros de compensación de la pieza durante la etapa de izado.

- Cuatro piezas de cambio de dirección. En cada esquina se disponían chapas con orejetas con ángulo variable, para poder absorber el diferente giro en planta de los tirantes en función de la longitud del bastidor (figura 30).
- Barras verticales de unión de los tableros con el bastidor metálico, tipo Dywidag, de 950 MPa de límite elástico y 47 mm de diámetro. Una vez fijadas al tablero, se tesaban con gatos hidráulicos para pretensar el conjunto tablero-bastidor y evitar movimientos relativos entre ambos (figura 19).

Una sección transversal del bastidor y las barras puede apreciarse en la figura 31.

En la tabla 1 se muestran los pesos que se izaron en cada operación. El peso máximo de izado fue de 722 t, correspondiente al vano nº30, con una altura de bajada de 17 m.

TABLA 1

Pesos alcanzados en cada operación de izado con la grúa de celosía de gran tonelaje

Estructura	P. Inicial	P. Final	Peso (t)
T1.3	S1.12	S1.13	303
T1.4	S1.14	S1.13	272
T3.1	E3.1	S3.1	439
T3.1	S3.1	S3.2	408
T3.1	S3.3	S3.4	367
T1.2	S1.4	S1.5	488
T1.2	S1.7	S1.8	517
T3.1	S3.2	S3.3	503
T4.1	S4.6	S4.5	414
T4.1	S4.5	S4.4	414



Figura 28. Imagen general de bastidor metálico.

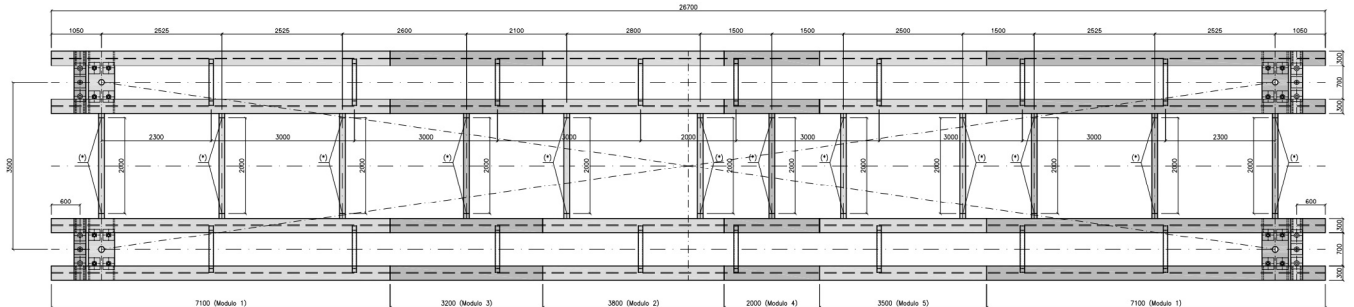


Figura 29. Planta de bastidor metálico.

Estructura	P. Inicial	P. Final	Peso (t)
T4.1	S4.4	S4.3	414
T4.1	S4.3	S4.2	414
T4.1	S4.2	S4.1	414
T4.1	S4.1	S1.8.2	414
T1.3	S1.8	S1.9	576
T1.3	S1.9	S1.10	462
T1.3	S1.10	S1.11	414
T1.3	S1.11	S1.12	372
T5.1	S5.3	S5.2	431
T5.1	S5.2	S5.1	440
T1.1	S1.2	S1.4	722
T1.2	S1.5	S1.6	664
T1.2	S1.6	S1.7	652
T1.4	S1.15	S1.14	462
T3.4	S3.15	S3.14	458
T5.1	S5.4	S5.3	543

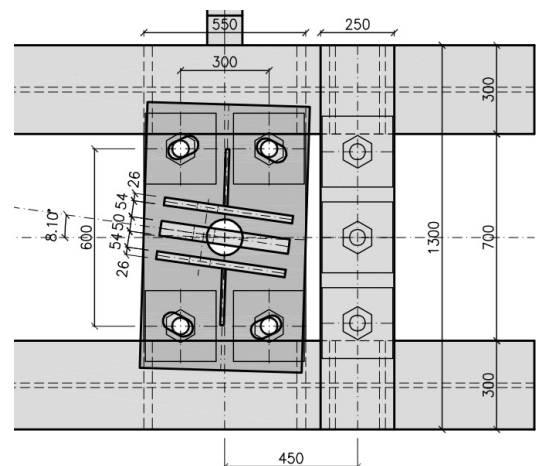


Figura 30. Orejetas de cambio de dirección de tirantes.

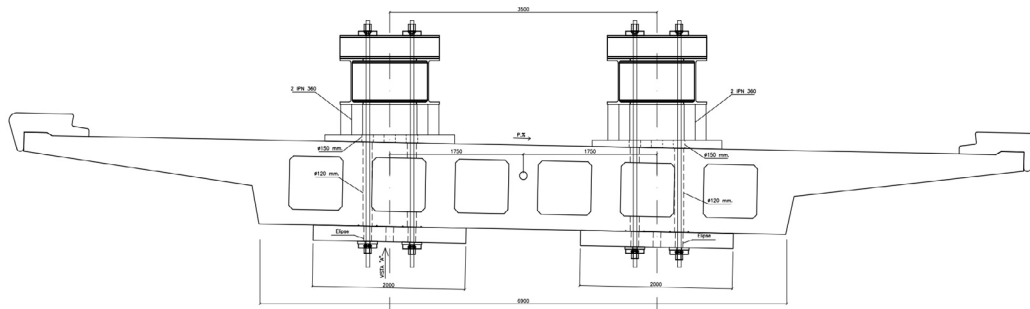


Figura 31. Sección transversal ilustrativa de la unión entre las barras, el bastidor y el tablero.



Figura 32. Vista general de la calle Sabino Arana durante la fase de demolición de los viaductos.

4. CONCLUSIONES

En la fecha de diseño y construcción del enlace de Sabino Arana, la primera parte de la década de 1970, no era habitual contemplar dentro del proyecto de estructura su fase de demolición y fin de vida, y mucho menos tener en cuenta estrategias de reutilización o remanufactura de los elementos proyectados, hoy en día tan en boga en el contexto de la búsqueda de la economía circular, que impregna ya todos los ámbitos de la práctica ingenieril moderna.

El desmantelamiento de estos viaductos ha exigido por lo tanto la redacción de un proyecto específico [4], en el que se plantearon dos tipologías diferentes de demolición.

El desmantelamiento de esta estructura (figura 32), sita en un ámbito urbano muy consolidado, ha supuesto un reto de orden técnico, que ha exigido una planificación muy cuidadosa de cada operación de demolición, corte e izado de grúa, y también un reto de coordinación entre las diferentes administraciones afectadas (gestor de la autopista, gestor de vialidad municipal, gestor de tranvía, gestor de FFCC de cercanías y compañías de servicios) para tratar ante todo de minimizar las afecciones a los vecinos de las zonas aledañas al ámbito de actuación.

Referencias

- [1] Domingo, F. (2013) Bilbao abre una nueva puerta de entrada con la despedida del "scalextric" con la A-8 (17 de mayo de 2013). El País
- [2] Ayuntamiento de Bilbao. (2014). Boletín de información de la Villa de Bilbao. XCII 2014.
- [3] Ayuntamiento de Bilbao. (2014). Proyecto de recuperación integral de Sabino Arana. Tramo: Avenida del Ferrocarril-Autonomía. Saitec, 2014.
- [4] Interbiak – Diputación Foral de Bizkaia. (2013). *Proyecto de construcción del desmantelamiento de los viaductos del enlace de Sabino Arana*. UTE Dair, Geoconsult, CVIngeniería y Silga. 2013.
- [5] Barsottelli, M., & Avci, O. (2013). Fundamentals of Highway Bridge Demolition. 680-688. <https://doi.org/10.1061/9780784412848.060>.
- [6] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). *Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes* (UNE-EN 13242:2003+A1:2008).

Principales intervinientes y datos de la obra

Propiedad	Interbiak – Diputación Foral de Bizkaia
Autor del proyecto	UTE Dair – Geoconsult – CV Ingeniería – Silga
Adjudicatario	UTE Viuda de Sainz - Proyectos y obras Pabisa - Orion
Medios de elevación	Grúas Usabiaga
Presupuesto de la obra	2.784.994,80 € (IVA Incluido)
Plazo de ejecución	8 meses
Fecha de finalización	2014