PUENTE SOBRE EL RÍO MAPOCHO

ARTÍCULO 157.- Permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales. El permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales, será el establecido en los incisos 1º y 2º del artículo 171 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas. El requisito para su otorgamiento consiste en no afectar la vida o salud de los habitantes, mediante la no alteración significativa del escurrimiento y de los procesos erosivos naturales del cauce y la no contaminación de las aguas.

Los contenidos técnicos y formales que deben presentarse para acreditar su cumplimiento son los siguientes:

a) Descripción del lugar de emplazamiento de la obra

El proyecto ferroviario se encuentra enmarcado en un recorrido de 61 km dentro de la Región Metropolitana, en las provincias de Santiago, Talagante y Melipilla, y entre las comunas de Estación Central, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte y Melipilla.

El puente está definido en el PK. 34+700, corresponde a un puente ferroviario que cruza el río Mapocho.
Las coordenadas UTM en Datum WGS 84, Huso 19, referenciales de ubicación de la obra corresponden a las siguientes:

Tabla 1 Coordenadas de ubicación de la obra.

PUENTE SOBRE EL RIO MAPOCHO	DATUM WGS 84	
	Norte (N)	Este (E)
PUENTE PK. 34+700	6.273.822	320.665
	6.273.826	320.360

Esta obra se encuentra diseñada para la crecida de T=200 años y con un caudal máximo de diseño de 1512,06 m^3/seg., de acuerdo a antecedentes proporcionados por el estudio de hidrología generado y que se presenta en el Apéndice 1 de este documento.

Figura 1 Lugar de Ubicación de la Ampliación del Puente



Fuente: MEV Ingeniería, 2018

Figura 2 Lugar de ubicación de ampliación de puente sobre el río Mapocho



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

b) Descripción de la obra y sus fases

Se requiere un único puente nuevo para la vía de pasajeros, localizado en el lado aguas abajo del puente existente. El nuevo puente se encuentra, junto a un viaducto existente y a una zona de accesos limitados tanto en el lado Talagante (que denominaremos Oriente) como en el lado opuesto, Poniente. El puente se sitúa en una zona del río en que este tiene una orientación norte-sur, prácticamente, en el lado aguas arriba al norte.

Este puente consiste en un tablero metálico isostático, 5 tramos de 60 m, que se apoya en estribos nuevos adosados a los existentes (actuales de piedra) y cepas existentes ya previstas para dos puentes, que se refuerzan en su fundación.

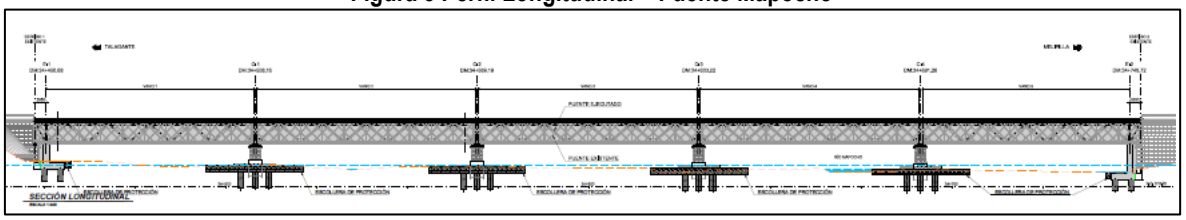
El puente se emplaza muy próximo a la zona urbana de Talagante a unos 120 metros, aproximadamente, de la calle Eyzaguirre. Cabe señalar que la salida poniente del puente es una zona rural.

El río es un cauce divagante con periodos de poco caudal en verano, después de los deshielos (mediados eneros a mayo). También se puede trabajar en invierno, siempre que se adopten medidas adecuadas para prevenir riesgo en crecidas (que son bastante repentinas) provocadas por los temporales de lluvia.

El río es de régimen torrencial con importantes diferencias de nivel de agua a lo largo de todo el año. Esta situación, provoca que el principal condicionante durante la construcción del nuevo puente sean las posibles fluctuaciones del nivel de agua del Río Mapocho.

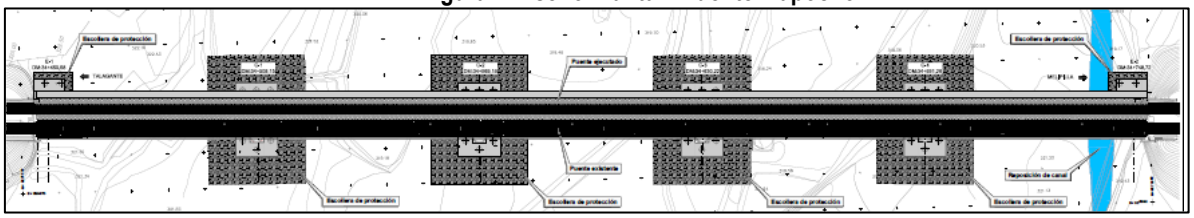
A continuación, se presentan figuras con los planos del nuevo puente

Figura 3 Perfil Longitudinal – Puente Mapocho



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

Figura 4 Diseño Planta – Puente Mapocho



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

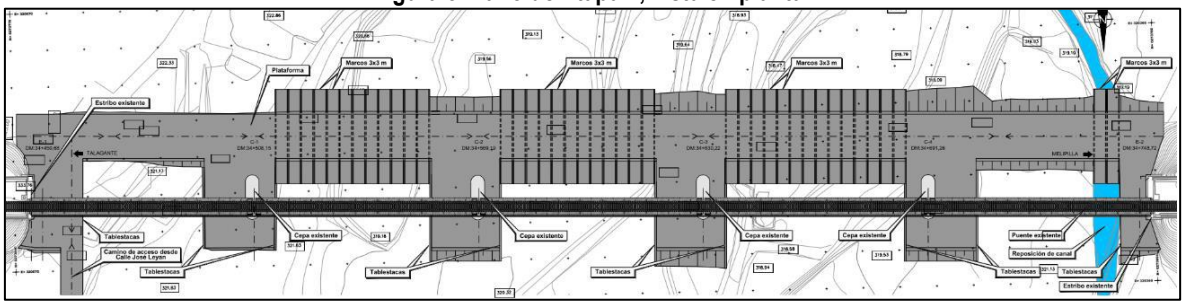
A continuación, se presentan las fases de construcción. Lo primero es ver los accesos a la obra, los cuales serán principalmente por el cauce, desde aguas arriba y accediendo desde Talagante, tanto para la construcción de estribos como el refuerzo de cepas, e incluso para apoyar el lanzamiento de las vigas metálicas. Los accesos desde arriba son precarios. El uso del puente existente será solo para labores menores o trabajos ferroviarios de lanzamiento de vigas, previa aprobación por parte de EFE, en los periodos en que no hay circulación ferroviaria. Según se ha señalado, se disponen de ventanas de no más de 4 horas, motivadas por el paso de trenes de carga (tren de ácido, vacío o cargado).

ETAPA 1

La construcción comienza con el mejoramiento menor de la huella existente (relleno de baches existentes y compactación) desde la calle José Leyan hasta el pie del estribo del puente. A continuación, se procede a la colocación de los marcos prefabricados de 3x3 metros en los vanos 2, 3 y 4 del puente. Para ello será necesario el manejo del Río Mapocho para desviar el cauce por donde más convenga en cada momento. Esto es, se irán colocando los marcos desde el vano 2 del puente hacia los siguientes vanos (3 y 4), de manera que durante la colocación en el vano 2 de estas obras el río se desviará por los siguientes vanos. Cuando se coloquen los marcos en el vano 3, el río podrá pasar por los marcos ya colocados del vano 2 y por el vano 4 y subsiguientes. De esta manera se avanzará sucesivamente en la colocación de todos los marcos previstos.

En todo caso es conveniente realizar esta fase en época de estiaje para facilitar la labor. Una vez dispuestos los marcos se procede a la construcción progresiva de la plataforma definitiva.

Figura 5 Plano de Etapa 1, vista en planta.



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

ETAPA 2

La ejecución y adecuación de la infraestructura para el apoyo del nuevo puente incluye los trabajos de refuerzo de las cepas existentes y los trabajos de construcción de nuevos estribos.

Refuerzo Cepas Existentes

Previo a la ejecución de las obras, será necesaria una campaña de inspección de las cepas existentes, donde se incluya una verificación de las dimensiones geométricas y evaluación de los materiales constituyente de las cepas, con el objetivo de verificar las condiciones impuestas en los planos y en el estudio de diseño realizado.

Es necesario que se caracterice la fundación actual de las cepas puesto que el refuerzo de las existentes se proyecta como un anillo de refuerzo de su fundación. Dicha inspección debe establecer como mínimo las características geométricas y mecánicas de la fundación y, en especial, la cota inferior a la que se encuentra, garantizándose que se halla un mínimo de 50 cm por debajo de la cota inferior del anillo de refuerzo.

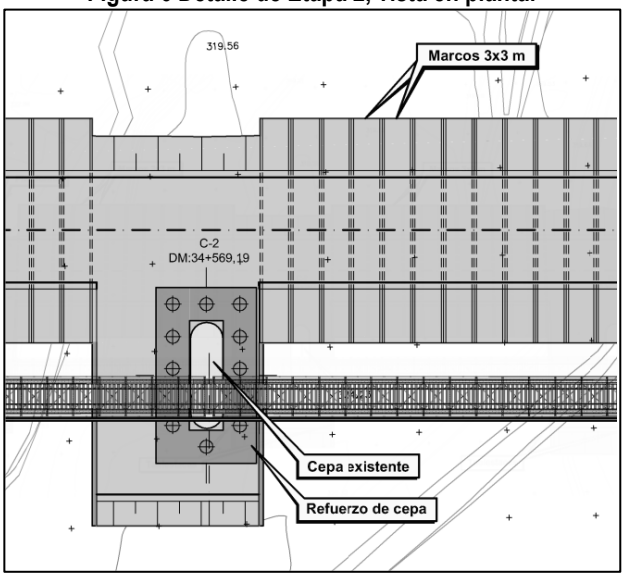
El refuerzo sobre la fundación de las cepas se prevé compuesto por un anillo de hormigón de 2.00 m de canto apoyado sobre 10 pilotes situados perimetralmente y con un diámetro de 1.50 m. El anillo perimetral de refuerzo constará de cables de pretensados situados en las dos direcciones principales que resistirán los esfuerzos que lleguen a la fundación de cepa.

Los trabajos de refuerzo de cada cepa se realizarán una vez terminados los trabajos de mantenimiento y conservación planificados para el puente existente en el ámbito próximo a la misma.

Las fases a seguir serán las siguientes:

1. Construcción de recinto tablestacado estanco.
2. Ejecución de pilotes de refuerzo perimetrales excavados a máquina desde la cota de la plataforma. Los pilotes se ejecutarán con camisa metálica recuperable para minimizar el riesgo ambiental y para asegurar la correcta ejecución de los mismos.
3. Excavación circundante de la fundación existente para ejecución del nuevo encepado.
4. Ejecución del recrecido de fundación mediante hormigón pretensado.

Figura 6 Detalle de Etapa 2, vista en planta.



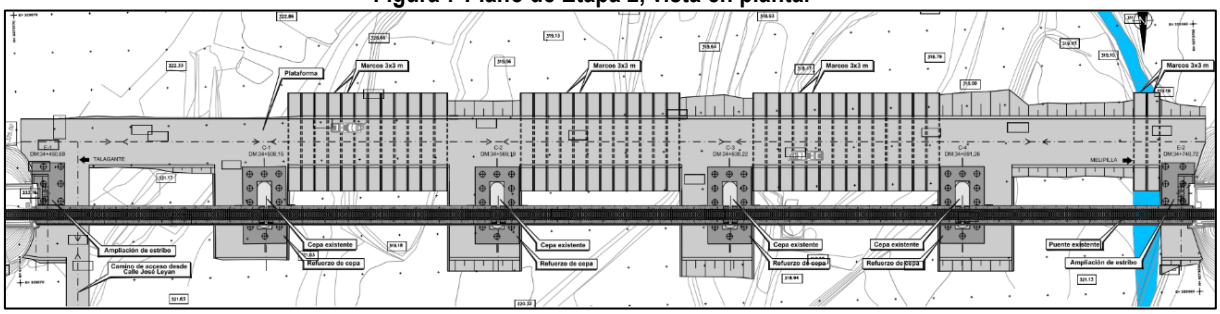
Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

Estribos

Los estribos serán de nueva construcción y se apoyarán delante de los existentes de piedra. Las fases de construcción serán las siguientes:

1. Construcción de recinto tablestacado estanco.
2. Ejecución de pilotes excavados a máquina desde la cota de terreno natural del cauce junto a los estribos existentes. Los pilotes se ejecutarán con camisa metálica recuperable para minimizar el riesgo ambiental y para asegurar la correcta ejecución de los mismos.
3. Excavación circundante de la fundación existente para ejecución de nuevo estribo.
4. Ejecución del encepado de fundación de los pilotes.
5. Ejecución del muro elevación de estribos y alas de los mismos.

Figura 7 Plano de Etapa 2, vista en planta.



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

ETAPA 3

Gracias a la ejecución de la plataforma de trabajo se tiene acceso a todos los vanos del puente, por lo que se plantea colocar el tablero en su posición definitiva con la ayuda de grúas móviles de alta capacidad. Será preciso, igualmente, realizar las operaciones iniciales de ensamblaje, que se pueden hacer también sobre la plataforma. De esta forma, la celosía metálica del tablero será construida por tramos en taller y será

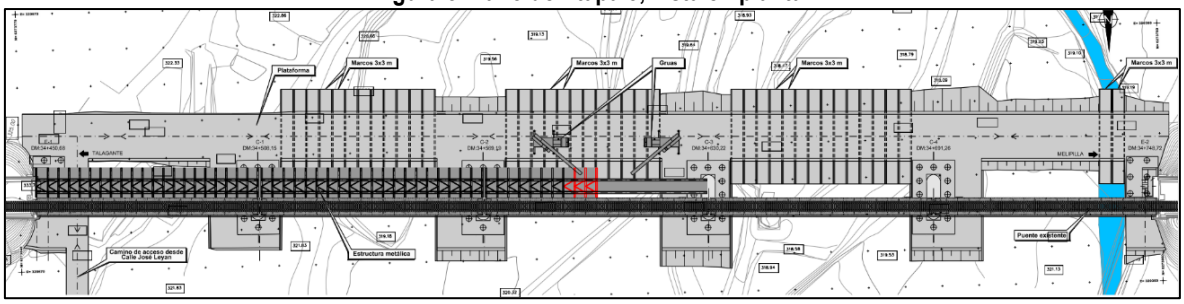
transportada hasta la obra, bien por medio de la vía férrea existente o bien utilizando transporte rodado por carretera. Una vez allí, se ensamblarán las diferentes partes de cada una de las celosías principales verticales de cada uno de los vanos sobre la plataforma y se colocarán estas en su posición definitiva con la ayuda de grúas de montaje.

Todos los trabajos se realizarán asegurando las condiciones de seguridad pertinentes por lo que durante la colocación de los vanos de celosía en posición definitiva puede verse afectada la circulación de trenes por la vía actualmente en servicio. Debido a esta interferencia, deberán consensuarse los trabajos de colocación de los nuevos vanos con EFE con el objetivo de minimizar la afección del tráfico a la vía actualmente en servicio. Se enumeran a continuación las distintas fases que deben seguirse para la ejecución de la superestructura:

1. Construcción de la estructura metálica en maestranza, por tramos.
2. Transporte de la estructura metálica hasta zona de obra.
3. Ensamblaje mediante soldadura de las diferentes celosías principales verticales de la estructura metálica.
4. Colocación de la celosía metálica por vanos en posición definitiva con la ayuda de grúas auxiliares.

Esta colocación se realizará consecutivamente para cada uno de los vanos. Para ello se colocará primero la celosía Warren vertical del sector Norte. Posteriormente la celosía Warren vertical del sector Sur. Seguidamente se materializarán los diafragmas transversales uniendo las dos celosías verticales ya previamente ubicadas sobre los apoyos. Finalmente se ejecutarán las celosías superior e inferior horizontales. Cabe destacar que estas operaciones requerirán de uniones in situ mediante tornillos de alta resistencia.

Figura 8 Plano de Etapa 3, vista en planta.



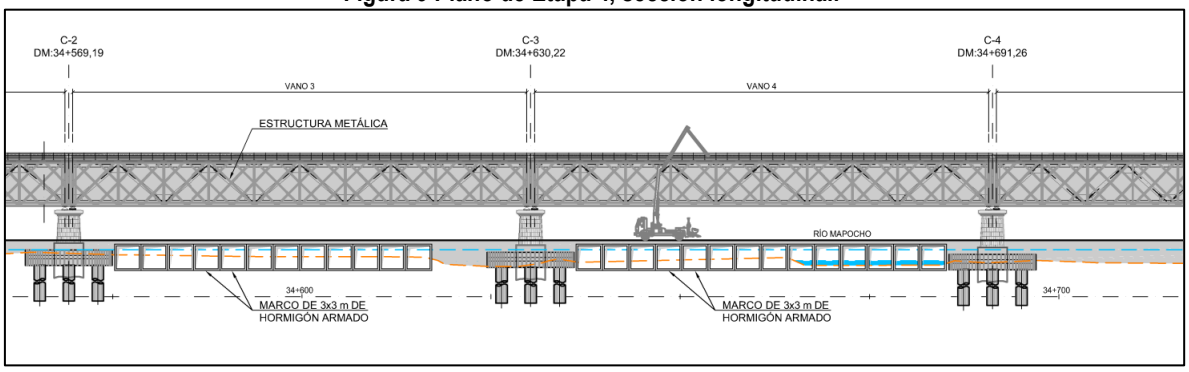
Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

ETAPA 4

Una vez colocada la estructura metálica se ejecutará la losa de hormigón superior del nuevo tablero, formada por prelosas + losa de hormigón. Las prelosas serán prefabricadas y se montarán una vez finalizada la colocación de estructura metálica del tablero. Dichas prelosas servirán de moldaje definitivo para la capa superior formada por una losa de hormigón armado. El espesor equivalente de losa+prelosa será de 25 centímetros. Cabe destacar que se contempla que la losa superior es eficiente para la capacidad resistente del tablero, actuando como estructura mixta metal-hormigón. Para un correcto aprovechamiento de los materiales y un adecuado funcionamiento de los cordones superiores como elementos mixtos la losa superior debe ser vaciada por completo sin que se difiera en el tiempo una segunda etapa de vaciado. En caso de que se ejecutase la porción en voladizo de la losa superior en una etapa posterior será necesario un ajuste de cálculo en los elementos metálicos de las celosías que conllevará un aumento de la cuantía de acero estructural debido a que por un lado la carga del hormigón fresco de esa fase diferida actuará sobre etapa de construcción diferente a la fase metal y por otro la acción mixta no se desarrollará de la forma prevista.

Los equipos auxiliares para realizar la colocación del tablero en posición definitiva serán grúas de levantamiento, así como elementos provisionales de arriostramiento.

Figura 9 Plano de Etapa 4, sección longitudinal.



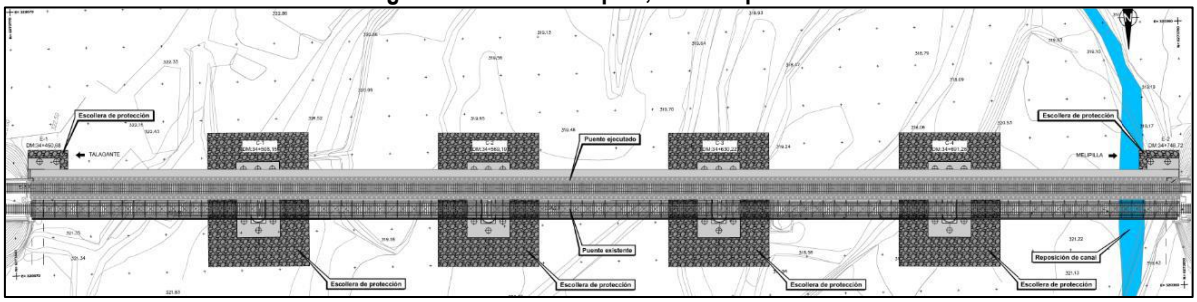
Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

ETAPA 5

Finalmente se ejecutarán los acabados sobre la estructura existente, así como la colocación de los elementos de vía férrea. Estos trabajos incluyen la colocación de todos los elementos necesarios para la puesta en funcionamiento de la nueva vía como extendido de balasto, colocación de durmientes y carriles, etc. Adicionalmente, se incluyen en esta fase la colocación de los elementos de seguridad del puente como por ejemplo la barandilla de seguridad.

También se incluye en esta fase la retirada de la plataforma provisional, que se realizará una vez se hayan ejecutado también las estructuras situadas en el Pk 34+930 y Pk 34+990. A medida que se va retirando la plataforma provisional se realizarán los trabajos de colocación del manto de escollera para mitigar los efectos de la erosión tanto en cepas reforzadas como en estribos nuevos.

Figura 10 Plano de Etapa 4, vista en planta.



Fuente: Anexo 5-PAS-2 de la Adenda Nº1 del EIA "Tren Alameda-Melipilla" SUSTENTABLE S.A., 2017

Obras de Reparación y Refuerzo de Puente Existente

Los trabajos están organizados de forma que se actúe primeramente sobre la celosía metálica del tablero para después realizar las actuaciones de mantenimiento y conservación sobre los elementos de la infraestructura, comunes al puente existente y al nuevo. La previsión es que los trabajos así organizados tengan una duración de tres meses.

A continuación, se describe la secuencia de trabajos prevista:

- Implantación en obra de los medios y equipos necesarios para el correcto desarrollo de los trabajos.
- Instalación de los medios auxiliares (medios de acceso, medios de elevación, ventanas de trabajo, etc.)
- Limpieza de los elementos metálicos de la estructura.
- Sustitución de elementos metálicos deteriorados.
- Sustitución de barandillas existentes.
- Aplicación de tratamiento protector para estructura metálica.
- Limpieza de cepas y estribos
- Reparación de juntas de cepas y estribos
- Adecuación de coronación de las cepas
- Desmontaje de los medios auxiliares.

Los trabajos están organizados de forma que se actúe primeramente sobre uno de los vanos hasta completar la totalidad de las faenas y a continuación en el siguiente, coordinados estos trabajos con las ventanas de actuación establecidas por EFE, en coherencia con la mantención del tráfico ferroviario.

c) Estimación de los plazos y periodos de construcción de las obras

El programa de trabajos propuesto se basa en los procedimientos de construcción, que se describen a continuación. Para la realización de las obras nuevas consideradas, se estima un plazo total de 21 meses.

A continuación, se presenta en la siguiente figura el programa de trabajos propuesto, se basa en los procedimientos de construcción anteriormente presentados.

Tabla 2 Cronograma de construcción para Puente Mapocho

Etapas	Mes																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Etapa N°1																					
Etapa N°2																					
Etapa N°3																					
Etapa N°4																					
Etapa N°5																					

Fuente: Elaboración Propia

d) Plano topográfico de planta y perfiles, georreferenciado, de la obra y del área susceptible de ser afectada

Se incluye en el Apéndice 2 del presente Anexo.

e) Memoria del cálculo del estudio hidrológico, hidráulico, de arrastre de sedimentos y de socavaciones, para la situación con y sin Proyecto, según corresponda

e.1) <u>Memoria Hidráulica e Hidrológica</u>

La Memoria Hidrológica e Hidráulica del proyecto fue realizado por la empresa Ingeniería MEV EIRL, y se incluye en el Apéndice 1 del presente anexo.

e.2) <u>Arrastre de Sedimentos y Socavaciones</u>

El estudio de arrastre y el cálculo de socavaciones del proyecto fue realizado por la empresa Ingeniería MEV EIRL, y se incluye en el Apéndice 1 del presente anexo.

f) Plan de Monitoreo

De acuerdo a lo solicitado en la consulta 5.11 b) del ICSARA Complementario, se efectuará un monitoreo antes de iniciar la construcción del puente y mensual durante el periodo que dure su construcción (21 meses según lo indicado en el literal c del presente documento). Este monitoreo tiene por objetivo analizar el comportamiento de la calidad de las aguas, es decir, que las condiciones basales (situación sin proyecto) no sea alterada producto del desarrollo de las obras y mantenga sus condiciones de calidad durante el desarrollo de las actividades de construcción (situación con proyecto).

f.1. Parámetros de Monitoreo

Los parámetros a monitorear corresponden a los parámetros establecidos en la Tabla 1 de la NCh 1.333/78 "Requisitos de calidad del agua para diferentes usos" y sus modificaciones, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 3 Parámetros a monitorear y límites máximos establecidos en la NCh 1.333/78

Elemento		Unidad	Límite máximo
Aluminio	(Al)	mg/l	5
Arsénico	(As)	mg/l	0,10
Bario	(Ba)	mg/l	4,00
Berilio	(Be)	mg/l	0,10
Boro	(B)	mg/l	0,75
Cadmio	(Cd)	mg/l	0,010
Cianuro	(CN-)	mg/l	0,2
Cloruro	(Cl-)	mg/l	200,00
Cobalto	(Co)	mg/l	0,050
Cobre	(Cu)	mg/l	0,20
Cromo	(Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro	(F-)	mg/l	1,00
Hierro	(Fe)	mg/l	5,00
Litio	(Li)	mg/l	2,50
Litio (críticos)	(Li)	mg/l	0,075
Manganeso	(Mn)	mg/l	0,20
Mercurio	(Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno	(Mo)	mg/l	0,01
Níquel	(Ni)	mg/l	0,20
Plata	(Ag)	mg/l	0,20
Plomo	(Pb)	mg/l	5,00
Selenio	(Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual	(Na)	%	35,00
Sulfato	(SO_4^{-2})	mg/l	250,00
Vanadio	(V)	mg/l	0,10
Zinc	(Zn)	mg/l	2,00

f.2. Puntos de Medición

Los puntos de medición deben ser 30 metros aguas arriba del puente y 30 metros aguas abajo del mismo. Por lo anterior, las coordenadas UTM (en Datum WGS 84) referenciales de los dos (2) puntos de monitoreo corresponden a las siguientes:

Tabla 4 Lugares de medición de Monitoreo

PUENTE SOBRE EL RIO MAPOCHO	DATUM WGS 84	
	Norte (N)	Este (E)
PUNTO MEDICIÓN AGUAS ARRIBA	6.273.853	320.507
PUNTO MEDICIÓN AGUAS ABAJO	6.273.781	320.460

f.3. Frecuencia de Medición

Se efectuará un monitoreo antes de iniciar la construcción del puente y mensual durante el periodo que dure su construcción. Además, se contempla el envío de informes de los monitoreos realizados a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

g) Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas, aguas abajo del lugar de construcción de las obras

A continuación, se indican las medidas a adoptar para no generar efectos en la calidad de las aguas:

- Estará prohibido verter residuos industriales provenientes de materiales de construcción en los canales existentes, respetando una distancia suficiente a sus márgenes.
- Estará prohibido verter residuos industriales provenientes de materiales de construcción en las nuevas obras.
- Se establecerán zonas restringidas para el lavado de materiales, por ejemplo, de cubetas de hormigón, alejadas de las proximidades de los cauces artificiales (canales existentes).

h) Plan de contingencias

El Plan de contingencias del presente proyecto (y que incluye al Puente Zanjón de La Aguada), se incluyó en el Anexo 9-PEM-1 “Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias Actualizado” de la Adenda Nº1. No obstante lo anterior, esta información se incluye en el Anexo 11-FIC-1_2 “Ficha Resumen” de la presente Adenda Complementaria.

i) Plan de emergencia, si aplica

El Plan de emergencias del presente proyecto se incluyó en el Anexo 9-PEM-1 “Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias Actualizado” de la Adenda Nº1. No obstante lo anterior, esta información se incluye en el Anexo 11-FIC-1_2 “Ficha Resumen” de la presente Adenda Complementaria.