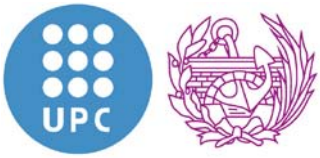


Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TESI DE MASTER

Master

Ingeniería Civil

Título

Concurso de proyecto de una pasarela peatonal/ciclable de la bahía de Ginebra

Autor

Nicola Rinaldi

Tutor

Xavier Font Solà

Intensificación

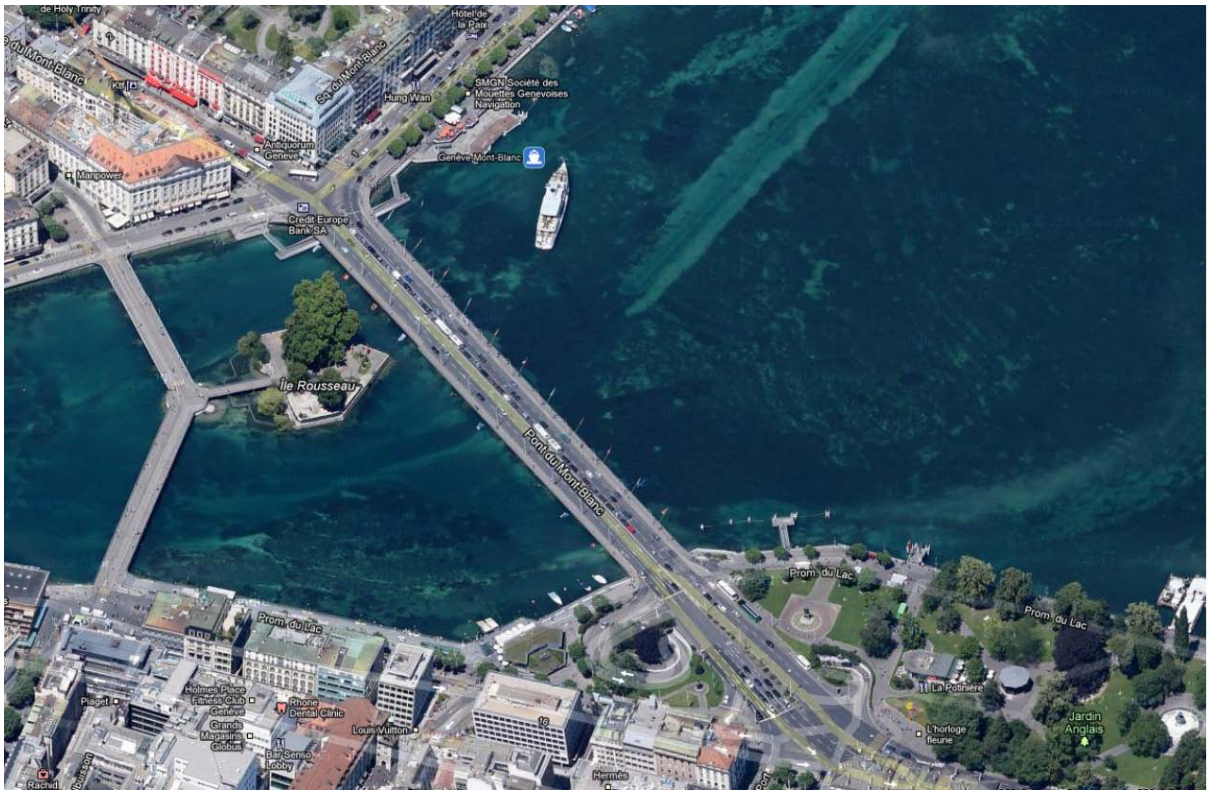
Ingeniería de estructuras y construcción

Fecha

12 Junio de 2012

CONCURSO DE PROYECTO DE UNA PASARELA PEATONAL/CICLABLE DE LA BAHIA DE GINEBRA

CONCURSO A UN GRADO EN PROCEDIMIENTO ABIERTO



Índice

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1	Objeto del proyecto	pag	5
1.2	Antecedentes	pag	5
1.3	Situación actual. Objetivos y condicionantes de las actuaciones	pag	8
1.4	Alternativas	pag	14
1.5	Descripción de la solución adoptada	pag	21
1.6	Normativa vigente aplicable, métodos de análisis estructural y resumen de los resultados	pag	25
1.7	Seguridad y salud	pag	28
1.8	Conclusiones	pag	29

2. ESPECIFICACIONES TECNICAS

2.1	Armadura a utilizar en hormigón armado	pag	31
2.2	Hormigones	pag	31
2.3	Pilas de hormigón armado realizados in situ	pag	32
2.4	Encofrados	pag	33
2.5	Acero laminado para estructuras metálicas	pag	33
2.6	Madera maciza	pag	35
2.7	Pavimento de tarima tecnológica	pag	35
2.8	Alumbrado publico	pag	36

3. PRESUPUESTO pag 39

ANEJOS A LA MEMORIA

A	Anejo topográfico	pag	41
B	Anejo geología y geotecnia	pag	43
C	Anejo de trazado geométrico en planta y en alzado	pag	61
D	Anejo de circulación peatonal	pag	65
E	Anejo de circulación ciclable	pag	67
F	Anejo de hidrología y drenaje	pag	69
G	Anejo de cálculo de la estructura	pag	71
H	Anejo de alumbrado	pag	101
I	Anejo de variantes y presupuestos correspondientes	pag	137
L	Anejo de estudio de seguridad y salud	pag	153

LAMINAS

Laminas 1-2	Situación y ubicación Planta general Definición de ejes Urbanización Perfil longitudinal Perfil transversal Alumbrado
Lamina 3	Estructuras Secciones tipos

1. Memoria descriptiva

1.1 Objeto del proyecto

El concurso de proyecto de una pasarela peatonal ciclable de la bahía de Ginebra (Suiza) fue anunciado por el departamento de construcción y de desarrollo de la ciudad con el fin de mejorar la circulación de ciclistas y peatones, ofreciendo una calidad de los recorridos existentes entre la orilla derecha e izquierda de la ciudad. Instalada en el corazón de la ciudad la pasarela permitirá a la movilidad dulce de alcanzar confortablemente las dos orillas y deberá constituir una nueva obra de arte de fuerte connotación publica y el nuevo emblema por Ginebra. Deberá además ofrecer a la población una red de movilidad eficiente y unos servicios urbanos contemporáneos de calidad, respectando la naturaleza del sitio y adecuadamente al espacio público por la movilidad dulce.

El área lacustre con su vocación de cercanía privilegiada de los ciudadanos de Ginebras, de sitio turístico de primera importancia y de lugar de representación de la ciudad en Suiza y en el extranjero confiere al proyecto un papel importante donde el valor va mas allá de la simple necesidad de cruzar el rio. Debido a su centralidad publica, la pasarela deberá ofrecer una infraestructura de calidad a medida del valor urbano y arquitectónico del lugar.

El concurso pide a los participantes de responder de forma simple y clara a cuatro objetivos principales:

- Comprensión del área, calidad arquitectónica y urbanística del proyecto.
- Calidad estructural y constructiva de la pasarela.
- Integración de las exigencias de los peatones, ciclistas, residentes y de los servicios públicos.
- Economía general del proyecto.

1.2 Antecedentes

El sitio del puente de Mont-Blanc y del puerto se sitúan en el corazón de la región y de la ciudad de Ginebra.

El sitio del concurso es un lugar representativo por la ciudad y la entera región. Todos los elementos emblemáticos que forman la imagen tradicional de la ciudad se encuentran: el lago y su puerto, el Jardín Ingles con su fuente y los monumentos históricos de épocas y estilos diferentes, como el *jet d'eau*, l'île Rousseau, el monumento nacional y el monumento *Brunschwick*. También otros elementos más contemporáneos y eclécticos caracterizan el sitio, como el puente de *Mont-Blanc*, los hoteles de prestigio, los baños de *Pâquis*, el cordón luminoso hacia los muelles, las publicidades luminosas sobre los tejados de los edificios, el reloj de flores y los pequeños barcos.

Situado a la extremidad del lago Léman, el sitio ofrece la primera posibilidad de cruzar el curso de agua con el puente de Mont-Blanc que conecta la orilla izquierda, tradicionalmente burgués, a la orilla derecha, históricamente popular. Siendo el eje principal de conexión entre las dos orillas del lago, el puente soporta cotidianamente un importante tráfico

motorizado de 72’000 vehículos por día. Constituido por seis vías reservadas a la circulación, ninguna de esta está reservada por el trasporte público.

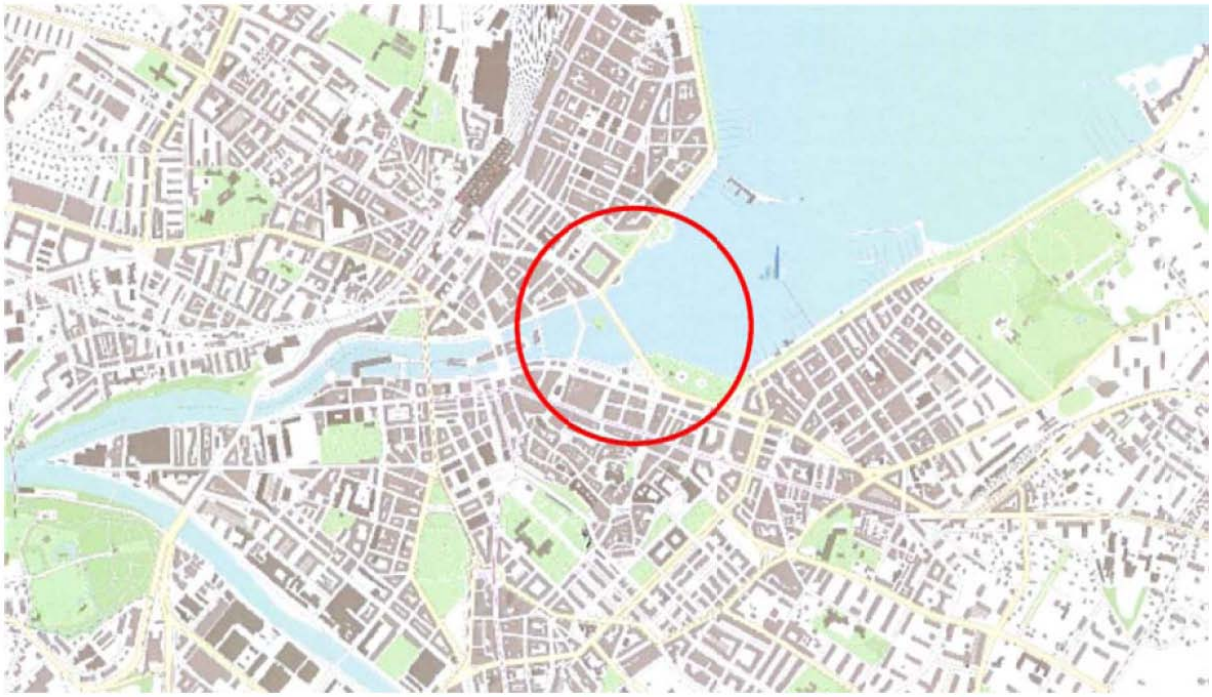


Fig.1 – Área de proyecto

Ginebra debe su implantación estratégica al hecho que el final del lago es el primer punto de conexión posible al oeste del eje *Jura-Valais*.

Después de un periodo de instalaciones lacustres, el casco antiguo de la ciudad se implantó en la colina por defenderse de los agresores y por repararse de las frecuentes inundaciones de las orillas del lago. Más tarde, el burgo de St-Gervais se desarrolló en la orilla derecha. No obstante las inundaciones que hacían las orillas irregulares y inestables, la ciudad se desarrolló en dirección de sus orillas, que lentamente fueron ocupadas.

El sigo diecinueve es sin dudas el siglo caracterizado por las principales transformaciones: el área del puerto está completamente edificada, las fortificaciones transformadas en espacios públicos principalmente con función de parque (jardín *anglais*, parque *Brunswick*), las orillas conectadas por los principales puentes de la ciudad, como el puente de *Bergues* y el puente de la *Machine*.

Finalmente, la expansión de la ciudad y el numero siempre creciente de desplazamientos impusieron la necesidad de realizar un nuevo puente, el **puente de Mont-Blanc**.
La decisión de construir el puente principal de Ginebra fue tomada en el año 1861, con el fin de conectar las dos orillas según el eje de la *rue du Mont-Blanc* y de la *place du Port*. El concurso fue ganado por los ingenieros Daniel Chantre y Léopold Blotnitzki y fue construido durante el año 1862.
Obra de arte de una gran elegancia, larga 252 metros y ancha 16 metros, el primero puente de Mont-Blanc fue realizado con una carpintería metálica constituida por seis vigas

continuas en laminas, revestidas y perforadas, formantes doce arcos muy bajos que apoyaban sobre once pilas en roca. El tablero estaba formado por planchas en gres.

Fig.2 – Puente de Mont-Blanc antes del año 1903

Una reconstrucción completa (y prácticamente idéntica) de la carpintería metálica fue efectuada en el 1903; el tablero fue realizado en hormigón armado y su ancho pasó de 16 a 19 metros con dos aceras parcialmente construidas en voladizo. Las barandillas fueron conservadas, así como los candelabros originales a gas del año 1962 en las pilas pares, así las pilas y las espaldas. En las pilas impares fueron instalados los nuevos candelabros eléctricos, para responder a las exigencias de alumbrado urbano. Los carriles de tranvía pasaron de uno a dos. En general el aspecto del puente no fue modificado.

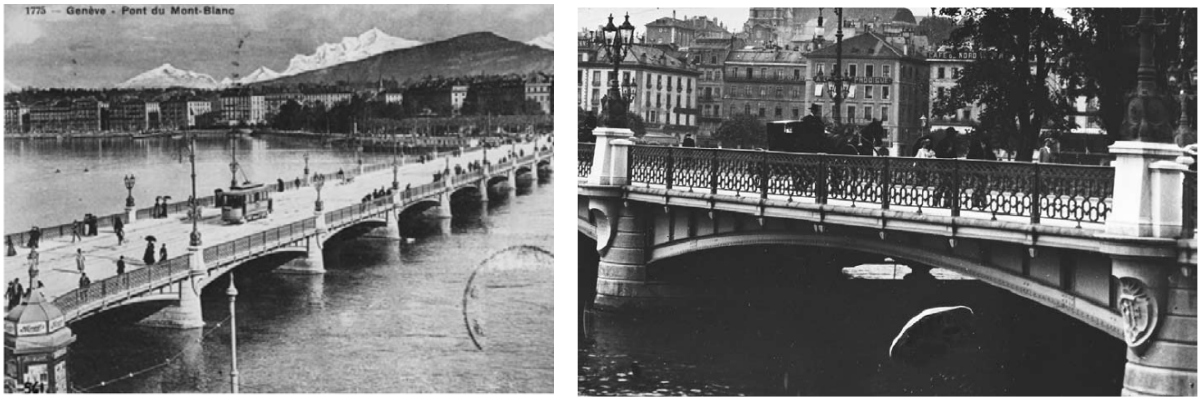


Fig.3 – Puente de Mont-Blanc después del año 1903

En el 1954 un nuevo concurso fue anunciado a nivel nacional por una ulterior ampliación del puente, para hacer fruente al constante aumento de tráfico entre las dos orillas. Después de algunos años de paro, en el 1964 el ganador del concurso fue el despacho de ingenieros Tremblet & Cie S.A.. Ellos propusieron un refuerzo de las cimentaciones originales y de la carpintería metálica y una ulterior ampliación de la obra con aceras en voladizo más anchas. Con 27 metros de ancho el puente hoy en día comprende seis vías de circulación y dos aceras de 3 metros. Desafortunadamente, la mampostería de las cimentaciones y de las pilas que soportaban los candelabros han desaparecido.

Fig.4 – Puente de Mont-Blanc después del año 1970

Un pasaje peatonal debajo del puente en la orilla izquierda fue realizado en el 1972, mientras en la orilla derecha en el 2001 fue instalada una pasarela flotante que permite a los peatones de cruzar por debajo el puente y ofrece una vista de su antigua estructura.

1.3 Situación actual. Objetivos y condicionantes de las actuaciones

La situación actual no es satisfactoria: los peatones y los ciclistas ocupan sin distinción las aceras del puente de Mont-Blanc para pasar de una orilla a otra y, aunque ningún accidente grave todavía haya ocurrido, el nivel de estrés es elevado y provoca conflictos cotidianos.

En mayo 2011 un numero de 3900 ciclistas por día cruzó el puente. La realización de una pasarela dedicada a la circulación peatonal y ciclable en proximidad del puente revela un fuerte potencial de atractiva, permitiendo desplazamientos cotidianos seguros.

Actualmente en la orilla derecha se encuentra una pista ciclable monodireccional que será completada por un dispositivo bidireccional, mientras en la orilla izquierda una zona mixta peatones/ciclistas que será mantenida después del concurso. La ausencia de un servicio continuo de vía ciclable en la zona del puerto provoca que los ciclistas ocupen también los itinerarios de trafico reservado a los peatones aunque no estén autorizados; son igualmente tolerados teniendo en cuenta de la dificultad a encontrar otro itinerario seguro. El resultado de esta situación es una baja atractiva del lugar.

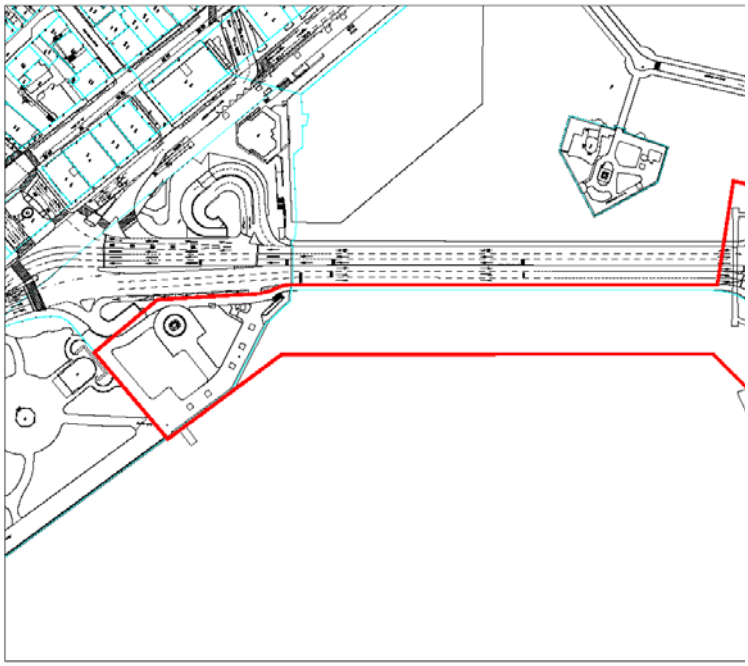


Fig.5 – Plano de perímetro del concurso

En la zona del puerto también el flujo cotidiano de peatones es importante, tanto que en la temporada estival se observan fuertes ralentizaciones de la fluidez de los recorridos. El estudio de las conexiones de la pasarela con las infraestructuras existentes es por lo tanto fundamental. En la orilla derecha el proyecto deberá tener en cuenta de la pasarela de peatones flotante que pasa por debajo del puente de Mont-Blanc y que deberá ser parte integrante del concepto de movilidad. En la orilla izquierda el proyecto deberá considerar el paso inferior al puente y la plaza peatonal.

El nuevo proyecto es de fundamental importancia por la calidad y la continuidad de los recorridos peatonales y ciclables y por los barrios limítrofes a la zona del puerto. La calidad del espacio público y de la nueva obra participan considerablemente a la nueva imagen del sito y de la ciudad. Los objetivos principales marcados por el departamento de construcción y de desarrollo son:

- ofrecer a la ciudad una pasarela e unos servicios urbanos contemporáneos de calidad con respecto a la naturaleza del sitio e del espacio público;
- ofrecer una nueva obra de arte de fuerte connotación publica y cultural que revela la vocación del lugar y son potencia simbólica;
- asegurar el rendimientos de las redes de movilidad en términos de fluidez y de continuidad de los desplazamientos.

Además la pasarela no es únicamente un elemento de paso de una orilla a otra sino que un espacio público importante. Deberá así tener provecho de la situación de balcón sobre el lago y las vistas sobre el panorama urbano y natural deben ser preservadas y valorizadas. Servirá en fin como punto de observación de los numerosos espectáculos de la ciudad, como los fuegos artificiales, el show aéreo, etc.)

En la nueva pasarela el espacio libre para los peatones debe ser mínimo de 300 cm, mientras el de ciclistas de 250 cm. Una distinción física clara no transitable debe separar los flujos peatonal y ciclable, ofreciendo a los usuarios sitios separados y distintos.

Se observan los flujos peatonal y ciclable en las dos orillas.

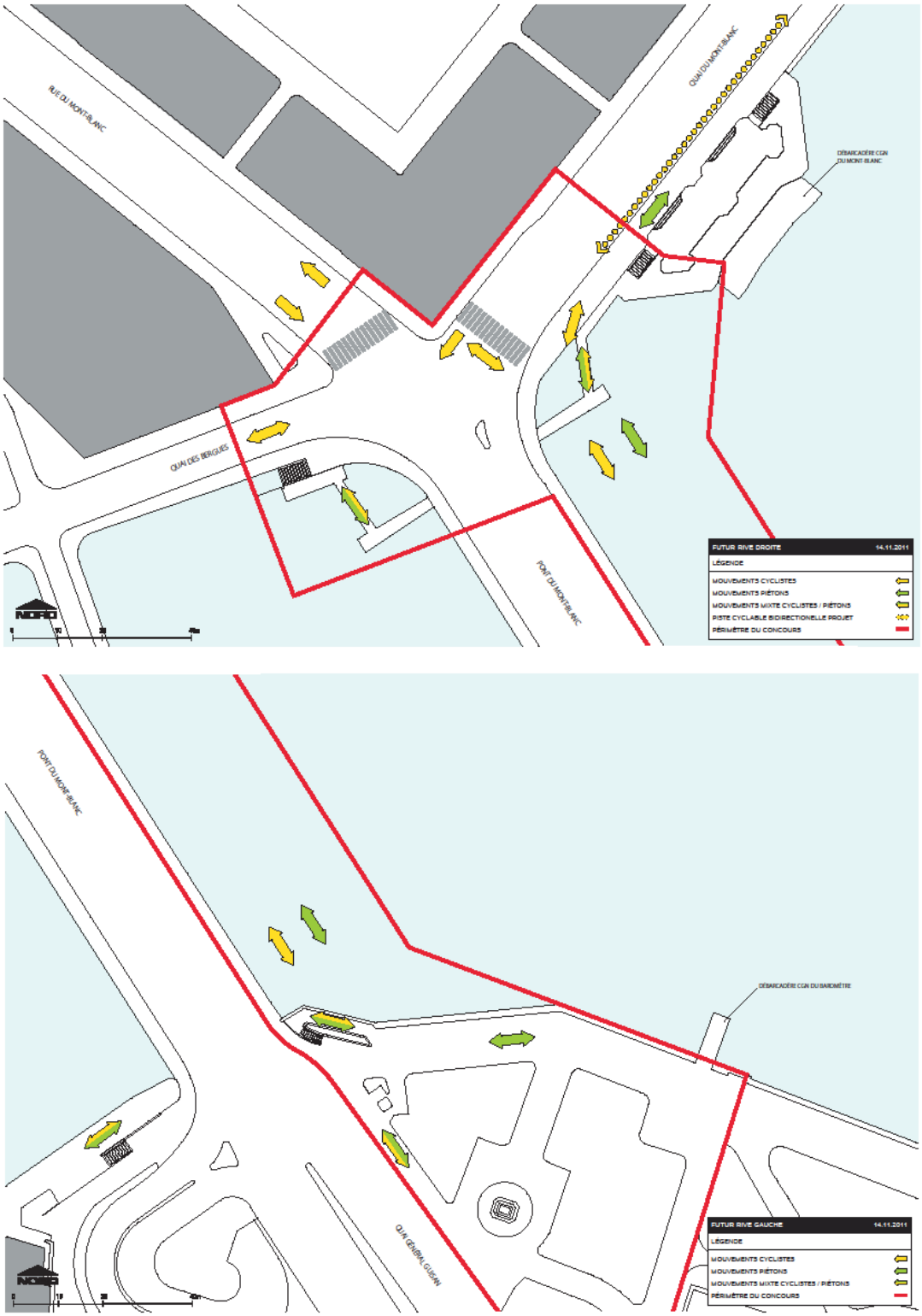
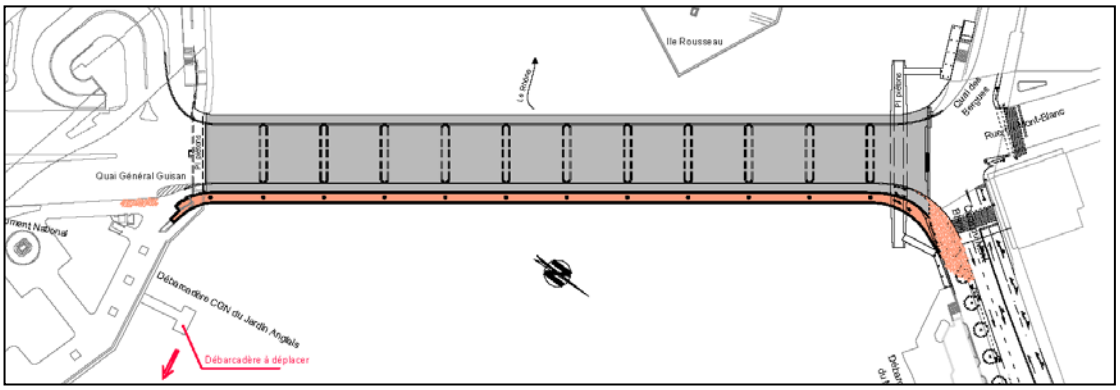


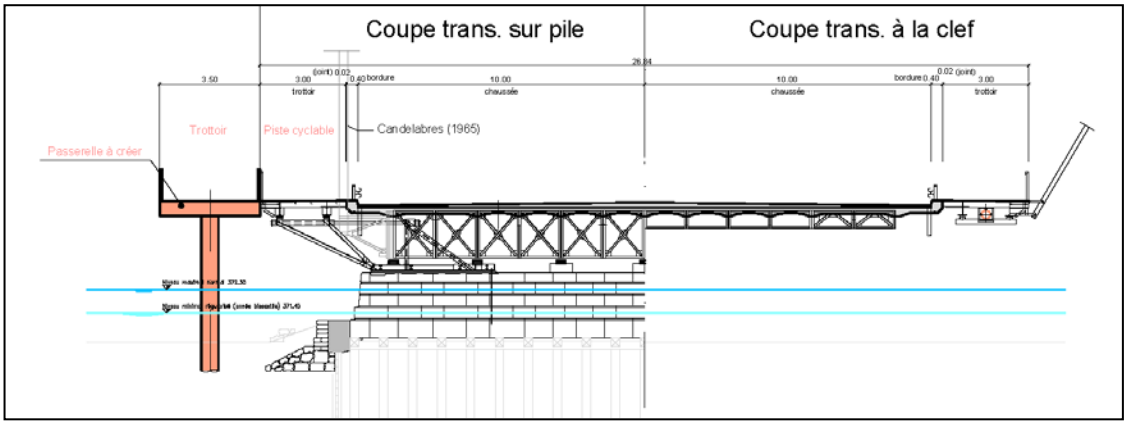
Fig.6 – Esquema de circulación peatonal y ciclable respectivamente en la orilla derecha e izquierda

En la orilla derecha el paso debajo del puente de Mont-Blanc está asegurado por un elemento arquitectónico de calidad: la pasarela flotante. Esta pasarela es una obra de arte realizada en el 2001 y su mantenimiento no es una condición imperativa del concurso. Si fuera eliminada, debería preverse una nueva conexione por debajo del puente. Únicamente

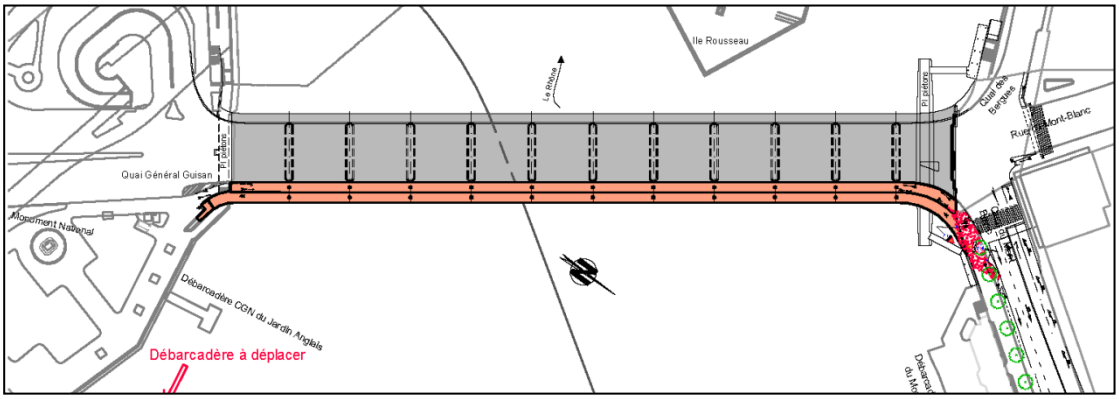
para los ciclistas, la gestión del crucevía situado a la extremidad del puente debe ser solucionado al fin de garantizar una continuidad del carril de bici hacia la nueva pasarela. Para razones de seguridad es necesario prever una regulación para los ciclistas que utilizan la pista ciclable bidireccional que se dirigen hacia el puente, para que no interfieran con los peatones en movimiento sobre la acera del lago y los peatones estáticos que esperan el verde en el cruce peatonal.
En la orilla izquierda, el paso actual realizado en el 1972 es suficiente a garantizar el flujo peatonal, aunque su calidad urbana no es optima. La rampa que conecta el *Jardín Anglais* con el puente de Mont-Blanc no respecta las normas vigentes de pendiente (máximo 6%) y debe ser repensada en función del proyecto de la nueva pasarela. En este lado los conflictos entre peatones y ciclistas son mínimos.
La acera en voladizo hacia el lago es parte integrante del concurso y puede ser mantenida o quitada. En caso de supresión, una vía de fuga para los automovilistas debe ser pensada. Las astas de banderas situadas en los dos lados del puente fortalecen la imagen simétrica del puente. En caso de supresión de la acera en un lado, una solución de reemplazamiento debe ser propuesta. Lo mismo vale para las farolas públicas.
Debe considerarse además un sistema de alumbrado público para la pasarela y para los espacios públicos situados en la orilla derecha e izquierda. Este sistema debe tener en cuenta la situación geográfica y el impacto diurno y nocturno, participando a la calidad y a la identidad del espacio reforzando el sentido de seguridad. El alumbrado debe ser estudiado de forma de reducir el consumo eléctrico y la molestia para el entorno natural y debe resistir a las depredaciones. Se considera el *Plan Lumière de la Villa de Genève*, reportado en el anejo H.
Se proponen cuatro variantes.

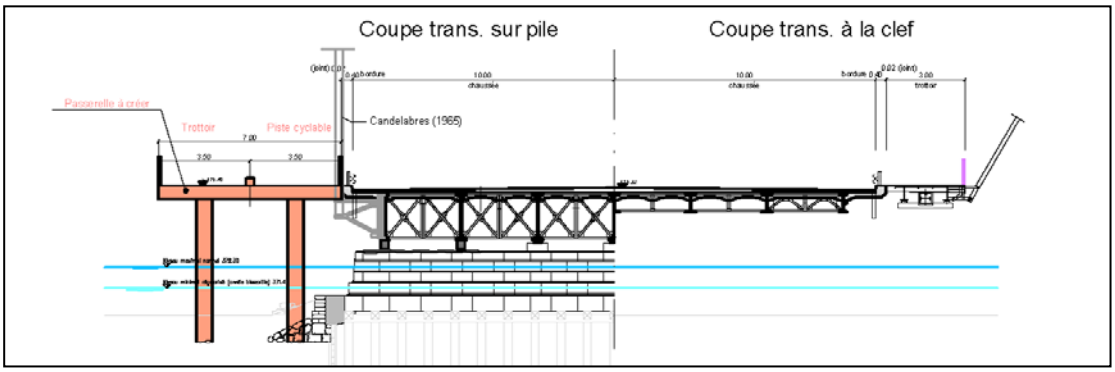
Variante 1



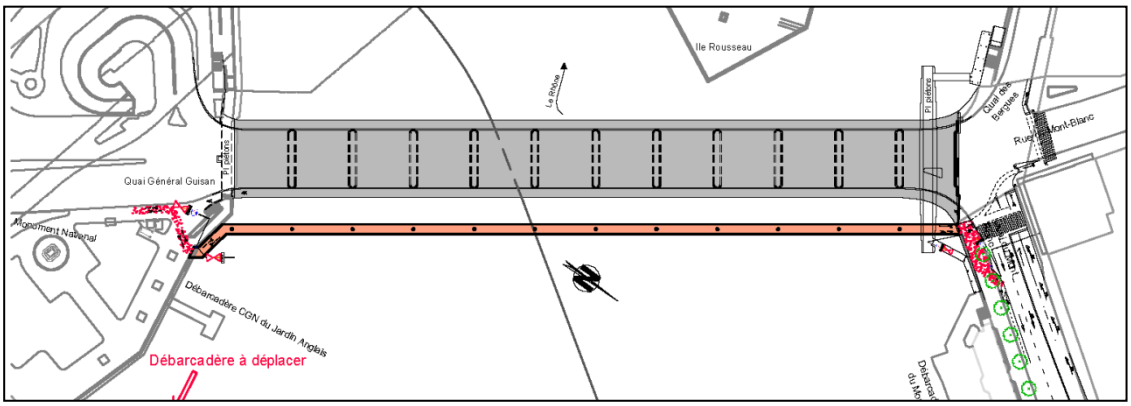


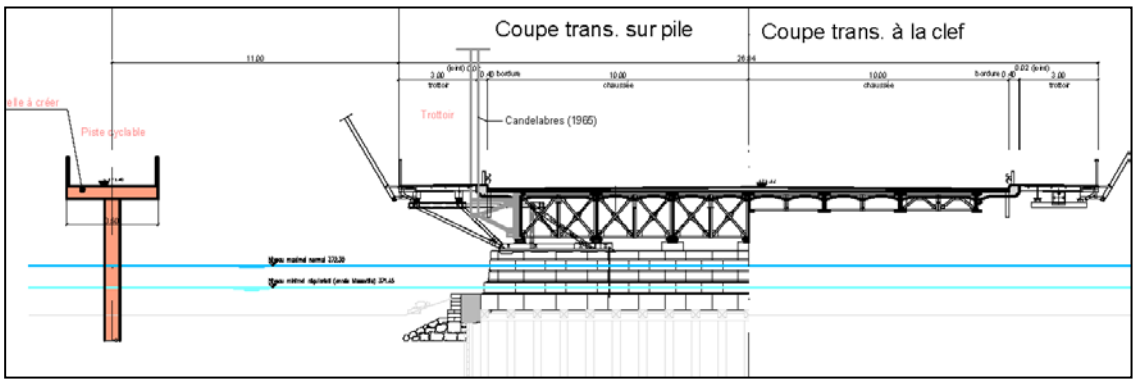
Variante 2



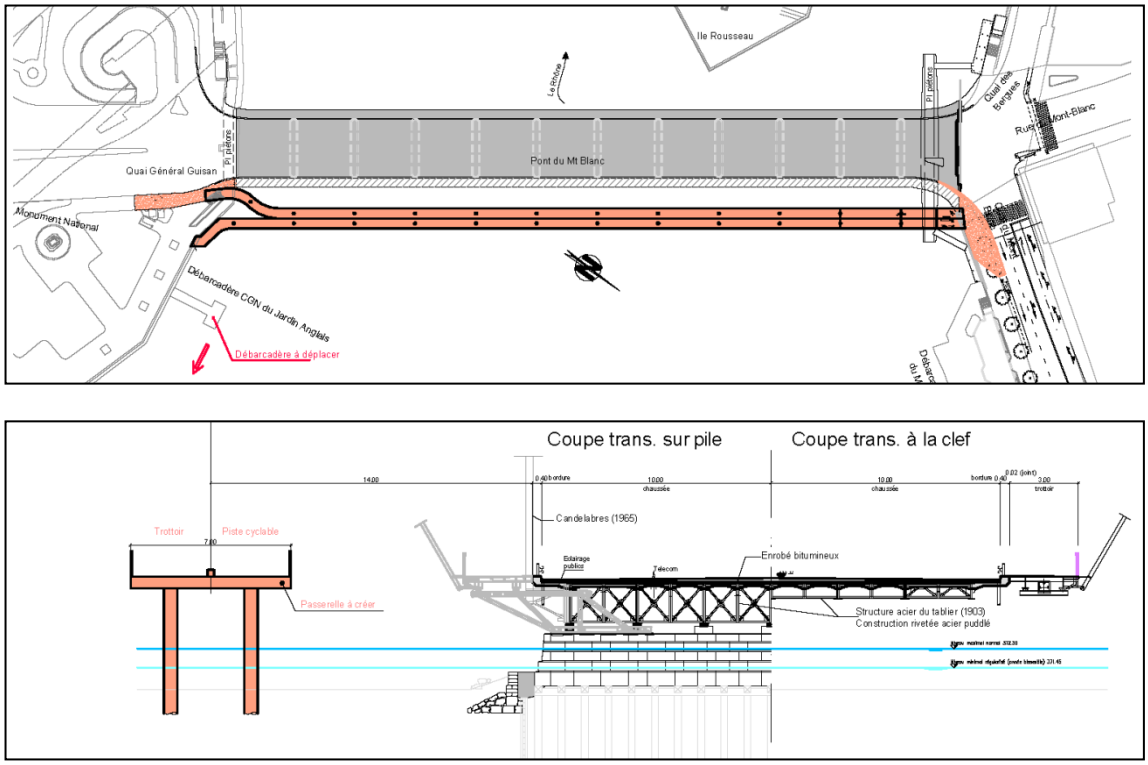


Variante 3





Variante 4



La nueva pasarela deberá también responder a especificas **exigencias técnicas**, de forma que la nueva obra resulte económica, segura y durable. La elección de materiales debe tener en cuenta de las exigencias efectivas del proyecto, como las acciones, la durabilidad, la puesta en obra y el aspecto. Aspectos fundamentales a considerar son la seguridad en caso de fallo local, la resistencia a las fuerzas sísmicas, la presencia de elementos estabilizantes, la ductilidad de los elementos, el control de las deformaciones, la transferencia directa de las cargas, la compacidad (diminución de las superficies expuestas) y la indiferencia a las imprecisiones o errores de ejecución. La elección de los materiales de construcción debe responder a criterios ecológicos y no deben poner en peligro ni la salud de los futuros usuarios ni a los obreros durante sus puesta en obra.

Los detalles constructivos son por lo tanto de una importancia fundamental y la concepción de la nueva obra se basará sobre los siguientes criterios:

- Formas simples y dimensiones suficientes
- Toma en cuenta de acciones y comportamientos mecánicos, físicos y químicos
- Fácil acceso por la vigilancia y el mantenimiento
- Facilidad de reemplazamiento de elementos usurados

Por las características geotécnicas se hace referencia a las especificaciones del anejo B. Para las limitaciones hidrogeológica se considera que el nivel máximo normal del lago es de 372.30 metros de junio a diciembre y el nivel mínimo es de 371.60 metros de marzo a abril. Cada cuatro años (los bisiestos) dicha cota se baja a 371.45 metro para permitir los trabajos de mantenimiento y rehabilitación al borde del lago. Después del 1974 el máximo medido es de 372.60 metros.

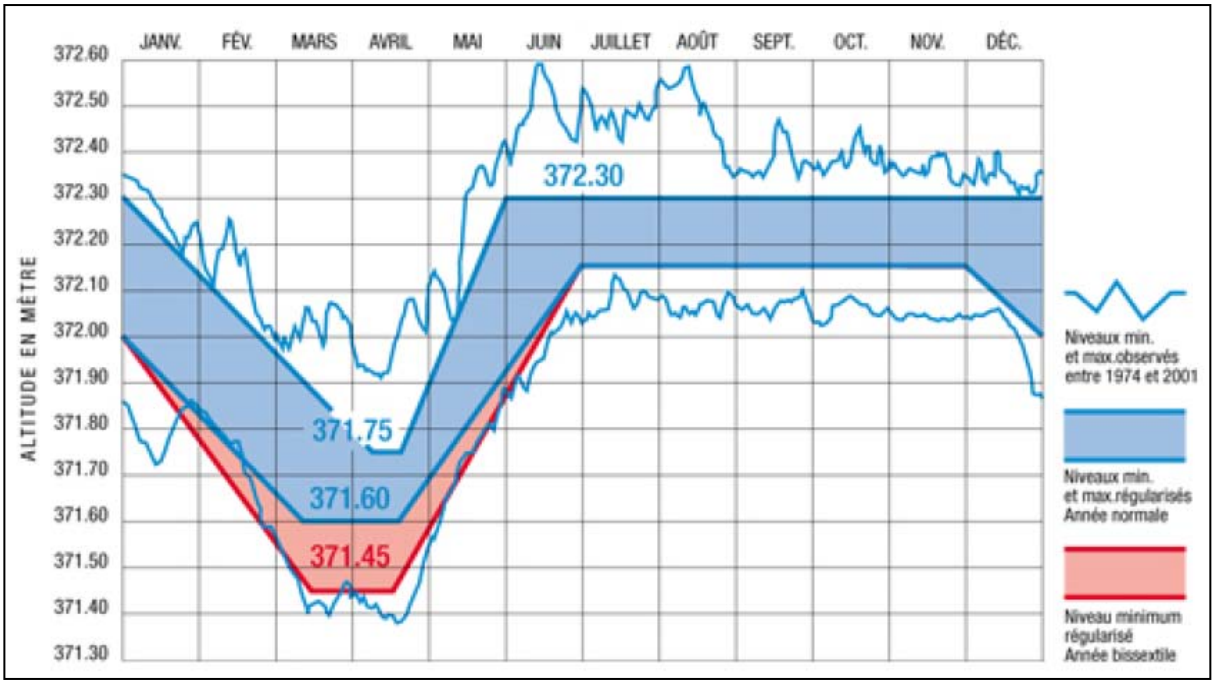


Fig.7 – Los niveles del lago Léman

La geometría de la nueva pasarela debe además ser compatible con el paso de las embarcaciones del transporte público de Ginebra (*Mouettes Genevoises*). El espacio libre necesario corresponde a un rectángulo de 5.50 m de largo por 1.95 m de alto.

1.4 Alternativas

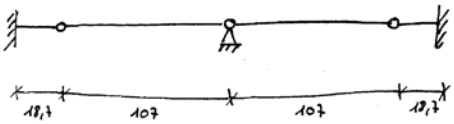
Para responder a las exigencias del concurso se estudiaron principalmente dos alternativas.

La primera alternativa trata de una viga reticular empotrada a los dos extremos (en correspondencia de la conexión pasarela-aceras) y apoyada en un punto central en medio del lago. Cada tramo tendrá por lo tanto una longitud de aproximativamente 126 metros.
De esta forma la pasarela tiene un carril de bicicletas cerca del puente que seguirá en línea horizontal, y un carril peatonal (variante 2) que por un lado permita a los usuarios de acercarse al agua y por otro de tener una visión de la ciudad de un punto más alto. Su sección a forma de “Z” permite que la torsión se balance. La acera en voladizo existente seria demolida.
En la parte donde la plataforma se acerca al agua hay una pared constituida por el altura de la viga reticular. Esta pared representa un punto de luz de la estructura, creando un juego de reflejos con el agua.

La segunda solución es más ligera con respecto a la primera. El objetivo principal es realizar una estructura muy ligera y linear, con un número elevado de apoyos. La obra prevé solo el carril peatonal (variante 3), mientras lo de bici se coloca en el voladizo del puente existente. Los pilares serán utilizados como farolas y están sometidos solo a cargas axiales gracias al principio de la leva. La plataforma es en voladizo y la carga está aguantada por un cable en la otra extremidad del pilar. El número de elementos es muy reducido y la losa de madera permite reducir notablemente la carga permanente en la estructura.

ALTERNATIVA 1

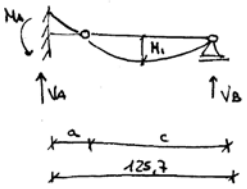
ESQUEMA ESTATICO



MOMENTO

SECCIÓN

ANALISIS ESTATICO



Larghezza b = 6,3 m

V_A = 5868 kN

V_B = 4348 kN

M_A = 95516 kN m

M_1 = 116308 kN m

ACCIONES

q_{PER} = 4 kN/m²

q_{VAR} = 5 kN/m²

CARGAS

q_{SLU} = 12,9 kN/m²

q_{SLS} = 6 kN/m²

→ q_{SLU} = 81,3 kN/m

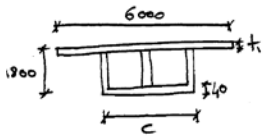
→ q_{SLS} = 37,8 kN/m

MATERIALES

- Acero Acciaio: f_{yk} = 355 N/mm²

  E = 210000 N/mm²

EMPOTRAMIENTO LATERAL



$t_1 = \frac{A}{6000}$ = 26 mm

$c = \frac{A}{40}$ = 3924 mm

Md = 95516 kN m

d = 1800 mm

$N_d = \frac{M_d}{d}$ = 53065 kN

$A = \frac{N}{(f_y/1,05)}$ = 156952 mm²

CALCULO SLU

$I = 2 \cdot A \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 2,54 \cdot 10^{11}$ mm⁴

$W_{el} = I \cdot \frac{2}{d} = 2,83 \cdot 10^8$ mm³ = $W_{min} = \frac{N}{f_y}$

$W_{pl} = 1,2 \cdot W_{el} = 3,39 \cdot 10^8$ mm³

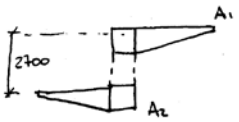
RATIO SLU = $\frac{W_{min}}{W_{pl}}$ = 83 %

DEFORMACIÓN SLS

$q = 0,4 \cdot q_{VAR}$ = 12,6 kN/m (contraflecha)

$f_1 = \frac{q l^4}{8EI}$ = 3,6 mm

TRAMO CENTRAL



Md = 116308 kN m

d = 2700 mm

$N_d = \frac{M_d}{d}$ = 43077 kN

$A = \frac{N}{(f_y/1,05)}$ = 127410 mm²

CALCULO SLU

A_1 = 135000 mm²

A_2 = 134700 mm²

$I = 2A\left(\frac{d}{2}\right)^2 = 4,92 \cdot 10^{11}$ mm⁴

$W_{el} = I \cdot \frac{2}{d} = 3,64 \cdot 10^9$ mm³

$W_{pl} = 1,2 \cdot W_{el} = 4,37 \cdot 10^8$ mm³

$W_{min} = \frac{M}{f_y/1,05} = 3,44 \cdot 10^8$ mm³ RATIO SLU = $\frac{W_{min}}{W_{pl}}$ = 79 %

DEFORMACIÓN TRAMO SLS

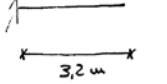
$q_{SLS} = 0,4 \cdot q_{VAR}$ = 12,6 kN/m

$f_2 = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI}$ = 208 mm

$f_{TOT} = f_{1/2} + f_2$ = 210 mm

$f_{amm} = \frac{l}{600}$ = 210 mm → RATIO SLS = 100 %

CORTE TRANSVERSALE



$M_d = \frac{q l^2}{2}$ = 64 kN m

$I = 8,22 \cdot 10^8$ mm⁴

$W_{pl} = 5,44 \cdot 10^6$ mm³

$W_{min} = \frac{M}{f_y/1,05} = 1,89 \cdot 10^5$ mm

$f = \frac{q l^4}{8EI}$ = 0,4 mm

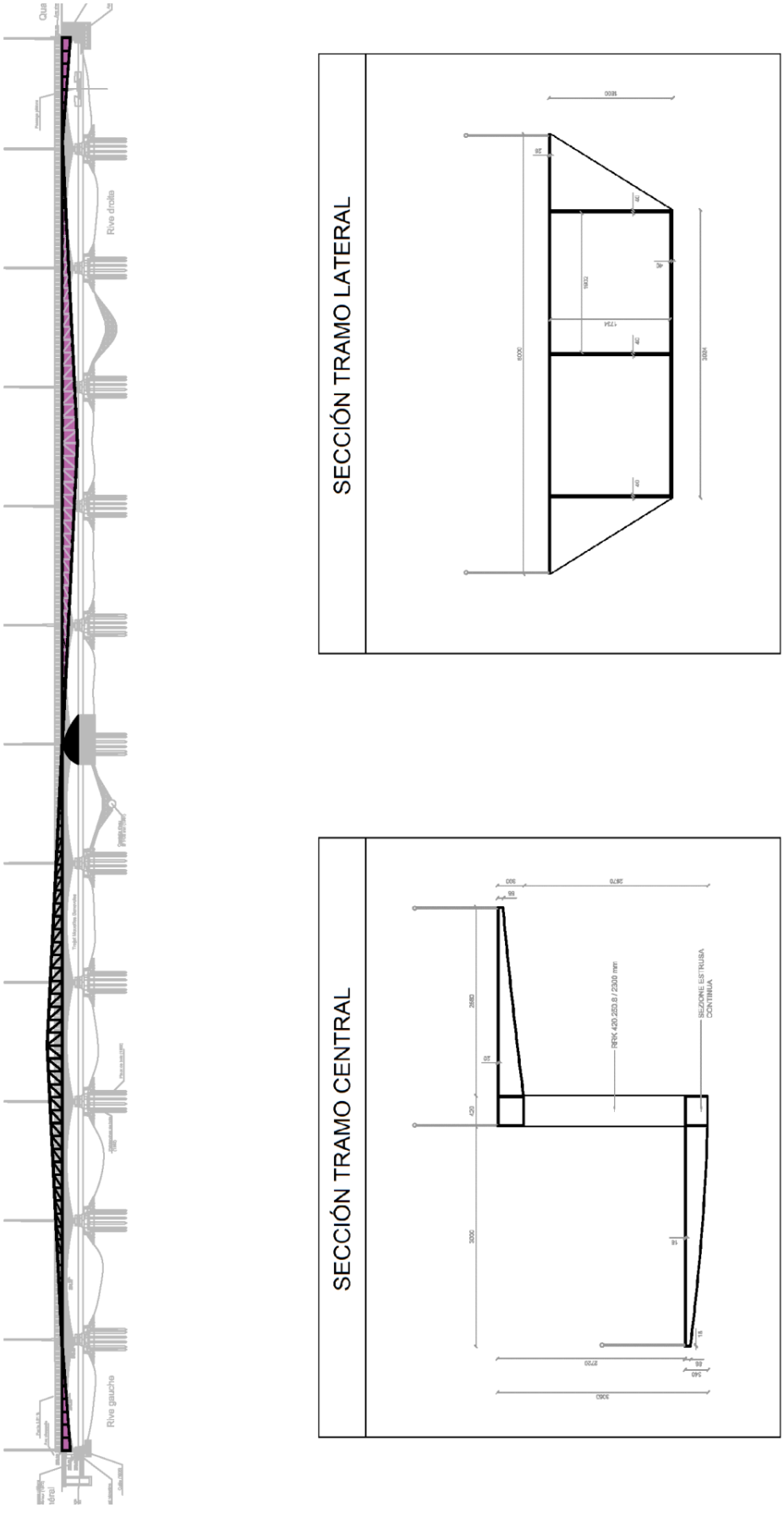
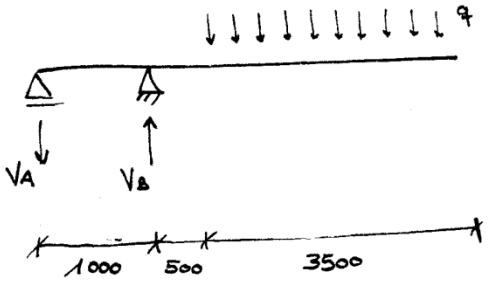


Fig.8 – Alzado longitudinal y cortes transversales de la alternativa 1

ALTERNATIVA 2

ESQUEMA ESTATICO



$V_A = 795$ kN

$V_B = 1148$ kN

ACCIONES

Interasse 10,6 m

$q_{PERM} = 1,5$ kN/m²

$q_{VAR} = 5$ kN/m²

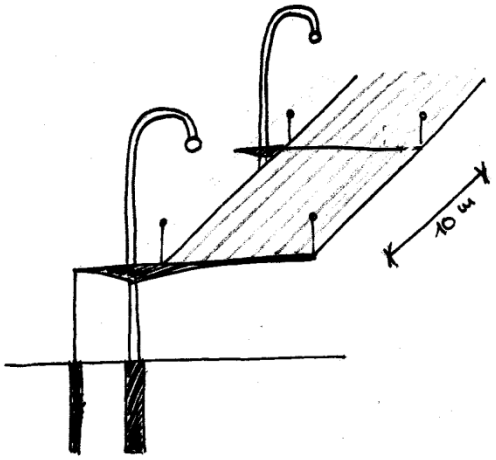
CARGAS

$q_{SLU} = 1,35 \cdot q_P + 1,5\, q_V = 9,5$ kN/m²

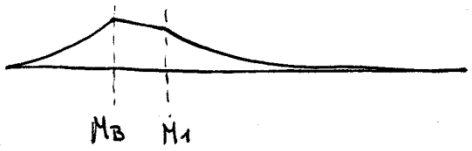
$q_{SLS} = q_P + 0,4\, q_V = 3,5$ kN/m²

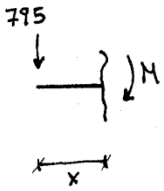
→ $q_{SLU} = 100,9$ kN/m

→ $q_{SLS} = 37,1$ kN/m



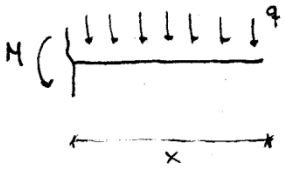
MOMENTO





$M = 795 \cdot X$ Se $x = 100$ m

→ $M_B = 795$ kN m



$M = q\frac{x^2}{2}$ Se $x = 3,5$ m → $M_1 = 618$ kN m

MATERIALI

ACCIAIO

Acciaio: $E = 210'000$ N/mm²

$f_{yk} = 355$ N/mm²

CALCESTRUZZO

Cls: $E = 39570$ N/mm²

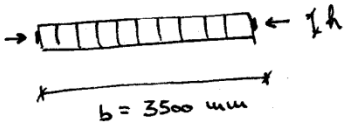
$f_{ck} = 40$ N/mm²

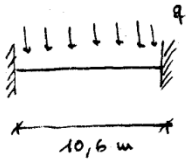
LEGNO

Legno Lamellare incollato GL24h: $f_{m,d} = 16$ N/mm²

$E = 11'000$ N/mm²

VIGAS SECUNDARIAS → MADERA LAMELAR (TABLERO) PRECOMPRIMIDO
Legno Lamellare con precompressione esterna





$q_{SLU} = 33,3$ kN/m

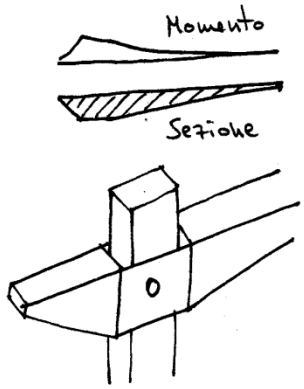
$M = \frac{ql^2}{12} = 312$ kNm

$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{M}{f_{m,d}} \rightarrow h = \sqrt{\frac{6M}{b\, f_{m,d}}} = 183$ mm → 220 mm (ok con $M = ql^2/8$)

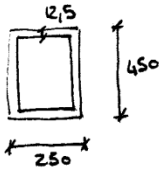
Deformazioni: $q_{SLS} = 12$ kN/m → $\delta = \frac{ql^4}{384EI} = 11,8$ mm < $l/600$ (= 18 mm)

(controfreccia se schema statico differente)

VOLADIZO



$M_B = 795$ kNm → $W = \frac{M_B}{(f_{y,k} \cdot 1,05)} = 2,35 \cdot 10^6$ mm³



RRW 450.250.12,5

$W_{pl} = 2,46 \cdot 10^6$ mm³ → ok

$\delta = \frac{ql^4}{8EI} = 3$ mm < 7 mm ($l/600$)

↳ CONTROFRECCIA PESO PROPRIO

→ Esempio Pompidou, Parigi (R. Piano – R. Rogers)

COLUMNA EN HORMIGÓN ARMADO

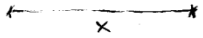
$l = 5700$ mm $l_k = 11\,400$ mm → Sezione circolare: $\phi = 300$ mm → $N_{cr} = 1195$ kN

$V_B = 1148$ kN Sezione rettangolare: 250 x 300 mm → $N_{cr} = 1174$ kN

CABLE trefolo con $f_{y,k} = 1470$ N/mm²

$V_A = 795$ kN

$A = V_A / f_y = 568$ mm² → $\phi = 27$ mm → $\phi = 30$ mm $\Delta l = \frac{Nl}{EA} = 32$ mm



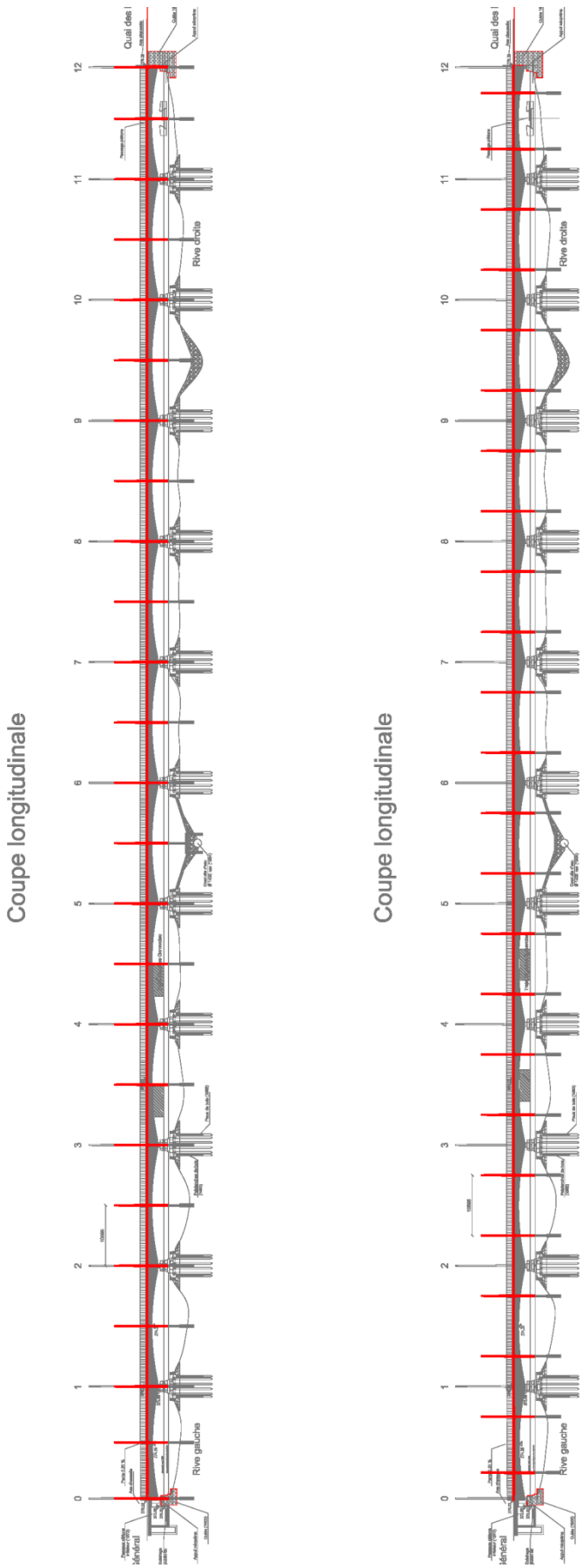


Fig.9 – Dos soluciones de alzados longitudinales de la alternativa 2

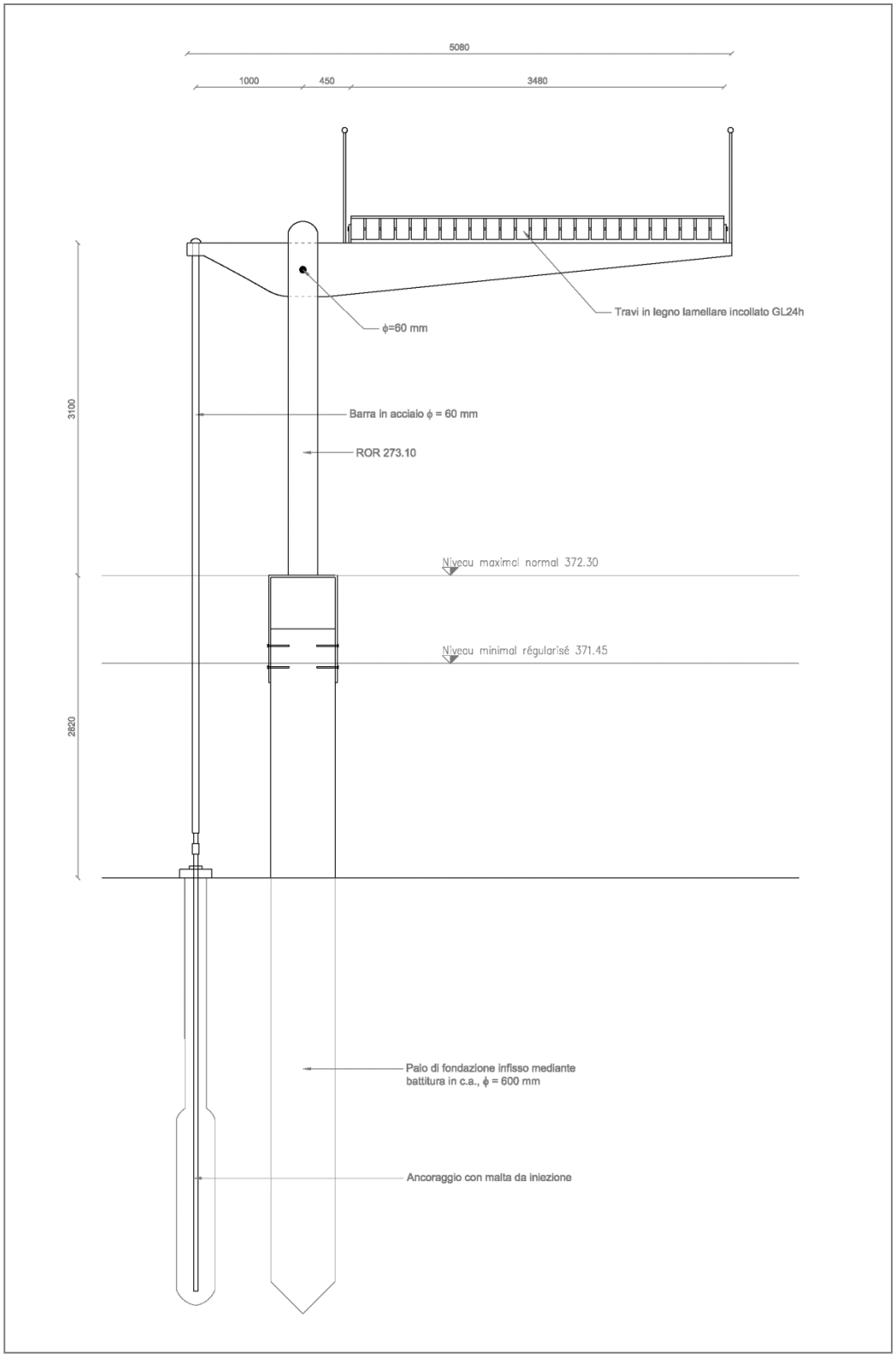


Fig.10 – Corte transversal de la alternativa 2

De las dos alternativas estudiadas se ha elegido la segunda, principalmente por razones de economicidad y facilidad constructiva. En el próximo capítulo se analizará en detalle la alternativa elegida, con las modificaciones finales con respecto a las primeras hipótesis de diseño.

1.5 Descripción de la solución adoptada

1.5.1 El lugar, el tema del concurso y el contexto con el *Pont de Mont-Blanc*

Como explicado en el concurso, el sitio del "*Pont de Mont-Blanc*" es el lugar que por excelencia representa la identidad de la ciudad de Ginebra en el cual se encuentran todos los elementos emblemáticos de la imagen de la ciudad. El puente de *Mont-Blanc* hoy en día aparece como algo que une y al mismo tiempo separa.
Une las dos orillas (los barrios históricamente populares como *S.Gervais*, *les Paquis*, *Cornavin* de la orilla derecha con aquellos tradicionalmente burgueses constituidos por universidades, los barrios bajos y el casco antiguo de la orilla izquierda) interrumpiendo con el flujo de vehículos el recorrido de peatones hacia las dos orillas. Actualmente la continuidad del recorrido peatonal es de hecho asegurado hacia la orilla derecha por la pasarela flotante y hacia la orilla izquierda por un paso a la cota 372.00 metros.
Durante su historia el puente de *Mont-Blanc*, línea de flujo fundamental para la comunicación de las orillas, ha sido ampliado en etapas sucesivas.

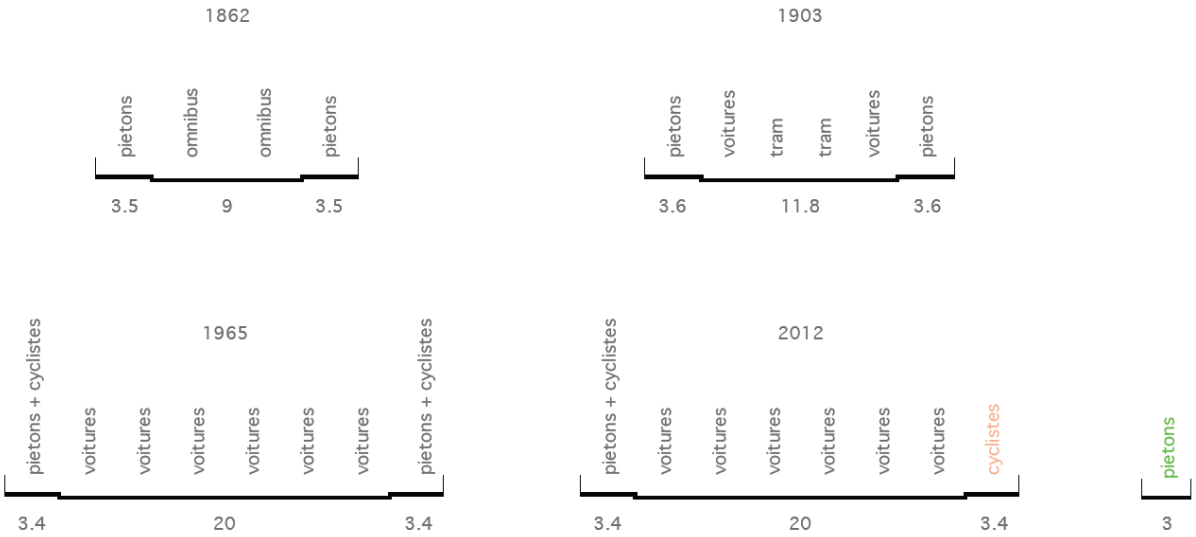


Fig.11 – Etapas históricas de ampliación del Pont de Mont-Blanc

De un inicial ancho total de 16 metros (9 m de carril + 2 aceras de 3.5 m) el puente ha pasado en diferentes etapas intermedias a un ancho actual de 27 m. Su sección actual comprende 6 carriles destinados a coches y 2 aceras de 3 metros netos de ancho, rigorosamente separados de los carriles vehiculares por un quitamiedos, y permite cotidianamente un flujo de 72.000 coches. En las aceras la movilidad dulce de los peatones con la de bicicletas (3.900 al día) están obligadas a mezclarse.

Se trata por lo tanto de una situación insatisfactoria, que la nueva obra deberá resolver. Hoy en día, como al momento de su realización y de las sucesivas fases de rehabilitación y ampliación, el desarrollo del puente de Mont-Blanc propone un intenso debate entre arquitectura y ingeniería. Recorriendo los 150 años de vida del puente se observa una crecimiento del ancho de la losa obtenida primero mediante el refuerzo (1903) de la estructura portante original dispuesta en dirección longitudinal y, sucesivamente, mediante el uso de ménsulas en dirección ortogonal respeto al eje del puente. A la heterogeneidad de la estructura portante se contrapone el uso del acero cual único material de construcción.

Resulta evidente que el puente haya alcanzado una proporción longitud/ancho critica y que, en el respecto de la simetría y de los limites de factibilidad, la nueva ampliación no puede ser simplemente obtenida mediante una ulterior prolongación de las ménsulas. Según cuanto dicho, para una correcta inserción, la nueva intervención debe contener el incremento de la superficie del artefacto, reforzar el légame con el agua y respectar el desarrollo en dirección transversal de la estructura portante. Más clara es la elección del material de construcción donde, en respeto a cuanto se ha ya construido y en un intento de ligereza, la utilización del acero resulta implícito.

1.5.2 El proyecto de la nueva pasarela

El proyecto propone la construcción de una nueva pasarela destinada a la movilidad dulce (exclusivamente peatonal) de extrema sencillez.

A través del concurso el ente anunciador del concurso pide la solución a la movilidad dulce, que el presente proyecto divide, con su trazado, en dos: el carril bici que se posiciona en la acera del puente existente y el carril peatonal que se posiciona en la nueva pasarela. El carril ciclable se considera exclusivamente como una vía corredera, mientras la pasarela se puede considerar como un lugar más contemplativo. El punto de contacto entre el puente existente y la nueva pasarela concede a los turistas en bicicletas una parada panorámica. Con el fin de contener el incremento de la superficie de la nueva obra el proyecto se dirige hacia la solución menos onerosa, es decir aquella con la adjunta de un espacio peatonal de 3 metros de ancho.

La nueva pasarela se entiende como un dispositivo capaz de crear el máximo grado de conexión y unión de las partes que se encuentran en las dos partes de las orillas. La conexión de la nueva pasarela peatonal (con el plano a la misma cota del puente de Mont-Blanc 275.32 m) en la orilla izquierda se caracteriza por su separación en dos: una conexión a la cota inferior del paso inferior (372.00 m) y uno a la cota del muelle y del puente de Mont-Blanc. Además que conectar las orillas, la pasarela se conecta al puente existente. Esta simple unión quiere aumentar la versatilidad y la función “conectora” de la pasarela peatonal, consintiendo, si necesario, cambios de recorridos (en bicicleta o andando) y sobre todo evitando que por un largo trozo la comunicación de los dos ejes de recorrido paralelos dedicados a la movilidad dulce sea del todo excluida.

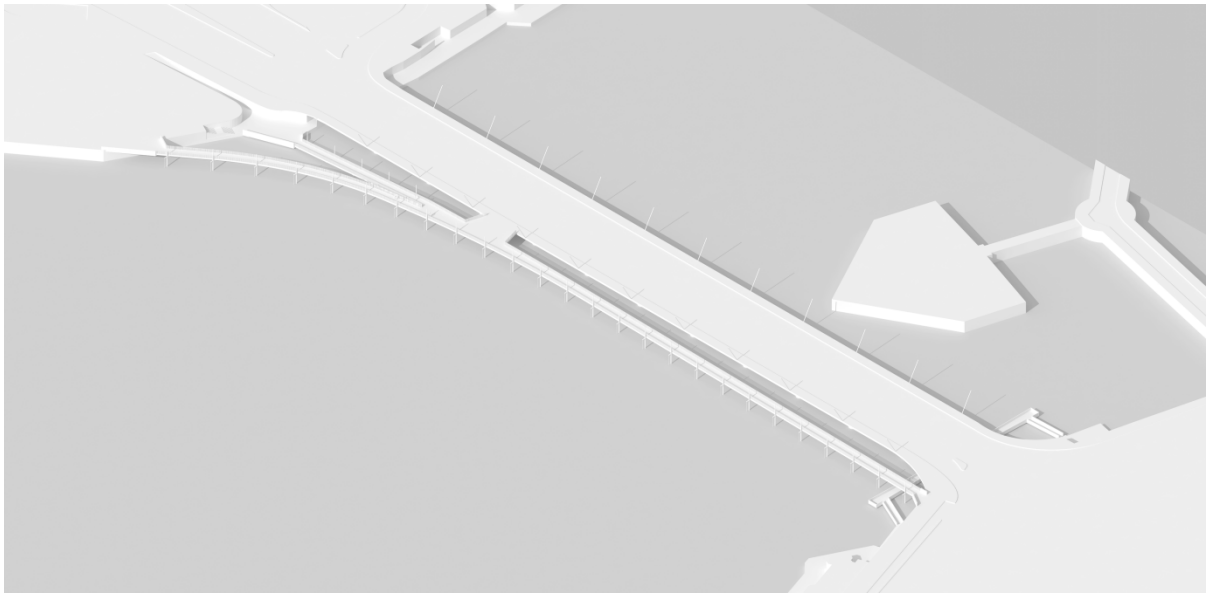


Fig.12 – Axonometría del Pont de Mont-Blanc junto a la nueva pasarela

Respeto a la forma del trazado la pasarela no se presenta como una línea recta que mas brevemente conecta dos puntos, si no que como un trazado que conecta los elementos urbanos que rodean el sitio. El trazado no perfectamente paralelo al puente de Mont-Blanc y levemente arqueado busca la fusión con el puente en un único sistema armonizado. La concavidad acentúa la condición de confine del lago, en continuidad con la orilla izquierda. El fortalecimiento del vinculo con el agua se ha alcanzado mediante dos decisiones esenciales: la primera gracias a la disposición de la ampliación de forma independiente a una distancia de 4-8 metros del puente existente, la segunda concerniente al carácter de ampliación imaginado con una estructura más cercana a un embarcadero que a un verdadero puente. Se prevé además una iluminación baja y continua, integrada en el pasamanos a valle, y a otra puntual situada su cada palo de sustentamiento de las ménsulas.

1.5.3 La estructura portante

En línea con la ampliación del 1965 la orientación principal de la estructura se ha puesto en dirección transversal y realizada a través de ménsulas colocadas en posición no alineada a las pilas del puente existente, en modo de preservar las pilas originales (1862) y distinguir las nuevas ménsulas de aquellas realizadas en el 1965. Disponiendo de apoyos a una distancia de aproximativamente 5 metros respecto a las pilas existentes, el nuevo puente presenta unos tramos de la mitad respecto a la estructura existente y asume un carácter modesto y jerárquicamente correcto. Entrando en detalle de la construcción se observa como el empotramiento de la ménsula, obtenido por un puntal y un tirante, se liga al puente original del 1862 proponiendo unas pilas sobresalientes respecto a la losa. Como mencionado antes, en correspondencia de la conexión entre la pasarela y el puente existente la unión de las dos estructuras hacia la entera longitud llevaría una completa rotación de las vigas principales del puente desde el sentido longitudinal hacia aquello transversal.

El proyecto de la nueva pasarela trata de un puente peatonal de aproximativamente 300 metros de longitud partido en 25 tramos y una rampa secundaria (siempre peatonal) de aproximativamente 60 m partida en 6 tramos con ejes planometricos levemente curvados ambos con un ancho constante de 3 m. La losa resiste a las cargas verticales en forma de viga Gerber con apoyos regulares con distancia de acerca 11 m y cernieras dispuestas en modo de poder optimizar las solicitaciones resultantes. Los empujes horizontales son absorbidos según un modelo de viga continua con apoyos elásticos sobre las pilas y con apoyos fijos a las espaldas y en correspondencia de la conexión con el puente existente.

Las pilas están constituidas por una ménsula, un puntal y un tirante. Trabajando según el principio de la leva, la ménsula sostiene la losa activando el tirante y trasmitiendo las cargas al puntal dispuesto en el fulcro. Aprovechando de la invariancia de la configuración de la carga la ménsula recalca el polígono funicular y se propone como elemento característico del nuevo puente. Las espaldas de la pasarela son dispuestas detrás del muro de contención del rio y conectadas a la estructura mediante un voladizo. La conexión entre los dos puentes se obtiene a través dos vigas portantes entre la losa del puente existente y los palos de fundación del nuevo puente. Las solicitaciones a compresión y a tracción resultantes en los puntos de apoyo de las ménsulas son tomadas respectivamente por los puntales y los tirantes.

1.5.4 Los materiales empleados

Por las diferentes partes de la obra el material de construcción ha sido elegido según reflexiones contextuales y aspectos estáticos, funcionales, de montaje y económicos. La losa está constituida por una estructura en madera maciza compuesta por vigas primarias de sección rectangular en dirección longitudinal, hecha monolítica mediante una estructura secundaria de viguetas en madera sintética en dirección transversal, continua con las barandillas de la pasarela. Las pilas de la pasarela (ménsulas, puntales y tirantes) están previstas en acero, mientras los apoyos son de hormigón armado. Por lo que concierne las cimentaciones (palos) los materiales serán definidos en función de la economicidad de diferentes sistemas constructivos en comercio.

1.5.5 El procedimiento constructivo

El sistema de construcción de la pasarela ha sido determinado por el funcionamiento estructural de las distintas componentes y por las características de los materiales empleados. En una primera etapa se prevé la puesta en obra de la sota-estructura: palos, tirantes y espaldas del puente. Sucesivamente se prevé el montaje a través de balsa o grúa de la carpintería metálica (tirante, palo de apoyo y ménsula). En fin la losa (partes en madera) podrá ser instalada autónomamente de una plataforma flotante o procediendo en proyección de las espaldas del puente.

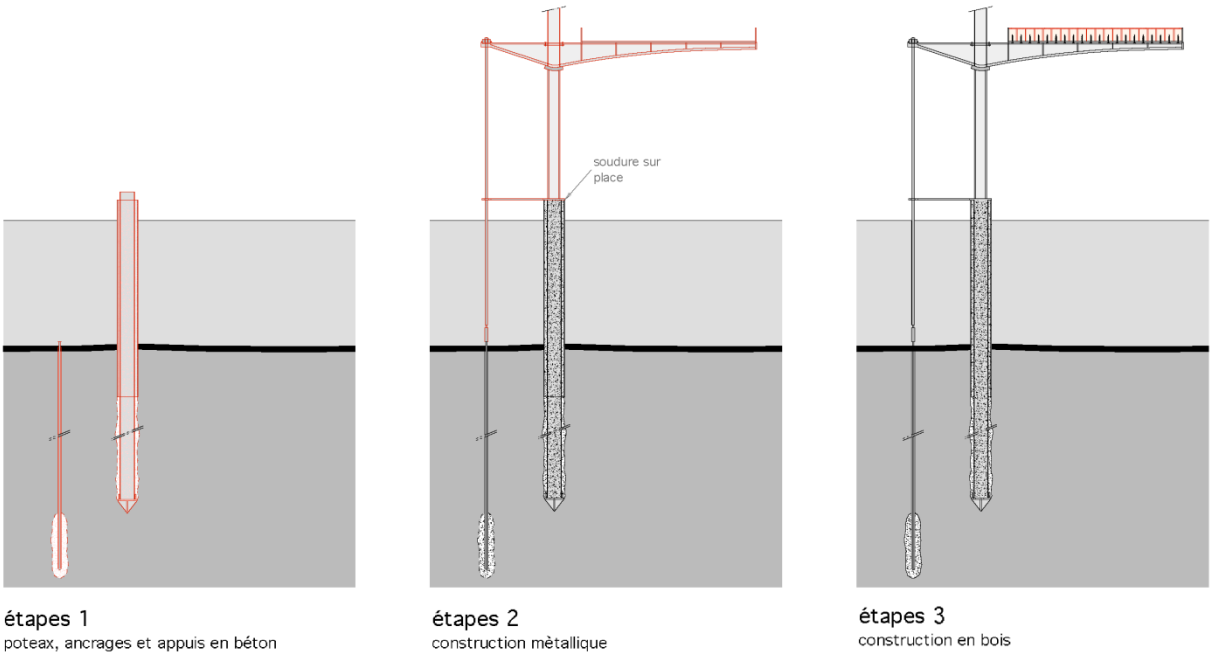


Fig.13 – Etapas de montaje de la pasarela

1.5.6 Aspectos económicos

La economicidad de la estructura propuesta es intrínseca a la elección de los materiales y a la ausencia de cualquier elemento si fin estructural. Particularmente relevante es el utilizo de la madera como material de construcción de la losa que permite una fuerte reducción de las cargas a beneficio del comportamiento dinámico, de la sota-estructura, de la manutención y ofreciendo también la posibilidad del reflujo de las aguas meteorológicas directamente en el rio.

1.6 Normativa vigente aplicable, métodos de análisis estructural y resumen de los resultados

Las normas aplicables para el cálculo del proyecto son las normas suizas de SIA 260 a SIA 267 actualmente en vigor, relativas a las estructuras portantes y a los materiales de construcción.

Se consideran tres modelos de cargas aplicables:

- El modelo de carga 1 representa el caso de una fuerte aglomeración de personas sobre la construcción. Se admitirá que su efecto es lo de una carga uniformemente repartida de un valor característico q_k = 5 kN/m^2 que actúa en la posición más desfavorable.
- El modelo de cargas 2 describe las solicitaciones locales provenientes de los vehículos de mantenimiento ligeros. Dichas solicitaciones se representan por una carga concentrada de valor característico Q_k = 10 kN donde la superficie de aplicación corresponde a un circulo de 0.11 m de diámetro.

- El modelo de carga 3 describe las solicitaciones locales accidentales proveniente de un impacto de una embarcación y se representa por una carga concentrada de valor característico Q_k = 900 kN en la posición más desfavorable. En este caso no se tiene que garantizar el servicio de la estructura, considerando la posibilidad de una reconstrucción total o parcial de los elementos afectados por el accidente.

El método de análisis estructural aplicado es el método estático para la comprobación de resistencia de las secciones y para el control de las deformaciones. Siendo las pasarelas peatonales estructuras muy ligeras y esbeltas, resulta necesario averiguar también el fenómeno oscilatorio, comprobando el valor de las frecuencias propias en las direcciones principales. En el anejo G (anejo de cálculo de la estructura) se muestra el cálculo detallado de la estructura según la normativa SIA 260/267, realizado también a través del programa de cálculo Axis VM9.

Abajo los resultados del diseño y de las comprobaciones obtenidas.

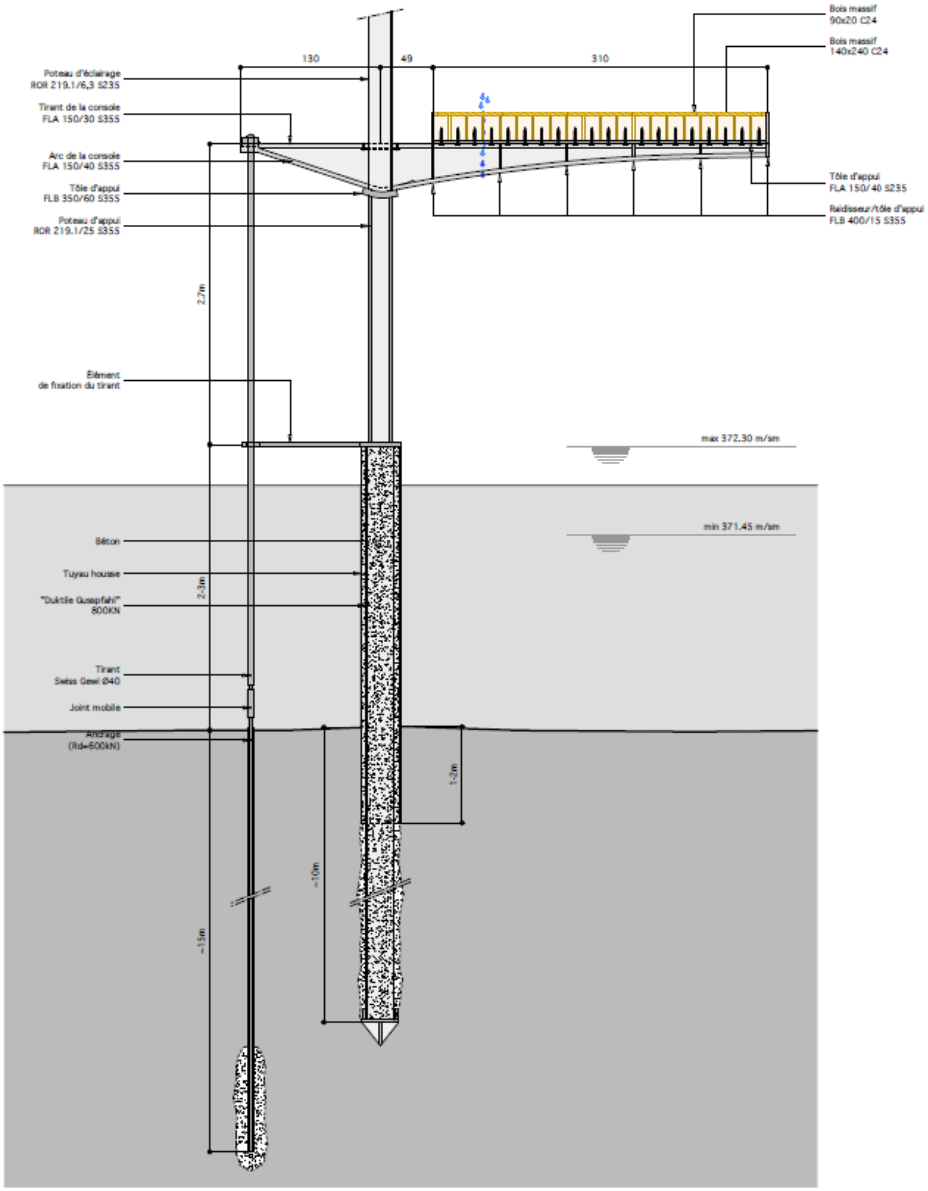


Fig.14 – Estructura de la pasarela

Como se observa de los resultados del Anejo G – Anejo de cálculo de la estructura – el dimensionado de la pasarela sigue principalmente problemas de deformaciones y de vibraciones más que el fenómeno de la resistencia. Este comportamiento resulta del todo normal, en cuanto las pasarelas peatonales suelen ser elemento muy ligeros con tendencia a deformarse y a oscilar, sobre todo en presencia de voladizos.

En la siguiente tabla se resumen los resultados del cálculo de los principales elementos analizados más en detalle en el Anejo G:

Elemento	**Solicitaciones y resistencias**	**RATIO [%] $M_{d,max}/M_{Rd}$**
Losa de madera C24	$M_{d,max}$ = 105 kNm M_{Rd} = 120 kNm	88 %
Ménsula en acero S355	$M_{d,max}$ = 577 kNm M_{Rd} = 1480 kNm	39 %
Columna en acero S355	$N_{d,max}$ = 779 kNm N_{Rd} = 976 kNm	80 %
Tirante en acero S355	$N_{d,max}$ = 489 kNm N_{Rd} = 537 kNm	91 %

Deformación máxima obtenida:	**Deformación máxima admisible:**
17,46 mm	17,67 mm

	Modelo de carga 1 [Hz]	**Modelo de carga 2 [Hz]**	**Limite por normativa [Hz]**
Dirección vertical	4,62	7,98	f > 4,5 f < 1,6
Dirección transversal	1,85	3,03	f > 1,3
Dirección longitudinal	1,16	1,87	f > 2,5

Fig.15 – Resumen de los resultados de calculo

Observando el ratio entre la resistencia de la ménsula y las solicitaciones, el valor es del 39%, mientras las deformaciones efectivas son muy próximas a las deformaciones admitidas. Este caso vale solo para la ménsula, siendo obviamente el único elemento que trabaja en voladizo y por lo tanto sujeto a grandes deformaciones y oscilaciones. Los otros elementos resultan bien calibrados entre el control de las deformaciones y de resistencia.

Las comprobaciones de resistencia estructural, deformación y vibración resultan de todas formas respectadas según la vigente normativa SIA.

1.7 Seguridad y salud

Las medidas especificas destinadas a garantizar la seguridad y la tutela de la salud de los trabajadores en la obra tienen que ser antes planificadas y luego coordenadas durante la ejecución de los trabajos. La coordinación de las medidas está normada por el artículo 9 de la Ordenanza sobre la prevención de los infortunios y de las enfermedades profesionales (OPI). Según dicha ordenanza los empleadores de trabajo que participan a la construcción de una obra tienen que establecer conjuntamente las medidas de protección necesarias. El artículo 3 de la Ordenanza sobre los trabajos de construcción explica concretamente en que consiste dicha obligación.

Obligaciones del empleador de trabajo (emprendedor)

Antes de cerrar el contrato el empleador debe averiguar las medidas de protección necesarias. Debe asegurarse que las medidas propias a la obra sea integradas en el contrato de adjudicación. Las medidas de protección ya disciplinadas con otro emprendedor tienen que ser mencionadas en el contrato de adjudicación. Si el empleador delega la ejecución de los trabajos a una empresa exterior, el tiene que asegurarse que la empresa cumpla las medidas de protección previstas en el contrato.

Participación del director de obra

La Ordenanza no prevé una obligación específica para la dirección de obra en materia de planificación y coordinación de las medidas propias a la obra. No obstante, también la dirección de obra tiene que participar a garantizar la seguridad en el entorno laboral. Según el artículo 34.3 de la norma SIA 118 la dirección de obra debe ocuparse de la coordinación de los trabajos en todas las empresas constructoras involucradas en la obra de construcción. Las empresas tienen que adoptar medidas necesarias para prevenir los infortunios y tutelar la salud de los trabajadores y en esto son coadyuvadas de la dirección de obra, que representa el comitente. En la base del artículo 229 del Código Penal suizo, en caso de infortunio la dirección de obra puede tener que responder al ocurrido, si en la dirección o en la ejecución de trabajos no han sido observadas las normas técnicas de construcción.

El Plano de seguridad y salud en la obra (PSSC)

Los empleadores tienen que garantizar la seguridad y la salud de sus dependientes y por lo tanto la ley les impone la individuación de los peligros en los sitios de trabajo y la adopción de medidas de protección y de varias medidas, a través del Plano de seguridad y salud en la obra (PSSC). Dicho Plano es de fundamental importancia en cuanto:

- Permite una planificación sistemática y global de las medidas de seguridad
- Permite de ahorrar tiempo
- Simplifica la coordinación entre las distintas empresas. Los trabajos de cada día son agrupados en un fichero Excel y coordenados entre ellos
- Contiene numerosos links de interés y instrumentos de trabajo
- Siendo un instrumento flexible, permite de ser adaptado en pocos instantes con el continuo cambio de adelantamiento de la obra.

Los destinatarios de dicho documento son los directores de obras, jefes de proyecto, los directores técnicos, los emprendedores y los jefes de equipos.

En el anejo H - Anejo de estudio de seguridad y salud – se muestra dicho documento para el caso de estudio considerado.

1.8 Conclusiones

El concurso de proyecto de una pasarela peatonal ciclable de la bahía de Ginebra (Suiza) fue anunciado por el departamento de construcción y de desarrollo de la ciudad con el fin de mejorar la circulación de ciclistas y peatones. Debido a su centralidad publica, la nueva pasarela debía ofrecer una infraestructura de calidad a medida del valor urbano y arquitectónico.

El sitio en concurso ofrece la primera posibilidad de cruzar el curso de agua con el puente de Mont-Blanc, donde todos los elementos emblemáticos que forman la imagen tradicional de la ciudad se encuentran. Siendo el eje principal de conexión entre las dos orillas del lago, el puente soporta cotidianamente un importante tráfico motorizado de 72’000 vehículos por día. Constituido por seis vías reservadas a la circulación, ninguna de esta está reservada por el trasporte público.
Como respuesta a una situación actual no satisfactoria, en la cual peatones y ciclistas ocupan sin distinción las aceras del puente de Mont-Blanc, se anunció el concurso de una pasarela dedicada a la circulación peatonal y ciclable que sea de fuerte atractiva y permita desplazamientos cotidianos seguros.

Con este fin se propone una pasarela que se entienda como un dispositivo capaz de crear el máximo grado de conexión y unión de las dos orillas. Su trazado no se presenta como una línea recta que mas brevemente conecta dos puntos, si no que como un trazado que conecta los elementos urbanos que rodean el sitio. El trazado busca así la fusión con el puente de Mont-Blanc y el curso de agua con un único sistema armonizado: la concavidad acentúa la condición de confine del lago y al mismo tiempo se conecta al puente.
Para incrementar la superficie actual del puente, reforzar el légame con el agua y respectar el desarrollo en dirección transversal de la estructura portante, en un intento de ligereza, se ha diseñado una estructura constituida por una ménsula, un puntal y un tirante. Trabajando según el principio de la leva, la ménsula sostiene la losa activando el tirante y trasmitiendo las cargas al puntal dispuesto en el fulcro.
El material de construcción, como el sistema de construcción, ha sido elegido y determinado según reflexiones contextuales, funcionales, el funcionamiento de las distintas componentes, de montaje y económicos. El resultado es sin duda una estructura muy económica, gracias a la elección de los materiales y a la ausencia de cualquier elemento sin fin estructural; en particular el utilizo de la madera permite una fuerte reducción de las cargas. Todos los elementos resultan bien calibrados entre el control de las deformaciones y de resistencia.

En fin, como al momento de la realización y de las sucesivas fases de rehabilitación y ampliación del puente de Mont-Blanc, el diseño de la nueva pasarela ha propuesto un intenso debate entre arquitectura y ingeniería.

2. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas están definidas por las siguientes normativas:

- SIA 118/262: hormigones
- SIA 118/263: acero
- SIA 118/265: madera

2.1 Armadura a utilizar en hormigón armado

Los aceros para armaduras cumplirán las condiciones especificadas en la SIA 118/263. Se emplearán, en todos los casos, aceros especiales corrugados de alta resistencia. Su límite elástico será igual o superior a 450 MPa. El alargamiento a la rotura, medido sobre la base de cinco diámetros, será superior al 14%. A la llegada a la obra de cada partida se realizará una toma de muestras y, sobre éstas, se procederá a efectuar el ensayo de plegado, doblando las barras de 180 grados sobre otra base de diámetro doble y comprobando que no se aprecian fisuras ni pelos en la barra plegada. La dirección de obra determinará las series de ensayos necesarios para la comprobación de las características anteriormente reseñadas.

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes cumplirán lo establecido en la SIA 118/263 y serán del tipo de mallas corrugadas.

2.1.1 Condiciones de medida y abono

Se abonará por kilogramos (Kg), según el precio correspondiente del Cuadro de Precios, deducidos a partir de las longitudes y sección teórica, obtenida del diámetro nominal, de las barras mostradas en los planos. Este precio comprende los elementos necesarios para el sostenimiento de las barras en su posición de proyecto y otros elementos rigidizadores, separadores, cuñas, equipos, operaciones, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutarlos, que en ningún caso serán de abono aparte. No se añadirá ningún incremento por atados, recortes, solape, etc. porque se consideran incluidos en el precio unitario.

2.2 Hormigones

En todo lo que se refiere a hormigones estructurales será de aplicación la SIA 118/262 CGC. Tipo Resistencia Característica C28/35 MPa. Se entiende por resistencia característica la definida en la SIA 118/262, debiendo realizarse los ensayos de control que se indican en esta. La rotura de probetas se hará en un laboratorio designado por la dirección de obra según las especificaciones que éste considere oportunas.

La densidad o peso específico que deberán alcanzar todos los hormigones no será inferior a 2,40 t/m^3 y si la media de seis probetas, para cada elemento ensayado, fuera inferior a la exigida en más del 2%, la dirección de obra podrá ordenar todas las medidas que juzgue oportunas para corregir el defecto, rechazar el elemento de obras o aceptarlo con una rebaja en el precio.

No se utilizará ningún aditivo que no haya sido previamente aprobado por el director de obra. No se admitirán otras juntas de hormigón que los especificados en los planos. La colocación del hormigón de todos los elementos se hará con motobomba de hormigonar. No se podrá utilizar otro sistema sin la autorización expresa del Director de Obra.

Para el control de la consistencia serán preceptivas las especificaciones de la SIA 118/262, realizándose una comprobación de consistencia por cada amasada. Los ensayos previos del hormigón se harán de acuerdo con lo indicado en la citada norma. El control de resistencia del hormigón se realizará de acuerdo con las prescripciones de la SIA 118/262, realizándose un ensayo de resistencia con una serie de 6 probetas cada uno, con rotura a 7 y 28 días.

Serán de aplicación para los ensayos del hormigón las siguientes:

- Determinación de la consistencia del hormigón fresco mediante la prueba de asiento;
- Análisis granulométrico de los áridos;
- Toma de muestras de hormigón fresco;
- Fabricación, conservación y rotura de probetas de hormigón;
- Obtención de probetas de hormigón in situ, conservación y rotura de las mismas.

2.2.1 Condiciones de medida y abono

La medida y abono se hará por metros cúbicos (m^3) obtenidos a partir de las dimensiones teóricas obtenidas de los planos y el abono se hará por aplicación a estas del precio correspondiente en el cuadro de precios. En este precio quedan incluidos todos los materiales y también los aditivos, si el director de obra considera oportuno utilizarlos, así como todos los elementos necesarios para la fabricación, la puesta en obra y el curado del hormigón. Se considera también incluido en el precio el coste de utilización de la motobomba para la colocación del hormigón. El hormigón de los pilotes de cimentación se considera incluido en la unidad de obra correspondiente.

2.3 Pilas de hormigón armado realizados in situ

Las prescripciones técnicas están definidas por la normativa SIA 118. Las pilas de cimentación están constituidas por un tubo de acero inoxidable de 250 mm de diámetro fijado en el suelo y rellenado de hormigón. Para su realización se clava primero en el suelo hasta alcanzar la cota prevista en el proyecto y posteriormente se procederá al vertido del hormigón y seguidamente a su descabezado.

2.3.1 Condiciones de medida y abono

La medida y abono se hará por metros lineales (m) realmente ejecutados en contar desde la punta hasta la cara inferior del encepado, a los que se les aplicará el precio correspondiente en el cuadro de precios. Este precio incluye la parte proporcional del sobrecoste debido al exceso de longitud originado, los excesos respecto a los valores teóricos de consumo de hormigón, la utilización de taladro para atravesar zonas de roca, así como todos los medios auxiliares necesarios para la completa instalación de la unidad de obra.

2.4 Encofrados

Se ejecutarán según la SIA 118. En el presente proyecto se consideran dos tipos de encofrado. Los encofrados ocultos podrán ser de madera o metálicos. Para hechos con madera, se permitirán seis posturas, y se puede ordenar antes su retirada si el estado que presentan no es aceptable, a juicio del director de obra. Se podrán utilizar tablas o tablones sin cepillar, de anchos y de longitudes no necesariamente uniformes. Los encofrados de superficies ocultas se utilizarán en los zapatos de las cimentaciones de las espaldas de la pasarela y en los paramentos de los muros que estarán en contacto con el terreno o con el agua. Los encofrados de superficie vista serán especialmente cuidados, de madera machihembrada de primera calidad. La madera a utilizar en forma de tabla o tablón en estos encofrados, será previamente encuadrada y pulida.

2.4.1 Condiciones de medida y abono

Se medirá por metros cuadrados de superficie de hormigón obtenida de los planos. El precio incluye la parte proporcional de formación de juntas de retracción y juntas de dilatación, que no se abonarán aparte. El abono se realizará a los precios indicados en el Cuadro de Precios. El precio incluye todos los cimbras, apuntalamientos, apeos y elementos auxiliares necesarios para garantizar la estabilidad del encofrado. La ejecución de la unidad incluye las operaciones de proyecto y cálculo resistente del encofrado, construcción y montaje del encofrado y desencofrado. Se considerará también incluido en el precio la formación de vierteaguas con berenjenos en los lugares indicados en los planos y en todos aquellos lugares en que la dirección de obra considere que sean convenientes.

2.5 Acero laminado para estructuras metálicas

Los aceros inoxidables tendrán un contenido mínimo para su alta resistencia a la corrosión de:

- Cromo: 18%
- Níquel: 8%
- Molibdeno: 2%

El tipo a emplear, de acuerdo con la nomenclatura de las normas SIA, es el S355. El acabado de su superficie está en acuerdo con la norma SIA 118/263. Los electrodos empleados para la soldadura cumplirán las especificaciones de las normas SIA 118/263 y los operarios que realicen estas soldaduras deberán estar homologados por el Instituto de formación de la asociación suiza de soldadura (ASS).

Las chapas y perfiles deberán disponer de un certificado de control con indicación del número de colada y características químicas y mecánicas demostrativas de su tipo, entre las que se incluirá la resiliencia. Las tolerancias geométricas de suministro cumplirán lo previsto en las normas para chapas y perfiles. Los materiales de aportación (electrodos, hilos, etc.) tendrán características iguales o ligeramente superiores a las del material de base, incluida resiliencia (tenacidad).

Con anterioridad a la fabricación de la estructura metálica, el contratista comprobará el replanteo de las estructuras de hormigón de apoyo de ésta, midiendo luces y distancias

relativas, y ajustará luego la fabricación y montaje a las dimensiones reales de la obra. A partir de la información del proyecto el contratista preparará, a partir de la información del proyecto, planos de taller que deberán ser aprobados por la dirección de obra. Cuando en los planos de proyecto no estén definidos algunos aspectos (tamaño de los cordones de soldadura, preparación de bordes, etc.) el contratista podrá definirlos según su criterio, señalando claramente en los planos de taller cuáles son las definiciones que ha hecho para que sean aprobadas por la dirección de obra.

En cada una de las piezas preparadas en el taller se marcará con pintura o lápiz graso la identificación con la que se ha designado en los planos de taller para el armado de los diferentes elementos en taller o en obra. No se utilizará el punzón para este fin. El conformado y enderezado de las piezas previos a las operaciones de soldadura se harán en frío con prensa o máquina de rodillos. No se admitirá realizar esta operación después del proceso de soldadura sin la autorización de la dirección de obra que podrá decidir su aceptación o no y la necesidad de hacer un tratamiento de eliminación de tensiones y de inspección de defectos en la zona soldada después del proceso de conformado. No se admiten otros empalmes que los señalados en los planos del proyecto o de taller, después de su aprobación. En taller se hará un montaje de las piezas antes de su transporte a obra.

Todos los procesos de soldadura y de su levantamiento y reparación de zonas para soldadura, serán objeto de un procedimiento con indicación de las características del material de aportación, preparación de bordes y parámetros previstos en el ASS, incluyendo las temperaturas de precalentamiento entre pasadas y el calor de aportación. El procedimiento deberá ser homologado según esta norma.

Las piezas de acero tipo S355 no necesitan ninguna protección. Para asegurar que el proceso de pasivación del acero se hace de una manera uniforme, una vez finalizados todos los trabajos de montaje y soldadura de taller se aplicará a todas las superficies vistas un chorro de arena hasta el grado 2 ½.

La tornillería necesaria será en acorde con la normativa SIA 118/263, calidad de acero 6.8, tratamiento galvanizado en caliente.

2.5.1 Condiciones de medida y abono

El abono de las estructuras metálicas se hará aplicando el precio correspondiente del cuadro de precios en kilogramos de chapas y perfiles. La medición se hará según los planos de proyecto y no se admitirán incrementos de peso para tolerancias de laminación, despuntes, soldaduras, elementos o estructuras auxiliares para la fabricación y montaje (incluso las necesarias para la estabilización). Tampoco serán de abono los incrementos de peso motivados por la sustitución de cualquier elemento (chapa, perfil) marcado en el proyecto, por otro de peso superior. En el precio se incluyen todos los trabajos necesarios para dejar la estructura metálica totalmente terminada y colocada en obra según el proyecto. Se incluyen, pues, en este los materiales de base, los trabajos de oficina técnica, la fabricación, el transporte, permisos especiales de cualquier tipo, el montaje, la protección superficial (rayo de arena y pintura), la mano de obra, el suministro de energía eléctrica, la maquinaria y medios auxiliares (grúas, andamios, torres de apeo, trabas, tirantes, etc.) que requiera cada operación. También se incluye en el precio la preparación del terreno, la realización de los accesos y la ejecución de obras civiles auxiliares (como pueden ser

fundamentos para estructuras provisionales), necesarios para la ejecución del trabajo. También se incluye la total retirada de estos hasta dejar el lugar en situación igual a la del inicio de las obras o en su defecto, tal como indique la dirección de obra. En caso de que el montaje requiera cálculos específicos para garantizar, durante el montaje, la estabilidad de cualquier elemento, el contratista deberá presentar los cálculos firmados por un técnico competente en materia, para la aprobación por parte de la dirección de obra.

2.6 Madera maciza

La empresa adjudicataria del suministro de madera maciza se someterá a controles de calidad internos y externos. Según la norma SIA 118/265 el control de calidad externo consta en el control del diseño, producción y fabricación, mientras el control de calidad interno implica ensayos y la realización de un archivo de registros de fabricación. Los ensayos de flexión y por cortante certifican que el tipo a emplear, de acuerdo con la nomenclatura de las normas SIA, es el C24. En el registro será necesario indicar la especie, la calidad, las características físico/mecánicas, las dimensiones, el peso y el contenido de humedad.

2.6.1 Condiciones de medida y abono

El abono se hará aplicando el precio del cuadro de precios a los metros cúbicos (m^3) realmente ejecutados, medidos de acuerdo con las secciones tipo señaladas en los planos.

2.7 Pavimento de tarima tecnológica

Pavimento de tarima tecnológica de madera de pino o roble procedente de limpieza de bosques prensada en matriz polimérica en lamas macizas de 138x20 mm colocado con grapas de acero inoxidable sobre latas de madera de pino tratado al autoclave 70x30 mm, totalmente instalado en obra. Este cumplirá las siguientes especificaciones europeas:

- Antideslizante: Norma DIN51097
- Resistencia al agua: Norma NF317
- Dureza, resistencia al rayado: Norma NF EN 685. Clases 23,33,34,42 y 43.
- Resistencia al fuego: Norma UNE 13.823
- Resistencia a las termitas: Norma NF EN 118
- Resistencia a los hongos: Norma NF EN 335
- Resistencia al envejecimiento: Norma NF EN 321

2.7.1 Medición y abono

El abono se hará aplicando el precio del cuadro de precios a los metros cuadrados (m^2) de pavimento realmente ejecutados, medidos sobre plano.

2.8 Alumbrado publico

Será de aplicación la norma SIA 380/4. Serán también de obligado cumplimiento las normas y costumbres particulares de la empresa suministradora, así como la legislación que sustituya, modifique o complete dichas disposición, así como la nueva legislación aplicable, que se promulgue con anterioridad a la contratación de la presente obra. El contratista se obliga a mantener con la empresa suministradora el contacto necesario, por medio del técnico encargado, para evitar criterios diferentes y posteriores complicaciones.

2.8.1 Permisos, Licencias y dictámenes.

El Contratista deberá obtener los permisos, visados, licencias y dictámenes necesarios para la ejecución y puesta en servicio de las obras, y también deberá abonar todos los cargos, tasas e impuestos, que se deriven de su obtención así como el visado del proyecto de alumbrado público, por el colegio profesional correspondiente. El Contratista también deberá abonar todos los gastos necesarios para la obtención de la aprobación previa del proyecto y la autorización de puesta en servicio.

2.8.2 Materiales

Antes de instalar cualquier material, se deberá presentar lo siguiente:·

- Báculos y columnas: certificados y planos con todas las características del soporte (medidas, espesores, tipos de acero, características del galvanizado, etc.) que figuren en el plano de proyecto;
- Luminarias: certificados y catálogos con dimensiones y características de todos los elementos que componen la luminaria;
- Luces: certificados y catálogos con las características más importantes, concretamente medidas, vida media, % de FHS y flujo luminoso;
- Equipo de encendido: certificados y catálogos con las características técnicas propias;
- Cables: protocolo de ensayo de los cables a emplear, firmado por los fabricantes;
- Tubos y canalizaciones: catálogos del fabricante con los tipos de materiales, espesores y resistencia. La totalidad de los documentos que se entreguen deberán ir identificados por el fabricante, instalador o persona cualificada, con mención expresa de la obra donde van destinados.

2.8.3 Medición y abono

- Cables y canalizaciones: al precio asignado por metro lineal (ml) queda comprendido el coste de todas las operaciones de adquisición, transporte, acarreo y colocación de los cables o las canalizaciones, así como la retirada y el abono de las bobinas correspondientes.
- Puntos de luz: se define la unidad de punto de luz como el conjunto de columna, luminaria cerrada completa, equipo de encendido en alto factor, luz, panel de conexión, cables de conexión desde el panel hasta la luminaria así como su puesta a tierra de todo el conjunto. También se incluye la pica de tierra, así como accesorios y otros elementos necesarios para su correcto funcionamiento. Se medirá por unidad (unidad) terminada y comprobada.

- Centros y cuadros de maniobra: se prevé la instalación de un nuevo cuadro. El precio incluye el suministro e instalación de todos los elementos necesarios para la conexión y puesta en funcionamiento del alumbrado del proyecto.

2.8.4 Pruebas para la recepción de las obras

Para la recepción provisional de las obras, una vez terminadas, la dirección de obra procederá, en presencia de los representantes del contratista, a efectuar los reconocimientos y ensayos, que se consideren necesarios, para comprobar que las obras han sido ejecutadas de acuerdo con el proyecto, según los órdenes de la dirección de la obra y las modificaciones que hayan sido autorizadas. La parte contrata deberá llevar los aparatos necesarios para hacer las mediciones. No se recibirá ninguna instalación eléctrica que no haya sido probada con su tensión de servicio normal y demostrado su perfecto funcionamiento. Previo a la recepción de las obras la propiedad deberá tener en su poder todos los documentos necesarios para la inmediata conexión de todas instalaciones.

2.8.5 Reconocimiento de las obras

Antes del reconocimiento de las obras el contratista retirará de las mismas todos los materiales sobrantes, restos, embalajes, bobinas de cables, medios auxiliares, basuras, etc. Se comprobará que los materiales coinciden con los admitidos por el técnico encargado en el control previo, que corresponden con las muestras que ya tenía, y que no están deteriorados en su aspecto o funcionamiento. Igualmente, se comprobará que la construcción de las obras de fábrica, la realización de las obras de tierra y el montaje de todas las instalaciones eléctricas hayan sido ejecutadas de forma correcta, acabadas y remates completamente

2.8.6 Ensayo de las instalaciones de alumbrado público

- Caída de tensión: con todos los puntos de luz conectados se medirá la tensión. La caída de tensión, en cada ramal, no será superior al tres por ciento (3%) del existente en el centro demando;
- Aislamiento: el ensayo de aislamiento se realizará para cada uno de los conductores conectados al neutro, puesto a tierra o entre conductores activos aislados;
- Protecciones: se comprobará que la intensidad nominal de los diferentes fusibles sea igual o inferior al valor de la intensidad máxima del servicio del conductor protegido;
- Línea de tierras: se medirá la resistencia a tierra en cada punto, que no deberá ser superior a 10 ohmios;
- Equilibrio entre fases: también se medirán las intensidades en cada una de las fases, debiendo existir el máximo equilibrio entre ellas.
- Identificación de fases: se comprobará que el panel de control y todos aquellos a los que se realizan conducciones, los conductores de las diversas fases y el neutro, si los hubiese, sean fácilmente identificados por su color.
- Iluminación: se comprobará con luxómetro que los resultados obtenidos sean iguales o superiores a los previstos en el proyecto.

3. Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto para la puesta en obra de la nueva pasarela. Los precios indicados son en francos suizos (CHF). Al día de hoy, para poder entender dichos precios no solo en francos suizos si no que también en euros, se considere 1 CHF = 0,80 €.

FASE 1				
U		Cantidades	Precio	Importe
	TRABAJOS PREPARATORIOS			**286,760**
%	Instalaciones generales de la obra	122,000	0.08	9,760
p	Desplazamiento embarcadero de Jardin Anglais	1.00	95,000	95,000
p	Demolición embarcadero de Baromètre	1.00	17,000	17,000
p	Supresión pilas de choque	1.00	10,000	10,000
p	Desplazamiento servicios y alimentación embarcadero	1.00	155,000	155,000
	ESTRUCTURA			**1,148,402**
%	Instalaciones generales de obra	1,063,335	0.08	85,067
m^3	Estructura de la losa de la pasarela	250	1,500.00	375,000
ml	Barandillas a monte	340	250.00	85,000
ml	Barandillas a valle	340	250.00	85,000
kg	Estructura en acero S355	60,000	7.00	420,000
m^3	Hormigón armado C28/35	150	160.00	24,000
kg	B450C	22,500	2.35	52,875
m^2	Encofrados superficies no visibles	176	110.00	19,360
p	Tornillería y anclajes	1	2,100.00	2,100
	CANALIZACIONES, CONDUCTAS			**5,940**
%	Instalaciones generales de obra	5,500	0.08	440
p	Bolsas	22	250	5,500
	CALZADAS, CARRILES			**253,368**
%	Instalaciones general de obra	234,600	0.08	18,768
m^2	Mejora de la acera existente	780	170	132,600
m^2	Revestimiento de la nueva pasarela en tarima tecnológica	1,020	100	102,000
	SERVICIOS (OBRAS CIVILES)			**187,920**
%	Servicios varios	174,000	0.08	13,920
p	Señalización de circulación	1	7,000	7,000
p	Servicios orilla derecha	1	55,000	55,000
p	Servicios orilla izquierda	1	60,000	60,000
m^2	Modificación de la rampa	100	400	40,000
p	Demolición de la acera en la orilla derecha	1	5,000	5,000
p	Tala árbol y reposicionamiento	1	2,000	2,000
p	Dislocamiento de un candelabro	1	5,000	5,000

	TRABAJOS LACUSTRES			383,400
%	Instalación general de obra	355,000	0.08	28,400
ml	Pilas de la pasarela	400	150	60,000
ml	Tirantes de la pasarela	450	100	45,000
p	Tablestacas	1	250,000	250,000

	EQUIPOS DE FUNCIONAMIENTO			268,200
p	Adaptación del alumbrado público del Puente de Mont Blanc	13	2,000.00	26,000
p	Fornitura y puesta en obra de las nuevas farolas	34	5,000	170,000
m	Alimentación del puente de Mont Blanc	340	25	8,500
p	Incremento por calidad superior	34	1,000	34,000
p	Servicios varios de iluminación	1	5,700	5,700
p	Suportes banderas	12	2,000	24,000

Ejecución material	**2,533,990**
Honorarios (25%)	633,497
Costes imprevistos (13%)	329,419
Seguridad y salud (2,5%)	63,350
Total contratación	**3,560,256**
IVA (8%)	284,820
Total licitación	**3,845,076**