



PROYECTO BÁSICO DE PUENTE SOBRE LA RAMBLA DE ALCALÁ EN BENICARLÓ (CASTELLÓN). SOLUCIÓN A.

ANEJO Nº 7

PROCESO CONSTRUCTIVO

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Autor: Ignacio Sánchez D'Ocon

Tutor: Salvador Monleón Cremades

Cotutor: José Casanova Colón

Curso: 2015-2016

Valencia, junio de 2016



ÍNDICE

1. OBJETO 3

2. REFERENCIAS 3

3. PROCESO CONSTRUCTIVO 3

3.1. Fase 1: tareas previas..... 3

3.2. Fase 2: movimiento de tierras (I) 5

3.3. Fase 3: subestructuras (I) 5

3.4. Fase 4: movimiento de tierras (II) 6

3.5. Fase 5: subestructuras (II) 7

3.6. Fase 6: movimiento de tierras (III) 7

3.7. Fases 6 a 10: superestructura 7

3.7.1. Fase 6: apoyos provisionales..... 7

3.7.2. Fase 7: vigas longitudinales y vigas centrales de piso..... 8

3.7.3. Fase 8: arcos y péndolas rígidas..... 9

3.7.4. Fase 9: vigas de piso en voladizo 9

3.7.5. Fase 10: losa colaborante 10

3.8. Fase 11: equipamientos 10

3.8.1. Fase 11.1: drenaje..... 11

3.8.2. Fase 11.2: defensas sobre calzada y aceras..... 11

3.8.3. Fase 11.3: barandillas..... 11

3.8.4. Fase 11.4: imposta y contraimposta 11

3.8.5. Fase 11.5: pavimentos 11

3.8.6. Fase 11.6: iluminación 11

3.8.7. Fase 11.7: disposición de las conducciones 11

3.9. Fase 12: prueba de carga..... 12

3.10. Fase 13: tareas finales y generales 12

1. OBJETO

El presente anejo pretende definir una serie de indicaciones que sirvan como nociones básicas para llevar a cabo la construcción del puente sobre la Rambla de Alcalá, en la localidad castellanense de Benicarló. A tal fin, se procederá a enumerar las tareas necesarias como parte del proceso constructivo, para finalmente obtener una programación temporal, la cual se representará mediante un diagrama de Gantt. Este podrá ser consultado en el anejo nº 8.

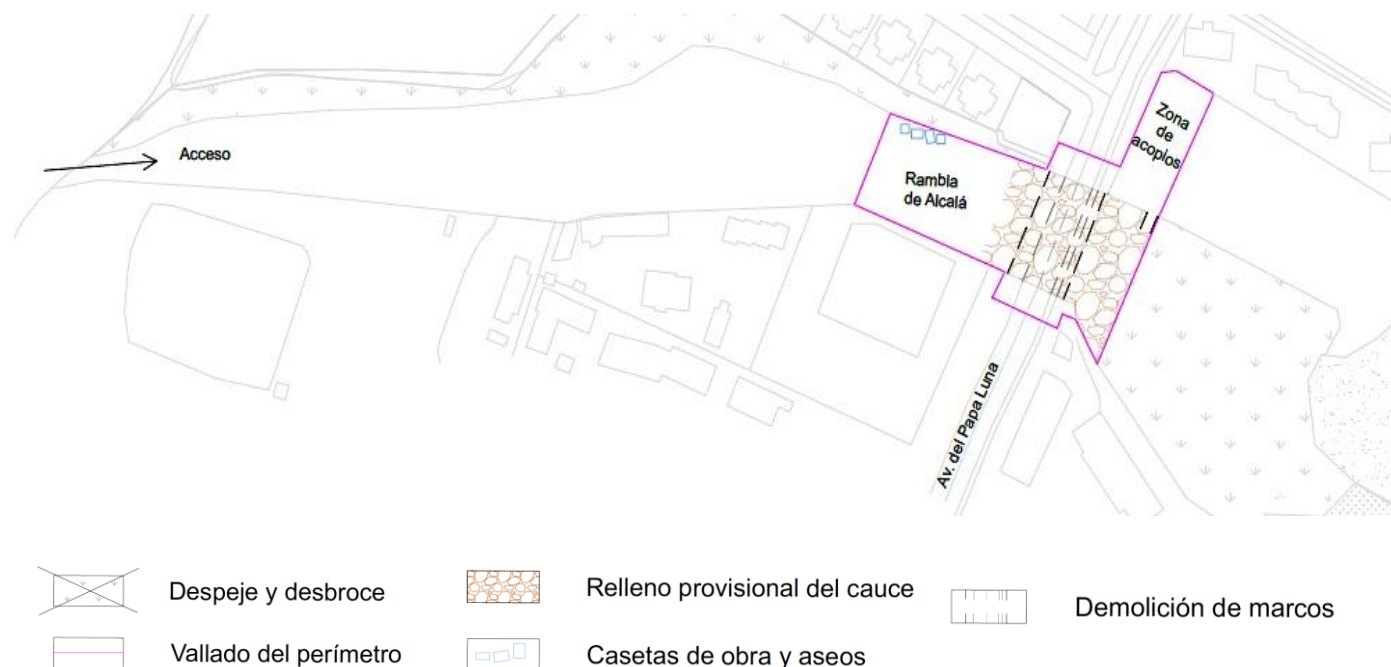
2. REFERENCIAS

Las normas y recomendaciones referenciadas en el siguiente anejo son las siguientes:

- España. Ministerio de Fomento (2008). *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad Estructural – Cimientos (DB-SE-C)*. Madrid.
- España. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras (2012). *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)*. Madrid.
- España. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras (1999). *Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera*. Madrid.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1. Fase 1: tareas previas



Las primeras tareas a llevar a cabo serán de tipo administrativo. Consistirán en obtener todos los permisos y licencias necesarios, desde aquellos emitidos por la Administración hasta las autorizaciones de desvío de los servicios afectados por parte de las compañías suministradoras.

Una vez hecho esto, y con el replanteo materializado en su correspondiente acta, se procederá a delimitar el perímetro de la obra, vallarlo y posicionar la señalización de obra correspondiente.

La zona de trabajo y los accesos de obra deberán quedar correctamente acondicionados para el paso de los trabajadores y la maquinaria. A tal efecto, se propone habilitar como acceso a la rambla la parte oeste de la misma, directamente desde la carretera CV-1405. Se ha verificado que los radios de giro de esta propuesta de acceso son coherentes con la maquinaria a emplear.

Además, se concebirá una propuesta de recorrido desde la N-340, carretera nacional que da servicio, entre otras, a la población de Benicarló. Consistirá en, una vez rebasado el kilómetro 1039 de la N-340, tomar la salida hacia la N-340a, en dirección Benicarló. Tomando la tercera salida de la rotonda posterior, se accederá a la Vía Polígono 2. Se deberá circular por esta carretera hasta alcanzar el Camí de la Ratlla del Terme, donde se girará a la derecha. A aproximadamente 2 kilómetros, se llegará a una nueva rotonda, donde tomando la cuarta salida se accede a la carretera CV-1405. El acceso a la rambla estará a aproximadamente 500 metros, tal y como muestra la imagen 2 (ver página siguiente).

La circulación por las vías indicadas es posible para la maquinaria a emplear, tal y como demuestran las imágenes 3, 4 y 5 (ver página siguiente), y tomando las precauciones necesarias.

A continuación, se realizará el despeje y desbroce del terreno afectado y los accesos. La vegetación presente en la rambla es la propia del final de un cauce mediterráneo: matorrales bajos, cañas y plantas de pequeño tamaño. Aparecen numerosas rocas que se deberán retirar para facilitar el paso de la maquinaria, aunque no son de gran tamaño. Por tanto, esta tarea no entrañará elevada complejidad.

Además de esto, se deberán demoler los marcos que conforman el puente actual, dejando libre el encauzamiento de la rambla hasta los cajeros. Todo el material resultante de esta operación se llevará a vertedero, ya que no está prevista su reutilización posterior.

Con el objetivo de trabajar en seco, se ejecutará un relleno provisional del tramo final de la rambla, allá donde exista presencia de agua en superficie y siempre contando con los permisos pertinentes por parte de la Confederación Hidrográfica. Consistirá en una capa de 70 cm de espesor, hasta la cota 0 m.s.n.m., que al acabar los trabajos en el cauce se eliminará para poder ejecutar la solera del encauzamiento.

Por último, se localizarán en el área de trabajo las casetas de obra e instalaciones de higiene que sean necesarias para el desarrollo de la obra, así como las zonas reservadas para llevar a cabo el acopio de la estructura metálica. El acceso a la esta zona desde el cauce se realizará por medio de una rampa.

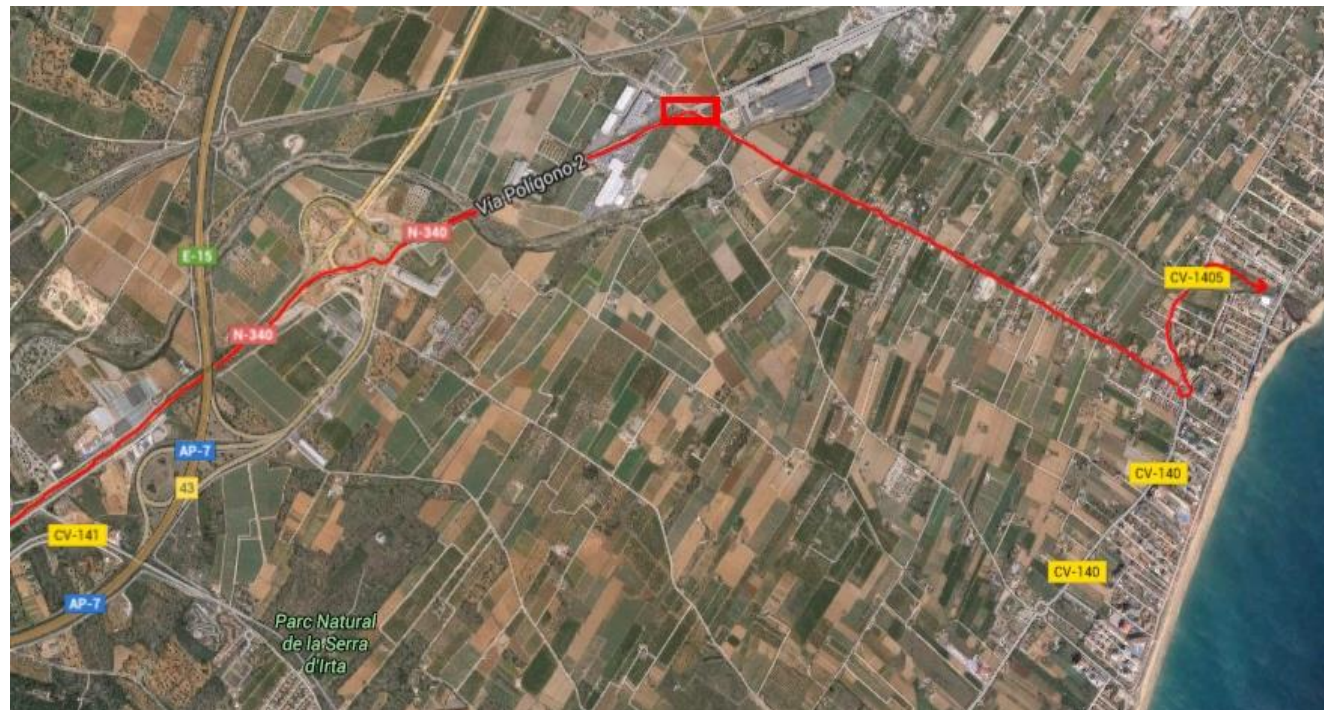


Figura 1. Itinerario propuesto desde la carretera N-340. Elaboración propia con datos de Google Maps.



Figura 2. Detalle del acceso propuesto. Elaboración propia con datos de Google Maps.



Figura 3. Fotografía de la Vía Polígono 2. Fuente: Google Street View.



Figura 4. Fotografía del Camí de la Ratlla del Terme. Fuente: Google Street View.



Figura 5. Giro entre Vía Polígono 2 y Camí de la Ratlla del Terme. Fuente: Google Street View.

3.2. Fase 2: movimiento de tierras (I)



Con el área de trabajo completamente despejada, se procederá a completar la primera fase del movimiento de tierras, consistente en ejecutar un recinto cuyo perímetro vendrá marcado por la posición de las tablestacas.

Se procederá a la hincada de tres de los lados del tablestacado, cuyas características pueden encontrarse en el anejo nº 4. No se hincará en el lado recayente a la rambla para permitir el acceso de la maquinaria que realizará el pilotaje. Al estar en presencia de suelos cohesivos, será preceptivo el hincado como método de ejecución, puesto que la vibración podría no resultar efectiva. Como maquinaria se empleará un martillo de simple efecto.

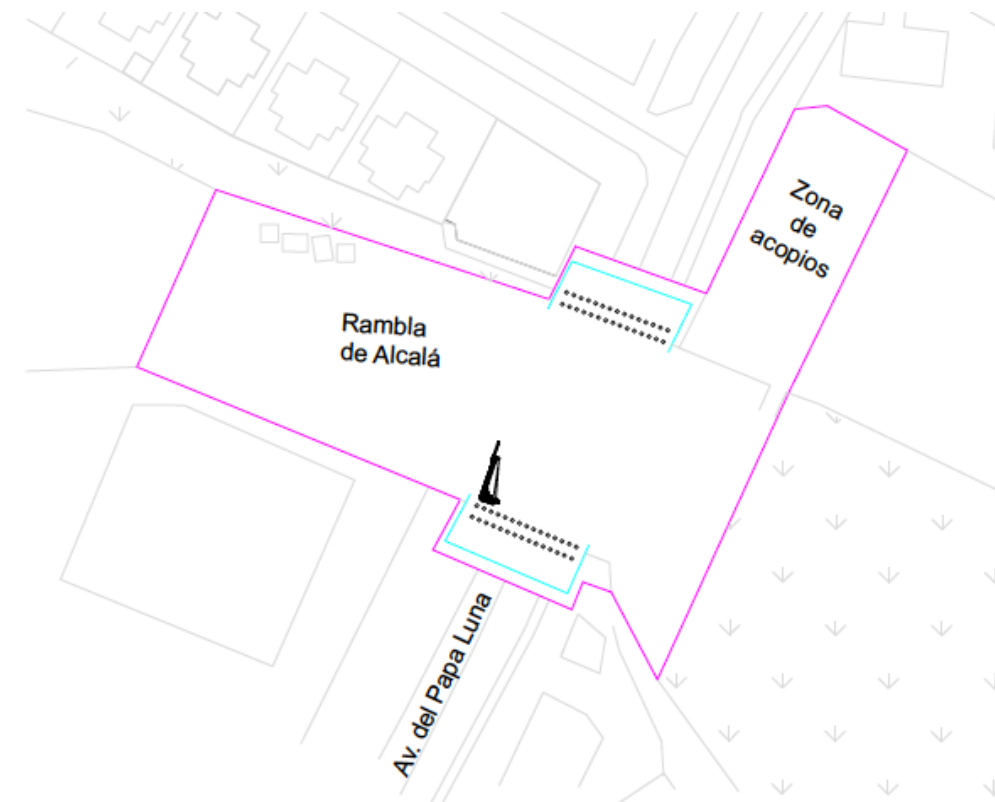
Asimismo, para garantizar la estabilidad de las tablestacas, se ejecutarán los anclajes previstos, tal y como se describe en el anejo nº 4.

A continuación, se realizará el vaciado de los recintos delimitados, hasta la profundidad del relleno realizado en los trabajos previos (0 m.s.n.m.). Consultando el catálogo de la empresa Caterpillar, el modelo de excavadora escogida para ejecutar esta tarea sería el 352F L para excavación de largo alcance (o similar), tal y como se justificará en la segunda fase del movimiento de tierras.

El material excavado se llevará a vertedero en camiones, ya que no se le pretende dar un uso posterior.

Además, la zona excavada debe quedar lo suficientemente nivelada como para permitir el tránsito de la maquinaria de ejecución de los pilotes.

3.3. Fase 3: subestructuras (I)



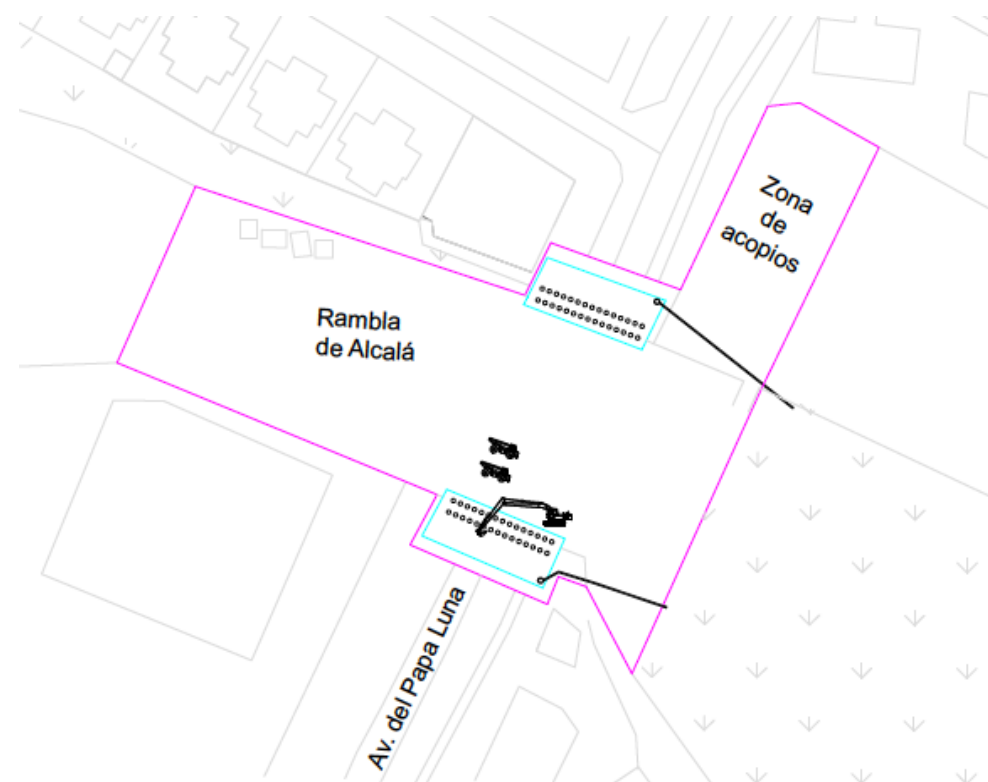
La maquinaria de ejecución de los pilotes podrá acceder al recinto delimitado por las tablestacas. Los pilotes, tal y como se describe en el anejo correspondiente, serán perforados in situ. La secuencia de ejecución es peculiar, debido a la presencia cercana del nivel freático.

Se recurrirá a la tipología de pilotes de extracción con entubación recuperable, según la nomenclatura empleada por el *Código Técnico de la Edificación* en su *Documento Básico de Seguridad Estructural - Cimientos*. Es decir, se ejecutarán los pilotes recurriendo al perforado del terreno hasta la profundidad total en una primera fase, con la ayuda de una camisa metálica recuperable que actuará de entibación y sostendrá las paredes de la excavación. Una vez alcanzado el fondo, se deberá llevar a cabo su limpieza. Se colocará a continuación la armadura previamente fabricada en el recinto delimitado por la camisa, y se procederá a hormigonar mediante un tubo tremie a la vez que se recupera la entibación, siempre manteniéndola por debajo del hormigón fresco.

Tal y como se comenta en el anejo nº 4, este procedimiento se puede emplear en las condiciones presentes en la Rambla de Alcalá de forma segura, rápida y económica.

Sobre esta fase cabe destacar que la perforación se realizará desde la cota de relleno hasta el final del pilote, pero el relleno con hormigón llegará a la cota -2,34 m.s.n.m., dejando libre el resto hasta la superficie.

3.4. Fase 4: movimiento de tierras (II)



Se procederá a hincar y anclar la tablestaca que cierra el recinto, con el fin de poder agotar el nivel freático y excavar más allá de la cota del cauce. Se rebajará el nivel freático hasta la cota -2,89 m.s.n.m., dejando un margen de 20 cm con respecto a la excavación. Se emplearán pozos de bombeo provisionales, en los que se ubicarán bombas capaces de succionar el agua subterránea. Esta será llevada por medio de canalizaciones hasta el final del encauzamiento de la rambla y su vertido podrá realizarse directamente.

Las bombas a emplear dependerán del volumen total de agua a evacuar, calculado mediante la siguiente fórmula, empleada en el cálculo en acuíferos:

$$V = S \cdot A \cdot \Delta H$$

Donde:

- S es el coeficiente adimensional de almacenamiento, que se suele asimilar a la porosidad eficaz. Para el caso de arcillas, un valor medio sería 0,05.
- A corresponderá a la superficie a agotar, que coincide con el área entre tablestacas. Su valor será el producto de la longitud (21,45 metros) por la anchura (10,5 metros), proporcionando un resultado de 225,23 m².
- ΔH corresponderá a la diferencia de altura entre la cota del nivel freático (0 m.s.n.m.) y la cota a la que se le pretende rebajar (-2,89 m.s.n.m.)

En conclusión, aplicando la fórmula previamente enunciada, se obtiene un volumen de agua a extraer equivalente a 32,55 m³ o 32.545 l.

Recurriendo al modelo BS 2610 de Xylem o similar, que presenta una capacidad de evacuación de caudales de hasta 6 l/s, se podría extraer teóricamente todo este volumen de agua en 2 horas, funcionando a máximo rendimiento.

No obstante, también es necesario considerar la posible infiltración de agua de las zonas circundantes, que se calculará por medio de la ley de Darcy:

$$Q = k \cdot i \cdot A = k \cdot \frac{\Delta H}{L} \cdot A$$

En esta fórmula intervienen los siguientes factores:

- El coeficiente de permeabilidad de las arcillas (k), establecido en 10⁻⁹ m/s.
- L será la anchura del recinto de tablestacas, previamente definida como 10,5 metros.
- ΔH y A son idénticos a los empleados en la fórmula anterior. Su valor será de 2,89 m y 225,23 m², respectivamente.

En consecuencia, aplicando todos estos parámetros en la fórmula anterior, se obtiene un resultado igual a 6,19 m³/s, que equivale a 5,35 l/día.

Como se puede comprobar, se trata de un resultado muy pequeño, debido a la baja permeabilidad de las arcillas. No obstante, será suficientemente significativo como para que se mantengan dos ejemplares del modelo de bomba mencionado anteriormente en la obra durante todo el intervalo de tiempo que requiera de agotamiento del nivel freático (desde esta fase hasta el final de la fase 6).

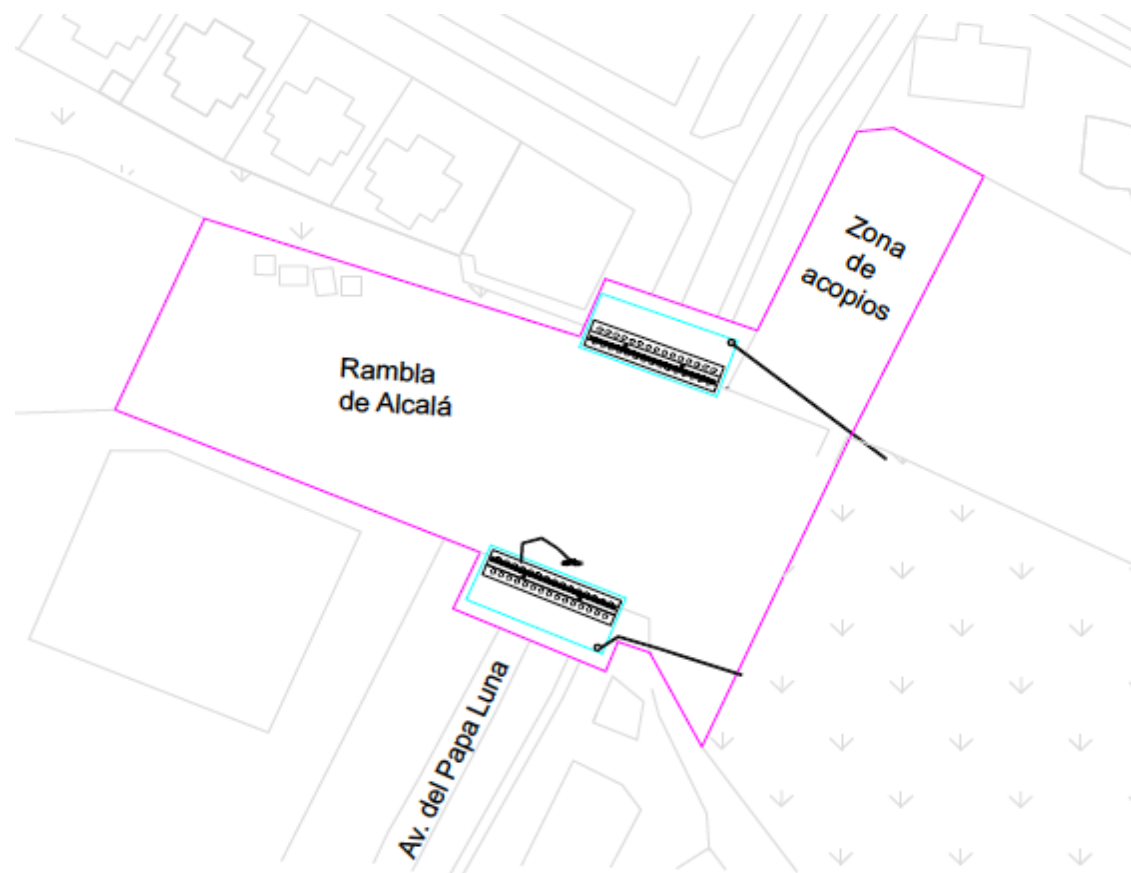
Con la excavadora mencionada anteriormente, se excavará hasta la cota -2,69 m.s.n.m., teniendo especial cuidado de no dañar los pilotes. Se llegará hasta esa cota previendo la extensión de una capa de 10 cm de hormigón de limpieza, que actuará como superficie nivelada para el futuro encepado y ayudará a uniformizar los asientos.

Como se puede observar, el acceso al recinto de excavación queda coartado por el tablestacado. Se escogerá un modelo de excavadora que permita trabajar directamente desde el cauce, por razones de simplicidad y economía y aprovechando que se ha ejecutado el relleno provisional para poder trabajar en seco.

Esta es la justificación del modelo elegido (352 F L para excavación de largo alcance de Caterpillar, o similar), ya que presenta un radio de operación de hasta 11,5 metros, que responde a las necesidades de la obra. Por lo tanto, se excavará directamente desde el cauce, con un desnivel vertical máximo de 2,69 metros. En caso de que algún punto no fuera accesible, el elevado alcance de la máquina permitiría la excavación desde la avenida del Papa Luna, en coronación de estribos.

De nuevo, el material excavado se llevará a vertedero mediante camiones, ya que no está prevista su reutilización posterior.

3.5. Fase 5: subestructuras (II)



Por medio de un compresor con martillo neumático tipo Lifton LP-9-20 de la empresa Remsa (o similar), se llevará a cabo el descabezado de los pilotes, 20 centímetros por encima del hormigón de limpieza.

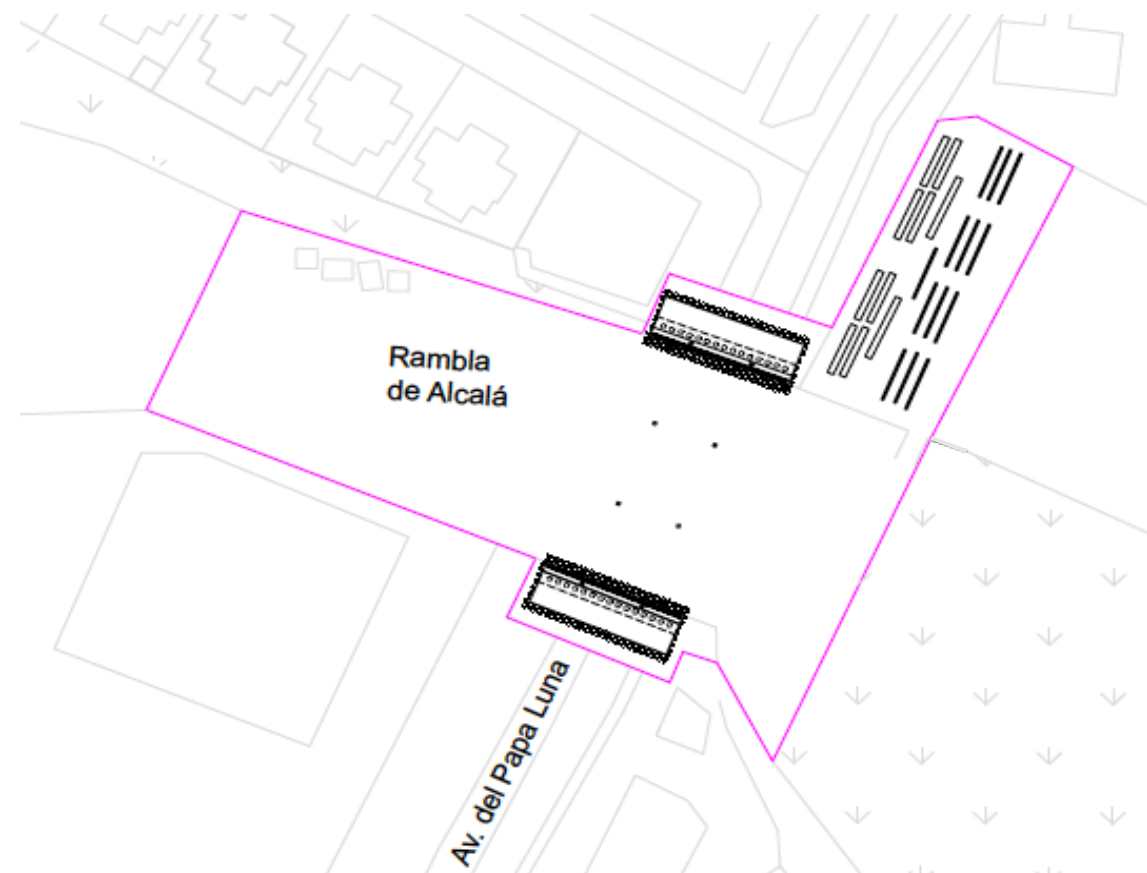
Se colocarán las placas de encofrado laterales, de tipo metálico y recuperable, delimitando así el perímetro de la losa del encepado y evitando hormigonar contra las tablestacas. Se posicionarán las armaduras en su lugar correspondiente y se realizará el hormigonado. El desnivel existente desaconseja el vertido directo desde camión, por lo que se recurrirá al vertido con bomba.

Es importante destacar que se dejarán las esperas necesarias para el correcto entronque posterior de los muros que conformarán el estribo y el cajero.

Una vez el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria, se podrá recuperar el encofrado y posicionar el correspondiente al muro del estribo. A continuación, se repetirá el procedimiento ejecutado: ferrallado, hormigonado y retirada del encofrado tras el fraguado. En su trasdós se incorporarán los elementos que permiten una correcta evacuación del agua infiltrada (capa de material drenante, geotextil y conducción).

Este muro incluye también la parte correspondiente al cajero del encauzamiento. Además, se colocará una capa de 400 mm de espuma de poliestireno expandido entre ambos muros, con el objetivo de independizarlos.

3.6. Fase 6: movimiento de tierras (III)



Finalizada la ejecución de los estribos, se procederá al relleno y compactación de las zonas excavadas. Para ello, se empleará material granular procedente de cantera. Se alcanzará la cota preexistente, anterior al comienzo de las obras, equivalente a 0 m.s.n.m. en el cauce y 3,26 m.s.n.m. en coronación de estribos.

Con la finalización del relleno se podrá retirar el tablestacado, ya que los propios estribos realizarán la función de contención de tierras.

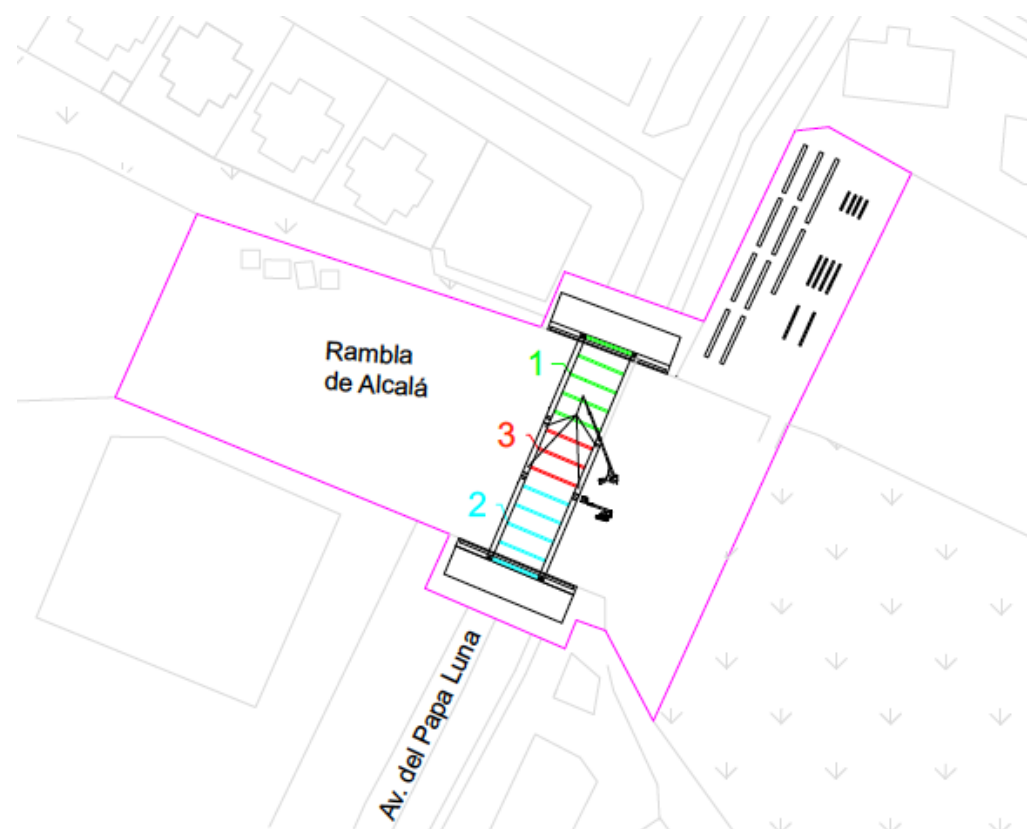
Asimismo, se podrá finalizar el agotamiento del nivel freático, permitiendo que vuelva a su estado original en ambos recintos.

3.7. Fases 6 a 10: superestructura

3.7.1. Fase 6: apoyos provisionales

Conforme se ejecuta la última fase del movimiento de tierras, se comenzará el montaje de los apoyos provisionales (apeos) para la colocación de las vigas longitudinales. Se requerirá un total de 4, repartidos en las dos filas correspondientes a la posición de las vigas. Su función será la de asegurar la estabilidad de la estructura metálica durante su montaje.

3.7.2. Fase 7: vigas longitudinales y vigas centrales de piso



Las vigas longitudinales llegarán desde taller divididas en cinco partes cada una: cuatro de 8,5 metros y una última de 9,15 metros, que será la pieza central. Se ha evitado que el tamaño de estas partes coincida con la modulación de las péndolas (7 metros), ya que la unión viga-péndola constituiría un punto de debilidad en el que no se deben concentrar las soldaduras. Precisamente, en estas secciones las vigas incorporarán ya desde taller los rigidizadores necesarios para el entronque tanto con péndolas rígidas, como con los arcos. Además, incluirán los diafragmas transversales requeridos en las zonas de encuentro de las vigas longitudinales con las de piso. El transporte de estas piezas se realizará mediante camiones tráiler, que admiten las dimensiones comentadas, y su acopio se realizará en la zona reservada para tal fin.

Asimismo, se transportarán desde taller las vigas centrales de piso, con sus dimensiones íntegras, y se acopiarán junto a las vigas longitudinales.

Antes de llevar a cabo el posicionamiento, se realizará el premontaje, por medio del cual los tramos de cada viga longitudinal se reducirán a 3, ya que se soldarán las partes de 8,5 metros. Posteriormente, se procederá a conformar dos emparrillados formados por dos de los nuevos tramos de viga longitudinal y cinco vigas de piso centrales cada uno. El resultado se situará biapoyado en los apoyos de los estribos y la primera línea de apeos. Se trabajará primero en la zona norte y posteriormente, en la sur.

El emparrillado central, a diferencia de los anteriores, comprenderá únicamente 3 vigas de piso, debido a la menor longitud del tramo de viga longitudinal. Su colocación entraña mayor dificultad y requerirá un trabajo combinado entre las tareas de elevación y las de soldadura. Deberá ser elevada hasta su altura correspondiente por medio de

una grúa, desde el cauce. Allí, en los extremos de las piezas ya colocadas, se habrán soldado unas chapas que permitan el posicionamiento exacto del tramo central y faciliten las labores de soldado. Estas últimas las realizará un operario situado en una plataforma elevadora de brazo articulado, de tipo HA 12IP de la empresa valenciana Gerpasa o similar. Con una altura de trabajo de 12 metros, esta máquina cumplirá con creces los requerimientos de la tarea.

En lo que respecta a los medios de elevación, se optará por una grúa móvil, puesto que esta tipología presenta la ventaja de su versatilidad y capacidad de operación en diferentes tipos de terrenos. Para la elección del modelo que mejor se ajusta a las condiciones de la obra, será necesario calcular la carga más pesada, que en este caso corresponde a los emparrillados de los extremos, formados por 2 tramos de viga longitudinal, con una longitud de 17 metros, y 5 vigas de piso centrales.

Multiplicando las correspondientes secciones por sus longitudes, se obtiene el siguiente volumen de acero:

$$V_{\text{vigas longitudinales}} = 2 \cdot A \cdot L = 2 \cdot 0,0908 \text{ m}^2 \cdot 17 \text{ m} = 3,087 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{vigas de piso centrales}} = 5 \cdot A \cdot L = 5 \cdot 0,0173 \text{ m}^2 \cdot 8,2 \text{ m} = 0,709 \text{ m}^3$$

A su vez, multiplicando este resultado por la densidad del acero, se averiguará el peso a elevar:

$$P = V \cdot \rho = (3,087 + 0,709) \text{ m}^3 \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 29.798,6 \text{ kg} \approx 30 \text{ t}$$

En consecuencia, el modelo de grúa móvil propuesto será el LTM 1030-2.1 de Liebherr o similar, cuyas características se pueden consultar en la imagen siguiente:

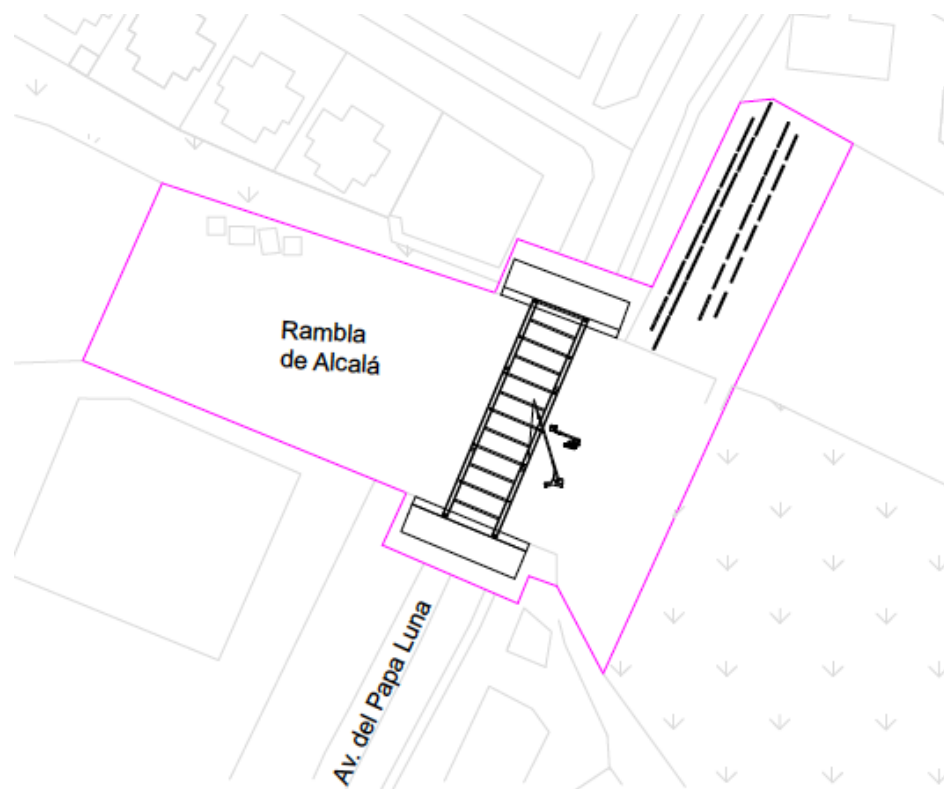


Carga máx.	35 t
Pluma telescópica	30 m
Altura de elevación máx.	44 m
Alcance máx.	40 m
Número de ejes	2

Figura 6. Características del modelo de grúa. Fuente: Liebherr.

Observando sus características de carga, altura de elevación y alcance máximos, se puede concluir que se adapta a las necesidades del proceso constructivo.

3.7.3. Fase 8: arcos y péndolas rígidas



Con todo esto, se procederá a poner en obra el arco. El procedimiento empleado será muy similar al anterior: transporte en 5 tramos cada arco (en este caso, cuatro de 8,5 metros de longitud y uno de 11,5, que de nuevo no coincidirán con la modulación de las péndolas), acopio, soldadura previa de 4 de los tramos dos a dos y colocación con grúa.

De idéntica forma que las vigas longitudinales, los tramos de arco ya contendrán los rigidizadores necesarios para el posterior entronque con las péndolas rígidas, incorporados en el taller.

Para el posicionamiento de los tramos de arco se requerirá algún método de sostenimiento provisional, hasta completar totalmente el esqueleto resistente. Al tratarse de un *bow-string*, las péndolas están calculadas para trabajar traccionadas. El diseño escogido, por tanto, responde a esta característica. Como consecuencia, no se podrán emplear como apoyos del arco en esta etapa constructiva. La resolución del problema pasa por incluir apeos sobre las vigas longitudinales, situados cercanos a la vertical de los anteriores para minimizar los flectores sobre las vigas.

Se seguirá la secuencia de colocación asumida para los emparrillados con el objetivo de equilibrar el conjunto: en primer lugar, se trabajará con los tramos recayentes al estribo norte; posteriormente, con los del estribo sur. Una vez posicionados todos ellos, se podrá trabajar en el tramo central.

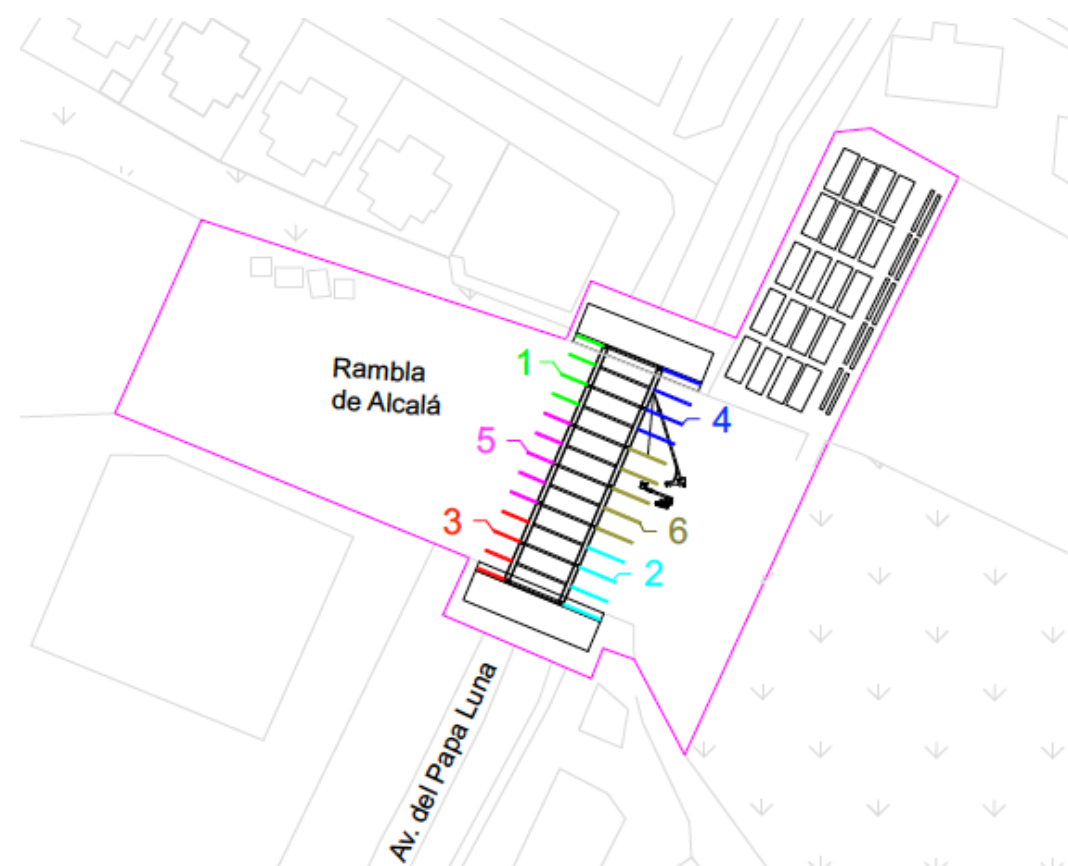
De nuevo, se recurrirá a las chapas soldadas a los extremos ya posicionados para actuar de tope del tramo central y facilitar su soldado, que se realizará desde la plataforma elevadora.

Tanto esta máquina como la grúa deberán posicionarse en las zonas correspondientes a las aceras, ya que en la central las vigas de piso obstaculizarían las operaciones.

Tras estas operaciones, se podrán izar las péndolas rígidas, cuya longitud es adecuada y no será necesario fragmentarlas en varias partes para su transporte por carretera. La colocación se realizará siguiendo los mismos principios que anteriormente: en primer lugar, 4 péndolas rígidas (2 por arco) en el estribo norte; a continuación, la misma cantidad en el estribo sur; por último, se trabajará en la zona central. La soldadura se ejecutará de la misma forma que en los anteriores elementos.

Una vez han sido posicionados todos estos elementos, se podrá proceder a retirar los apoyos provisionales de los arcos, situados sobre las vigas longitudinales, puesto que el conjunto ya resulta estable. A partir de este momento, trabajará como un *bow-string*, quedando el arco comprimido y las péndolas y el tablero traccionados.

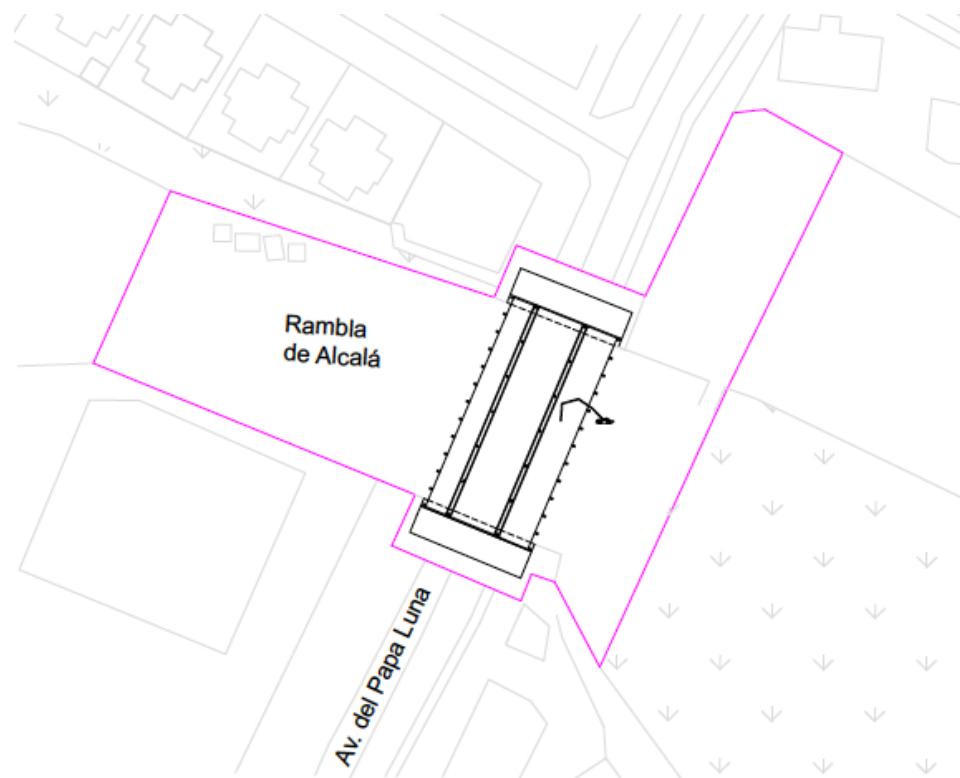
3.7.4. Fase 9: vigas de piso en voladizo



Las vigas de piso en voladizo serán la última parte a incorporar al esqueleto resistente, debido a que su desigual longitud a cada lado incorpora fenómenos de torsión, a evitar durante la construcción.

Así, con la maquinaria de la que se dispone, se procederá de idéntica forma que con el arco: elevación con grúa móvil por la parte externa que corresponda y soldadura desde plataforma elevadora. La secuencia de colocación será similar a la de las vigas de piso, procurando empezar por los cuchillos situados aguas arriba, que presentarán menor longitud. Dicha secuencia puede ser consultada en la imagen incluida como resumen de la fase.

3.7.5. Fase 10: losa colaborante



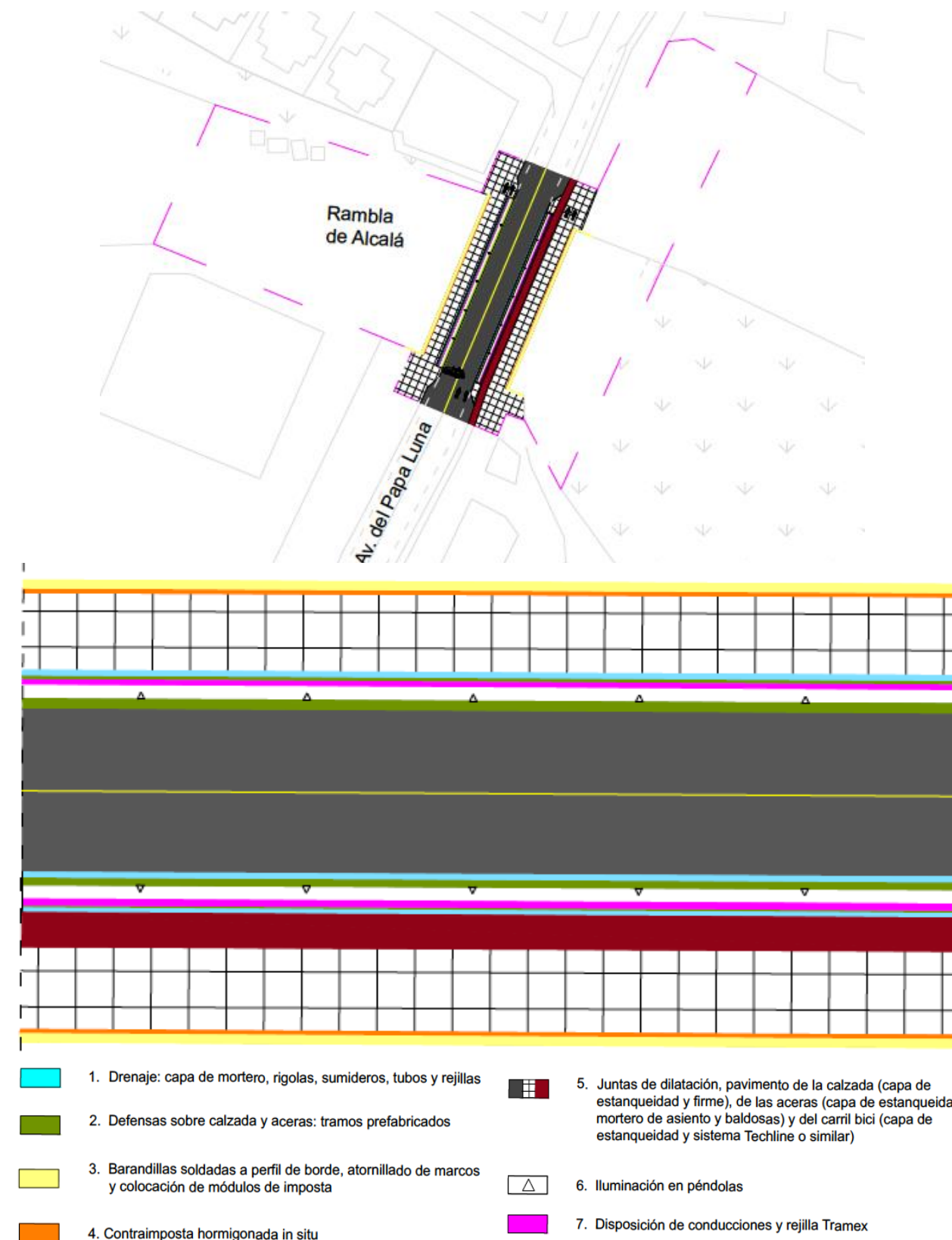
En primer lugar, para proporcionar una superficie sobre la que hormigonar, se colocará la chapa metálica colaborante, por encima de vigas longitudinales, vigas de piso centrales y en voladizo. Asimismo, se deberá situar un perfil de borde longitudinal en los extremos de estas últimas.

Seguidamente, se colocarán los encofrados laterales, que marcarán la amplitud de la losa. Esta deberá alcanzar la anchura correspondiente a la distancia entre contraimpostas, que también se hormigonan sobre la chapa colaborante, aunque en una segunda fase. Con los encofrados situados, se llevará a cabo el ferrallado que conformará el armado de la losa.

Por último, se hormigonará la losa con una bomba, desde un camión situado en la rambla. Se deberá prestar especial atención a la posterior ejecución de juntas de dilatación en los extremos, limitando con los muretes de guarda de los estribos. Además, se deberán materializar los huecos en los que posteriormente se emplazarán las tuberías de PVC correspondientes al drenaje. También deben dejarse las esperas correspondientes a la materialización de la unión entre losa y defensas sobre calzada y aceras.

A partir de este momento, con la losa colaborando en la resistencia del conjunto, ya será posible retirar los apeos situados en el cauce, al ser estable el conjunto. Entonces, en paralelo a la ejecución de los equipamientos, se podrá ejecutar la losa de hormigón armado que constituirá la solera del encauzamiento, puesto que se habrán eliminado las sobrecargas que suponen tanto los apeos como la circulación de la maquinaria de elevación. No obstante, su cálculo y valoración no están comprendidos en el alcance de este proyecto básico, por lo que se menciona únicamente a título informativo y para su consideración posterior en otro proyecto.

3.8. Fase 11: equipamientos



3.8.1. Fase 11.1: drenaje

En primer lugar, se ejecutará el drenaje de la estructura. Para ello, se dispondrán los tubos de PVC en los orificios de la losa destinados a tal fin, tras haber sido unidos mediante encolado con los sumideros sifónicos, también de PVC, que permiten la transición desde la forma cuadrada de la rejilla a la cilíndrica de la tubería.

A continuación, se extenderá la capa de mortero sobre la que se situarán las rigolas. Se colocarán las rigolas sobre esta capa, habiendo previsto antes las fragmentaciones necesarias para la adaptación longitudinal a la modulación de la separación entre rejillas (ver anejo nº 6).

Por último, se posicionarán las rejillas de fundición dúctil.

3.8.2. Fase 11.2: defensas sobre calzada y aceras

Se pondrán en obra las defensas recayentes a la calzada y a las aceras, haciendo uso de las esperas salientes de la losa colaborante. Estos elementos serán prefabricados, con una longitud de 6 metros y la armadura ya incorporada. La unión con las esperas se materializará mediante inyección de hormigón en unos orificios pasantes previstos en la prefabricación. Una vez se ha producido el fraguado, la actuación de losa y defensas es conjunta y solidaria.

Los tramos de defensas recayentes sobre las aceras deberán tener en cuenta la iluminación rasante de estas zonas, cuya separación se ha modulado para que sea de 3 metros. Por tanto, cada tramo de defensas deberá contar con dos aperturas para la iluminación rasante y espacio suficiente para la instalación eléctrica.

3.8.3. Fase 11.3: barandillas

Simultáneamente al posicionamiento de las defensas, los montantes de las barandillas se soldarán a las vigas de piso en voladizo, por medio del perfil de borde, o directamente a este último, si el montante no reposa sobre una de ellas. Los cálculos correspondientes, junto con información más detallada, pueden consultarse en el anejo nº 6. Asimismo, habrá que ejecutar los empalmes entre los tramos de pasamanos, que ya vendrán soldados a los montantes desde el taller, y la junta correspondiente en los extremos.

El siguiente paso será atornillar los marcos rectangulares a los montantes. Para ello, se hará uso de unas cartelas situadas en la parte inferior y superior de los montantes, y se emplearán tornillos de cara plana.

Finalmente, considerando el mantenimiento, se llevará a cabo la imprimación preventiva de la oxidación descrita en el anejo nº 6.

3.8.4. Fase 11.4: imposta y contraimposta

La imposta se materializará mediante la disposición de módulos prefabricados sobre el perfil de borde situado en el extremo de las vigas de piso en voladizo. Estos tramos presentarán una longitud de 1,75 metros, de forma que coincidirán exactamente con la separación entre montantes. De hecho, los extremos de la imposta presentarán un rebajado que contemple la existencia de los montantes y que, a modo de machihembrado, proporcione un encaje fácil con el módulo contiguo.

Además, en la prefabricación de la imposta se habrá previsto que surjan unas esperas. Estas servirán para fijar la posición de la imposta una vez producido el hormigonado y fraguado de la contraimposta.

La contraimposta, por tanto, se ejecutará mediante hormigonado *in situ* a lo largo de toda la franja reservada para ello.

3.8.5. Fase 11.5: pavimentos

En primer lugar, se debe haber materializado la junta de dilatación de cada extremo del puente, consistente en la colocación de una solución elastomérica de tipo Transflex 400 (o similar).

La siguiente tarea a realizar será la materialización de la capa de estanqueidad, extendiendo los rollos de producto Polydan 180-60/GP Elast. (o similar), tal y como se describe en el apartado 2.1 del anejo nº 6. Se deberá prever el doblado en los extremos, en una longitud que enrase con el espesor total de pavimento, para evitar la infiltración de agua por estas zonas.

Seguidamente, se ejecutará la capa de rodadura que conforma el firme de la calzada, por medio de una extendidora autopropulsada con un equipo de transferencia, también autopropulsado. Deberá realizarse la compactación de la mezcla bituminosa posteriormente. También se materializarán las marcas viales y demás señalización necesaria.

En la zona de las aceras, se extenderá la capa de mortero, sobre la que después se situarán las baldosas para el tránsito de los peatones. El carril reservado para uso de ciclistas constituye la excepción, puesto que la extensión del producto propuesto (sistema Techline de Sika, o similar) se realizará directamente sobre la capa de estanqueidad, sin necesidad de disponer mortero de asiento.

3.8.6. Fase 11.6: iluminación

La materialización de la iluminación rasante de las aceras consistirá en encajar las luminarias de modelo 22230+K4 de la empresa BEGA (o similares) en los huecos preparados en las defensas recayentes a las aceras.

La iluminación de la calzada se realizará por medio de las luminarias descritos en el anejo nº 6, colocadas a 25 cm del entronque entre péndola rígida y arco. Por lo tanto, habrá tres posibilidades de altura diferentes. Como en cualquier caso se supera el límite alcanzable con una escalera, se volverá a recurrir a la plataforma elevadora mencionada anteriormente.

La unión de estas luminarias se realizará por medio de unas cartelas que se unirán a las péndolas rígidas, aprovechando que la cara recayente a la calzada es completamente plana.

3.8.7. Fase 11.7: disposición de las conducciones

Para finalizar los equipamientos, se dispondrán las conducciones necesarias en el espacio habilitado para ello, situado entre el arco y las defensas sobre aceras, desde la parte superior de las vigas longitudinales hasta la cara superior de las defensas. Por este espacio circularán los tubos de las conducciones para servicios, que se han supuesto de PVC y un diámetro de 100 mm, ascendiendo a un total de 8.



Este espacio quedará totalmente delimitado al cerrar su parte superior por medio de una rejilla extraíble de tipo Tramex (o similar), que permitirá un cómodo y fácil mantenimiento.

3.9. Fase 12: prueba de carga

Una vez han concluido todas las tareas directamente relacionadas con la construcción del puente, podrá realizarse la prueba de carga de recepción del puente, preceptiva según el capítulo 5 de la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera*, del Ministerio de Fomento español. Se seguirán las indicaciones de la publicación *Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera*, de la misma institución. Para ello, se recurrirá a un tren de carga constituido por camiones, que sea representativo del nivel de carga que se alcanzará en condiciones de servicio de la estructura.

En caso de superar satisfactoriamente las pruebas de carga, el puente podrá ser abierto a la circulación normal.

3.10. Fase 13: tareas finales y generales

Las tareas finales a realizar consistirán en el despeje, limpieza y devolución al estado original del terreno en el que se han realizado los acopios; materialización de la señalización; limpieza del conjunto y retirada del vallado perimetral. La reposición de servicios, no desarrollada en este proyecto básico, debería ser contemplada en un documento de mayor alcance.

Además, a lo largo de todo el proceso constructivo se estarán ejecutando las tareas relativas al control de calidad, la gestión del proyecto, la aplicación del plan de seguridad y salud, y la gestión de residuos. Nuevamente, estos aspectos quedan fuera de un proyecto básico y no serán analizados en profundidad.