

2 obras de la oficina técnica Piguet Ingenieros Cs., S. A.

sinopsis

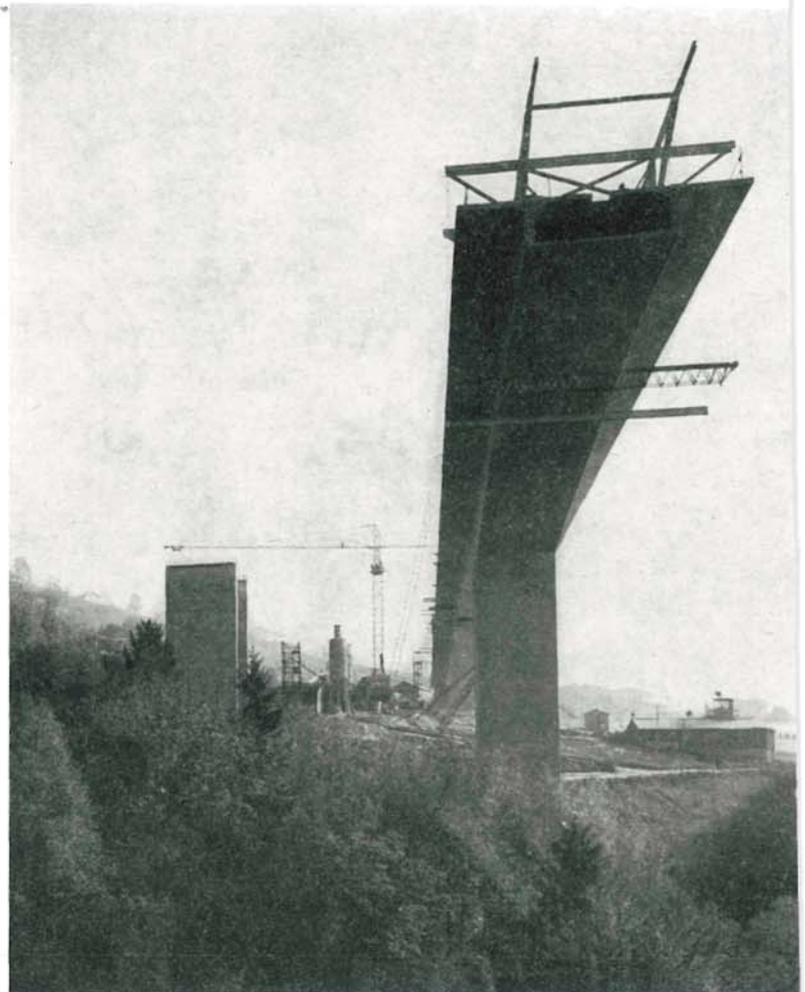
562-137

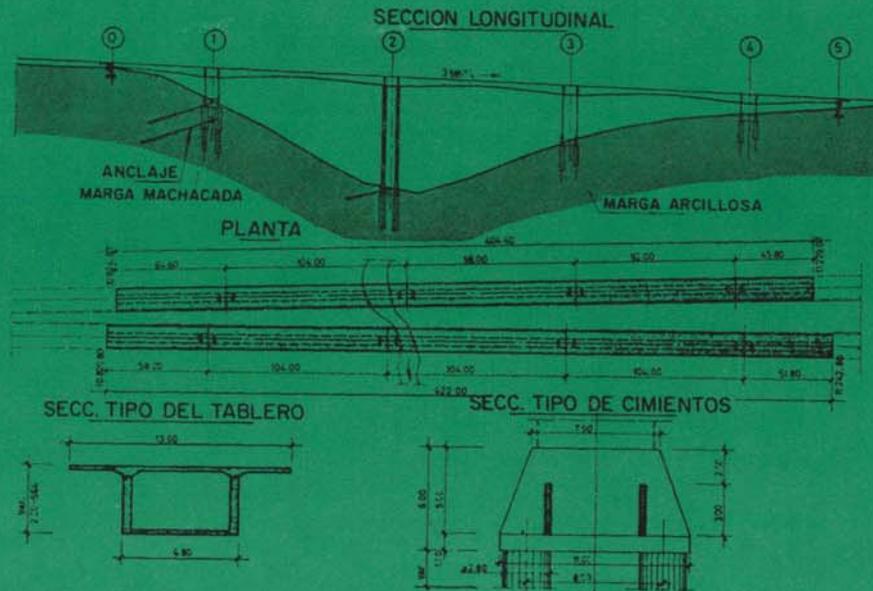
En este artículo se describen:

1. Dos puentes rectilíneos independientes, mediante los cuales la autopista del Léman N 9 franquea el valle de la Paudèze. Tienen ambos unos 400 m de longitud y una anchura de 12 m, que se componen de dos vías de circulación y una banda de estacionamiento. Alturas máxima de 70 m y media de 30 m. Es de destacar que las características de la región molásica del Belmont presentaba unas condiciones geológicas desastrosas, por lo que la cimentación fue motivo de un minucioso y prudente estudio. Todo lo citado anteriormente aconsejó convocar un concurso de proyectos, del que fue ganador el que aquí presentamos.
2. El puente del Lendar, entre Belmont y La Croix, es una corrección de la RC 773, que franquea la RC 770.

A fin de evitar cargas excesivas sobre un terreno que presentaba las mismas deficientes características que se han mencionado para los puentes de la Paudèze, se ha construido en curva, a fin de no ceñirse al terraplén, el cual ha sido sujetado mediante un muro de contención de hormigón armado. El puente tiene una longitud total de 152 m —distribuidos en cuatro tramos— y una anchura de 15,60 m.

Ambas obras son de hormigón pretensado.





esquema general de las obras

Desde el punto de vista técnico, la concepción del proyecto ha estado principalmente influenciada por los siguientes criterios:

- condiciones impuestas por la geología de las laderas;
- condiciones de realización del tablero con un método racional, válido económicamente, que condujera a una implantación conveniente de los puntos de apoyo en las laderas;
- economía de la obra, respetando los plazos fijados de antemano, y
- estética.

La ladera derecha, a la que corresponde un trazado de unos 170 m de longitud, presenta una pendiente bastante uniforme, de unos 26° de inclinación. Es un macizo molásico muy tectonizado, cuya superficie presenta numerosos signos de inestabilidad. Según el informe geológico, se le

puede esquematizar de la siguiente manera:

- el macizo recoso de la zona, muy tectonizado, estable y no fisurado, formado por una alternancia de gres y marga; el límite superior de este macizo puede ser marcado por una línea que parte del fondo de la vaguada con una inclinación de 20°;
- la zona de roca fisurada y muy alterada, apoyando sobre el macizo anterior, pero arrastrada por los movimientos debidos a la gravedad de la capa superficial;

- la capa superficial, constituida por: molasa descompuesta, arcilla y marga; todo ello en estado precario de estabilidad. La profundidad de esta capa deslizando es variable, con una media de 6 a 8 m.

Los estudios de prospección pusieron además en evidencia la existencia de una fisura de descolgadura en lo alto de la ladera, en el gres aparentemente estable. Por todo lo anterior, las condiciones de cimentación sobre esta vertiente son malas. Todas las cargas debidas a la construcción debían ser llevadas a profundidad.

La zona baja de la ladera izquierda presenta, en unos 100 m, características bastante semejantes a las de la ladera derecha, o ligeramente mejores.



Se distingue igualmente un macizo rocoso en el terreno, un poco menos tectonizado, que presenta una pendiente de 20°. Este macizo se halla recubierto por una capa morrénica igualmente inestable.

Sobre lo alto de la ladera, la pendiente del macizo rocoso se suaviza. El espesor de la capa morrénica varía de 20 a 10 m. El fondo rocoso es de mejor calidad, mucho menos tectonizado.

Las condiciones de cimentación sobre esta ladera son, por tanto, mejores que sobre la ladera derecha, descontando los primeros 100 m desde el fondo, en donde las condiciones son parecidas.

El fondo rocoso de la vaguada, cuya profundidad es incierta, pero existente, es el único punto de apoyo que se puede admitir como verdaderamente estable, ya que está situado en una zona de movimiento nulo.

* * *

El análisis de todas estas condiciones geológicas de la cañada condujo a una conclusión: había que limitar al máximo el número de

puntos de apoyo de la obra, pues eran factores determinantes el coste y los riesgos de los trabajos de cimentación.

Decidido esto, faltaba determinar la luz máxima realizable económicamente. La altura de la obra por encima del suelo y la mala calidad del terreno eliminaron toda solución tradicional a base de hormigón vertido sobre cimbras. Sólo se podía tomar en consideración un método de ejecución autoportante, que no recurriera a material de puesta en obra demasiado costoso, ya que

Incidencia sobre la economía de la utilización de un material especial costoso.

Después de numerosos ensayos se demostró que la solución consistente en colocar una pila de cada puente en la zona de la vaguada, conducía a una óptima implantación de las cimentaciones, teniendo en cuenta la luz máxima realizable.

Las cimentaciones de esta pila no presentan, en efecto, problemas muy particulares, dada la proximidad de un fondo rocoso estable de bastante buena calidad. Ciertamente que la altura de la pila es importante (del orden de 65 m), pero se pudo comprobar que las pilas situadas en mitad de la pendiente de las laderas no serían, en realidad, más cortas, pues la altura total a construir, teniendo en cuenta la cimentación, sería prácticamente la misma, y algo más costosas de realizar.

Por otro lado, la colocación de una pila en el fondo de la vaguada permite llevar las adyacentes a lo alto de las laderas. De este modo se obtiene una ubicación favorable de la siguiente pila sobre la vertiente izquierda, en la zona donde comienza la base del fondo rocoso.

Las ventajas son menos evidentes para la pila situada en lo alto de la vertiente derecha; pero de todas maneras la posición alta es la más favorable, ya que limita el volumen de las masas susceptibles de ejercer una presión sobre la cimentación.

* * *

La construcción de los dos puentes independientes se presenta bajo la forma

de dos vigas continuas de hormigón pretensado, apoyadas cada una de ellas sobre cuatro pilas cimentadas sobre el macizo rocoso de la zona y sobre dos estribos clásicos que reposan sobre la morrena.

El puente, río abajo, tiene una longitud de 422 m. Las luces de los pórticos medidos entre ejes de pilas, partiendo del estribo de la vertiente derecha, son:

58,20 m; 104,00 m; 104,00 m; 104,00 m; 51,80 m.

El puente, río arriba, tiene una longitud de 404,40 m. Las luces de los pórticos, medidos entre ejes de pilas, partiendo del estribo de la vertiente derecha, son:

64,60 m; 104,00 m; 98,00 m; 92,00 m; 45,80 m.

Todas las pilas están formadas por dos tabiques macizos o aligerados, distanciados entre sí unos 8 m, de forma tal que los tramos libres del tablero se hallan prácticamente colocados en condiciones de apoyo próximas al empotramiento perfecto. Esta disposición es muy favorable para el método

por su importancia, de alrededor de 10.700 m² de superficie de puente, no justificaba la construcción y la amortización de un material concebido especialmente para esta realización.

Por otro lado, las posibilidades ofrecidas por la disponibilidad de todo el material de prefabricación, manutención y colocación utilizado en la realización de los viaductos de Chillón, resultaba interesante.

La comparación entre ambos sistemas: ejecución tradicional, y a base de elementos prefabricados, ha favorecido al primer método, demostrando así la

de construcción por voladizos sucesivos.

Cada uno de los puentes está estabilizado longitudinalmente sobre la última pila que se encuentra

en la ladera izquierda. La pequeña altura de estas pilas y sus condiciones de cimentación los convierten en adecuados para jugar este papel de punto fijo. Las otras pilas son,

o bien pendulares, o bien lo suficientemente flexibles para no impedir los movimientos longitudinales del tablero. Los dos estribos van provistos de juntas de dilatación.

El conjunto de la obra está basado en los dos pórticos-tipo siguientes:

Pórtico tipo a:

Longitud total medida en el eje de la calzada	92,00 m
Luz libre de los voladizos	42,00 m
Distancia entre tabiques de pilas	8,00 m
Canto sobre las pilas	5,00 m
Canto en la clave	2,20 m

Pórtico tipo b:

Longitud total desarrollada en el eje de la pista	104,00 m
Luz libre de los voladizos ...	48,00 m
Distancia entre tabiques de pilas	8,00 m
Canto sobre las pilas	5,64 m
Canto en la clave	2,20 m

Se consigue una luz libre de 96 m yuxtaponiendo dos pórticos del tipo **b**. La luz entre ejes de pilas es entonces de 104 m. Una luz libre de 90 m se consigue mediante un pórtico del tipo **a** y un pórtico del tipo **b**; la distancia entre ejes de pilas es entonces de 98 m. Los tramos de las orillas tienen una luz libre de 42 ó 48 m, manteniendo el pórtico utilizado, en el caso de los tramos de orilla de la ladera izquierda. Los tramos de orilla de la ladera derecha están alargados: 6,40 m para el puente de aguas abajo y 12,80 m para el puente de aguas arriba. Estas luces suplementarias se construyeron sobre cimbras.

La sección transversal de los puentes se compone de un cajón de 6,80 m de anchura y de canto variable, cuya losa superior se prolonga en voladizos de 3,10 m cada uno. El cajón sólo va anclado a uno de los tabiques de pilas.

Las pilas están constituidas por los dos tabiques, distantes 8 m, que se apoyan en un macizo de cimentación común.

Los tabiques de las pilas situadas en las laderas de la vaguada tienen 70 cm de espesor y una anchura de 6,80 m. Los tabiques de las pilas colocadas en la vaguada, de alrededor de 60 m de altura, tienen sección en cajón rectangular de 6,80 x 1,80 m, con un espesor mínimo de paredes de 30 cm.

Los tabiques de las pilas de la vertiente derecha van articulados sobre el macizo de cimentación; así, son capaces de seguir, prácticamente sin resistencia, los movimientos longitudinales del tablero debidos a: la fluencia del terreno, la retracción y las variaciones de temperatura, movimientos particularmente importantes en estas pilas por estar alejadas más de 300 m del

punto fijo de la otra ladera. Las articulaciones están realizadas mediante un nudo de hormigón precomprimido, vertido in situ, en un encofrado especial.

En su estado definitivo, la estabilidad longitudinal de los puentes queda asegurada por las pilas cortas de la ladera izquierda.

Todas las pilas, ocho en total, tienen el mismo principio de cimentación. Cada una de los dos tabiques se prolongan en el terreno mediante un encepado que transmite la carga a dos pozos de gran diámetro separados 8 m entre sí. Los dos encepados de cada pila van unidos longitudinalmente por dos traviesas, formando en conjunto una estructura de cimentación parcialmente enterrada.

La cimentación propiamente dicha consiste en cuatro pozos verticales cuyos ejes se encuentran sobre las

esquinas de un cuadrado de 8 m de lado, y que transmiten las cargas a una profundidad que varía entre 12 y 27 m.

El análisis de los esfuerzos que el terreno podía ejercer sobre las cimentaciones fue hecho basándose en teorías del profesor Haefeli, relacionadas con los fenómenos de la fluencia de las laderas (Teoría Kriechdruck).

Los anclajes previstos en las pilas de la ladera derecha se encuentran situados en cabeza y a media altura de los pozos, mientras que los anclajes de las pilas de la vaguada sólo están en la cabeza de los pozos. En el nivel de los macizos de cimentación se reservaron emplazamientos para la colocación de anclajes complementarios.

* * *

Los pozos, de un diámetro mínimo de 2,80 m, se perforaron a mano, siguiendo un método que se había probado en terrenos dotados de una cohesión normal y relativamente secos. Un encofrado de 1,50 m de altura permitió hormigonar un anillo de contención de 20 cm de espesor. Eventuales pasos difíciles pudieron ser franqueados con la ayuda de un encofrado de protección de altura media. Esta operación fue necesaria en determinada altura de algunos de los pozos situados en el borde de la vaguada, en donde el lecho era poco estanco. Este método de perforación permitía observar sistemáticamente los suelos y rocas atravesados en el curso del descenso, con lo que las decisiones

concernientes a los niveles de cimentación ganaban en claridad y precisión.

Las pilas se hormigonaron con la ayuda de un encofrado deslizante. Este estaba constituido por dos cajas unidas por una plataforma de trabajo, la cual permitía el hormigonado simultáneo de los dos tabiques que forman cada una de las pilas.

Durante la ejecución del tablero volado, cada pila debía asegurar, por sí sola, la estabilidad del pórtico en construcción, para lo cual los dos tabiques eran solidarizados por riostras metálicas provisionales, puestas en obra durante la construcción de la pila.

La realización del tablero comienza en cada pórtico, por la zona de cabeza de los

tabiques, gracias a un andamiaje que llegaba hasta las cimentaciones.

La plataforma así realizada permitía: el montaje del primer carro, el hormigonado de un primer elemento disimétrico y el desplazamiento del carro con el fin de proporcionar una superficie suficiente para el montaje del segundo carro. El primer elemento de la ménsula opuesta era entonces hormigonado, con lo que el avance venía a ser simétrico. La cadencia semanal era de un elemento por cada lado.

El mantener los plazos de ejecución condujo a poner en obra dos pares de carros.

La clave o enlace de los dos voladizos en medio del tramo se hizo con un desfase de dos a tres meses, lo que permitía la fluencia de los voladizos sin variaciones notables de los esfuerzos interiores. El pretensado inferior era entonces realizado, en varias etapas, comenzando el hormigonado 24 horas después.

La construcción de los dos puentes, contando con los pozos y las cimentaciones, fue llevada a cabo en unos dos años y medio.

La obra trata de la corrección de la carretera RC773 en el lugar llamado «El Lendar», entre Belmont y La Croix. El puente franquea la carretera RC770, que comienza en la bifurcación de la extremidad nordeste del mismo.

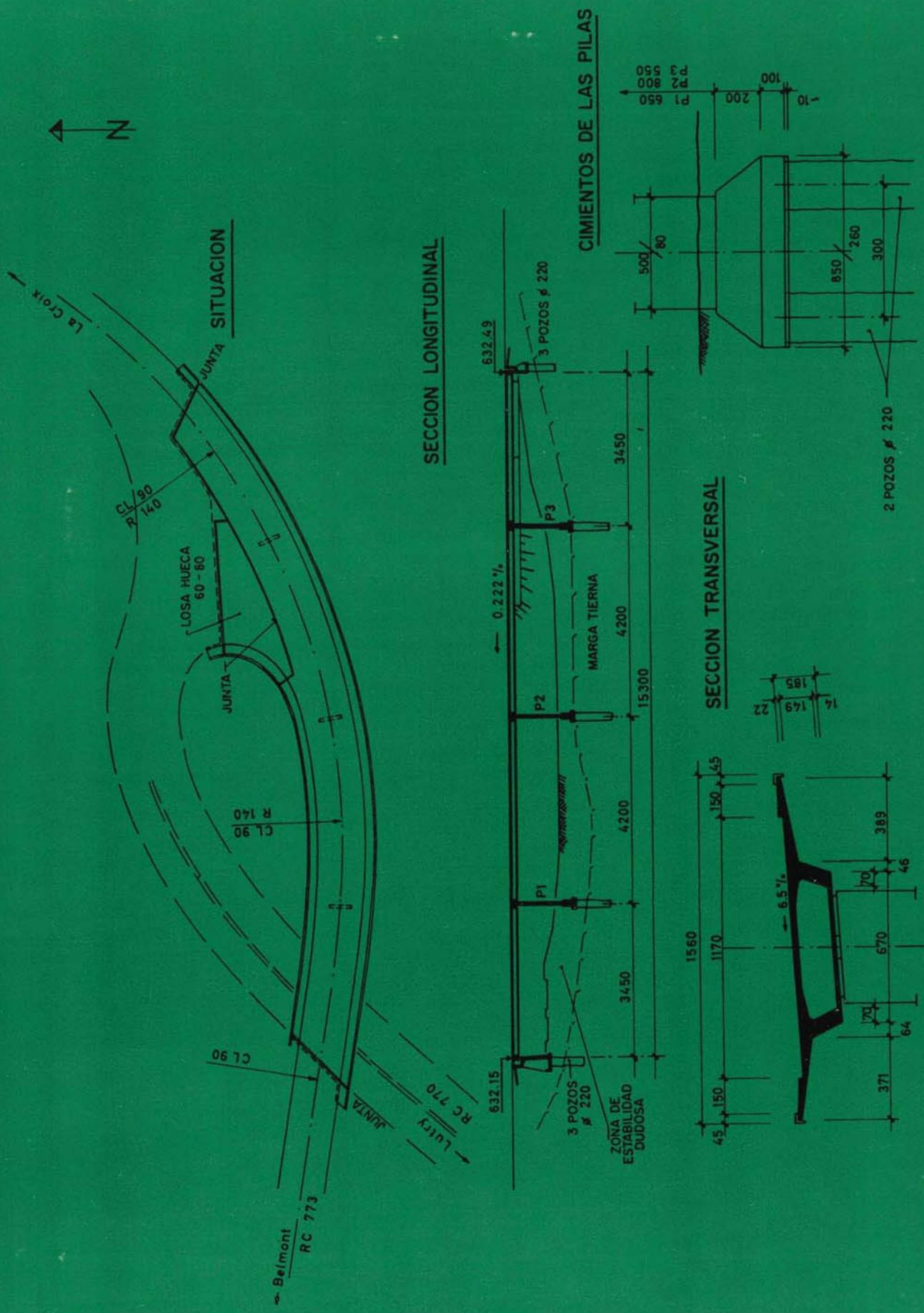
En este puente se tuvo muy en cuenta la estética, debido principalmente a la proximidad de la autopista de Lemán, situada a un centenar de metros aguas abajo, que domina todo el emplazamiento de la construcción.

Los sondeos efectuados mostraron que la roca existente en la zona estaba situada a profundidades que oscilaban entre 2 y 10 m, en relación con el nivel actual del terreno. Por

encima de este suelo firme, el terreno era de mala calidad e inestable por posibles deslizamientos. Los geólogos y geotécnicos aconsejaron, por esas razones, que los taludes en terraplén se limitaran al mínimo y que no sobrepasaran una altura de 2 a 3 m. Por todo esto se decidió realizar un puente, más ligero que un terraplén.

Su trazado en planta alcanza una longitud total de 153 m. El eje se inscribe, en la parte central, sobre una circunferencia de 140 m de radio y, en cada extremidad, sobre un arco de clotoide CL90. La parte nordeste se amplía para formar el cruce. La posición del estribo en el cruce fue fijada en función del nivel del terreno natural y de los condicionantes geológicos citados anteriormente. El mismo criterio se siguió para el estribo situado en dirección a La Croix.





El perfil longitudinal del puente es casi horizontal. La parte situada en el cruce se dispuso en declive para permitir la bifurcación de la RC770.

La altura máxima de la calzada por encima del terreno natural es del orden de 12 m.

Las características del perfil transversal son las siguientes:

- Anchura de la calzada 11,70 m
- Dos aceras de... 1,50 m
- Anchura total comprendidos los bordillos 15,60 m
- Peralte de la calzada 6,5 %
- Peralte de las aceras 2,5 % hacia el centro.

La existencia de la bifurcación hizo que el puente penetrara casi tangencialmente en la ladera, lo cual, junto con las razones estéticas mencionadas anteriormente, impusieron la elección de las luces y la posición de los apoyos intermedios. Se escogieron cuatro tramos de: 34,50; 42,00; 42,00 y 34,50 m.

A causa de la forma en planta del tablero, las variaciones dimensionales longitudinales debidas al pretensado, a la retracción, a la fluencia y a la temperatura hacen intervenir desplazamientos, no solamente sobre el eje longitudinal, sino también sobre el eje perpendicular al anterior. Por esta razón, y con el fin de limitar los esfuerzos horizontales sobre las pilas, se colocó el punto fijo lo más cerca posible del centro del puente. La estabilidad del conjunto se aseguraba mediante tres pilas empotradas elásticamente en la cimentación. El tablero

apoya en los estribos por mediación de placas de neopreno reforzado.

El estribo situado en dirección a Belmont, con una longitud de unos 20 m, sirve al mismo tiempo de muro de contención para la carretera RC770. Está situado en la orilla de la carretera, en el alineamiento de los muros de contención previstos aguas arriba y aguas abajo. En planta se encuentra inclinado alrededor de 52° en relación con el eje longitudinal del puente.

Fotos: GERMOND



El estribo en dirección a La Croix, de unos 13 m de longitud, tiene una altura muy reducida y no plantea ningún tipo de problema al resto de la construcción. Su inclinación respecto al eje longitudinal del puente es del orden de 66°.

Los dos estribos anteriores fueron colocados sobre una fila de pozos circulares de 2,20 m de diámetro y se anclaron a la molasa de la zona mediante anclajes pretensados.

El estribo del cruce tiene una longitud aproximadamente de 33 m. Su altura es pequeña y las cargas débiles. Atraviesa, bajo diversos ángulos, las tres vías de circulación.

Para la realización de las tres pilas se ha seguido el mismo criterio constructivo: las tres van articuladas en cabeza, empotradas en la base y tienen una sección rectangular de 5 × 0,80 m.

Sólo difieren en las alturas, que son: 6.50 m; 8,00 m y 5,50 m. El empotramiento de la base se realiza sobre una fila de pozos circulares de 2,20 m de diámetro que, a su vez, van empotrados elásticamente en las capas duras del terreno, situadas a profundidades que oscilan entre 2 y 6 m por debajo de los macizos de cimentación.

El tablero presenta una sección transversal de altura constante. El gálibo necesario sobre la carretera RC770 impuso una altura máxima del tablero de 1,85 m. La importante curvatura del trazado en planta condujo a adoptar una sección en cajón de dos almas, con dos voladizos de 3,80 m de anchura.

La bifurcación define una gran zona, de forma sensiblemente triangular, realizada mediante una losa aligerada de 60 a 80 cm de altura, apoyada en

el estribo del cruce y en la extremidad del voladizo del puente, sobre una longitud de alrededor de 50 m.

La relación de las luces permitió elegir, de forma económica, un cableado continuo. Los travesaños sobre los tres apoyos intermedios se dispusieron pretensados. La forma muy particular del tablero y la altura poco importante por encima del suelo, condujeron a una ejecución tradicional de hormigonado in situ.

Sobre cada uno de los estribos se colocó una junta de dilatación, con el fin de absorber todas las variaciones. Estas son de poca importancia, del orden de unos 6 cm. Sin embargo, se previeron juntas capaces de deformarse tanto transversal como longitudinalmente, pues en el caso concreto del estribo del cruce es más importante la deformación longitudinal que la transversal.

Deux ouvrages du Bureau Technique Piguet Ingénieurs Cs., S. A.

Dans cet article sont décrits:

Deux ponts rectilignes indépendants, à travers lesquels l'autoroute du Léman N. 9 franchit la vallée de la Paudèze. Les deux ponts, d'environ 400 m de long et 12 m de large, se composent de deux voies de circulation et une voie de stationnement. Hauteur maximale de 70 m et moyenne de 30 m.

Il est à signaler que les caractéristiques de la région molassique du Belmont présentait des conditions géologiques désastreuses, raison pour laquelle les fondations ont été l'objet d'une étude minutieuse et prudente. Tout ce qui a été antérieurement cité a conseillé de faire un appel d'offres à la suite duquel fut choisi le projet ici présenté.

Le pont du Lendar, entre Belmont et La Croix, est une rectification de la RC773, qui franchit la RC770.

Afin d'éviter des charges excessives sur un terrain qui présentait les mêmes caractéristiques déficientes que les ponts de la Paudèze, celui du Lendar a été construit en courbe, afin de ne pas s'adapter au terre-plein qui a été assujéti par un mur de soutènement en béton armé. Le pont a 152 m long —distribués en quatre tronçons— et 15,60 m de large.

Les deux ouvrages sont en béton précontraint.

Two constructions by the Technical Office Piguet Engineers Co., Ltd.

In this article are described:

Two rectilinear independent bridges by means of which the Leman N. 9 highway bridges over the Paudèze valley. Both are 400 m long and 12 m wide and consist of two traffic lanes and a parking strip. Maximum height 70 m and average height 30 m. It is to be emphasized that the molassic region of Belmont presented disastrous geological conditions for which reason the foundation was subject to a most detailed and accurate investigation. In view of the above mentioned circumstances a competition of projects was announced, the winner of which is being presented here.

The Lendar bridge, between Belmont and La Croix, is a correction of RC773, that bridges over RC770.

In order to avoid excessive loads on a ground that showed the same characteristics as mentioned for the Paudèze bridges this was constructed in the shape of a curve so as not to get too close to the embankment which is supported by a retaining wall of reinforced concrete. The bridge has a total length of 152 m —distributed in four sections— and a width of 15.60 m.

Both constructions are of reinforced concrete.

Zwei Bauten von dem Technischen Büro, Ingenieure Piguet Cs, A.G.

In diesem Artikel werden beschrieben:

Zwei unabhängige lineare Brücken womit die Autobahn von Léman N. 9 zum Paudèzetal überbrückt wird. Beide sind 400 m lang und 12 m breit und sie bestehen aus zwei Fahrbanen und einer Standspur. Maximalhöhe 70 m und mittlere Höhe 30 m. Es muss hervorgehoben werden dass die typischen Eigenschaften der molassischen Gegend von Belmont katastrophale geologische Probleme darstellte, weshalb die Foundation besonders eingehend und sorgfältig studiert wurde. Die erwähnten Bedingungen veranlassten einen Wettbewerb wo das beste Projekt das hier beschriebene war.

Die Lendar-Brücke, zwischen Belmont und La Croix, ist eine Korrektur von RC773, die RC770 überbrückt.

Um zu hohe Lasten auf einem Boden mit denselben Problemen wie für die Paudèzebrücken zu vermeiden ist sie in der Form einer Kurve gebaut worden, um dem Erdamm nicht zu nahe zu kommen. Diser wird mit einer Böschungsmauer von 152 m —auf vier Strecken aufgeteilt— und eine Breite von 15,60 m.

Beide Bauten sind aus Stahlbeton.