

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMPARACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA DE ALTERNATIVA DE TRAZADO VIAL EN
VIADUCTO VERSUS TERRAPLÉN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

GONZALO EDUARDO NAVARRO DURÁN

**PROFESOR GUÍA:
EDUARDO BARRA RIVERA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ
EDUARDO SOTO SILVA**

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2010

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: GONZALO NAVARRO DURÁN
FECHA: MARZO DE 2010
PROF. GUÍA: EDUARDO BARRA RIVERA

“COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE ALTERNATIVA DE TRAZADO VIAL EN
VIADUCTO VERSUS TERRAPLÉN”

El objetivo principal del trabajo de título presente fue realizar una comparación, en función de las dimensiones de la construcción y abarcando tantos los aspectos económicos como los técnicos, de las alternativas viaducto y terraplén como solución de trazado vial para sortear transversalmente una hondonada o quebrada con bajo flujo hidráulico.

El trabajo se basó principalmente en encontrar la altura crítica de las obras que indicó el límite entre la conveniencia de materializar un terraplén o un viaducto, en base al cálculo de los costos directos de construcción y para diversos tamaños de la hondonada.

Para lograr esto, en el estudio se consideró una serie de hipótesis constructivas y de entorno con objeto de realizar una investigación generalizada de los costos directos de las obras a partir de las cubicaciones y análisis de precios de todas las partidas requeridas para la construcción de las alternativas.

Se desarrolló un análisis de sensibilidad de precios que mostró las desviaciones de los resultados en base a la variación de precios de los insumos identificados como más relevantes: hormigón, acero, mano de obra, transporte y maquinaria.

También se analizó la influencia de diversos factores relacionados a las condiciones del entorno de las obras, específicamente en lo referido a limitaciones geotécnicas, sísmicas e hidráulicas.

Finalmente, se determinaron las alturas que permitieron decidir entre la construcción de un terraplén y un viaducto, tanto para el caso de fundaciones directas como profundas de este último, además, se identificaron rangos de incertidumbre que requieren investigaciones más detalladas y específicas antes de tomar una decisión entre las alternativas.

*Dedicado a mi mamá, Tatiana,
y a la memoria viva y presente de mi papá, Luis Antonio.*

AGRADECIMIENTOS

En este espacio quisiera agradecer a todos aquellos quienes hicieron posible de una u otra manera el desarrollo de este trabajo y a quienes me han acompañado y apoyado a lo largo de todos estos años universitarios.

La primera persona que merece estar en esta página es mi mamá, Tatiana. Muchas gracias por confiar siempre en mí, por su amor, su apoyo y por realizar todos los esfuerzos necesarios para permitirme estudiar.

También me gustaría agradecer a mi papá, Luis Antonio, por ser un importante apoyo espiritual y una compañía presente durante los momentos más complicados de la carrera.

Muchísimas gracias a mis hermanos Alejandro y Fabián, y a mis cuñadas Paula y Jeannette por acogerme en sus casas y tratarme como a uno más de su familia durante todos estos años en Santiago. Les agradezco a mis sobrinas Constanza, Catalina y Martina por la alegría y el amor que me han demostrado, regalándome gran parte de la felicidad y energía que me mueven día a día.

Daniela, gracias por soportarme tantos años. Sin ti, esto hubiera costado el doble. Gracias por la paz que me regalas cuando estamos juntos. Has sido una fuente de amor y pasión que me ha hecho feliz todos estos años. Gracias por tu apoyo en los momentos más difíciles y en los no tan difíciles. Eres la mejor.

Gracias a todos mis amigos por brindarme risas y alegrías durante estos importantes años.

Muchas gracias al profesor guía don Eduardo Barra Rivera por ayudarme y orientarme a lo largo del desarrollo de este trabajo.

Le agradezco a don Eduardo Soto Silva por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación y a todos quienes me orientaron y proporcionaron información en la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 1.3 Metodología..... | 2 |
| | |
| CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL | 4 |
| 2.1 Terraplenes..... | 4 |
| 2.1.1 Zonas del terraplén..... | 4 |
| 2.1.1.1 Fundación o cimiento..... | 4 |
| 2.1.1.2 Núcleo..... | 5 |
| 2.1.1.3 Coronación..... | 5 |
| 2.1.2 Plataforma del terraplén..... | 5 |
| 2.1.2.1 Calzadas..... | 5 |
| 2.1.2.2 Bermas..... | 6 |
| 2.1.2.3 Sobreanchos de plataforma (SAP)..... | 7 |
| 2.1.3 Sistema de drenaje transversal..... | 7 |
| 2.1.4 Construcción de terraplenes..... | 8 |
| 2.1.4.1 Preparación de la superficie..... | 8 |
| 2.1.4.2 Ejecución de la obra..... | 8 |
| 2.1.4.2.1 Extendido..... | 9 |
| 2.1.4.2.2 Humectación..... | 9 |
| 2.1.4.2.3 Compactación..... | 9 |
| 2.1.4.2.4 Plataforma..... | 10 |
| 2.1.5 Fallas en terraplenes..... | 11 |
| 2.1.5.1 Erosión y deslizamientos locales..... | 11 |
| 2.1.5.2 Corrimientos en laderas..... | 11 |
| 2.1.5.3 Densificación de los rellenos..... | 12 |
| 2.1.5.4 Asentamiento por consolidaciones..... | 12 |
| 2.1.5.5 Flujo plástico y/o falla por corte..... | 13 |
| 2.1.5.6 Asentamiento dinámico y licuación..... | 13 |
| 2.1.5.7 Cimentación de terraplenes en suelos inestables..... | 14 |

| | |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.5.8 Flujo hidráulico transversal..... | 15 |
| 2.2 Viaductos..... | 17 |
| 2.2.1 Clasificaciones de puentes..... | 17 |
| 2.2.1.1 Según longitud total..... | 17 |
| 2.2.1.2 Según longitud de vano..... | 18 |
| 2.2.1.3 Según su calzada..... | 18 |
| 2.2.1.4 Según su objetivo..... | 18 |
| 2.2.1.5 Según sus materiales..... | 18 |
| 2.2.1.6 Según su diseño..... | 19 |
| 2.2.2 Elementos de un puente..... | 19 |
| 2.2.2.1 Superestructura..... | 19 |
| 2.2.2.2 Infraestructura..... | 21 |
| 2.2.2.3 Accesos..... | 22 |
| 2.2.2.4 Obras de defensa y seguridad..... | 22 |
| 2.2.3 Construcción de viaductos..... | 22 |
| 2.2.3.1 Preparación del terreno y excavación..... | 22 |
| 2.2.3.2 Infraestructura..... | 23 |
| 2.2.3.3 Superestructura..... | 26 |
| 2.2.4 Riesgos en viaductos..... | 26 |
| 2.2.4.1 Hidrología e hidráulica..... | 27 |
| 2.2.4.2 Socavación..... | 27 |
| 2.2.4.3 Asentamientos..... | 28 |
| 2.2.4.5 Falla por corte..... | 29 |
| 2.2.4.4 Riesgo sísmico..... | 29 |
| CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO COMPARATIVO..... | 32 |
| 3.1 Casos de estudio..... | 32 |
| 3.2 Características generales..... | 33 |
| 3.2.1 Terraplén..... | 34 |
| 3.2.2 Viaducto..... | 36 |
| 3.2.2.1 Superestructura..... | 37 |
| 3.2.2.2 Infraestructura..... | 39 |
| 3.3 Partidas del presupuesto y bases de cálculo..... | 45 |
| 3.3.1 Terraplén..... | 46 |
| 3.3.2 Viaducto..... | 54 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4 Costos unitarios de las partidas..... | 60 |
| 3.4.1 Terraplén..... | 60 |
| 3.4.2 Viaducto..... | 62 |
| 3.5 Aspectos geotécnicos y sísmicos..... | 64 |
| 3.6 Flujo hidráulico transversal..... | 65 |
| | |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO..... | 66 |
| 4.1 Costos de construcción..... | 66 |
| 4.2 Resultados gráficos..... | 71 |
| 4.2.1 Resultados comparativos entre terraplén y viaducto con fundaciones directas..... | 71 |
| 4.2.2 Resultados comparativos entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas..... | 80 |
| 4.3 Matrices de decisión..... | 89 |
| | |
| CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 91 |
| | |
| CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 112 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 117 |
| | |
| ANEXO A: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS..... | 119 |
| | |
| ANEXO B: CUBICACIONES Y COSTOS..... | 163 |
| | |
| ANEXO C: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA ALCANTARILLA..... | 174 |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El movimiento de tierra es uno de los ítemes más importantes en la construcción vial, tanto por su envergadura como por su protagonismo en el presupuesto total de la obra. En particular, el uso de terraplenes en obras viales es común en un país que posee una geografía complicada como la chilena, por lo que es necesario estudiar los costos asociados y optimizar la cantidad de tierra a mover.

No obstante, en ciertas ocasiones el movimiento de grandes volúmenes de tierra no es el mejor camino a seguir, debiéndose optar por soluciones de otro tipo. Esto sucede, por ejemplo, cuando se requiere sortear una barrera natural, como una quebrada o una hondonada con bajo flujo hidráulico, donde a bajas alturas y cortos tramos se sabe que el uso de terraplenes con alcantarilla se asoma como la mejor alternativa para concretar el trazado vial, sin embargo, para grandes alturas y tramos largos, los costos de esta opción suben de tal manera que se hace menester estudiar y analizar soluciones de otro tipo. La alternativa que naturalmente aflora frente a este escenario es la construcción de un viaducto.

El presente trabajo busca encontrar, en función de las dimensiones de la hondonada y desde un punto de vista presupuestario, en qué casos conviene construir un terraplén con alcantarillas o construir un viaducto.

En conjunto con aquel enfoque, además, se estudiarán los principales riesgos naturales a los que se encuentran sometidas ambas alternativas y la influencia de estas eventualidades en los costos de construcción de las obras.

Esta investigación pretende ser de utilidad a nivel de estudios preliminares y de prefactibilidad y busca ser un apoyo para ingenieros consultores, proyectistas y evaluadores de proyectos ante la disyuntiva de encontrar la manera más conveniente de salvar una hondonada mediante un trazado vial abarcando los aspectos constructivos, económicos y técnicos que propongan las obras.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una comparación técnica y económica de las alternativas de solución de trazado vial en viaducto y terraplén para un camino de calzada bidireccional.

1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una evaluación presupuestaria preliminar generalizada de las alternativas de trazado vial en viaducto y terraplén, en función del largo y altura de la construcción, con el fin de encontrar el punto límite que indique la conveniencia de realizar una u otra alternativa.

- Analizar la influencia de los riesgos geotécnicos, hidráulicos y sísmicos en la construcción del tipo de viaducto y terraplén a estudiar.

- Realizar un análisis de sensibilidad de precios que permita apreciar el comportamiento de los resultados ante variaciones en el costo de los principales insumos.

- Presentar los resultados gráficamente con el objeto de posibilitar la toma de decisiones de manera sencilla, a partir de las dimensiones de la construcción, sobre la mejor opción entre las alternativas consideradas.

1.3 Metodología

- Describir las características generales de terraplenes y viaductos.

- Explicar las etapas del proceso constructivo de ambas alternativas.

- Comentar los eventuales riesgos naturales presentes en terraplenes y viaductos.

- Definir las características de la hondonada a sortear por la construcción.

- Fijar las propiedades y características del terraplén y viaducto considerado.

- Confeccionar ilustraciones para describir las dimensiones de los elementos constituyentes del terraplén y del viaducto.

- Establecer el caudal máximo de flujo transversal a partir del tamaño de la alcantarilla a utilizar en el terraplén.

- Identificar todas las partidas necesarias para la construcción del terraplén y del viaducto.

- Realizar la cubicación de todas las partidas en función de las dimensiones de la construcción.

- Calcular los costos directos totales de construcción a partir de los análisis de precios unitarios, facilitados por el Ministerio de Obras Públicas, de cada una de las partidas incluidas en las cubicaciones.

- Representar gráficamente los resultados del estudio.

- Realizar el análisis de sensibilidad de precios de los principales insumos.

- Estudiar la influencia de circunstancias naturales eventuales en los costos de construcción.

CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se describen las principales características generales de terraplenes y viaductos, los procesos necesarios para ejecutar su construcción, los riesgos eventuales que pueden sufrir éstos a lo largo de su vida útil y las opciones para disminuirlos.

Dicho análisis se realizará por separado, comenzando con el examen de todas las particularidades del terraplén para seguir con el estudio de las características del viaducto.

2.1 Terraplenes

Los terraplenes son importantes acumulaciones de tierra adecuadamente depositadas y compactadas cuyo fin es servir de infraestructura a carreteras en aquellas zonas donde el terreno existente se encuentra por debajo de la rasante proyectada. Su uso en obras viales es común en un país que posee una geografía abrupta como la chilena, por lo que se requieren significativas faenas de movimiento de tierras, cuyos costos asociados son de gran relevancia en relación al presupuesto total del proyecto vial, tornándose fundamental la optimización de los volúmenes de tierra a mover.

2.1.1 Zonas del terraplén

Desde un punto de vista técnico, un terraplén está conformado por tres zonas: fundación o cimiento, núcleo y coronación.

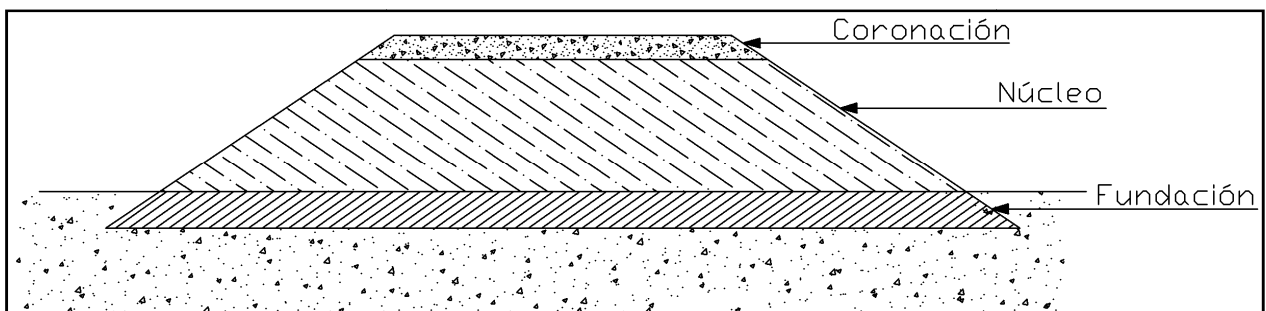


Figura 2.1 – Zonas del terraplén

2.1.1.1 Fundación o cimiento

Es la zona inferior del terraplén, situada generalmente por debajo del nivel de la superficie original del terreno y que ha sido excavada durante la limpieza de la faja, al remover la tierra vegetal o cualquier otro tipo de material inadecuado. Su misión consiste en soportar la estructura de la obra vial bajo condiciones razonables de resistencia y deformación.

2.1.1.2 Núcleo

Corresponde a la parte de relleno comprendido entre la fundación o cimiento y la coronación, acaparando la mayor parte del volumen del terraplén y siendo el responsable directo de su geometría. En esta zona intermedia se materializa tanto el talud requerido para brindar la estabilidad deseada como la altura necesaria para alcanzar la cota definida por el proyecto.

2.1.1.3 Coronación

Es la capa superior del terraplén, en la que se asentará la subbase. Por su cercanía con la superficie de tráfico, esta zona recibirá fuertes solicitaciones, siendo necesaria la utilización de material con una alta capacidad resistente. Se suele considerar que la coronación comprende un espesor de por lo menos 0,60 m.

2.1.2 Plataforma del terraplén

Para un camino de calzada bidireccional, la plataforma se define como la superficie visible de la vía formada por su calzada, sus bermas y los sobreanchos de plataforma (SAP), siendo su ancho correspondiente a la suma de los anchos de sus elementos constitutivos. Su altimetría está dada por el perfil longitudinal de la rasante y por la inclinación transversal de sus elementos.

Además, la plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación y señalización.

El ancho total de la plataforma en terraplenes dependerá de la categoría de la vía, según la clasificación funcional y la velocidad de proyecto correspondiente.

2.1.2.1 Calzadas

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

La calzada está formada por dos o más pistas. Una pista será entonces cada una de las divisiones que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

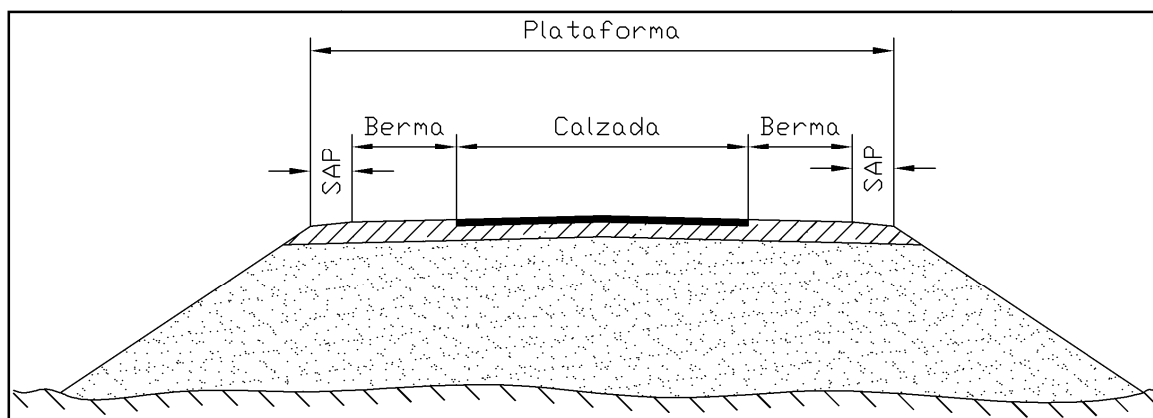


Figura 2.2 – Componentes de la plataforma

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos pistas, cada una de ellas podrá ser utilizada ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que éstos adelantan a otros más lentos.

Las calzadas pueden ser pavimentadas o no. Si son pavimentadas, quedarán comprendidas entre las bermas. Si no existe pavimento, calzada y bermas se confunden y prestan el mismo servicio; sin embargo, desde el punto de vista de la definición transversal, ellas quedarán limitadas por los sobreeanchos de plataforma, cuyas especificaciones serán distintas a las del resto de la plataforma.

2.1.2.2 Bermas

Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la calzada. Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava de los caminos no pavimentados.

Particularmente en pavimentos asfálticos multicapas, considerados en el presente estudio, la berma constituirá una prolongación de la capa de rodadura del pavimento, la que deberá tener un espesor mínimo de 0.05 m, además, si la carretera tiene una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales.

Las bermas cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Para lograr dichos objetivos se consultan los sobreanchos de la plataforma (SAP), que confinan la estructura de las bermas y en los que se instalarán las barreras de seguridad y la señalización vertical.

2.1.2.3 Sobreanchos de plataforma (SAP)

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0.5 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. Consecuentemente, en los 0.5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo de pérdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado. Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0.5 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias especificadas para las bermas.

Si la plataforma en terraplén consulta la instalación de barreras de seguridad, en carreteras con velocidad de proyecto ≥ 90 km/h, el ancho del SAP será 1.0 m, para así permitir, además, la instalación de la señalización vertical lateral.

2.1.3 Sistema de drenaje transversal

El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tránsito o a la propiedad adyacente. Se entiende por alcantarilla una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, sea de hasta 6 metros. La alcantarilla debe ser capaz de soportar las cargas del tránsito en la carretera, el peso de la tierra sobre ella, las cargas durante la construcción, etc., es decir, también debe cumplir los requisitos de tipo estructural.

Generalmente, se considera a las alcantarilla como estructuras menores, sin embargo, aunque su costo individual es relativamente pequeño, el costo total de ellas es importante y por lo tanto debe darse especial atención a su diseño. Debe considerarse también que algunas de estas obras, debido a su tamaño o altura de terraplén, pueden constituir un serio peligro para la seguridad de los usuarios y para el funcionamiento de la carretera.

En general, se obtendrá la mejor ubicación de una alcantarilla cuando ésta se proyecta siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural, ya que existe un balance de factores, tales como la pendiente del cauce, la velocidad del agua y su capacidad de transportar materiales en suspensión y arrastre de fondo.

Las formas más usuales de alcantarillas son: circulares, de cajón y múltiples. En casos muy especiales puede resultar económico el uso de arcos parabólicos de grandes dimensiones. La alcantarilla circular es una de las más usadas y resiste en forma satisfactoria, en la mayoría de los casos, las cargas a que son sometidas. Las alcantarillas de cajón cuadradas o rectangulares pueden ser diseñadas para evacuar grandes caudales y pueden acomodarse con cambios de altura, a distintas limitaciones que puedan existir, tales como alturas de terraplén o alturas permisibles de agua en la entrada.

En el punto 2.1.5.8 se revisan los riesgos asociados al flujo hidráulico transversal en el terraplén.

2.1.4 Construcción de terraplenes

2.1.4.1 Preparación de la superficie

La superficie natural de terreno deberá ser despejada de árboles, troncos, raíces, tocones, matorrales y arbustos, hasta una profundidad no menor que 0,30 m por debajo de la superficie, así como de los escombros, desechos y todo otro material objetable dentro del área de fundación de terraplén hasta 1,00 m más afuera del pie del mismo.

Asimismo, se debe ejecutar la excavación de escarpe, consistente en la extracción y retiro de la capa superficial del suelo natural, constituido por terreno vegetal, en aquellas zonas donde se apoyará el terraplén. El material excavado, producto de las operaciones de escarpe, deberá transportarse a escombreras autorizadas salvo que el proyecto indique que este material deba utilizarse para recubrir los taludes de los terraplenes terminados, en cuyo caso podrá depositarse provisionalmente dentro de la faja del camino, hasta su utilización.

Posteriormente, es recomendable, y a veces necesario, compactar el sello de fundación del terraplén para una correcta recepción de la primera capa del relleno.

2.1.4.2 Ejecución de la obra

Ya dispuesto el terreno donde se situará el terraplén, se procede a la construcción del mismo. La construcción deberá comenzar desde los puntos más bajos del perfil transversal y proseguir por capas superpuestas hasta alcanzar todo el ancho del terraplén. Este proceso se

compone de tres actividades: extendido, humectación y compactación, las cuales se desarrollan de manera cíclica para cada capa del material.

2.1.4.2.1 Extendido

Los terraplenes construidos con material clasificado como “Terreno de cualquier naturaleza (TCN)”, se formarán mediante capas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la rasante del proyecto, cubriendo todo el ancho del perfil transversal y en longitudes compatibles con los métodos empleados en la distribución, mezcla y compactación del material. El bombeo transversal deberá mantenerse con una pendiente mínima que asegure el escurrimiento de agua durante la construcción. La colocación del material se efectuará mediante camiones de volteo u otros equipos apropiados, debiéndose disponer de bulldozer, motoniveladoras u otros equipos adecuados para asegurar capas de espesor uniforme.

2.1.4.2.2 Humectación

Una vez extendida la correspondiente capa de terreno se procede a acondicionar la humedad del suelo. Este proceso es especialmente importante debido a que cumple una doble función: por un lado, asegura una óptima compactación del material, asegurando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos del terraplén; por otro, evita que las variaciones de humedad que se produzcan después de la construcción provoquen cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones en el pavimento. La maquinaria empleada en esta fase es generalmente un camión provisto de un tanque de agua (camión aljibe). La humectación del terreno deberá ser homogénea, con un contenido de humedad cercano al óptimo estipulado.

2.1.4.2.3 Compactación

Conseguida la humedad del terreno apropiada, se procede con la última fase de la ejecución del terraplén: la compactación. Esta es la operación con mayor influencia en el éxito de las obras de terraplenado, pues persigue tres efectos principales: evitar los asentamientos absolutos y diferenciales posteriores, al aproximar los elementos granulares al suelo; mejorar la estabilidad a los deslizamientos, al aumentar la fricción interna de las partículas; y aumentar la impermeabilidad, al disminuir los huecos. Una compactación defectuosa es fuente de problemas posteriores importantes y de muy difícil corrección, prácticamente imposible una vez terminada la obra.

El espesor compactado de las capas deberá ser en general de 0,30 m como máximo, sin embargo, se podrán aceptar espesores mayores si los equipos disponibles pueden asegurar la compactación especificada en todo el espesor de la capa.

El proceso de compactación deberá realizarse comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora, además, toda la superficie deberá recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén. La unidad compactadora utilizada generalmente en este proceso es el rodillo.

Se colocará la siguiente capa del material solo cuando la precedente se encuentre satisfactoriamente compactada y aprobada.

Cuando corresponda instalar tuberías de hormigón y metal corrugado o construir cajones u otras obras de drenaje, cuyas claves queden por sobre la superficie del terreno natural, se deberá construir primeramente el terraplén del camino o, en su defecto, prismas con material de terraplén en las zonas de las estructuras. Sólo una vez instaladas las obras de drenaje, y después de asegurarse que tienen las sobrecargas de suelo mínimas admisibles y en todo caso compatibles con los pesos por eje de los vehículos que se pretende utilizar para el transporte de las tierras, se podrá continuar con los trabajos de formación de terraplenes.

Una vez construido el terraplén, se realizarán los trabajos de perfiladura de la superficie donde se asentará el pavimento, utilizando generalmente la motoniveladora.

2.1.4.2.4 Plataforma

La subbase debidamente preparada se extenderá sobre la plataforma del camino, incluyendo las áreas de bermas, mediante equipos distribuidores autopropulsados, debiendo quedar el material listo para ser compactado sin necesidad de mayor manipuleo para obtener el espesor, ancho y bombeo deseado. Se construirá por capas de espesor compactado no superior a 0.30 m ni inferior a 0.12 m, siendo de granulometría uniforme, no debiendo presentar bolones o nidos de materiales finos o gruesos.

Sobre la subbase se colocará la base granular siguiendo un procedimiento similar al anterior.

Finalmente, en la superficie se confeccionará el pavimento, cuyo proceso de materialización dependerá del tipo de material utilizado, generalmente hormigón o asfalto.

2.1.5 Fallas en terraplenes

Debido a que los factores influyentes en su concepción son muy variados, los terraplenes se pueden comportar de diversas maneras. Su geometría, el tipo de terreno de fundación, el material con el que se construye y los procedimientos para llevar a cabo su materialización son agentes que intervienen y, sin las debidas precauciones, pueden ser el origen de un amplio espectro de fallas.

Dicho esto, a continuación se detalla un resumen de los problemas más recurrentes con relación a la estabilidad de terraplenes, de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones nacionales vigentes.

2.1.5.1 Erosión y deslizamientos locales

Este tipo de fenómenos se manifiesta produciendo fallas locales por corte. Esto resulta en desplazamiento y grietas de tracción en el coronamiento del terraplén. Su causa principal es la acción del agua superficial, que se infiltra en el material de relleno, produciendo los siguientes efectos: disminución de la resistencia del suelo por efecto del agua, aumento de peso de la masa de suelo, generación de presión hidrostática y fuerzas de flujo, debilitamiento de la superficie resistente al corte por socavación.

Este tipo de problemas está normalmente asociado a suelos finos, predominantemente limosos, en los cuales el agua juega un papel muy importante. El dar mayor inclinación al talud no representa una solución práctica y ésta debe buscarse a través de proteger el talud y bermas con materiales relativamente impermeables y cohesivos (suelos vegetales).

Una precaución muy importante consiste en hacer una adecuada canalización de las aguas superficiales con la construcción de cunetas revestidas, soleras y bajadas de agua debidamente impermeabilizadas.

2.1.5.2 Corrimientos en laderas

La construcción de terraplenes sobre planos inclinados trae normalmente acompañado problemas de corrimientos de la masa de suelo. La razón de ello es que durante la construcción del terraplén se produce un debilitamiento en el plano de contacto entre el suelo natural y el terraplén, agravado por la acción del agua (bloqueo del drenaje natural del cerro). Este fenómeno es particularmente claro en secciones mixtas (corte-terraplén), donde la sección de corte permanece estable.

Para laderas con pendientes mayores a 20%, así como para ensanches de terraplenes existentes, se deberá ejecutar un escalonamiento previo de la base en que se apoyará el terraplén.

Una alternativa para la construcción y ensanche de terraplenes en laderas inclinadas o cuando existen limitaciones del ancho basal, corresponde a la construcción de muros de geotextiles y de tipo jaula (gaviones).

2.1.5.3 Densificación de los rellenos

Durante el proceso de compactación de rellenos para terraplenes se produce una importante reducción de huecos en la masa del suelo. Este acomodo de las partículas sólidas continúa largo tiempo, aun después que el proceso mecánico de compactación se termina, traduciéndose en una deformación superficial de la rasante del camino que se traduce en asentamientos diferenciales y agrietamientos. La magnitud de esta deformación depende básicamente de dos factores: grado de compacidad inicial y altura del terraplén.

Experiencias en relleno han demostrado que el asentamiento ocurre rápidamente al inicio de la construcción y la razón de deformación decrece con el tiempo. Por otro lado, si el grado de compacidad inicial es bajo pueden esperarse asientos de más de un 2% respecto a la altura del terraplén.

Este fenómeno se evidencia con frecuencia en trazados que pasan de corte a terraplenes manifestándose en forma de agrietamiento en el pavimento, en las proximidades de la interfase. Otro caso usual es la formación de un escalonamiento en las accesos a estructuras rígidas, aun cuando los rellenos sean materiales granulares muy compactos

En general, resulta muy difícil controlar las deformaciones superficiales debido a la densificación interna de los rellenos y es conveniente reducir a máximo las de tipo diferencial. Si estas se manifiestan en forma gradual (no diferencial), la deformación propia del terraplén no induce problemas en la capa de rodadura.

En todo caso, si se prevén asentamientos diferenciales hay que tenerlos presente y programar su mantención durante algunos años, considerándolos como un problema normal.

2.1.5.4 Asentamiento por consolidaciones

Cuando una masa de suelo compresible totalmente saturada es sometida al efecto de una carga permanente, se inicia una disminución de volumen debido a la expulsión del agua contenida en los vacíos y a un posterior reacomodo de las partículas que forman la estructura

del suelo. En este proceso se distinguen dos etapas: consolidación primaria, producida únicamente por la disminución de volumen como efecto de la expulsión del agua; consolidación secundaria, correspondiente al cambio de volumen que sufre un suelo debido al reacomodo adicional de su estructura interna, después de que la mayor parte de la carga ha sido transferida del agua al esqueleto mineral del suelo.

La colocación de un terraplén sobre la superficie del terreno genera un aumento de las presiones efectivas en las capas subyacentes de suelo. Si éste es de carácter compresible, la sobrepresión impuesta ocasiona una disminución de volumen con expulsión de agua de los poros. Debido a esto, se debe cuantificar la magnitud de los asentamientos superficiales calculando correctamente la sobrepresión que se genera por el peso del terraplén a diferentes profundidades y, por otra parte, tener conocimiento de las características del estrato compresible.

2.1.5.5 Flujo plástico y/o falla por corte

Este fenómeno es característico de suelos blandos o de baja consistencia y se presenta como una deformación continua, derivada de un esfuerzo de corte constante. Esta forma de falla ocurre por una concentración de esfuerzos en un punto del suelo de fundación de un terraplén que alcanza el valor del esfuerzo máximo de resistencia de corte del suelo. Se manifiesta como hundimiento del terraplén acompañado de solevantamiento del terreno adyacente. Debe recordarse que, a diferencia de la consolidación, la deformación o cambio de forma del suelo se produce sin disminución de volumen.

Los materiales que son susceptibles de presentar este fenómeno son los suelos finos, de estructura apanada o floculenta, o los depósitos de materia orgánica de estructura fibrosa de consistencia baja, que se encuentran normalmente consolidados.

Ante la presencia de dichos materiales es necesario calcular la estabilidad considerando las propiedades del suelo blando (resistencia al corte) y la distribución de los esfuerzos cortantes.

2.1.5.6 Asentamiento dinámico y licuación

Determinados suelos que son sometidos a sollicitaciones dinámicas, tales como vibraciones, impactos, sismos, etc., tienden a densificarse disminuyendo su volumen. Si estos suelos tienen baja permeabilidad, la tendencia a la densificación se traduce en un incremento de presión de la fase fluida, que puede crecer hasta un punto en que iguale a la presión total, llegando a anular a la presión efectiva o presión de contacto entre los granos. En estas

circunstancias un suelo de características granulares pierde totalmente su capacidad de soporte.

En el caso de las arenas finas y limos sueltos saturados, se produce un aumento de presión en la fase fluida ya que el suelo no alcanza a drenar durante el corto tiempo que dura una carga transiente, lo que puede llevar al suelo, transitoriamente, al estado de licuación con el consiguiente hundimiento de las estructuras apoyadas en él.

Este fenómeno de licuación pudo ser observado en la zona sur de Chile durante los sismos de mayo de 1960, donde se produjeron grandes hundimientos de terraplenes a causa de este fenómeno.

Ante esto se debe estimar el asentamiento sísmico a partir de la densidad relativa que alcanza el suelo ante una determinada aceleración horizontal.

2.1.5.7 Cimentación de terraplenes en suelos inestables

La construcción de una obra vial muchas veces exige el cruce por depósitos lacustres, terrenos coluviales o suelos orgánicos. En general todos los materiales antes mencionados presentan características de compresibilidad muy elevadas y su propia consistencia acusa una resistencia al esfuerzo cortante muy baja, que los hace susceptibles a sufrir fuertes hundimientos o bien de fluir plásticamente.

La ingeniería ha logrado solucionar el problema de cimentar terraplenes sobre suelos blandos o sueltos, unas veces apoyada en las teorías que existen al respecto, y otras, basada en la experiencia práctica. Sin embargo, en ambos casos se debe tratar de aplicar un amplio criterio basado en un conocimiento profundo de las propiedades del terreno de cimentación. A este respecto es necesario enfatizar que no es posible esperar soluciones económicas sin pretender darles un carácter provisional que redundará generalmente en un falso ahorro.

Las soluciones para estos casos pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- Mejoramiento del suelo de cimentación: mediante la construcción por etapas, aplicación de procesos electroquímicos o utilización de geotextiles.
- Mejoramiento del comportamiento del terraplén: utilizando materiales livianos cuando existan empréstitos cercanos disponibles; ejecutando una plataforma de alivio que proporcione una base flotante a los terraplenes construidos sobre terrenos excesivamente blandos en los que se pueda presentar flujo de material (solución permitida para caminos secundarios y terraplenes con alturas menores a 1 m, pues la plataforma se construye con

gavillas de rama o turbas secas comprimidas); cimentación por pilotes en terrenos blandos; usando bermas laterales y frontales para confinar el material blando y redistribuir los esfuerzos cortantes, alejando las concentraciones de los pies de los taludes y; colocando drenes verticales de materiales granulares para acelerar el proceso de consolidación.

- Reemplazo del suelo de cimentación: previo conocimiento del espesor y profundidad de la capa de suelo blando. Esta solución es la más adecuada y de carácter definitivo al problema de cimentación de terraplenes sobre estos materiales, siempre y cuando no tengan espesores muy grandes.

- Cambio de trazado cuando las alternativas anteriores resulten muy costosas y complejas.

2.1.5.8 Flujo hidráulico transversal

El régimen hidráulico del escurrimiento en las alcantarillas es difícil de predecir, sin embargo, existen dos formas básicas según la ubicación de la sección que controla hidráulicamente el flujo. Se trata del escurrimiento con control de entrada y aquel con control de salida, teniendo cada uno de ellos un método de cálculo particular.

Por medio de cálculos hidráulicos se puede determinar el tipo probable de control de escurrimiento bajo el cual funcionará una alcantarilla para un conjunto de condiciones dadas. Sin embargo, pueden evitarse esos cálculos determinando la profundidad del agua en la entrada para cada tipo de control y luego adoptar el valor más alto de dicha profundidad, el cual indicará el tipo de control determinante.

Un parámetro de suma importancia en el diseño de la alcantarilla es la carga hidráulica en la entrada, que corresponde a la profundidad del agua en la entrada, medida desde el punto más bajo (radier de la alcantarilla). Esta obra, al limitar el paso libre del agua, causará un aumento de nivel hacia aguas arriba y en consecuencia puede ocasionar daños a la carretera o a las propiedades vecinas. En el diseño se debe limitar la carga hidráulica máxima con el fin de proteger la vida de los usuarios o vecinos, proteger la estabilidad del terraplén, no producir inundaciones a los terrenos adyacentes, proteger el curso de agua y las planicies adyacentes, no producir daños a la alcantarilla y a la vía, no causar interrupciones al tránsito y no sobrepasar los límites de velocidad de agua recomendados en las alcantarillas y en el cauce de salida. Es por esto que, aun cuando las grandes alturas de terraplén dan la posibilidad de crear un efecto de embalse temporal del agua, disminuyendo los caudales de crecida, estos diseños deben evitarse, considerando los efectos de una posible falla catastrófica del dique y el eventual bloqueo de la obra por arrastre de sedimentos o vegetación.

En cuanto a las condiciones de servicio, las alcantarillas deben mantenerse razonablemente limpias y reparadas en todo momento si se pretende que ellas funcionen como se ha previsto en el diseño. Un buen programa de mantenimiento implica inversiones periódicas, pero con éste se reducirá la probabilidad de falla de la alcantarilla, cuya reparación suele ser aún más costosa.

2.2 Viaductos

Según el Manual de Carreteras de Chile, y para efectos del presente estudio, un viaducto se define como un puente para el paso de un camino sobre una hondonada o un valle. Al igual que los terraplenes, su uso es común en un país que requiere sortear barreras geográficas de magnitud, por lo que juegan un papel importante en la infraestructura vial de la nación. Debido a que en su esencia los viaductos son un subgrupo de los puentes, en el presente capítulo se abordarán las especificaciones nacionales con el fin de estudiar la clasificación de estos últimos, sus elementos principales, los riesgos a los que están sometidos y el proceso constructivo para su materialización.

En Chile, los puentes se diseñan ciñéndose a las disposiciones de las “Standard Specifications for Highway Bridges” de AASHTO, 17th Edition, 2002 y sus modificaciones posteriores. Además, la Dirección de Vialidad ha establecido a lo largo de los años una serie de criterios, disposiciones y recomendaciones complementarias que se acogen y estructuran en el capítulo 3.1000 del Volumen N°3, Instrucciones y Criterios de Diseño, del Manual de Carreteras. De igual modo, la aplicación de las disposiciones de la norma AASHTO “LRFD Bridges Design Specifications”, 3ra Edición, 2004 (2005 Interim Revision), también es considerada por la Dirección de Vialidad como alternativa a la AASHTO “Standard Specifications for Highway Bridges”, 17th Edition, 2002. La norma a utilizar debe ser la misma en todos los elementos relacionados, no permitiéndose utilizar ambas normas dentro de un mismo diseño.

2.2.1 Clasificaciones de puentes

A partir de sus características, los puentes pueden clasificarse de acuerdo a su longitud total, longitud de vano, calzada, objetivo, materiales y diseño o estructuración.

2.2.1.1 Según longitud total

De acuerdo a su longitud total (L), los puentes pueden agruparse según el siguiente criterio de clasificación.

| | | | | | |
|---------------------------------|---------|---|---|---|---------|
| - Alcantarillas y puentes losas | 0,50 m | ≤ | L | ≤ | 10,0 m |
| - Puentes menores | 10,0 m | < | L | ≤ | 40,0 m |
| - Puentes medianos | 40,0 m | < | L | ≤ | 200,0 m |
| - Puentes mayores | 200,0 m | < | L | | |

2.2.1.2 Según longitud de vano

De acuerdo a longitud de la luz libre o vano (L_v), las estructuras se pueden clasificar en:

- Alcantarillas y estructuras menores $0,50 \text{ m} \leq L_v \leq 10,0 \text{ m}$
- Estructuras medianas $10,0 \text{ m} < L_v \leq 70,0 \text{ m}$
- Estructuras mayores $70,0 \text{ m} < L_v$

2.2.1.3 Según su calzada

De acuerdo al número de pistas o vías de tránsito para el cual está diseñado el puente, éste se puede clasificar como puente de simple vía, doble vía, triple vía o más.

2.2.1.4 Según su objetivo

Con relación a su finalidad y objetivo, los puentes pueden clasificarse en:

- Puentes rurales
- Puentes urbanos
- **Viaductos**
- Pasos desnivelados
- Puentes peatonales o pasarelas
- Puentes ferroviarios
- Puentes militares
- Puentes provisorios

2.2.1.5 Según sus materiales

De acuerdo a los materiales constituyentes del puente, éstos pueden ser:

- De madera
- De acero
- De hormigón armado
- De hormigón pretensado
- De mampostería y sillería
- Puentes mixtos, donde se combinan los materiales anteriormente señalados.

2.2.1.6 Según su diseño

De acuerdo a su diseño o estructuración, los puentes pueden clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

- Puentes de tramos simplemente apoyados, continuos o de vigas voladizas (gerber)
- Puentes en arco
- Puentes apuntalados, en que el tablero actúa como puntal entre estribos
- Puentes aporricados, marcos
- Puentes colgantes, con o sin viga atiesadora
- Puentes atirantados

2.2.2 Elementos de un puente

En una estructura de puente se pueden distinguir cuatro partes bien definidas: superestructura, infraestructura, accesos y obras de defensa.

2.2.2.1 Superestructura

Es aquella parte del puente que permite la continuidad del camino con su calzada y bermas, sobre un río, hondonada u otra vía. La superestructura soporta el paso de las cargas móviles, las que transmite a la infraestructura a través de los sistemas de apoyo, y está conformada por uno o más tramos dependiendo de la cantidad de apoyos que la sustenten. La superestructura está constituida por el tablero, su sistema estructural, el sistema de vigas o losas y los dispositivos especiales que tienen determinadas funciones.

- **Tablero:** está conformado por la superficie de rodadura, los pasillos o aceras y las barandas. Los pasillos o aceras se proveen en aquellos casos donde el tránsito de peatones lo amerita. Las barandas se colocan a lo largo de los bordes externos del sistema del tablero y ellas proporcionan protección tanto para el tránsito vehicular como para los peatones. El tablero puede contemplar además barreras vehiculares o barreras de seguridad que separen el tránsito peatonal del vehicular. La superficie de rodadura se divide en calzadas y bermas, tal como en el caso de la plataforma de terraplén, cumpliendo la misma función y características mencionadas en dicho capítulo, sin embargo, los sobreechamientos de plataforma no son considerados en puentes debido a que su función es confinar el material compactado del terraplén.

- **Sistema estructural del tablero:** es el sistema encargado de proporcionar la capacidad de soporte de cargas del tablero. El sistema estructural del tablero puede ser de madera, hormigón armado, hormigón pretensado o acero y se apoya habitualmente sobre vigas longitudinales, dependiendo de la longitud de los tramos.

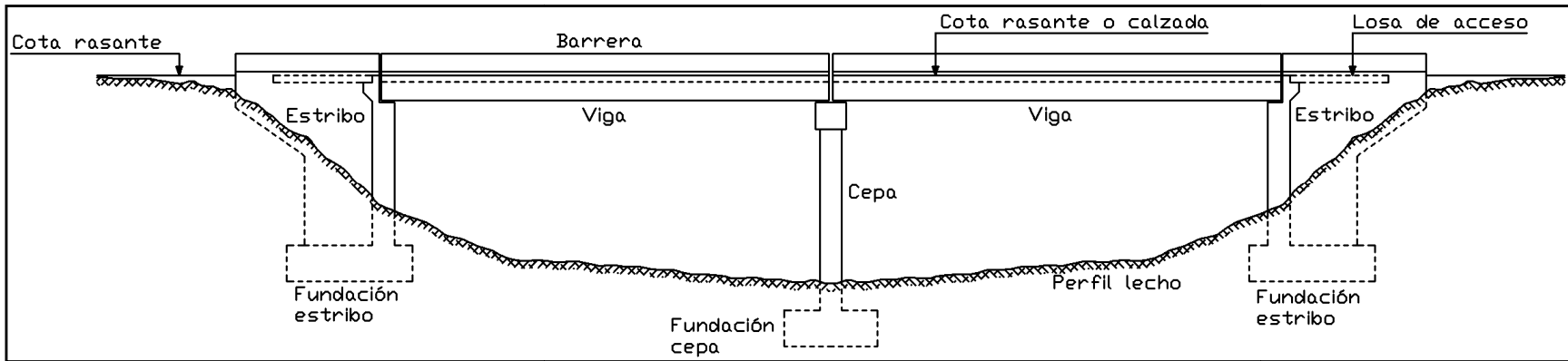


Figura 2.3 – Elementos de un puente típico

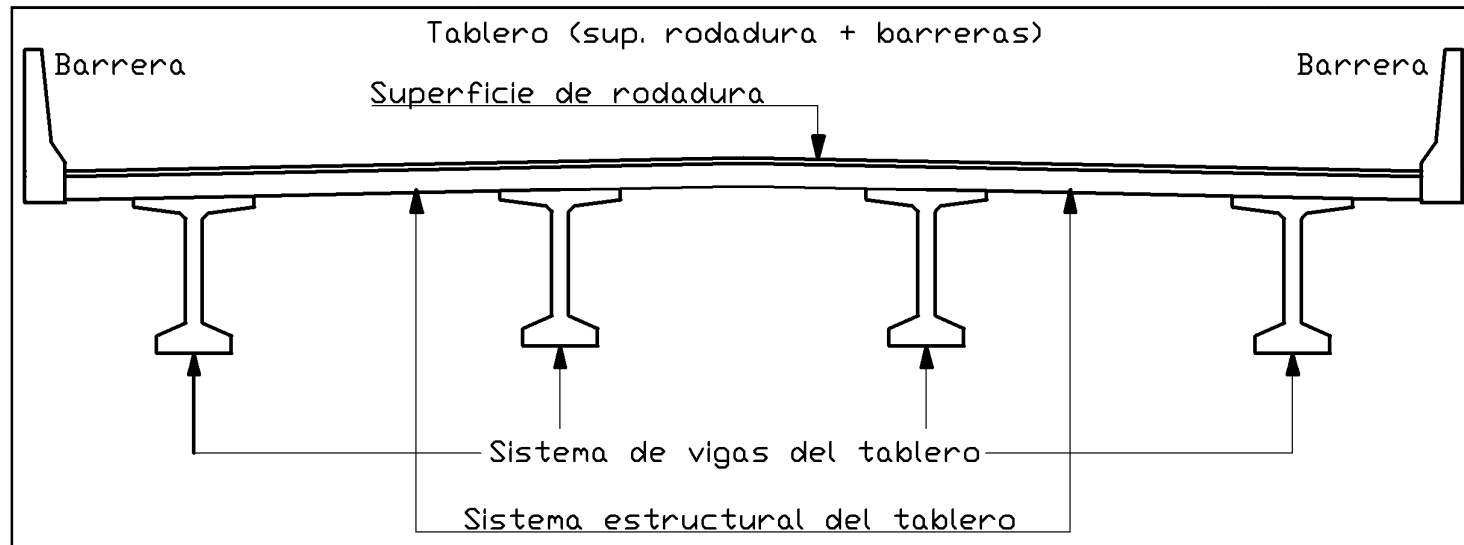


Figura 2.4 – Sección transversal de la superestructura (perfil típico de puente con vigas de hormigón pretensado)

- Sistema de vigas del tablero: está compuesto por vigas longitudinales y transversales, las que permiten la transmisión de las cargas que actúan sobre la superestructura a la infraestructura, y a través de ella, al suelo donde se funda el puente. En los casos de puentes de luces reducidas cuyo sistema estructural del tablero es una losa de hormigón, el sistema de vigas habitualmente se omite, traspasando las cargas de la superestructura a la infraestructura directamente desde la losa.

- Sistemas de apoyo, anclajes antisísmicos, juntas de expansión: entre la superestructura y la infraestructura se encuentran los sistemas de apoyo del puente. Para evitar los desplazamientos verticales de la superestructura de sus apoyos durante un sismo, se contemplan sistemas de anclajes antisísmicos entre la superestructura y la infraestructura. Ante los cambios de longitud por variaciones de temperatura y desplazamientos sísmicos, la superestructura requiere de juntas de expansión que permitan su movilidad; estas juntas habitualmente consideran protecciones en los bordes (cantoneras) y en los puentes más modernos, sellos elastoméricos que impiden la filtración del agua y suciedad hacia las zonas de apoyo.

- Puentes con tipologías especiales: existen puentes en que las transmisiones de las cargas al suelo se hacen a través de torres que sustentan cables de los cuales se suspende el tablero (puentes colgantes y atirantados), o bien, a través de arcos metálicos o de hormigón que reciben las cargas del tablero a través de columnas de altura variable.

2.2.2.2 Infraestructura

Es aquella parte del puente donde se apoya la superestructura y a través de la cual se transmiten las cargas al terreno de fundación. La infraestructura está constituida por los estribos, que son los soportes extremos del puente, y las cepas o pilas, que son los apoyos intermedios de puentes con superestructuras constituidas por más de un tramo.

- Estribos: los estribos están constituidos por dos partes. La primera, denominada elevación del estribo, está conformada por un muro frontal, la mesa de apoyo, el muro espaldar y las alas. La segunda es la fundación del estribo y es la encargada de traspasar al terreno las cargas, sean éstas de peso propio, cargas móviles, sísmicas, empujes de tierra, etc. Fundamentalmente existen tres tipos de fundaciones: directas, pilotes y cajones o pilas de fundación. Los estribos, además de dar apoyo a la superestructura, contienen los terraplenes de acceso al puente.

- Cepas: son los apoyos intermedios de los puentes y, al igual que los estribos, están constituidos por la elevación y la fundación.

2.2.2.3 Accesos

Los accesos al puente están constituidos, en general, por las siguientes obras: terraplenes de acceso, estructura de pavimento, bases, bermas y losas de acceso. Para evitar descensos a la entrada de los puentes se dispone de losas de aproximación apoyadas en los terraplenes de acceso y en consolas dispuestas para estos fines en los muros espaldares de los estribos. Alternativamente, para controlar estos descensos se pueden usar losas enterradas apoyadas en el terraplén y en los muros del estribo.

2.2.2.4 Obras de defensa y seguridad

Las obras de defensas de un puente comprenden los enrocados, gaviones, bajadas de agua en los terraplenes de acceso, y elementos de contención de tierras tales como muros de contención, pilotes contenedores, muros jaulas, etc. Las obras de seguridad comprenden las barreras camineras y la señalización, sea esta vertical u horizontal.

2.2.3 Construcción de viaductos

La secuencia constructiva de los viaductos dependerá de diversos factores, entre los que destacan la época del año, las características del viaducto y la disponibilidad de mano de obra, maquinarias y materiales, lo que deriva en una programación distinta para cada obra. Sin embargo, a grosso modo se pueden identificar etapas comunes, bajo un orden lógico, por lo que a continuación se desarrolla una secuencia constructiva tomando como referencia lo indicado en el Volumen N°5 del Manual de Carreteras , Especificaciones Técnicas Generales de Construcción y bajo la hipótesis de una materialización sin presencia de agua en el lecho o con presencia eventual no influyente en la construcción.

2.2.3.1 Preparación del terreno y excavación

Las áreas donde se realicen excavaciones deberán limpiarse de toda vegetación así como efectuarse el retiro de todo el suelo vegetal existente hasta una profundidad no menor que 0.30 m por debajo de la superficie.

Es recomendable compactar bajo el sello de fundación de la estructura si el material fue alterado, para evitar asentamientos instantáneos durante el proceso constructivo.

La profundidad de las excavaciones para la construcción de las obras deberá dar cabida a una cama de apoyo de material granular o radier de hormigón (emplantillado) de 5 cm de espesor mínimo, utilizando hormigón grado H-5.

Todos los espacios excavados y no ocupados por las obras deberán rellenarse de acuerdo con los procedimientos y los materiales que se especifiquen en el proyecto. En cuanto al tipo de relleno, éste se efectúa, en general, con material del tipo relleno estructural.

Los materiales excavados y que no se utilicen en los rellenos, deberán transportarse a escombreras autorizadas.

2.2.3.2 Infraestructura

Posterior a la preparación del área de trabajo, comienza el proceso de colocación de las armaduras en el caso de fundaciones directas, seguido por el hormigonado de acuerdo a los volúmenes definidos en el proyecto. En general se utilizará hormigón grado H-30 y acero estructural A63-42H.

En el caso de fundaciones profundas del tipo pilote, existen principalmente dos tipos de soluciones: pilotes preexcavados hormigonados in-situ y pilotes hincados.

La primera solución consiste en perforar la excavación del pilote, remover el agua acumulada y el material suelto de la excavación y colocar la armadura y el hormigón en una excavación relativamente seca. Si no se puede mantener una excavación seca se debe utilizar agua y lechada mineral para mantener la estabilidad de la excavación mientras se avanza con ésta hasta la profundidad final, procedimiento que puede requerir algún dispositivo para extraer el agua. El uso de encamisados superficiales temporales ayuda a prevenir el derrumbe de la parte superior de la excavación. Como una alternativa al método de excavación, puede instalarse el encamisado temporal mediante procedimientos vibratorios o de hinca. Dependiendo de las condiciones particulares del proyecto, el encamisado también puede ser permanente.

La segunda solución consiste en hincar pilotes prefabricados mediante equipos específicos de hinca, proceso en el cual es necesario poner especial cuidado en que la resistencia del pilote indicada en el proyecto no exceda los valores para los cuales el equipo pueda infligir daño al pilote.

Posterior a la construcción de las fundaciones del viaducto, la siguiente etapa corresponde a la elevación de las cepas y estribos, la cual consta de tres tareas fundamentales: colocación de armadura, ubicación de moldaje y hormigonado.

Las mallas y barras de acero se deberán colocar en su posición en estricto cumplimiento con lo indicado en el proyecto. Las barras se deberán fijar adecuadamente en sus

intersecciones mediante amarras de alambre y sujetarse por medio de bloques de mortero, distanciadores, soportes, separadores u otros dispositivos, de modo que la armadura quede en su posición correcta y ajustándose a los recubrimientos de hormigón especificados. Además se deberá instalar una cantidad suficiente y segura de pisaderas, escalas, pasarelas, soportes y otras instalaciones provisionarias para que los trabajadores no necesiten trepar, caminar o colgarse de las armaduras durante el proceso de colocación.

Cuando sea posible, se deberán amarrar a un atiesador los extremos libres de las armaduras, en especial aquellas barras que salgan por sobre el nivel previsto del hormigonado. Como atiesador se podrá emplear un tablón o una barra de acero adicional la que podrá quedar embebida en el hormigón.

Antes de comenzar con el hormigonado, se deberá verificar que la disposición de las armaduras se encuentre dentro de las siguientes tolerancias:

- El recubrimiento no deberá variar más que ± 6 mm cuando se hubieren especificado espesores de 50 mm o menores;
- Para recubrimientos de espesores superiores a 50 mm, la variación no deberá ser mayor que ± 10 mm;
- El espaciamiento entre barras no deberá variar en más de ± 25 mm respecto al indicado en el proyecto.

En cuanto al moldaje, éste podrá ser de madera, acero u otro material (o una combinación de ellos), que garanticen un comportamiento resistente y terminación adecuada de las superficies, deben ser estables y rígidos, y garantizar la estanqueidad de las juntas entre sus elementos.

Los soportes del moldaje deberán ser fundados con elementos que aseguren su estabilidad e indeformabilidad. Estos elementos serán diseñados para soportar la carga máxima a que pueden ser sometidos. Todos los sistemas de soporte deberán construirse de modo que permitan un descimbre seguro y fácil, para lo cual se apoyarán en cuñas, cajas de arena, tornillos u otros dispositivos. Los arriostramientos deberán evitar todo movimiento de los moldes durante las etapas de colocación y fraguado del hormigón.

Los moldes deberán ser tratados con agentes desmoldantes que aseguren un fácil retiro, sin deterioro. Además, previo a la colocación del hormigón, el moldaje deberá ser mojado en todos sus costados.

La colocación del hormigón se deberá efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para mantener la homogeneidad del hormigón y asegurar la continuidad de los elementos estructurales. Asimismo, se deberán mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos a hormigonar, evitando desplazamientos o deformaciones de las armaduras u otros elementos embebidos. El vaciado debe ser continuo y uniforme, y se deberá depositar tan cerca como sea posible de su posición final, evitando manipuleo excesivo. El hormigonado se realizará a una velocidad tal que garantice que el material se encuentre siempre plástico y que fluya fácilmente en los espacios.

La compactación del hormigón se deberá efectuar con los equipos adecuados (ya sean vibradores de inmersión, de superficie u otros) y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se pueda:

- obtener la máxima compacidad del hormigón por eliminación de las burbujas de aire arrastradas;
- rellenar completamente el moldaje sin deformarlo excesivamente y sin producir nidos de piedras;
- rodear en forma continua las armaduras;
- obtener la textura superficial especificada.

Se deberá efectuar la protección y curado del hormigón durante el período inicial de endurecimiento con los procedimientos y materiales adecuados para:

- mantener el hormigón en un ambiente saturado, evitando la pérdida del agua del hormigón;
- evitar cambios bruscos de la temperatura del hormigón;
- preservar el hormigón de acciones externas como viento, lluvia, nieve, cargas y otros.

El retiro de los moldajes deberá realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas en las esquinas o la superficie del hormigón, y cuando el retiro de los moldajes se realice durante el período de curado las superficies de hormigón que queden expuestas deberán someterse a las condiciones de curado que corresponda.

En cuanto a la losa de acceso al puente, su construcción se iniciará una vez terminados y aprobados los trabajos de relleno y compactación del trasdós de los estribos y no se permitirá el tránsito de vehículos o la ejecución de obras sobre la losa recién construida, durante un período de 72 horas como mínimo.

2.2.3.3 Superestructura

Existen diversos sistemas que permiten el traspaso de las cargas desde la superestructura a la infraestructura del puente, siendo típico hoy en día en Chile el uso de vigas de hormigón pretensado como sustento de una losa de hormigón armado sobre la que se apoya la carpeta de rodadura del puente.

El sistema de apoyo utilizado de manera general es el consistente en un grupo de placas de neopreno, las que se ubican sobre los cabezales y mesas de apoyo, y bajo el ala inferior de las vigas del tramo. Dichas placas serán instaladas por personal calificado en la posición establecida en el proyecto, sobre un mortero nivelante cuando éstas no estén embebidas en el hormigón.

Posterior a la ubicación de las placas se procede con la colocación de las vigas, ya sea por lanzamiento o montaje, dependiendo de las condiciones del área y de la construcción.

Una vez posicionadas las vigas en los lugares indicados en el proyecto, sobre éstas comienza la materialización de la losa del viaducto, típicamente de hormigón armado, proceso que se divide en tres etapas fundamentales: enfierradura, postura de moldaje y hormigonado. En dichas etapas, similares al caso de la construcción de la infraestructura, se deben tener en cuenta los puntos ya mencionados en dicha sección.

Es importante indicar que, previo al hormigonado de la losa, se deben posicionar tanto las barbacanas de desagüe, para permitir el drenaje superficial de la estructura, como los pernos antisísmicos, que sirven de conexión entre la superestructura y la infraestructura.

Terminada la losa, se continúa con la colocación de las barreras del puente, seguido por la confección de la carpeta de rodadura. Si las barreras son de hormigón, se deben seguir los procesos ya mencionados de enfierradura, moldaje y hormigonado. En cuanto a la carpeta de rodadura, se deberá impermeabilizar la superficie bajo esta capa previo a su colocación, además de tener en cuenta la ubicación de las juntas de expansión, cuyo propósito es permitir las deformaciones longitudinales debidas a cambios de temperatura, sismos u otras acciones.

2.2.4 Riesgos en viaductos

Los puentes son estructuras complejas que se encuentran sometidas a un conjunto de riesgos, asociados a diversos factores que se deben tener en cuenta desde las etapas preliminares del proyecto y que influirán en la elección del lugar de emplazamiento de la estructura, su construcción y diseño.

Entre los riesgos presentes en puentes y viaductos, aquellos que tienen una mayor influencia en el proyecto son los de carácter hidráulico e hidrológico, sísmico y geotécnico, los cuales se repasan a continuación.

2.2.4.1 Hidrología e hidráulica.

Los estudios hidrológicos, hidráulicos y de estabilidad del curso de agua se ocupan de predecir los caudales de inundación y sus frecuencias, y de los complejos fenómenos físicos que involucran las acciones e interacciones del agua y el suelo durante la ocurrencia de los caudales de inundación previstos.

Durante la evaluación de las alternativas de diseño para un puente se deben considerar la estabilidad del curso de agua, remanso, distribución de caudales, velocidades de flujo, potencial de socavación y riesgo de inundación.

En la elección del período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo, este último, de factores económicos, sociales, ambientales y técnicos, entre otros. Por ejemplo, según el Manual de Carreteras, para puentes y viaductos en carretera el período de retorno para diseño es de 200 años.

A pesar de que los riesgos hidráulicos e hidrológicos son preponderantes en el diseño de puentes, para el presente trabajo, dado que es una comparación entre esta alternativa y el uso de terraplenes, las condiciones impuestas en el diseño de estos últimos controlará la capacidad de drenaje transversal en el estudio, dadas las mayores limitaciones en las dimensiones de las alcantarillas.

2.2.4.2 Socavación

Un riesgo asociado al hidráulico, y que se produce en la interacción agua – suelo, es la socavación.

Este fenómeno, producido al pie de pilas y estribos, ocurre por un desequilibrio localizado entre la tasa a la cual el sedimento es arrastrado por la corriente fuera de una determinada zona del lecho y la tasa de sedimento alimentada hacia ella. Este desequilibrio se genera por la concentración del flujo asociada a la presencia de un obstáculo o estructura implantada en el lecho fluvial. El resultado es una profundización local del lecho, bajo la forma de una fosa o cavidad en el entorno de la estructura, que se desarrolla durante un cierto tiempo hasta que se restituye el equilibrio entre la tasa de entrada y de salida de sedimento de la fosa.

La fosa de socavación que caracteriza la condición de régimen puede llegar a afectar la estabilidad de la estructura y, por lo tanto, se hace necesario predecirla como parte del diseño mediante expresiones que permitan determinar la profundidad máxima de la fosa.

2.2.4.3 Asentamientos

Otro riesgo importante que se debe tener en cuenta en el diseño de puentes y viaductos es el análisis de asentamientos.

Los asentamientos de las fundaciones se deberían estimar utilizando análisis de deformaciones basados en los resultados de ensayos en laboratorios o ensayos in situ. Los parámetros del suelo usados en los análisis se deberían seleccionar de manera que reflejen el historial de carga del terreno, la secuencia de la construcción y el efecto de la estratificación del suelo.

Se deben considerar tanto los asentamientos totales como los asentamientos diferenciales, incluyendo los efectos dependientes del tiempo.

El asentamiento inmediato, que debido al método que se utiliza para calcularlo algunas veces se denomina asentamiento elástico, es la deformación instantánea de la masa de suelo que ocurre al cargar el suelo. En los suelos cohesivos prácticamente saturados o saturados, la carga aplicada es inicialmente soportada por la presión del agua intersticial. A medida que la carga aplicada hace que el agua intersticial salga de los vacíos del suelo, la carga se transfiere al esqueleto de éste. Por otra parte, el asentamiento por consolidación corresponde a la compresión gradual del esqueleto del suelo a medida que el agua intersticial sale de los vacíos. El asentamiento secundario ocurre como resultado de la deformación plástica del suelo bajo la tensión efectiva constante.

El asentamiento total, incluyendo el asentamiento elástico, el asentamiento por consolidación y el asentamiento secundario se pueden tomar como la suma directa de estos tres diferentes tipos de asentamiento.

Cuando corresponda, también se deberían considerar otros factores que pudieran afectar el asentamiento, como por ejemplo las cargas de terraplenes, las cargas laterales y/o excéntricas y las cargas que originan las vibraciones debidas a las sobrecargas dinámicas o cargas sísmicas.

2.2.4.5 Falla por corte

Existen tres modos de falla por corte relacionados con la capacidad de carga para fundaciones en suelo: corte generalizado, corte localizado y punzonamiento.

Las fallas por corte generalizado se caracterizan por una superficie de falla bien definida que se extiende hasta la superficie del terreno y son acompañadas por una rotación e inclinación súbita de la zapata y el abultamiento del suelo a ambos lados de la misma. Estas fallas se producen en suelos relativamente incompresibles y en arcillas normalmente consolidadas saturadas cuando están cargadas en condición no drenada.

Las fallas por corte localizado se caracterizan por una superficie de falla similar a la correspondiente a las fallas por corte generalizado pero que no se prolonga hasta la superficie del terreno sino que termina en algún punto del suelo debajo de la zapata. Éstas son acompañadas por la compresión vertical del suelo adyacente a la zapata, pero no por la rotación o inclinación súbita de ésta. Dicha falla es una condición de transición entre la falla por corte generalizado y la falla por punzonamiento.

Las fallas por punzonamiento se caracterizan por la presencia de corte vertical alrededor del perímetro de la zapata y son acompañadas por un movimiento vertical de ésta y la compresión del suelo inmediatamente debajo de la misma, pero no afectan el suelo fuera del área cargada. Ocurren en suelos sueltos o compresibles, en suelos débiles bajo condiciones de carga lenta (drenada) y en arenas densas en el caso de zapatas profundas sujetas a cargas elevadas.

El modo de falla para cada zapata en particular depende fundamentalmente de la compresibilidad del suelo y de la profundidad de la zapata.

Para calcular las fallas por corte, la capacidad de carga nominal se debería estimar en base a los parámetros del terreno utilizando teorías reconocidas en la mecánica de suelos. Los parámetros del suelo usados en los análisis deberán ser representativos de la resistencia al corte del suelo bajo las condiciones subsuperficiales y de carga consideradas y estimados a partir de ensayos en laboratorio e in situ.

2.2.4.4 Riesgo sísmico

Tanto las especificaciones nacionales como las normas AASHTO abarcan en profundidad el diseño sismorresistente de puentes y viaductos, por lo que en un país sísmico

como Chile, realizar el diseño para cumplir con las especificaciones mencionadas es de absoluta necesidad.

Los movimientos sísmicos y las fuerzas sísmicas indicadas en la normativa nacional están basadas en una probabilidad de no excedencia de 90% durante la vida útil del puente, estimada en 50 años, lo que es equivalente a un período de retorno medio de 475 años.

Los puentes y sus componentes que son diseñados para resistir estas fuerzas y que son construidos de acuerdo con los detalles de diseño indicados en las especificaciones pueden sufrir daño, pero tienen una muy baja probabilidad de colapsar debido a la acción sísmica.

La normativa está orientada a lograr estructuras que:

- Resistan sin daño, en el rango elástico, movimientos sísmicos de intensidad moderada.
- Limiten los daños en los elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad.
- Aunque presenten daños, eviten su colapso total o parcial durante sismos de intensidad excepcionalmente severa. Dentro de lo posible, el daño que ocurriera debería presentarse en zonas en que puede ser detectado rápidamente y de fácil acceso para su inspección y reparación. El riesgo de vida humana en estos casos debe ser mínimo, no aceptándose como principio general.

El peligro sísmico varía en el país de norte a sur, razón por la cual, para objetivos de diseño, se debe especificar la ubicación de la estructura a partir de la zonificación sísmica de Chile, presente en el capítulo 3.1000 del Volumen N°3 del Manual de Carreteras. A partir de esta zonificación se determinan diferentes parámetros que influirán en el diseño del puente.

Para determinar las cargas sísmicas a ser usadas en el análisis elástico de los efectos sísmicos, las especificaciones nacionales describen cinco métodos:

- Método del coeficiente sísmico
- Método del coeficiente sísmico modificado por la respuesta estructural
- Método modal espectral
- Método modal espectral con estudio de riesgo sísmico
- Método de análisis lineal o no lineal en el tiempo.

Los dos primeros métodos consideran coeficientes de respuesta sísmica y el tercero, un análisis modal espectral basado en un espectro de aceleración de diseño. Los últimos dos son

métodos más rigurosos de análisis para puentes que consideren estructuras críticas o para aquellas estructuras de geometrías complejas o próximas a fallas geológicas activas superficiales (Las Melosas, Cajón del Maipo).

La socavación extrema, si bien es un evento de baja probabilidad de ocurrencia durante la vida útil del puente, una vez ocurrida, ella será conservada por el río, pues no se recupera el nivel de empotramiento original, de tal suerte que cuando ocurra el sismo extremo existe una alta probabilidad de encontrar el puente socavado. Por este motivo esta característica será siempre condicionante del diseño sísmico y la evaluación de la socavación para esta condición será crítica.

La normativa indicada, tanto el Manual de Carreteras como las normas AASHTO, indican en detalle los procedimientos para cumplir con un diseño que permita llevar al viaducto, en la mayoría de los casos presentes en el país, a un comportamiento satisfactorio y dentro de un estándar mínimo, bajo los riesgos de amplia índole mencionados anteriormente.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO COMPARATIVO

En este capítulo se presenta el conjunto de hipótesis definidas para realizar el estudio comparativo, representativas de construcciones típicas de terraplén y viaducto que se han ejecutado o se ejecutan hoy en día en el país, lo cual permitió desarrollar las cubicaciones y el cálculo de costos asociado a ambas alternativas acorde a la realidad nacional. Se detallarán tanto las dimensiones generales de las construcciones como las partidas y costos necesarios para la confección del presupuesto de las obras. Además, se especificará la condición hidráulica crítica que permita construir el terraplén utilizando alcantarillas para el drenaje transversal de las aguas.

3.1 Casos de estudio

Dado que la presente investigación busca realizar una comparación de costos en función de las dimensiones de la construcción, es necesario definir inicialmente las características que tendrá la falla geográfica a sortear por el terraplén o por el viaducto.

Para esto se consideró una hondonada idealizada, con un talud de 1:1 en ambos costados y con altura y largo variable. El largo inferior corresponde al largo del fondo de la hondonada (L_f) la altura se ajusta a la cota de rasante del proyecto (h), mientras que el largo de la rasante (L_{ras}) está relacionado con el largo del fondo y con la altura mediante la expresión 3.1.

$$L_{ras} = L_f + 2h \quad (3.1)$$

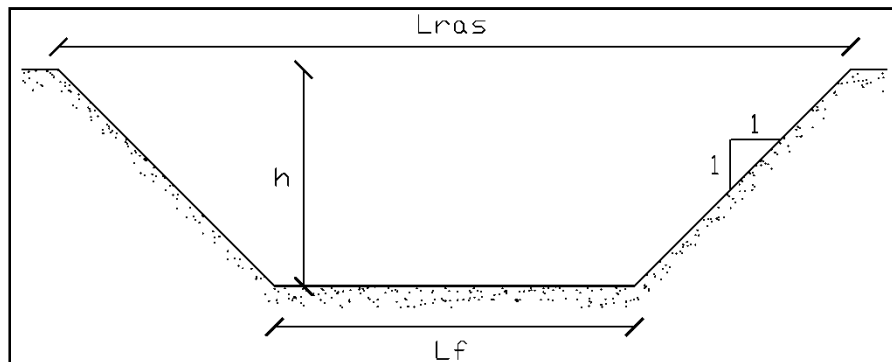


Figura 3.1: hondonada tipo

Cada valor considerado de L_f se tomó como un caso comparativo independiente, bajo el cual se aumentó la altura h , variando consecuentemente el largo de la rasante L_{ras} .

El valor mínimo asignado a L_f fue igual a 20 m, debido al tamaño de la alcantarilla a utilizar, incrementándose cada 10 m hasta alcanzar una magnitud máxima de 100 m, concretando un total de 9 casos independientes.

Para cada uno estos casos independientes, la altura de la rasante aumentó cada 5 m, partiendo desde 5 m hasta una altura máxima de 50 m, límite en el cual entran en juego otros factores de diseño y constructibilidad, los que se escapan a las obras típicas del país y al análisis general al cual está orientado el presente trabajo.

En la figura 3.2 se esquematizan todos los casos considerados.

| Variable | Mínimo [m] | Máximo [m] |
|-----------|------------|------------|
| L_f | 20 | 100 |
| h | 5 | 50 |
| L_{ras} | 30 | 200 |

Tabla 3.1: rangos de análisis

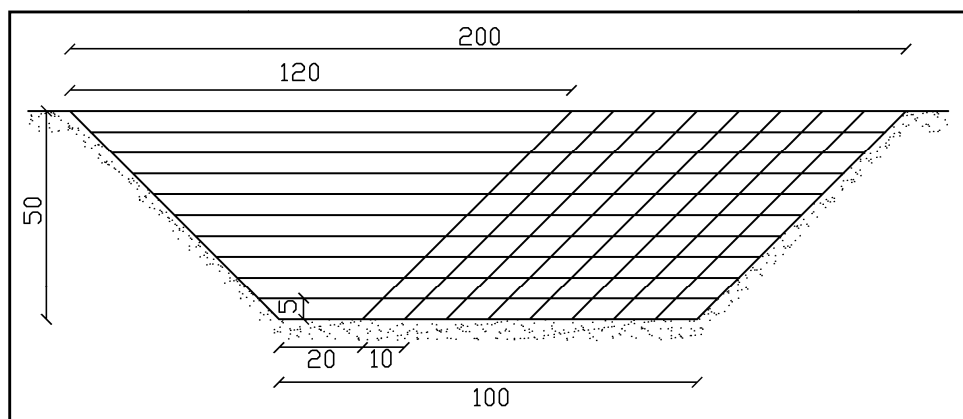


Figura 3.2: casos de estudio (dimensiones en metros)

3.2 Características generales

En esta sección se indican las características generales correspondientes a las dimensiones y elementos constituyentes de ambas alternativas a comparar.

El estudio se realizó en base a un camino primario de calzada bidireccional, con velocidad de proyecto igual a 100 km/h, por lo que, de acuerdo a lo indicado en el Volumen N°3 del Manual de Carreteras, la calzada está conformada por dos pistas de 3.5 m de ancho y dos bermas de 2.5 m de ancho cada una.

3.2.1 Terraplén

En el caso específico del terraplén fue necesario considerar, además de las pistas y bermas, un sobreaño de plataforma (SAP) de 1 m a cada lado, por lo que la plataforma del terraplén comprende un ancho total de 14 m.

Además, se consideraron taludes extendidos, con una geometría típica de 1:1.5 (v:h).

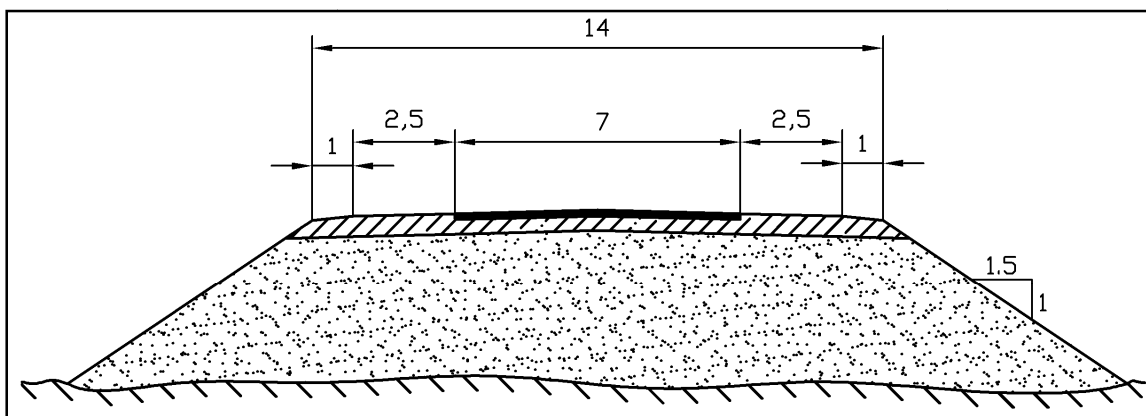


Figura 3.3 Definición de plataforma (dimensiones en m)

El pavimento utilizado posee un espesor de 14 cm y comprende el ancho de pistas y bermas, con una pendiente de 2.5% hacia cada costado del eje de la calzada y cuyo propósito es permitir la evacuación de las aguas superficiales. Asimismo, se consideraron embudos que permitan la descarga de las aguas desde la superficie hacia el terreno natural.

Para el drenaje transversal de las aguas, se dispuso de una alcantarilla del tipo cajón triple, hecha de hormigón armado y a partir de la cual se especificará el régimen fluvial crítico en la sección 3.5. Las dimensiones de la alcantarilla se indican en la figura 3.4.

Además, se estableció el uso de enrocados de protección desde el pie del terraplén hasta la cota de la clave de la alcantarilla y entre las alas de ésta y el borde de la hondonada, tal como se indica en la figura 3.5.

También se consideró el uso de soleras de hormigón del tipo "A" a los costados de la calzada con el fin de guiar las aguas superficiales hacia los embudos de descarga que llevan el flujo fuera del terraplén. Sus dimensiones y forma se describen en la figura 3.6.

El detalle de todos los restantes elementos constituyentes del terraplén, como barreras de contención, soleras, demarcación del pavimento, etc., pertenecientes a las distintas partidas a considerar en el presupuesto, se indicarán en la sección 3.3.

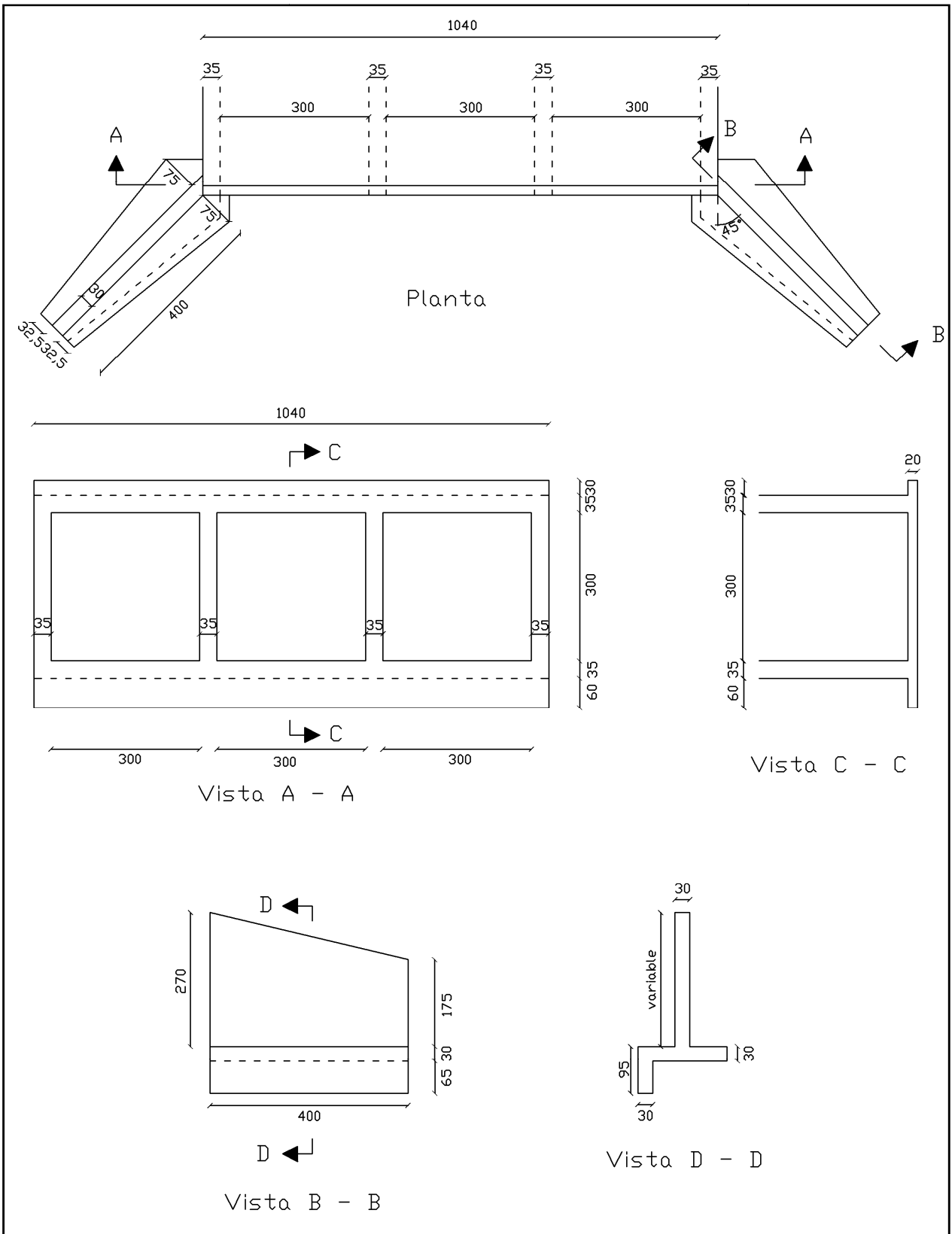


Figura 3.4: alcantarilla de cajón triple (dimensiones en cm)

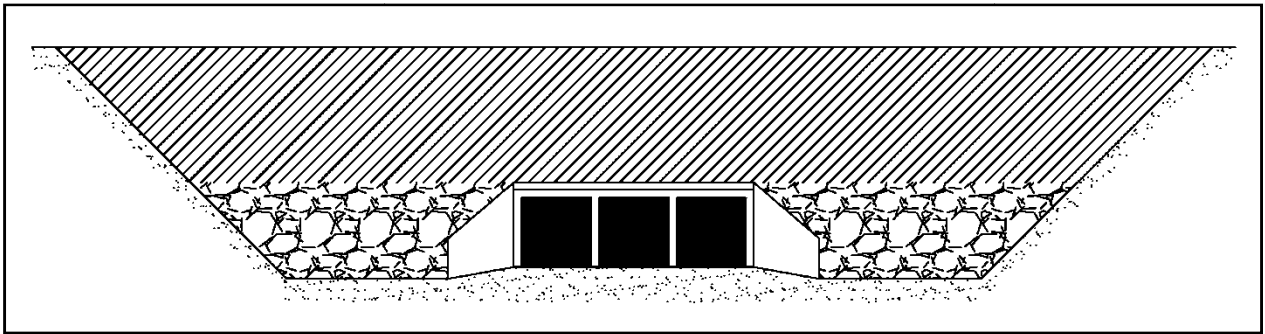


Figura 3.5: disposición de alcantarilla y enrocados de protección

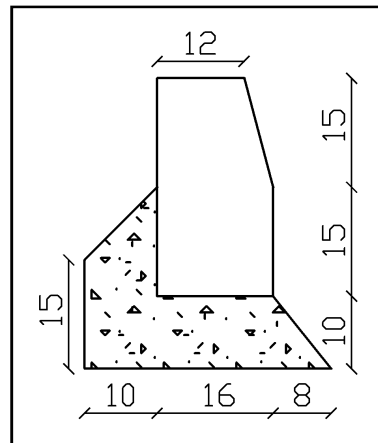


Figura 3.6: solera tipo "A" (dimensiones en cm)

3.2.2 Viaducto

La construcción considerada corresponde a un viaducto típico de hormigón armado, con vigas de hormigón pretensadas y cepas tipo muro con celdas, sustentadas por fundaciones directas o profundas.

Las características del viaducto se definieron bajo la asesoría de ingenieros del Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, en base a proyectos ya construidos.

Además se contó con los planos de tres puentes con cepas del tipo muro con celdas y fundaciones profundas: Puente Huaquén Oriente, ubicado en la Ruta 5, sobre el Estero Huaquén, Provincia de Petorca, Región de Valparaíso; Puente Estero Penco, ubicado en el Bypass, sobre el Estero Penco, Provincia de Concepción, Región del Bío-Bío; Viaducto Cartagena 2, ubicado en el Nuevo Camino Costero, Provincia de San Antonio, Región de Valparaíso.

| Puente | L_{total} [m] | $h_{m\acute{a}x}$ [m] | Nº tramos | $L_{m\acute{a}x}$ tramo [m] | Fundaciones cepas | Fundaciones estribos |
|-------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
| Huaquén | 84 | 19 | 3 | 34 | Profundas | Profundas |
| Penco | 190 | 31 | 6 | 32.5 | Profundas | Directas |
| Cartagena 2 | 252.5 | 51 | 5 | 55 | Una directa y tres profundas | Directas |

Tabla 3.2: Descripción puentes de referencia.

Para explicar de manera más clara la configuración de los diversos elementos, se comenzará por la descripción desde arriba hacia abajo, es decir, primero se mostrarán las propiedades de la superestructura para seguir con la infraestructura.

Ante todo, es necesario apuntar que la longitud del viaducto se tomó equivalente al largo de la rasante, y a medida que este largo aumenta con la altura, fue indispensable dividir el viaducto en tramos de igual longitud. La extensión máxima considerada para cada tramo fue de 40 m y según el número de tramos del viaducto se definió el número de cepas y vigas a incluir en los cálculos.

3.2.2.1 Superestructura

El ancho del tablero incluye, además de pistas y bermas (12 m), el espacio destinado a la ubicación de barreras de hormigón, correspondiente a 36 cm en cada costado, alcanzando un ancho total de tablero igual a 12.72 m.

El sistema estructural del tablero es de hormigón armado, con un espesor de 21 cm, apoyado sobre cuatro vigas longitudinales en cada tramo, espaciadas en 3.24 m. Sobre la losa de hormigón se posiciona la capa de rodadura con un espesor de 5 cm.

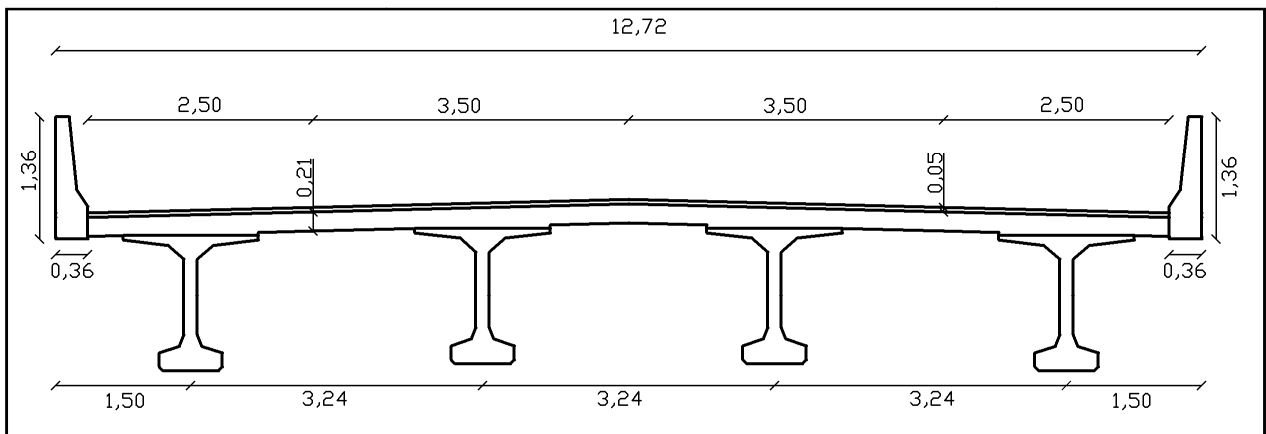


Figura 3.7: dimensiones del tablero (en metros)

Las dimensiones de las vigas dependen del largo del tramo a soportar, por lo que se consideraron cuatro tipos con diferentes secciones transversales:

| Denominación viga | Altura viga [cm] | Longitud tramo [m] |
|-------------------|------------------|---------------------|
| N-135 | 135 | $20 < L < 25$ |
| N-151 | 151 | $25 \leq L < 30$ |
| N-186 | 186 | $30 \leq L < 35$ |
| N-201 | 201 | $35 \leq L \leq 40$ |

Tabla 3.3: tipos de vigas.

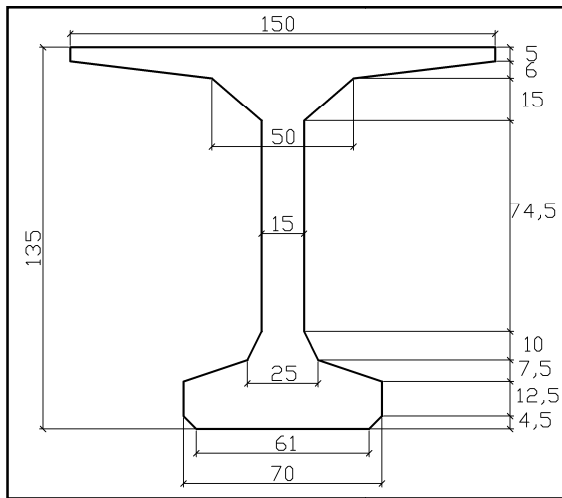


Figura 3.8: viga N-135 (dimensiones en cm)

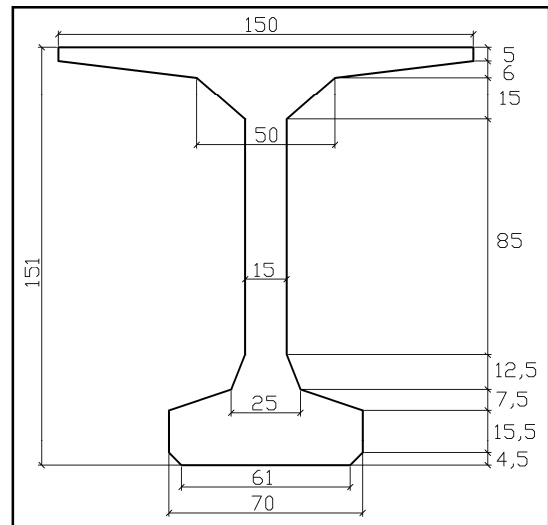


Figura 3.9: viga N-151 (dimensiones en cm)

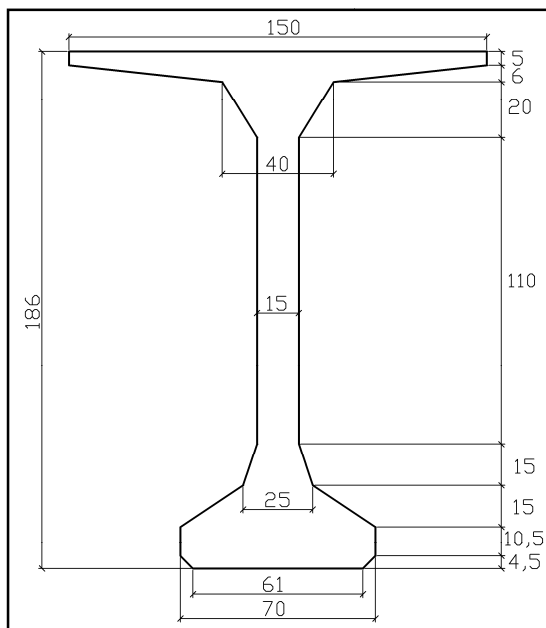


Figura 3.10: viga N-186 (dimensiones en cm)

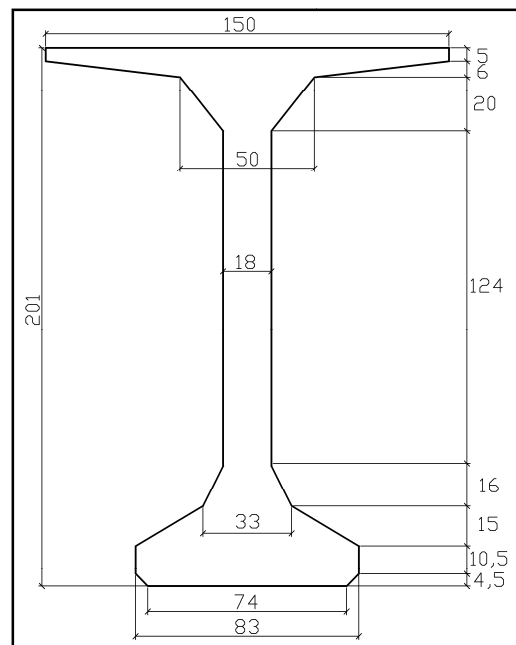


Figura 3.11: viga N-201 (dimensiones en cm)

Además, consideraron barreras forma F alta de hormigón, sin pasamanos y con las dimensiones indicadas en la figura 3.12.

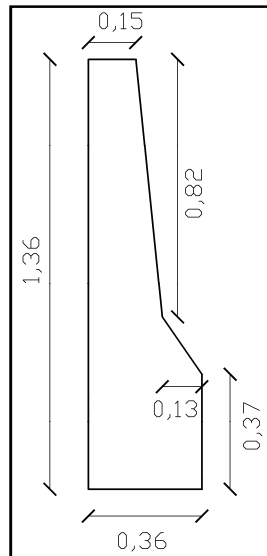


Figura 3.12: barrera F de hormigón sin pasamanos (dimensiones en m)

3.2.2.2 Infraestructura

Se realizó la cubicación de la infraestructura en base a cepas del tipo muro con celdas, trabajando con dos secciones transversales diferentes, una para altura de cepa menor o igual a 25 m y otra para alturas entre 25 m y 50 m.

Además de las cepas, se dispuso de estribos tanto en la entrada como en la salida del viaducto. La altura del muro frontal del estribo varía de acuerdo a la altura de la viga considerada en cada caso, manteniendo el resto de los muros del estribo con un tamaño constante.

Otro aspecto fundamental de la infraestructura son las fundaciones. Típicamente se presentan dos tipos de soluciones para éstas, dependiendo del tipo de terreno que las soporta: fundaciones directas o fundaciones profundas, ambas analizadas en el estudio.

En el caso del uso de fundaciones directas, se desarrolló la cubicación para dos tamaños diferentes de fundación, un tamaño utilizado cuando las cepas sean de altura menor o igual a 25 m y otro cuando la altura de la cepa supere los 25 m.

Las fundaciones profundas se configuraron utilizando seis pilotes pre-excavados in situ bajo cada cepa, con un diámetro de 1.5 m y 15 m de largo, independientes de la altura de la cepa.

En cuanto a las fundaciones de los estribos, se consideró un tamaño constante para el caso de fundaciones directas y el uso de tres pilotes en cada estribo para el caso de fundaciones profundas.

A continuación, se presenta una serie de esquemas descriptivos de la infraestructura, incluyendo cepas, estribos y fundaciones.

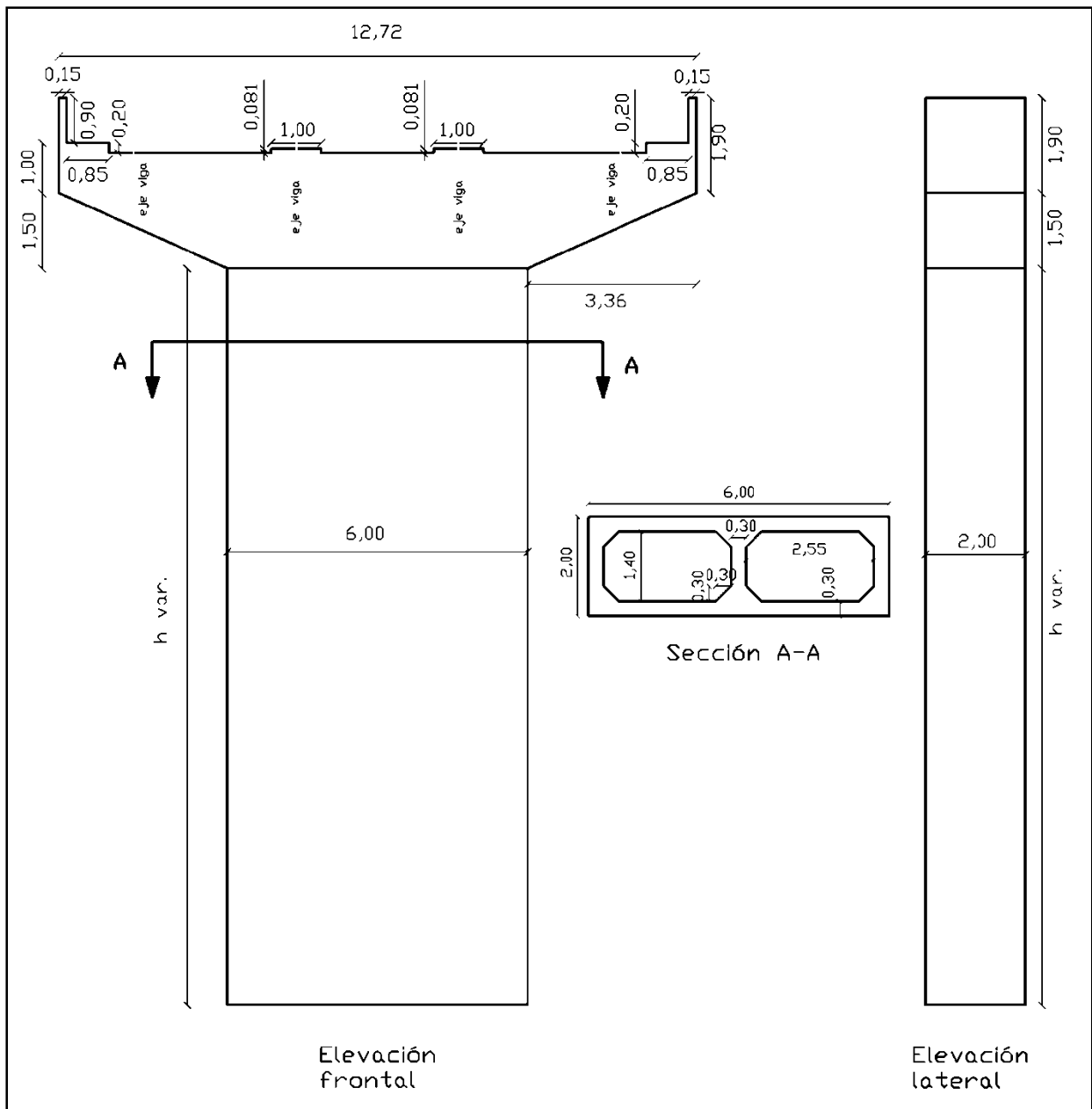


Figura 3.13: cepa para $h \leq 25$ m (dimensiones en m)

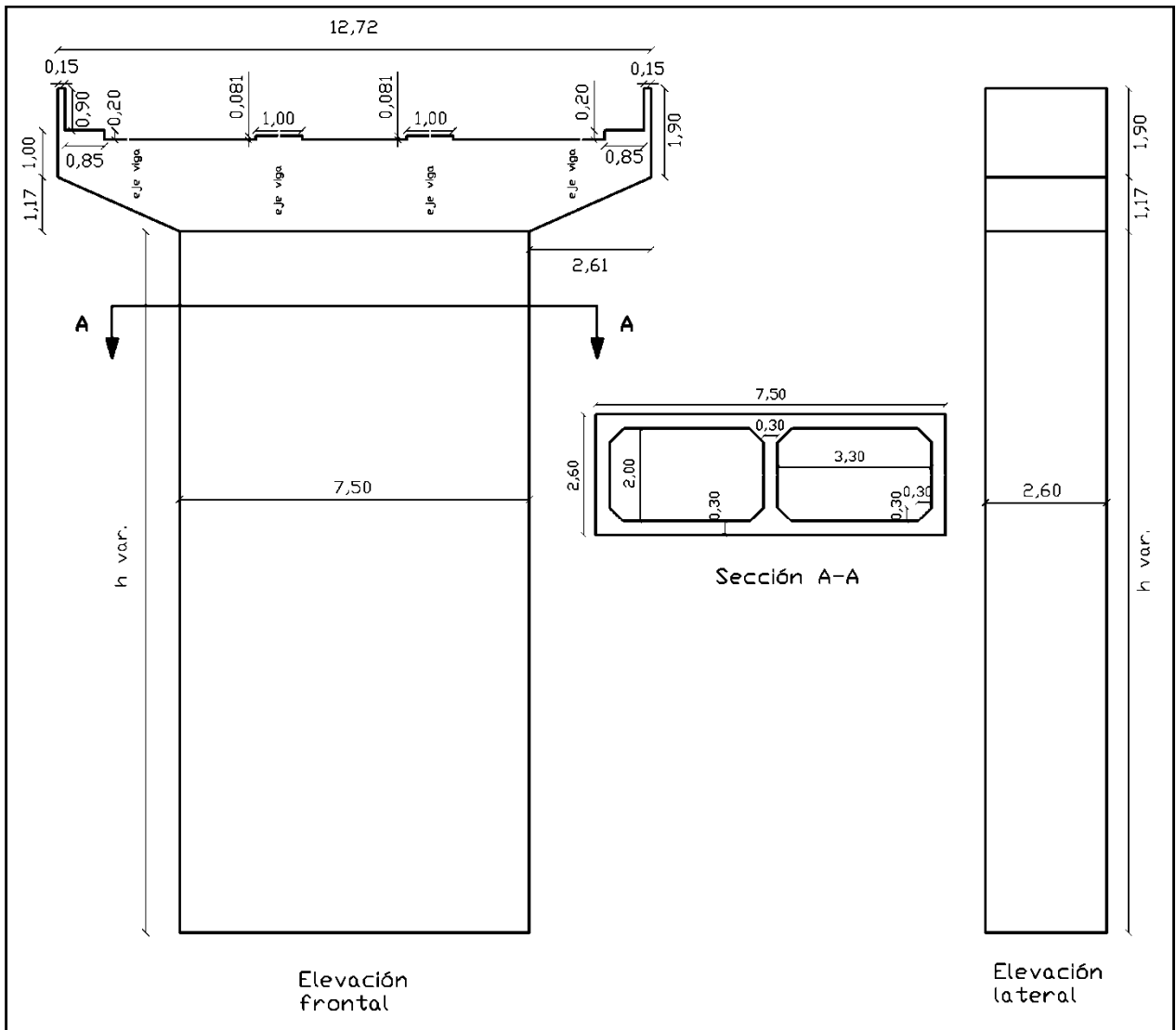


Figura 3.14: ceba para $25 \text{ m} < h \leq 50 \text{ m}$ (dimensiones en m)

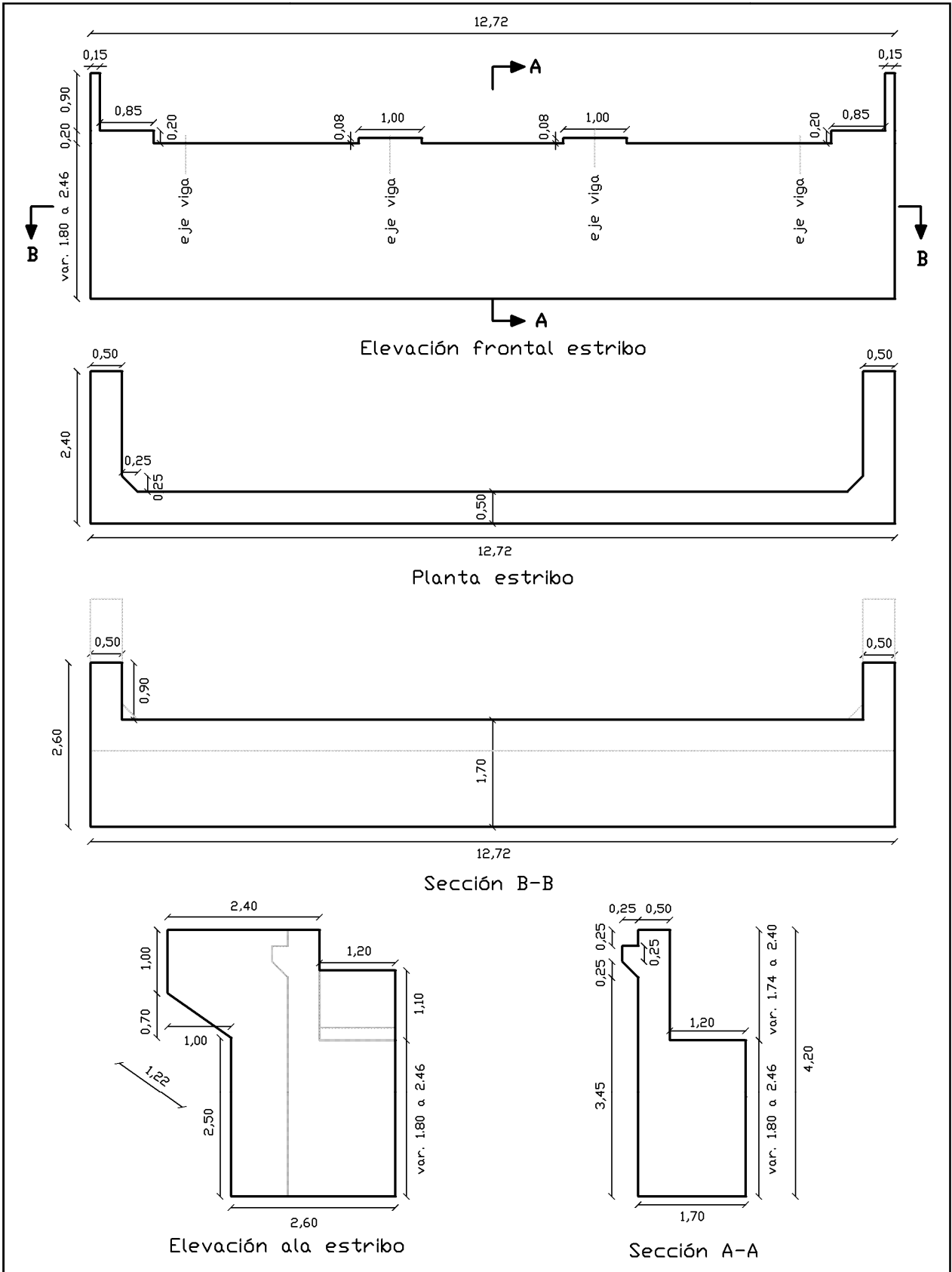


Figura 3.15: estribo (dimensiones en m)

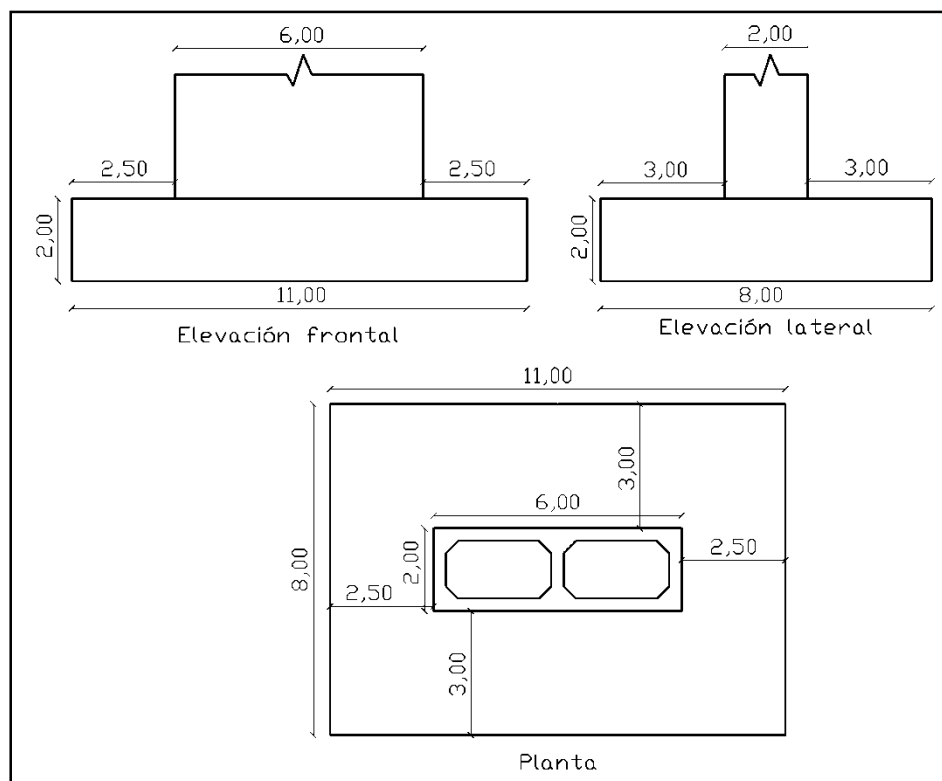


Figura 3.16: fundación directa para cepa de altura ≤ 25 m (dimensiones en m)

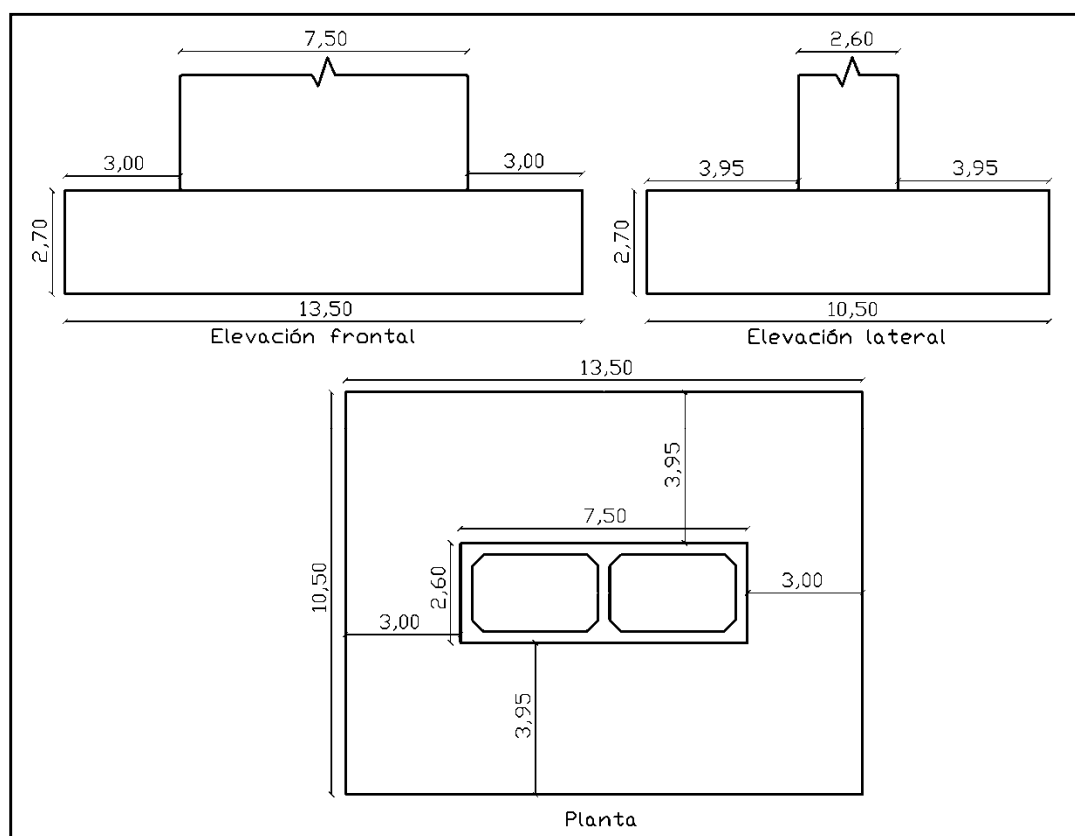


Figura 3.17: fundación directa para cepa de altura $25 \text{ m} < h \leq 50$ m (dimensiones en m)

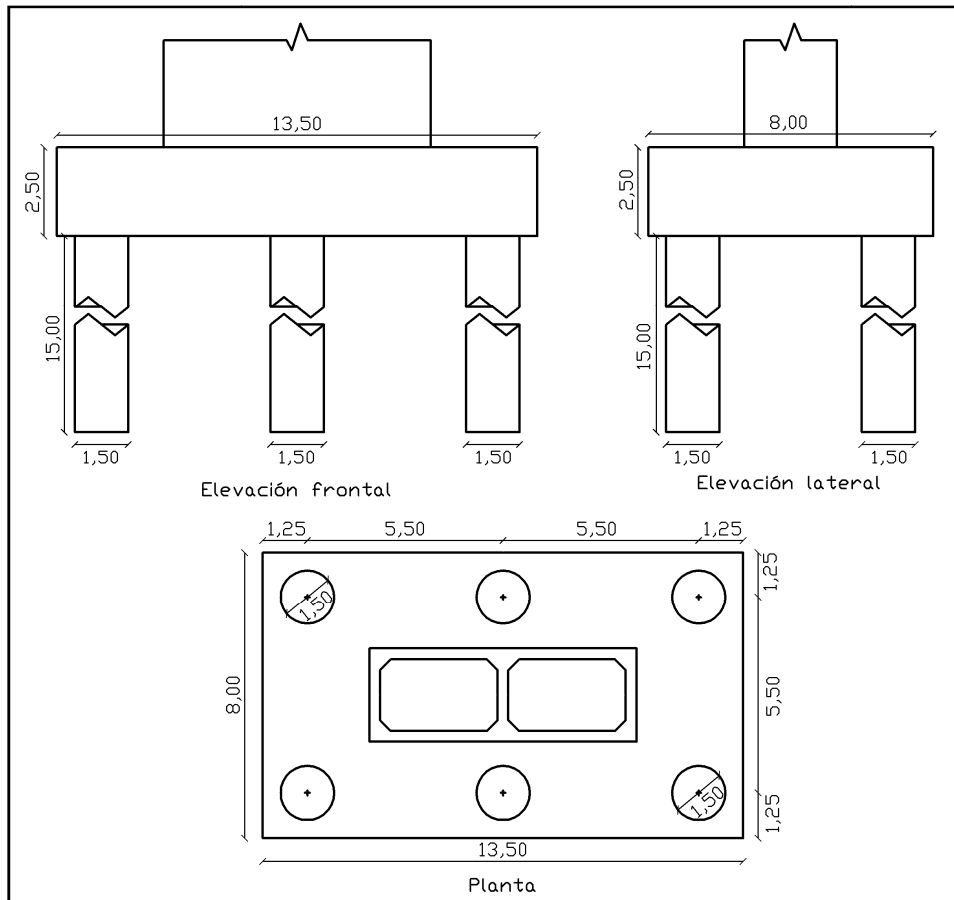


Figura 3.18: fundaciones profundas para cepas (dimensiones en m)

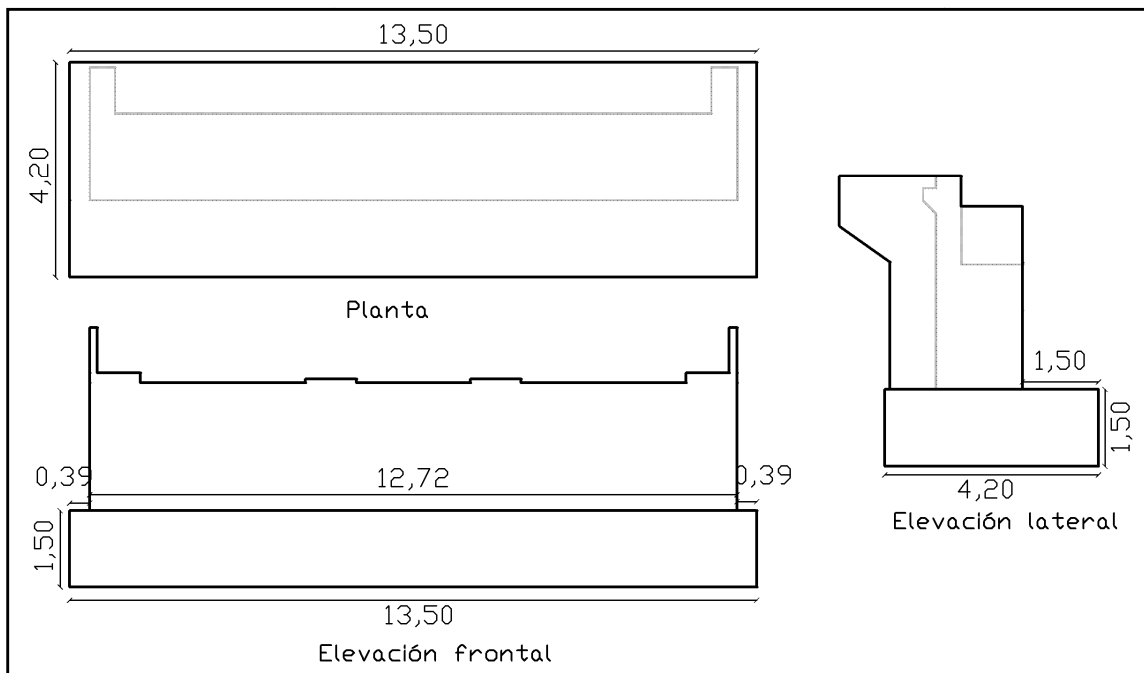


Figura 3.19: fundación directa estribo (dimensiones en m)

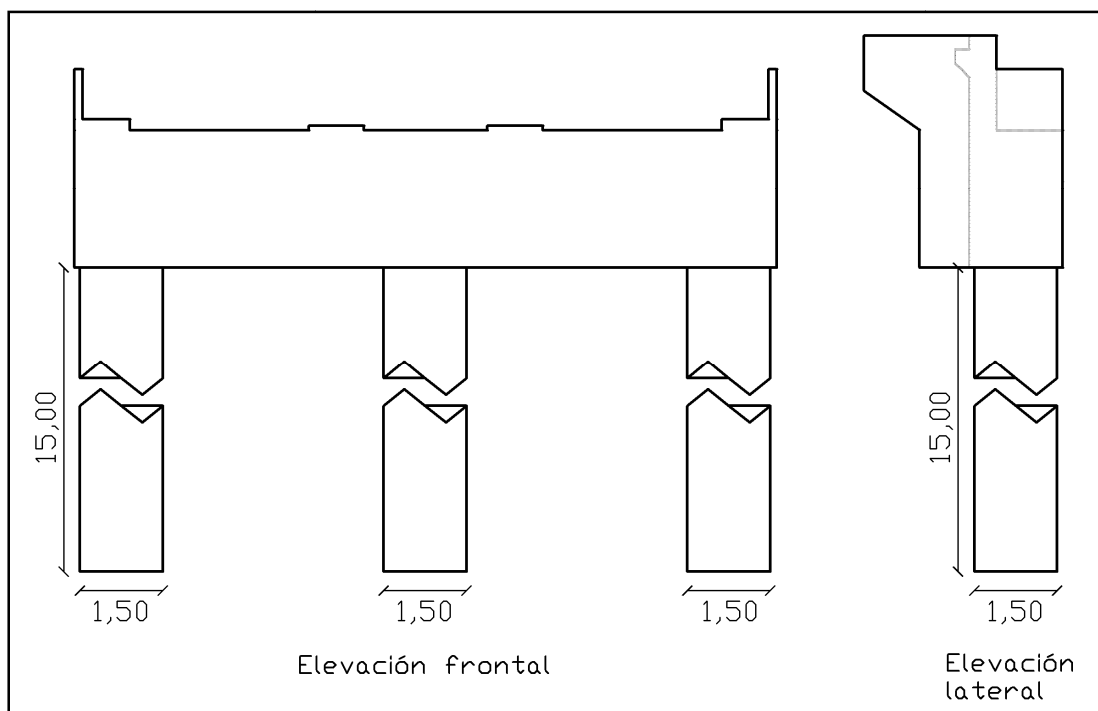


Figura 3.20: fundaciones profundas en estribo (dimensiones en m)

3.3 Partidas del presupuesto y bases de cálculo

Para el cálculo de cubicaciones y costos, tanto del terraplén como del viaducto, se consideró una serie de partidas atenuadas al Volumen N°5, “Especificaciones técnicas generales de construcción” del Manual de Carreteras. Dichas partidas están caracterizadas por un código y un nombre identificativo, los cuales se deben respetar en todos los contratos del Ministerio de Obras Públicas. Éstas abarcan en totalidad los ítemes necesarios para desarrollar una construcción dentro de lo exigido por la normativa chilena y permiten llevar un detalle claro y ordenado al momento de la elaboración del presupuesto de una obra, así como en la confección de estados de pago entre los contratistas y el MOP.

Con el objeto de orientar al lector sobre los ítemes considerados en el presente trabajo, a continuación se repasa resumidamente la descripción de cada uno de ellos y las bases de cálculo establecidas como hipótesis para la confección de las cubicaciones.

3.3.1 Terraplén

(201-1) Excavación de escarpe

Esta partida incluye la excavación y remoción de la capa vegetal superficial de material de escarpe en aquellas áreas donde se apoyarán nuevos terraplenes, incluyendo además el carguío y transporte del material a escombreras autorizadas o acopios temporales.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de excavación de escarpe; la medición se realizó considerando un espesor de 0.3 m por un ancho igual al del fondo del terraplén más 2.5 m por cada lado, con el objeto de incorporar las zonas donde se construirán cercos de alambre de púas e incluir en este ítem las tareas correspondientes a despeje y limpieza de faja.

(202-1) Excavación en terreno de cualquier naturaleza para obras de drenaje

Esta partida incluye las excavaciones para obras de drenaje (alcantarillas) en suelos clasificados como TCN (Terreno de Cualquier Naturaleza), es decir, en suelos no clasificados como roca, de acuerdo a lo establecido en el Volumen N°5 del Manual de Carreteras, y que no requieran agotamiento.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de excavación en TCN; la medición se realizó incluyendo toda la excavación efectuada en el terraplén para la confección de la alcantarilla.

(204-4) Geotextil para control de erosión

Esta partida incluye la provisión y colocación de telas del tipo geotextil puesta entre la superficie del terraplén y los enrocados de protección.

Se cuantifica por metro cuadrado (m^2) de tela geotextil colocada, incluyendo equipos, herramientas, mano de obra, costurado y demás actividades y trabajos necesarios para la correcta instalación de la tela correspondiente; la medición se efectuó considerando el área del talud del terraplén desde el pié de éste hasta la cota de la clave de la alcantarilla, y longitudinalmente entre los bordes de la alcantarilla y el borde de la ladera.

(205-1) Formación y compactación de terraplenes

Esta partida incluye la formación y compactación de terraplenes, con material denominado "Terreno de Cualquier Naturaleza". Dicho material podrá provenir de cortes del mismo camino o de empréstitos, cualquiera fuere la distancia de trasporte. Se incluyen asimismo todos los equipos y mano de obra, incluso trabajo necesarios para habilitar pozos de empréstitos y la construcción y conservación de sus caminos de acceso. También se incluyen

los trabajos de preparación y compactación de todas las áreas de fundación, incluyendo las superficies resultantes de la remoción de escarpes, de materiales inadecuados y demás actividades o trabajos necesarios para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de formación y compactación de terraplenes; la medición se efectuó de acuerdo a las secciones geométricas de los perfiles del proyecto, desde el fondo del terraplén hasta la cota de subrasante.

(207-3) Enrocados de protección

Esta partida se refiere a la construcción de enrocados con el propósito de evitar erosiones o socavaciones en taludes de terraplén por efecto de las corrientes. Incluye los materiales, equipos y mano de obra necesaria para la colocación.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de material colocado; la medición se efectuó considerando un espesor de 1 m de enrocado sobre el área del talud del terraplén desde el pie de éste hasta la cota de la clave de la alcantarilla, y longitudinalmente entre los bordes de la alcantarilla y el borde de la ladera,

(209-1) Preparación de la subrasante

La partida comprende la provisión de materiales cuando corresponda, perfiladura, compactación y terminación de la plataforma en todo su ancho, incluyendo asimismo el estacado y demás actividades necesarias para cumplir con la conformación de la plataforma del camino a nivel de subrasante, en sectores de terraplén y corte, dejándola en condiciones adecuadas para recibir las capas siguientes, tales como subbases, bases, capas de rodadura o cualquier otra que se especifique en el proyecto.

Todos los rellenos y ajustes que se requieran para conformar la subrasante, deberán efectuarse con suelos cuyo soporte sea igual o superior a 20% CBR, y tamaño máximo de 100 mm.

Se cuantifica por metro cuadrado (m^2) de preparación de subrasante; la medición se efectuó considerando un ancho de 14.58 m (correspondiente al ancho del terraplén a nivel de subrasante) a lo largo de la rasante del proyecto.

(301-1) Subbase granular, CBR \geq 40%

Esta partida incluye la provisión y suministro de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la confección, colocación, compactación, terminación y mantención de subbases granulares de poder de soporte igual o mayor a 40% CBR.

Para los efectos de las especificaciones, se denomina subbase a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular de pavimentos flexibles.

La colocación de los materiales de subbases sólo se iniciará una vez que se haya dado cumplimiento a los requerimientos establecidos en la preparación de la subrasante.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de subbase de CBR \geq 40%; la medición se realizó considerando un espesor de subbase igual a 13 cm.

(302-1) Base granular, CBR \geq 80%

Esta partida se refiere a la confección, colocación y compactación de la base granular ubicada sobre la subbase y destinada a formar parte de la estructura del pavimento asfáltico de rodadura.

La colocación de los materiales de la base sólo se iniciará una vez que se haya dado cumplimiento a los requerimientos establecidos en la colocación de la subbase.

Se mide por metro cúbico (m^3) de base granular de poder de soporte igual o mayor a 80% CBR; la medición se efectuó considerando un espesor de base igual a 13 cm.

(401-1) Imprimación

Esta etapa consiste en la aplicación de un riego asfáltico cortado de baja viscosidad o emulsión imprimante, sobre una base no tratada (pavimento asfáltico), con el objetivo de impermeabilizar, evitar la capilaridad, cubrir y ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la base y la capa inmediatamente superior.

La partida incluye la preparación de la superficie a imprimir, el suministro y aplicación del material asfáltico de cualquier tipo, así como la conservación del área imprimada hasta la construcción de la capa siguiente.

La imprimación se cuantifica por metro cuadrado (m^2) de superficie imprimada para efectos de pago. En caminos a pavimentar, la medición se ajusta a las dimensiones teóricas de ancho y largo de la calzada y de las bermas a revestir. En tramos con sobreancho de

plataforma (SAP), la imprimación se extiende lateralmente en un ancho mínimo de 0.15 m; en este caso el ancho considerado es de 12.3 m a lo largo de la rasante del proyecto.

(402-1) Riego de liga

Esta partida se refiere a los trabajos necesarios para aplicar un riego de emulsión asfáltica sobre la capa de concreto asfáltico intermedia y bajo el concreto asfáltico de rodadura, con el objeto de producir adherencia entre éstos.

La partida incluye el suministro y aplicación del material asfáltico, la preparación de la superficie a regar, así como la conservación del área regada hasta la construcción de la capa siguiente.

Se cuantifica por metro cuadrado (m^2) de riego de liga y la medición se efectuó considerando un ancho de 12 m a lo largo de la rasante del proyecto.

(408-1) Concreto asfáltico de rodadura

La partida incluye el suministro de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la confección de las mezclas en caliente, incluso su transporte y colocación, compactación, terminación y demás trabajos y actividades requeridos para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de concreto asfáltico de rodadura, de acuerdo a las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo, en las cantidades que sean requeridas por el proyecto; la medición se realizó en base a un espesor de 6 cm y 12 m de ancho a lo largo de la rasante del proyecto.

(408-2) Concreto asfáltico de capa intermedia

Esta partida incluye los mismos elementos de 408-1.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de concreto asfáltico de capa intermedia, de acuerdo a las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo, en las cantidades que sean requeridas por el proyecto; la medición se realizó en base a un espesor de 8 cm y 12 m de ancho a lo largo de la rasante del proyecto.

(501-1) Hormigón H-5

Las alcantarillas cajón se construyen sobre un radier de Hormigón grado H-5, de 5 cm de espesor.

Esta partida incluye el suministro de todos los materiales, confección, transporte, colocación, compactación, terminación, protección y curado de los hormigones de acuerdo a lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de hormigón H-5 y la medición se efectuó de acuerdo a las dimensiones teóricas para alcantarilla de cajón triple indicadas en el Volumen N°4 del Manual de Carreteras, que establece un volumen de $0.3 m^3$ de hormigón H-5 en cada ala, $0.1 m^3$ en cada cabecera y $0.52 m^3$ por metro lineal de alcantarilla, todos necesarios para la construcción del radier.

(501-6) Hormigón H-30

Esta partida corresponde al hormigón utilizado en la construcción de alcantarillas, específicamente del tipo cajón.

Se incluye el suministro de todos los materiales, confección, transporte, colocación, compactación, terminación, protección y curado de los hormigones de acuerdo a lo especificado. Además se incluye el moldaje necesario para darle forma.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de hormigón H-30 y la medición se efectuó de acuerdo a las dimensiones teóricas para alcantarilla de cajón triple indicadas en el Volumen N°4 del Manual de Carreteras, que establece un volumen de $6.03 m^3$ de hormigón H-30 en cada ala, $4.17 m^3$ en cada cabecera y $11.48 m^3$ por metro lineal de alcantarilla.

(503-2) Acero para armaduras A63-44H

Esta partida incluye el suministro, transporte, cortado, doblado y colocación de las barras de acero y sus elementos complementarios, según se indique en el proyecto, las cuales se utilizan en su totalidad en la construcción de alcantarillas.

Se cuantifica por kilogramo (kg) de acero para armaduras y la medición se efectuó de acuerdo a las dimensiones teóricas para alcantarilla de cajón triple indicadas en el Volumen N°4 del Manual de Carreteras, que establece una cantidad de $353.9 kg$ de acero en cada ala, $292.7 kg$ en cada cabecera y $1289.7 kg$ por metro lineal de alcantarilla.

(508-1) Revestimiento de mampostería de piedra

Los revestimientos se construyen en las entradas y salidas de obras de arte para conducir las aguas y evitar erosión, incluso en las áreas de desagüe de obras de drenaje superficial de la plataforma y otros lugares definidos en los documentos del proyecto.

Su construcción se realiza con piedras seleccionadas, asentadas y unidas con mortero de cemento hidráulico, de acuerdo con las formas, alineamientos, cotas y dimensiones señalados en el proyecto.

Esta partida incluye la selección, transporte y colocación de las piedras, el mortero, todas las excavaciones necesarias, la preparación del sello de fundación, el transporte de excedentes a escombreras autorizadas, las juntas, las terminaciones, el curado y demás actividades o trabajos necesarios para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cuadrado (m²) de revestimiento de mampostería de piedra, independiente de su espesor, y las mediciones se efectuarán de acuerdo con las superficies de revestimiento requeridas en el proyecto, las cuales contemplan el ancho total de la alcantarilla más sus alas, equivalente a 16.06 m, y 2 m hacia fuera del pie de la alcantarilla en la entrada y salida de ésta.

(605-1) Embudos para descargas de agua

Esta partida corresponde a la construcción de embudos de hormigón para la captación de aguas. La partida incluye las excavaciones necesarias, el perfilado y compactación del sello de fundación, el embudo, el machón y demás obras anexas de hormigón, incluso el suministro y colocación de acero cuando corresponda, y cualquier otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por unidad (Nº) de embudo de hormigón para descargas de agua; la medición se efectuó incluyendo dos embudos de descarga, uno en cada costado del terraplén.

(605-2) Descargas de agua en tubos corrugados de media caña

La partida incluye las excavaciones necesarias, el perfilado y compactación del sello de fundación, el suministro e instalación de la tubería de media caña, sus accesorios de anclaje y piezas especiales. Asimismo, incluye la conexión hermética al embudo de entrada, machón final en hormigón e intermedios cuando corresponda y demás materiales, actividades y trabajos que sean necesarios para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro (m) de descarga de agua en tubo corrugado de media caña; la medición se efectuó a lo largo del eje del ducto desde el machón de anclaje superior hasta el pie del terraplén.

(607-1) Soleras tipo "A"

La presente partida comprende el suministro y colocación de soleras de hormigón, prefabricadas o confeccionadas en sitio, del tipo "A", incluyendo la mano de obra, las excavaciones, la preparación de las fundaciones, el suministro de todos los materiales, juntas, todos los rellenos incluyendo los de respaldo, y cualquier otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro (m) de soleras del tipo "A" y la medición se efectuó de acuerdo a la longitud de la rasante y a ambos lados de la calzada.

(701-1) Cerco de alambre de púas

Esta partida corresponde a la construcción de cercos de alambre de púas cuyo fin es delimitar la faja de expropiación, o derecho de vía, respecto de las propiedades adyacentes. Incluye el suministro de todos los materiales, equipos, mano de obra y demás actividades y trabajos necesarios.

Se cuantifica por metro (m) de cerco de alambre de púas colocado y la medición se efectuó a lo largo de la parte superior del tendido, comprendiendo los límites de expropiación definidos a 2 m fuera del pié del terraplén, excluyendo los sectores de ubicación de la alcantarilla, donde eventualmente existe un flujo hidráulico.

(704-1) Demarcación del pavimento, línea de eje continua

La partida incluye el suministro de todos los materiales, el equipo, mano de obra y todo otro material, producto o actividad que se requiera para la demarcación del pavimento.

La demarcación se cuantifica por kilómetro (km) de camino demarcado y la medición se efectuó según la longitud de la rasante del proyecto.

(704-5) Demarcación del pavimento, línea lateral continua

La partida incluye el suministro de todos los materiales, el equipo, mano de obra y todo otro material, producto o actividad que se requiera para la demarcación del pavimento.

La demarcación se cuantifica por kilómetro (km), medido por cada lado del camino demarcado; la medición se efectuó según la longitud de la rasante del proyecto.

(705-1) Tachas reflectantes

Esta partida consiste en la provisión y colocación de tachas reflectantes para la demarcación de pavimentos.

El uso de colores de las tachas deberá ajustarse a lo siguiente:

- Color rojo: líneas de eje que no se deben traspasar.
- Color blanco: líneas que se pueden traspasar.
- Color amarillo: islas y reservas centrales, líneas continuas en borde de bermas, aproximación a resaltos reductores de velocidad.

En sectores de rectas las tachas se ubican cada 24 metros entre sí.

La partida incluye el suministro, transporte y colocación de las tachas reflectantes según lo especificado, incluyendo el adhesivo correspondiente.

Se cuantifica por unidad (Nº) de tachas colocada; la medición se efectuó de acuerdo al número de tachas requeridas por la rasante del proyecto.

(708-1) Barreras metálicas simples de triple onda

Esta partida incluye el suministro, transporte y colocación de barandas metálicas galvanizadas de triple onda, postes sustentadores, piezas terminales, separadores, disipadores de energía, elemento de unión y desenganche, riel inferior, pletina rigidizadora, elementos reflectantes, pernos, golillas y tuercas, excavaciones, retiros de excedentes, hincado de postes o rellenos con hormigón para empotramiento. La partida incluye además todos los trabajos o actividades que sean necesarios para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro (m) de barrera metálica simple de triple onda colocada; la medición se efectuó según su proyección horizontal a ambos lados de la calzada según la longitud de la rasante del proyecto.

3.3.2 Viaducto

(102-1) Despeje y limpieza de faja

Esta partida se refiere a los trabajos de desmonte, tala y eliminación de la vegetación existente dentro de las áreas de trabajo del proyecto, donde el emplazamiento de las obras lo requiera.

Se cuantifica por kilómetro (km) de camino medido a lo largo del eje y la medición se efectuó considerando el largo de la rasante del puente.

(202-5) Excavación a máquina en puentes y estructura

Esta partida se refiere a las operaciones necesarias para ejecutar las excavaciones de fundaciones de estribos y cepas de puentes, sean estos puentes menores tipo losa o puentes de gran envergadura, con fundaciones tipo zapatas de fundación, cajones excavadores o pilas de gran diámetro, en suelos clasificados como TCN y que no requieran agotamiento, efectuadas con máquinas.

Se cuantifica por metro cúbico (m³) de excavación en TCN, de acuerdo a las dimensiones y cotas de las fundaciones, considerando el nivel superior de la fundación 1 m bajo el terreno escarpado. Sobre el nivel superior de la fundación la excavación consideró los siguientes límites: a) por arriba, la superficie del terreno escarpado; b) por abajo, el plano horizontal al nivel superior de la fundación; c) por el lado posterior, plano con talud 1:2 (h:v), de la línea que intercepta el plano definido en b), 0.5 m fuera de las líneas de fundación; d) en planos laterales, con talud 1:2 (h:v), que interceptan al plano definido en b), 0.5 m fuera de las líneas de fundación; e) el plano anterior, con talud 1:2 (h:v), que intercepta al plano definido en b), 0.5 m fuera de la línea frontal de fundación.

(206-1) Relleno estructural

Este material se emplea en el relleno de espacios excavados y no ocupados por las obras, posterior a la construcción de las fundaciones en las cepas del viaducto.

La partida incluye el suministro, colocación y compactación del material de relleno, incluso cualquier otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m³) de relleno estructural y la medición se efectuó de acuerdo con las cotas definidas en (202-5) sobre el nivel superior de la fundación.

(206-2) Relleno estructural permeable

Este material se emplea en los rellenos de respaldo de estribos de puentes.

La partida incluye el suministro, colocación y compactación del material de relleno estructural permeable para estribos de puentes, incluso cualquier otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de relleno estructural permeable y la medición se realizó, dadas las dimensiones de los estribos, considerando un volumen de relleno de $95.59 m^3$ de respaldo en cada estribo.

(411-1) Capa de concreto asfáltico para puentes

Esta partida se refiere a la construcción de pavimentos o capas de rodadura para puentes, la cual incluye el suministro de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la confección de las mezclas en caliente, incluso su transporte y colocación, compactación, terminación y demás trabajos y actividades requeridos para cumplir con lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m^3) de concreto asfáltico colocado, medidos de acuerdo con las dimensiones teóricas de ancho, espesor y largo establecidas en el proyecto, considerando un espesor de 5 cm y un ancho de 12 m a lo largo de la rasante.

(412-2) Impermeabilización de muros

Esta partida se refiere al tratamiento impermeabilizante de superficies de estructuras de hormigón, previo a la aplicación de rellenos.

Se cuantifica por metro cuadrado (m^2) de muro pintado, medidos de acuerdo con las dimensiones establecidas en el proyecto, correspondientes a la superficie de estribos en contacto con el material de relleno, y a las cepas hasta una altura de 2 m desde el nivel superior de la fundación.

(501-1) Hormigón H-5

Corresponde al hormigón utilizado en la construcción de un radier de 10 cm de espesor bajo las fundaciones.

Esta partida incluye el suministro de todos los materiales, confección, transporte, colocación, compactación, terminación, protección y curado de los hormigones de acuerdo a lo especificado.

Se cuantifica por metro cúbico (m³) de hormigón H-5 y la medición se efectuará de acuerdo a las dimensiones teóricas requeridas por el proyecto.

(501-14) Hormigón H-30/SM

Esta partida consiste en el hormigón utilizado para la construcción de diferentes elementos del puente, como losas, travesaños, cepas, fundaciones y estribos.

Se incluye el suministro de todos los materiales, confección, transporte, colocación, compactación, terminación, protección y curado de los hormigones de acuerdo a lo especificado en el proyecto, sin incluir el moldaje necesario para darle forma, como es habitual en grandes estructuras y puentes.

Se cuantifica por metro cúbico (m³) de hormigón H-30 sin moldaje y la medición se efectuó de acuerdo a las dimensiones teóricas requeridas por el proyecto.

(503-2) Acero para armaduras A63-44H

Esta partida incluye el suministro, transporte, cortado, doblado y colocación de las barras de acero y sus elementos complementarios, según se indique en el proyecto, las cuales son utilizadas en la construcción de estribos, losas, travesaños, cepas y fundaciones.

Se cuantifica por kilogramo (kg) de acero para armaduras y la medición de efectuó considerando una cuantía típica de 110 kg de acero por cada metro cúbico de hormigón H-30/SM colocado, estimada a partir de valores comunes manejados por los diseñadores de puentes y en base a la observación de proyectos ya construidos.

(504-1) Moldajes

Esta partida contiene el suministro de todos los materiales, faenas de confección y colocación de moldajes, alzaprimas, andamios, carreras, amarras, fijaciones, desmoldantes y, en general, todo lo necesario para ejecutar los encofrados que servirán para dar forma al hormigón de las estructuras, conforme a los alineamientos, cotas y dimensiones especificadas en el proyecto.

Los moldajes podrán ser de madera, acero u otro material (o una combinación de ellos), que garanticen un comportamiento resistente y terminación adecuada de las superficies.

La unidad de medida es el metro cuadrado (m^2), y la medición se hizo en base a las caras del hormigón no colocado contra terreno, correspondiente a estribos, cepas y losa del puente, de acuerdo a las dimensiones indicadas en el proyecto.

Vigas pretensadas

A continuación se presenta el grupo de partidas correspondiente a las vigas de hormigón pretensado, agrupadas según su longitud:

(506-22) Vigas pretensadas de longitud mayor o igual a 20 m y menor a 25 m

(506-23) Vigas pretensadas de longitud mayor o igual a 25 m y menor a 30 m

(506-24) Vigas pretensadas de longitud mayor o igual a 30 m y menor a 35 m

(506-25) Vigas pretensadas de longitud mayor o igual a 35 m y menor a 40 m

(506-26) Vigas pretensadas de longitud mayor o igual a 40 m

La unidad de medida y pago es la unidad de viga pretensada (Nº) confeccionada, terminada y colocada sobre sus apoyos de acuerdo a la configuración indicada en la sección 3.2.2.1.

(509-1) Pilotes preexcavados (in situ)

Esta partida comprende todos los trabajos comprometidos por la confección y excavación de pilotes de hormigón armado para puentes.

La unidad de medida y pago es el metro cúbico (m^3) de pilote preexcavado (in situ) y la medición se hizo en base a una longitud de 15 m y un diámetro de 1.5 m, posicionados en grupos de seis bajo cada fundación y en grupos de tres en cada estribo. El metro cúbico incluye las excavaciones, las lechadas, armaduras, hormigones y, en general, todas las operaciones necesarias para cumplir lo especificado.

Esta partida sólo se considera en los casos del análisis comparativo con fundaciones profundas.

(512-1) Suministro y colocación de juntas elastoméricas en tableros de puente.

Las juntas están constituidas por materiales elastoméricos preformados compresibles, instalados en un espacio especialmente preparado y con elementos de ensamblaje consistentes

en elementos de metal y elastómero, anclados al tablero. Permiten movimientos de expansión y contracción del tablero.

La unidad de medida es el metro (m) de junta elastomérica suministrada e instalada, según lo establecido en el proyecto e incluyendo además los elementos metálicos, elastoméricos o poliméricos para su ensamble y sello. Se consideraron juntas de largo igual al ancho del tablero, en la entrada y salida del puente y entre cada tramo de éste.

(513-2) Suministro y colocación de anclajes antisísmicos. Tableros ancho mayor a 10 m

Esta partida consiste en el suministro, confección y colocación de sistemas de anclaje metálico antisísmico de conexión entre el tablero y la infraestructura del puente.

La unidad de medida es la unidad (Nº) de anclaje colocado, y la medición se efectuó considerando seis anclajes en cada inicio y término de tramo.

(514-1) Suministro y colocación de placas de neopreno

Esta partida corresponde en el suministro y colocación de sistemas de apoyo para tableros de puente.

Este elemento consistente en placas construidas parcial o totalmente de neopreno y acero con el propósito de transmitir las cargas y acomodar los movimientos entre la superestructura y la infraestructura del puente.

La unidad de medida es la unidad (Nº) de elementos de apoyo colocados en conformidad con el proyecto y la medición se efectuó considerando una placa bajo cada extremo de cada una de las vigas del viaducto.

(515-1) Losa de acceso

Esta partida corresponde al suministro de todos los materiales y la ejecución de todas las faenas de construcción de las losas de aproximación de hormigón armado en los accesos de los puentes, incluyendo radieres o emplantillados de acuerdo al proyecto.

El hormigón de las losas de aproximación es de grado H-30 y los radieres o emplantillados de hormigón grado H-5. Se utiliza acero A63-42H de acuerdo a lo necesitado por el proyecto.

La unidad de medida es el metro cúbico (m³) de losa de acceso construida y la medición se hizo tomando una losa de acceso en cada extremo del viaducto, con un largo de 11.72 m, un ancho de 3 m y un espesor de 0.25 m.

(615-1) Barbacanas de desagüe

Esta partida comprende las obras consistentes en el suministro, confección y colocación del sistema de drenaje y saneamiento directo de aguas lluvias en el tablero del puente, mediante el uso de barbacanas de desagüe.

La longitud y ubicación de las barbacanas, tanto en planta y elevación, deben cuidar de no comprometer la capacidad de resistencia de los elementos estructurales del puente como son estribos, cepas y vigas, principalmente.

La unidad de medida es un global (gl), para todo el puente, y la medición se hará de acuerdo al proyecto, independientemente de las dimensiones del puente.

(701-1) Cerco de alambre de púas

Esta partida corresponde a la construcción de cercos de alambre de púas cuyo fin es delimitar la faja de expropiación, o derecho de vía, respecto de las propiedades adyacentes. Incluye el suministro de todos los materiales, equipos, mano de obra y demás actividades y trabajos necesarios.

Se cuantifica por metro (m) de cerco de alambre de púas colocado y la medición se efectuó a lo largo de la parte superior del tendido, comprendiendo los límites de expropiación definidos, correspondientes a un ancho de 25 m a nivel de terreno, bajo el viaducto, excluyendo los sectores donde eventualmente podría existir un flujo hidráulico.

(710-3) Suministro y colocación de barreras de hormigón

Esta partida corresponde al suministro, confección y colocación de barreras de seguridad para puentes, del tipo, forma, calidad y dimensiones indicadas en el proyecto, incluyendo todo los materiales para su materialización: hormigón y acero principalmente.

La unidad de medida es el metro (m) de barrera suministrada y colocada; la medición se efectuó considerando una barrera del tipo F alta, sin pasamanos, con las dimensiones especificadas en la sección 3.1.2.

3.4 Costos unitarios de las partidas

En esta sección se presentan los costos unitarios de cada una de las partidas incluidas en las cubicaciones.

Debido a la alta variabilidad del porcentaje de utilidades y gastos generales de construcción, determinado por cada contratista, estos no fueron incluidos en los costos de las partidas. Asimismo, tampoco se incluye el porcentaje legal de I.V.A. correspondiente, pues este se calcula sobre los costos directos más utilidades y gastos generales.

El análisis de costos unitarios de todas las partidas consideradas en el estudio, cuya información fue proporcionada por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, se puede encontrar íntegramente en el Anexo A. Dicho análisis corresponde a un reporte de referencia, aproximado y no oficial, considerando una situación típica en la zona comprendida entre la Cuarta y la Séptima Región, en base a las siguientes distancias de acarreo de materiales:

| Destino | Distancia de transporte media |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Material de terraplén | 6 km |
| Material de relleno | 12 km |
| Material granular base y subbase | 12 km |
| Áridos | 12 km |
| Agua de compactación | 2 km |

Tabla 3.4: Distancia de transporte media a materiales

3.4.1 Terraplén

En el cálculo de los costos del terraplén se utilizaron los costos unitarios indicados en la tabla 3.5.

| CÓDIGO | ÍTEM | UNIDAD | COSTO UNITARIO [\$/] |
|--------|------------------------------------------------------|----------------|----------------------|
| 201-1 | EXCAVACIÓN DE ESCARPES | m ³ | 2,393 |
| 202-1 | EXCAVACIÓN EN TCN PARA OBRAS DE DRENAJE | m ³ | 4,408 |
| 204-4 | GEOTEXTIL PARA CONTROL DE EROSIÓN | m ² | 1,916 |
| 205-1 | FORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE TERRAPLENES | m ³ | 4,637 |
| 207-3 | ENROCADOS DE PROTECCIÓN | m ³ | 24,642 |
| 209-1 | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE | m ² | 296 |
| 301-1 | SUBBASE GRANULAR CBR \geq 40% | m ³ | 7,997 |
| 302-1 | BASE GRANULAR CBR \geq 80% | m ³ | 8,957 |
| 401-1 | IMPRIMACIÓN BITUMINOSA | m ² | 791 |
| 402-1 | RIEGO DE LIGA | m ² | 550 |
| 408-1 | CONCRETO ASFÁLTICO DE RODADURA | m ³ | 110,474 |
| 408-2 | CONCRETO ASFÁLTICO CAPA INTERMEDIA | m ³ | 99,430 |
| 501-1 | HORMIGÓN GRADO H-5 | m ³ | 40,331 |
| 501-6 | HORMIGÓN GRADO H-30 | m ³ | 118,154 |
| 503-2 | ACERO PARA ARMADURAS A63-42H | kg | 1,197 |
| 508-1 | REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA | m ² | 14,506 |
| 605-1 | EMBUDOS PARA DESCARGAS DE AGUA | N° | 114,967 |
| 605-2 | DESCARGAS DE AGUA TUBOS CORRUG. MEDIA CAÑA, D=0.80 m | m | 88,778 |
| 607-1 | SOLERAS TIPO "A" | m | 9,315 |
| 701-1 | CERCO DE ALAMBRE DE PÚAS (Tipo 7AP-N) | m | 3,503 |
| 704-1 | DEMARCACIÓN DE PAVIMENTO LINEA EJE CONTINUA | km | 405,206 |
| 704-5 | DEMARCACIÓN DE PAVIMENTO LINEA LATERAL CONTINUA | km | 298,103 |
| 705-1 | TACHAS REFLECTANTES | N° | 2,643 |
| 708-1 | BARRERAS METÁLICAS SIMPLES DE TRIPLE ONDA | m | 73,890 |

Tabla 3.5: costos unitarios partidas terraplén (ver Anexo A)

3.4.2 Viaducto

Las partidas y costos unitarios, separados según infraestructura y superestructura, se indican en las tablas 3.6 y 3.7, respectivamente.

También se incluyen los ítemes necesarios para preparar el área de trabajo y para delimitar la faja de expropiación respecto a la propiedad adyacente, tal como indica la tabla 3.8.

| CÓDIGO | ÍTEM | UNIDAD | COSTO UNITARIO [\$] |
|--------|-----------------------------------------------|--------|---------------------|
| 202-5 | EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN PUENTES Y ESTRUCTURAS | m3 | 4,060 |
| 206-1 | RELLENO ESTRUCTURAL | m3 | 7,704 |
| 206-2 | RELLENO ESTRUCTURAL PERMEABLE | m3 | 7,872 |
| 412-2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE MUROS | m2 | 4,754 |
| 501-1 | HORMIGÓN GRADO H-5 | m3 | 40,331 |
| 501-14 | HORMIGÓN H-30 SIN MOLDAJE | m3 | 112,688 |
| 503-2 | ACERO PARA ARMADURAS A63-42H | kg | 1,197 |
| 504-1 | MOLDAJES | m2 | 11,721 |
| 509-1 | PILOTES PREEXCAVADOS (IN SITU) | m3 | 482,639 |
| 515-1 | LOSA DE ACCESO | m3 | 201,479 |

Tabla 3.6: costos unitarios partidas infraestructura viaducto (ver Anexo A)

| CÓDIGO | ÍTEM | UNIDAD | COSTO UNITARIO [€] |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|
| 411-1 | CAPA DE CONCRETO ASFÁLTICO PARA PUENTES | m3 | 135,839 |
| 501-14 | HORMIGÓN H-30 SIN MOLDAJE | m3 | 112,688 |
| 503-2 | ACERO PARA ARMADURAS A63-42H | kg | 1,197 |
| 504-1 | MOLDAJES | m2 | 11,721 |
| 506-22 | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 20 M Y MENOR O IGUAL A 25 M | Nº | 5,464,700 |
| 506-23 | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 25 M Y MENOR O IGUAL A 30 M | Nº | 7,081,523 |
| 506-24 | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 30 M Y MENOR O IGUAL A 35 M | Nº | 9,238,776 |
| 506-25 | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 35 M Y MENOR O IGUAL A 40 M | Nº | 11,362,285 |
| 506-26 | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR O IGUAL A 40 M | Nº | 11,518,774 |
| 512-1 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTAS ELASTOMÉRICAS EN TABLEROS DE PUENTES | m | 158,281 |
| 513-2 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES ANTISÍSMICOS, TABLEROS ANCHO MAYOR A 10 m | Nº | 27,122 |
| 514-1 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLACAS DE NEOPRENO | Nº | 76,654 |
| 615-1 | BARBACANAS DE DESAGÜE | gl | 288,396 |
| 710-3 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE BARRERAS DE HORMIGÓN (FORMA F ALTA SIN PASAMANOS) | m | 97,005 |

Tabla 3.7: costos unitarios partidas superestructura viaducto (ver Anexo A)

| CÓDIGO | ÍTEM | UNIDAD | COSTO UNITARIO [€] |
|--------|---------------------------------------|--------|--------------------|
| 102-1 | DESPEJE Y LIMPIEZA DE FAJA | km | 282,940 |
| 701-1 | CERCO DE ALAMBRE DE PÚAS (Tipo 7AP-N) | m | 3,503 |

Tabla 3.8: costos unitarios partidas preparación de área de trabajo y control de acceso, para viaducto (ver Anexo A)

3.5 Aspectos geotécnicos y sísmicos

En cuanto a las condiciones geotécnicas, a continuación se presenta, a modo de referencia, la capacidad máxima admisible del terreno utilizada en el diseño de los pilotes (a partir de la carga de fuste) y de datos de fundación para los puentes estudiados indicados en la sección 3.2.2.

| Fundación | Estática | Sísmica |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Estribo entrada y salida (profundas) | 400 [ton] | 532 [ton] |
| Cepas (profundas) | 300 [ton] | 399 [ton] |

Tabla 3.9: capacidad admisible utilizada en diseño de fundaciones, Puente Huaquén.

| Fundación | Estática | Sísmica |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Estribo entrada y salida (directas) | 60 [ton/m ²] | 90 [ton/m ²] |
| Cepas (profundas) | 225 [ton] | 340 [ton] |

Tabla 3.10: capacidad admisible utilizada en diseño de fundaciones, Puente Estero Penco.

| Fundación | Estática | Sísmica |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Estribo entrada y cepa 1 (directas) | 70 [ton/m ²] | 100 [ton/m ²] |
| Estribo salida (directa) | 60 [ton/m ²] | 90 [ton/m ²] |
| Cepas 2,3 y 4 (profundas) | Sin información | Sin información |

Tabla 3.11: capacidad admisible utilizada en diseño de fundaciones, Viaducto Cartagena 2.

Además, cabe mencionar que, de acuerdo a la zonificación sísmica del territorio nacional, los tres puentes señalados están ubicados en la zona 3, que presenta las condiciones más desfavorables para el diseño estructural.

3.6 Flujo hidráulico transversal

A partir de los cálculos desarrollados en el Anexo C se ha determinado que, ante la condición indicada en el Volumen 3 del Manual de Carreteras (3.703.301(2)) de mantener la profundidad del agua en la entrada de la alcantarilla bajo una altura de 3,3 m (altura del cajón más 0,3 m), el caudal máximo que puede evacuar el cajón triple indicado en la sección 3.2.1 es $Q = 84,87 \text{ m}^3/\text{s}$.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO

En este capítulo se presentan los costos, gráficos y matrices que permitirán decidir si la mejor opción es construir un terraplén o un viaducto, de acuerdo a las dimensiones del proyecto.

Primero se mostrarán los costos directos totales de las alternativas en todos los casos de análisis para seguir con la representación gráfica de éstos. Finalmente se expondrán dos matrices: terraplén versus viaducto con fundaciones directas y terraplén versus viaducto con fundaciones profundas, en las que se indicará cuál es la alternativa deseable a materializar desde el punto de vista presupuestario.

4.1 Costos de construcción

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 30 | \$ 93,612,318 | \$ 161,368,862 | \$ 195,637,823 |
| 10 | 40 | \$ 170,135,175 | \$ 180,276,053 | \$ 214,545,014 |
| 15 | 50 | \$ 264,320,067 | \$ 287,678,867 | \$ 422,427,191 |
| 20 | 60 | \$ 379,629,246 | \$ 321,511,067 | \$ 456,259,391 |
| 25 | 70 | \$ 519,548,748 | \$ 356,363,816 | \$ 491,112,140 |
| 30 | 80 | \$ 687,564,607 | \$ 444,235,437 | \$ 526,671,646 |
| 35 | 90 | \$ 887,139,076 | \$ 670,809,515 | \$ 797,220,542 |
| 40 | 100 | \$ 1,121,766,119 | \$ 696,583,859 | \$ 821,946,778 |
| 45 | 110 | \$ 1,394,907,986 | \$ 745,525,285 | \$ 870,888,205 |
| 50 | 120 | \$ 1,710,058,644 | \$ 772,129,388 | \$ 897,492,308 |

Tabla 4.1: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 20 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 40 | \$ 105,981,016 | \$ 180,276,053 | \$ 214,545,014 |
| 10 | 50 | \$ 191,078,228 | \$ 279,519,722 | \$ 414,268,046 |
| 15 | 60 | \$ 297,299,728 | \$ 313,351,922 | \$ 448,100,246 |
| 20 | 70 | \$ 428,131,551 | \$ 348,204,671 | \$ 482,952,995 |
| 25 | 80 | \$ 587,059,731 | \$ 368,367,195 | \$ 503,115,519 |
| 30 | 90 | \$ 777,546,522 | \$ 649,847,362 | \$ 780,450,820 |
| 35 | 100 | \$ 1,003,085,886 | \$ 681,560,982 | \$ 812,164,440 |
| 40 | 110 | \$ 1,267,140,075 | \$ 737,489,793 | \$ 868,093,251 |
| 45 | 120 | \$ 1,573,203,053 | \$ 771,081,281 | \$ 897,492,308 |
| 50 | 130 | \$ 1,924,737,073 | \$ 979,253,723 | \$ 1,152,783,891 |

Tabla 4.2: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 30 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 50 | \$ 118,357,641 | \$ 271,360,577 | \$ 406,108,901 |
| 10 | 60 | \$ 212,013,353 | \$ 305,192,777 | \$ 439,941,101 |
| 15 | 70 | \$ 330,279,389 | \$ 340,045,526 | \$ 474,793,850 |
| 20 | 80 | \$ 476,641,783 | \$ 360,208,050 | \$ 494,956,374 |
| 25 | 90 | \$ 654,562,787 | \$ 497,971,562 | \$ 733,199,249 |
| 30 | 100 | \$ 867,536,364 | \$ 660,598,829 | \$ 791,202,287 |
| 35 | 110 | \$ 1,119,024,767 | \$ 716,527,640 | \$ 847,131,098 |
| 40 | 120 | \$ 1,412,521,959 | \$ 750,119,127 | \$ 880,722,585 |
| 45 | 130 | \$ 1,751,490,192 | \$ 968,772,646 | \$ 1,142,302,815 |
| 50 | 140 | \$ 2,139,415,502 | \$ 1,033,044,168 | \$ 1,206,574,337 |

Tabla 4.3: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 40 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 60 | \$ 130,726,338 | \$ 297,033,632 | \$ 431,781,956 |
| 10 | 70 | \$ 232,948,478 | \$ 331,886,381 | \$ 466,634,705 |
| 15 | 80 | \$ 363,266,978 | \$ 352,048,905 | \$ 486,797,229 |
| 20 | 90 | \$ 525,144,087 | \$ 481,653,272 | \$ 716,880,959 |
| 25 | 100 | \$ 722,073,770 | \$ 508,723,029 | \$ 743,950,717 |
| 30 | 110 | \$ 957,518,279 | \$ 695,565,487 | \$ 826,168,944 |
| 35 | 120 | \$ 1,234,971,577 | \$ 729,156,974 | \$ 859,760,432 |
| 40 | 130 | \$ 1,557,895,915 | \$ 958,291,570 | \$ 1,131,821,738 |
| 45 | 140 | \$ 1,929,777,331 | \$ 1,022,563,092 | \$ 1,196,093,260 |
| 50 | 150 | \$ 2,354,101,859 | \$ 1,054,276,712 | \$ 1,227,806,881 |

Tabla 4.4: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 50 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 70 | \$ 143,095,036 | \$ 323,727,236 | \$ 458,475,560 |
| 10 | 80 | \$ 253,891,532 | \$ 343,889,760 | \$ 478,638,084 |
| 15 | 90 | \$ 396,246,638 | \$ 465,334,982 | \$ 700,562,669 |
| 20 | 100 | \$ 573,654,319 | \$ 492,404,739 | \$ 727,632,427 |
| 25 | 110 | \$ 789,576,826 | \$ 543,829,003 | \$ 779,056,690 |
| 30 | 120 | \$ 1,047,508,121 | \$ 708,194,821 | \$ 838,798,279 |
| 35 | 130 | \$ 1,350,910,458 | \$ 936,281,309 | \$ 1,115,052,015 |
| 40 | 140 | \$ 1,703,269,872 | \$ 1,011,033,907 | \$ 1,185,612,183 |
| 45 | 150 | \$ 2,108,072,398 | \$ 1,043,795,636 | \$ 1,217,325,804 |
| 50 | 160 | \$ 2,568,780,289 | \$ 1,078,013,079 | \$ 1,251,543,247 |

Tabla 4.5: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 60 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 80 | \$ 155,471,661 | \$ 335,730,615 | \$ 470,478,939 |
| 10 | 90 | \$ 274,826,657 | \$ 449,016,692 | \$ 684,244,379 |
| 15 | 100 | \$ 429,234,227 | \$ 476,086,449 | \$ 711,314,137 |
| 20 | 110 | \$ 622,156,623 | \$ 527,510,713 | \$ 762,738,400 |
| 25 | 120 | \$ 857,087,809 | \$ 556,458,337 | \$ 791,686,024 |
| 30 | 130 | \$ 1,137,490,036 | \$ 904,838,079 | \$ 1,083,608,785 |
| 35 | 140 | \$ 1,466,849,340 | \$ 979,590,677 | \$ 1,158,361,384 |
| 40 | 150 | \$ 1,848,651,756 | \$ 1,021,785,375 | \$ 1,200,556,081 |
| 45 | 160 | \$ 2,286,359,537 | \$ 1,066,483,894 | \$ 1,241,062,170 |
| 50 | 170 | \$ 2,783,466,646 | \$ 1,282,457,393 | \$ 1,504,154,809 |

Tabla 4.6: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 70 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 90 | \$ 167,840,359 | \$ 432,698,401 | \$ 667,926,089 |
| 10 | 100 | \$ 295,769,710 | \$ 459,768,159 | \$ 694,995,846 |
| 15 | 110 | \$ 462,213,888 | \$ 511,192,422 | \$ 746,420,110 |
| 20 | 120 | \$ 670,666,856 | \$ 540,140,047 | \$ 775,367,734 |
| 25 | 130 | \$ 924,590,865 | \$ 677,024,379 | \$ 1,012,731,430 |
| 30 | 140 | \$ 1,227,471,950 | \$ 948,147,447 | \$ 1,126,918,154 |
| 35 | 150 | \$ 1,582,796,149 | \$ 990,342,145 | \$ 1,169,112,851 |
| 40 | 160 | \$ 1,994,025,712 | \$ 1,035,040,664 | \$ 1,213,811,371 |
| 45 | 170 | \$ 2,464,654,604 | \$ 1,261,495,239 | \$ 1,483,192,656 |
| 50 | 180 | \$ 2,998,145,075 | \$ 1,342,494,334 | \$ 1,564,191,751 |

Tabla 4.7: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 80 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 100 | \$ 180,216,984 | \$ 443,449,869 | \$ 678,677,556 |
| 10 | 110 | \$ 316,704,835 | \$ 494,874,132 | \$ 730,101,820 |
| 15 | 120 | \$ 495,201,477 | \$ 523,821,757 | \$ 759,049,444 |
| 20 | 130 | \$ 719,169,160 | \$ 652,546,944 | \$ 988,253,995 |
| 25 | 140 | \$ 992,093,920 | \$ 720,542,722 | \$ 1,056,249,773 |
| 30 | 150 | \$ 1,317,461,793 | \$ 958,898,915 | \$ 1,137,669,621 |
| 35 | 160 | \$ 1,698,735,031 | \$ 1,003,597,434 | \$ 1,182,368,141 |
| 40 | 170 | \$ 2,139,407,596 | \$ 1,240,533,086 | \$ 1,462,230,503 |
| 45 | 180 | \$ 2,642,941,743 | \$ 1,321,532,181 | \$ 1,543,229,597 |
| 50 | 190 | \$ 3,212,823,505 | \$ 1,361,630,663 | \$ 1,583,328,079 |

Tabla 4.8: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 90 \text{ m}$.

| h [m] | L ras [m] | Terraplén | Viaducto | |
|-------|-----------|------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Fundaciones directas | Fundaciones profundas |
| 5 | 110 | \$ 192,585,682 | \$ 478,555,842 | \$ 713,783,530 |
| 10 | 120 | \$ 337,647,888 | \$ 507,503,466 | \$ 742,731,154 |
| 15 | 130 | \$ 528,181,138 | \$ 628,069,509 | \$ 963,776,560 |
| 20 | 140 | \$ 767,671,464 | \$ 696,065,286 | \$ 1,031,772,337 |
| 25 | 150 | \$ 1,059,604,904 | \$ 731,294,189 | \$ 1,067,001,240 |
| 30 | 160 | \$ 1,407,443,708 | \$ 972,154,205 | \$ 1,150,924,911 |
| 35 | 170 | \$ 1,814,681,840 | \$ 1,201,753,102 | \$ 1,428,691,058 |
| 40 | 180 | \$ 2,284,781,553 | \$ 1,295,329,489 | \$ 1,522,267,444 |
| 45 | 190 | \$ 2,821,228,881 | \$ 1,340,668,509 | \$ 1,562,365,926 |
| 50 | 200 | \$ 3,427,509,862 | \$ 1,383,896,769 | \$ 1,605,594,186 |

Tabla 4.9: costos de alternativas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 100 \text{ m}$.

4.2 Resultados gráficos

4.2.1 Resultados comparativos entre terraplén y viaducto con fundaciones directas

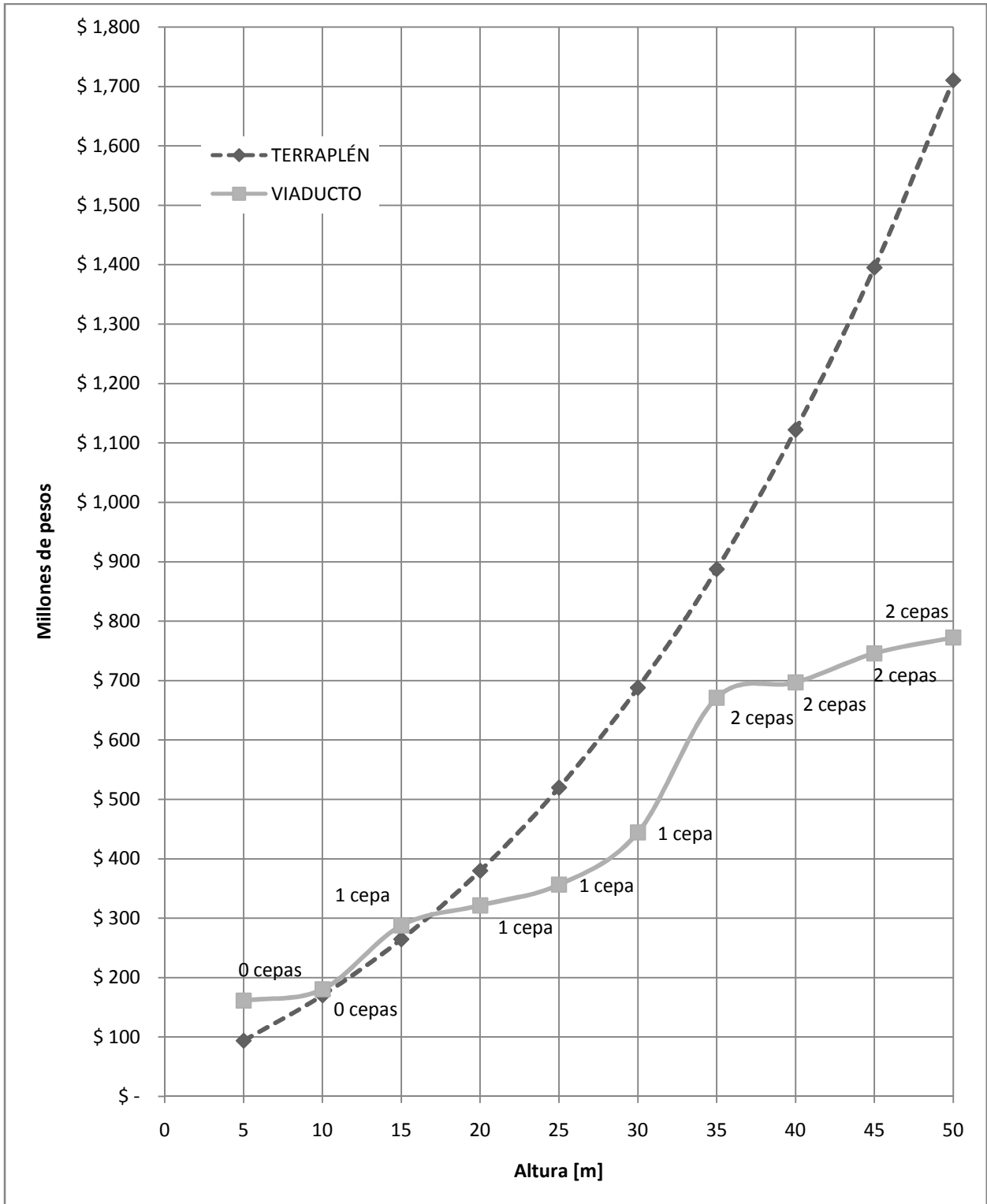


Gráfico 4.1: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 20 \text{ m}$.

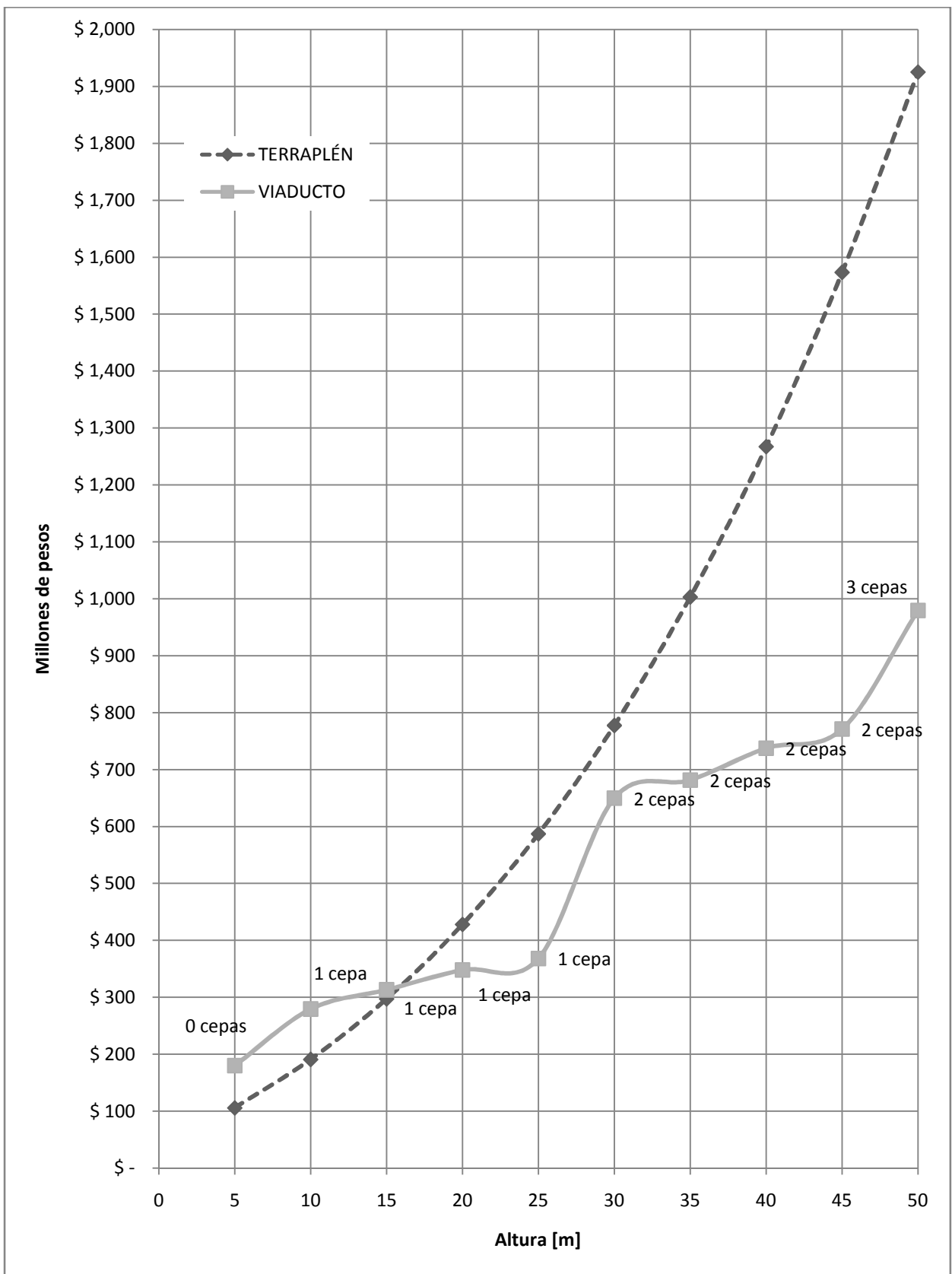


Gráfico 4.2: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 30 \text{ m}$.

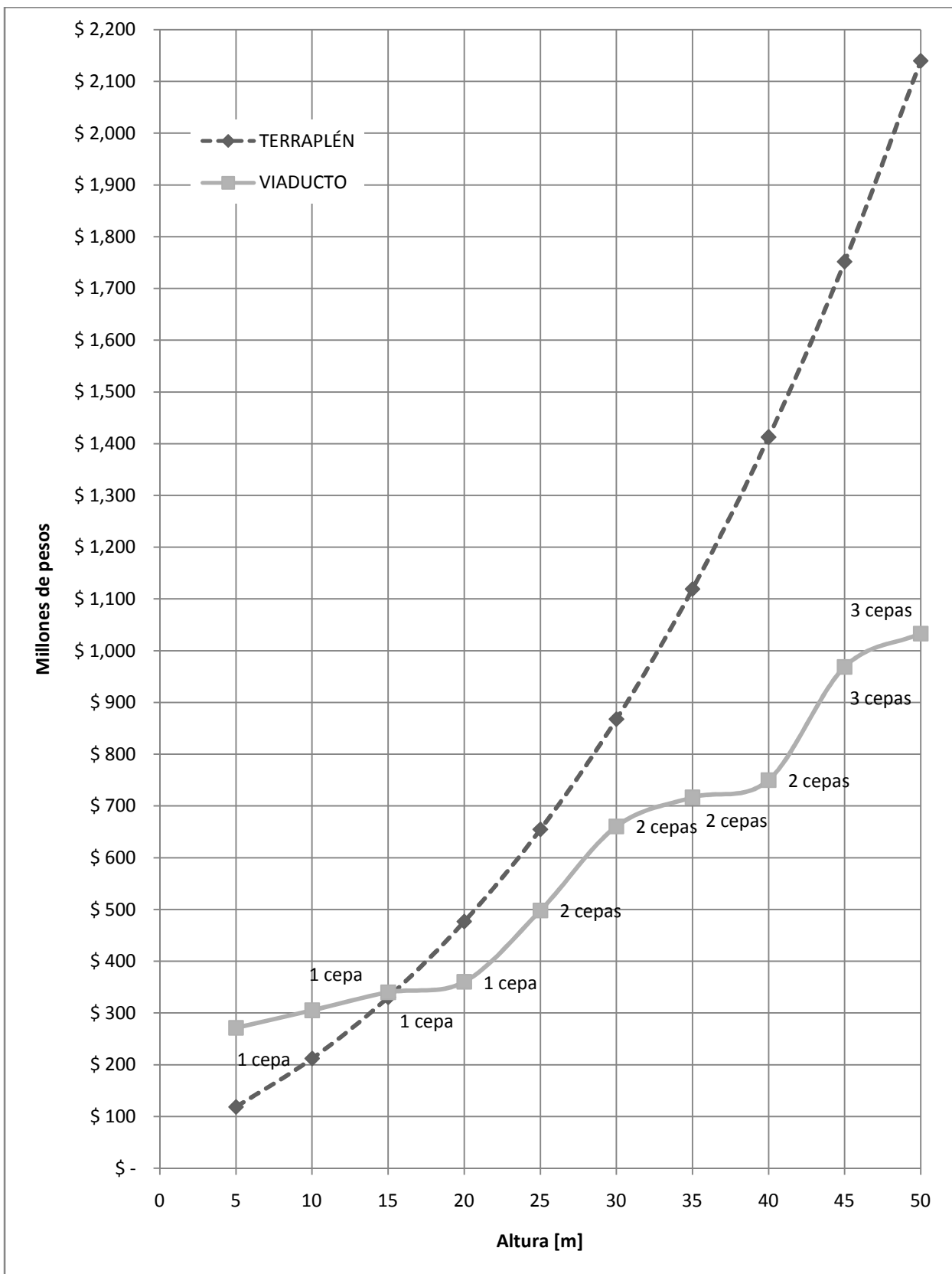


Gráfico 4.3: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 40 \text{ m}$.

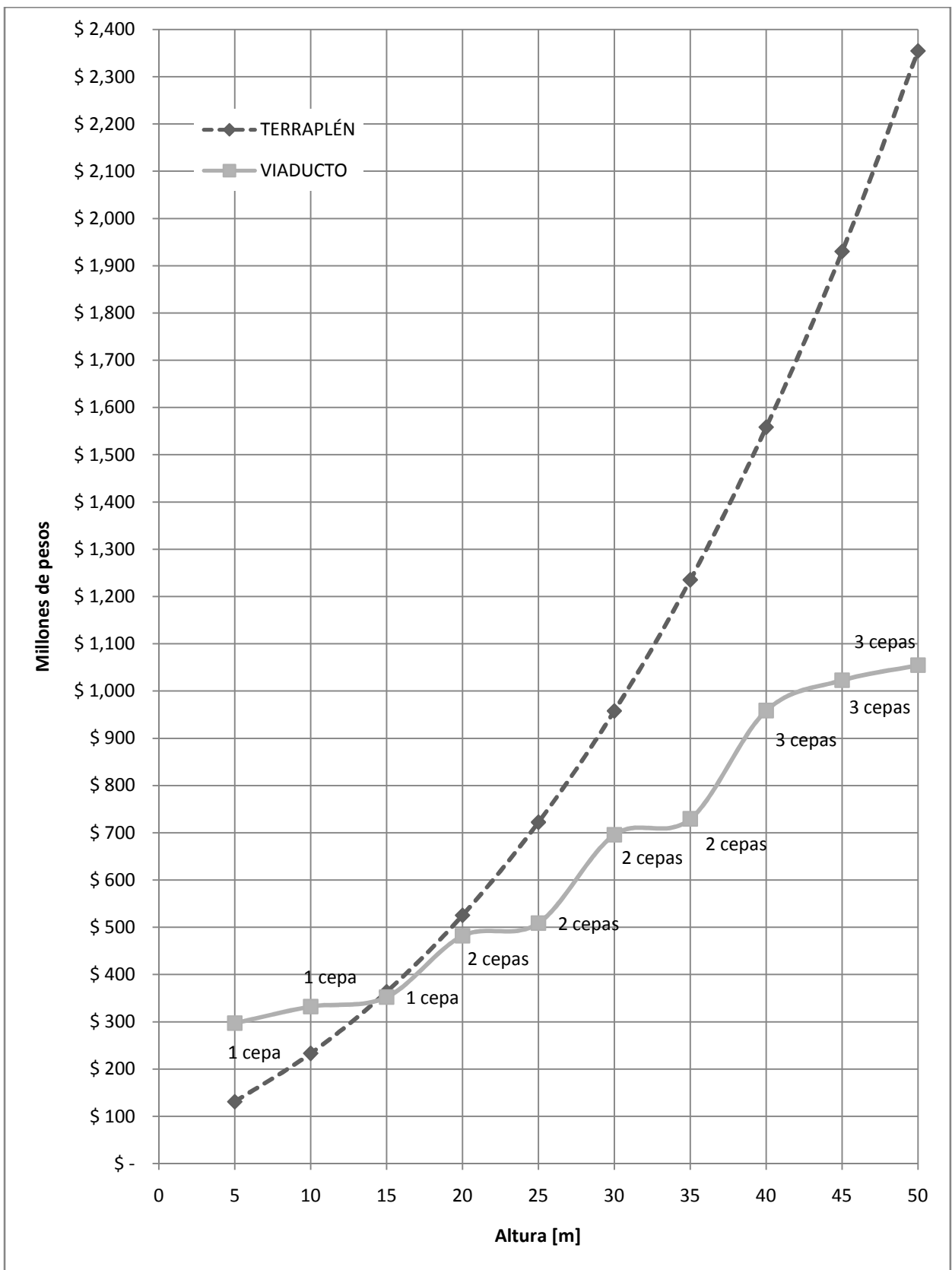


Gráfico 4.4: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 50 \text{ m}$.

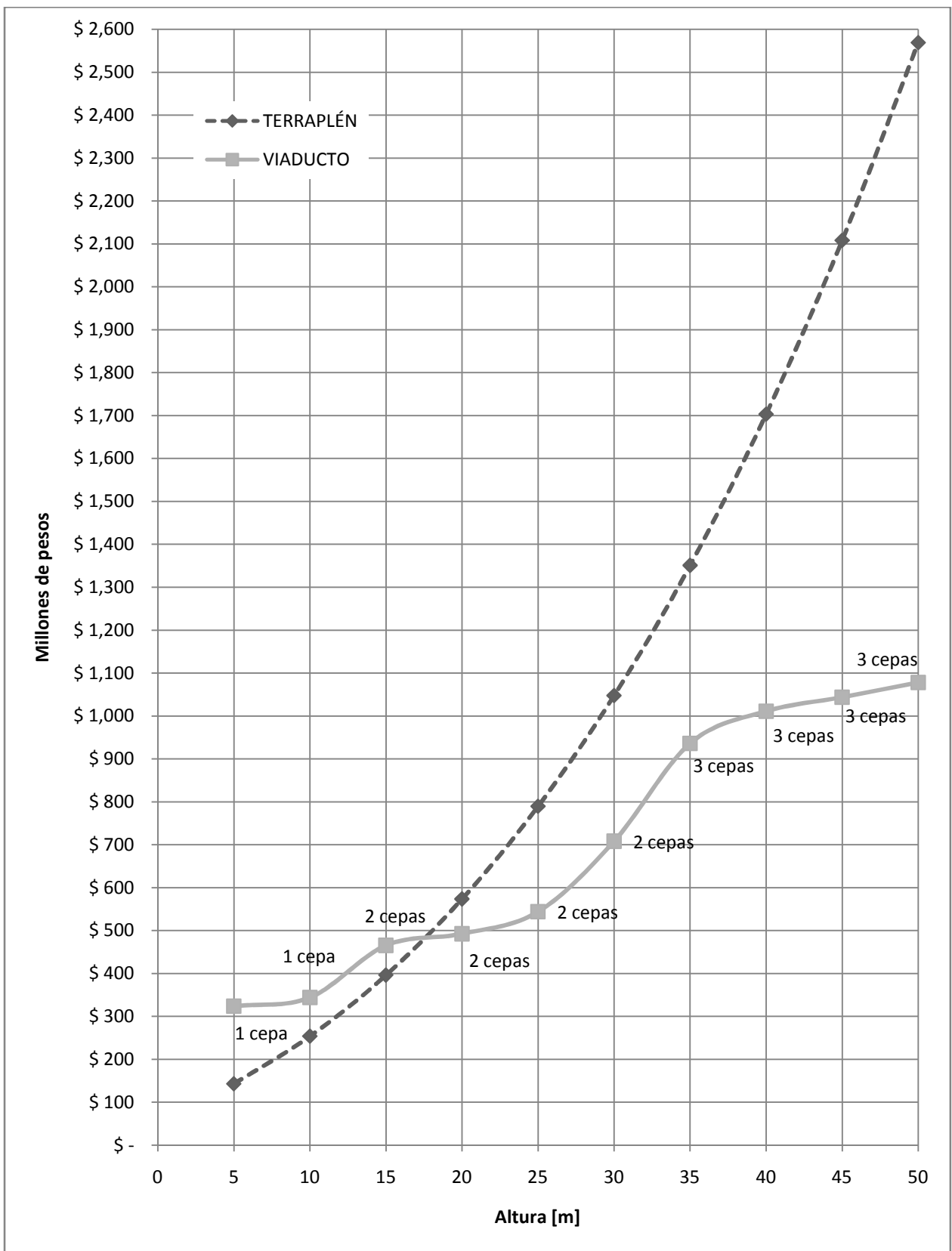


Gráfico 4.5: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 60 \text{ m}$.

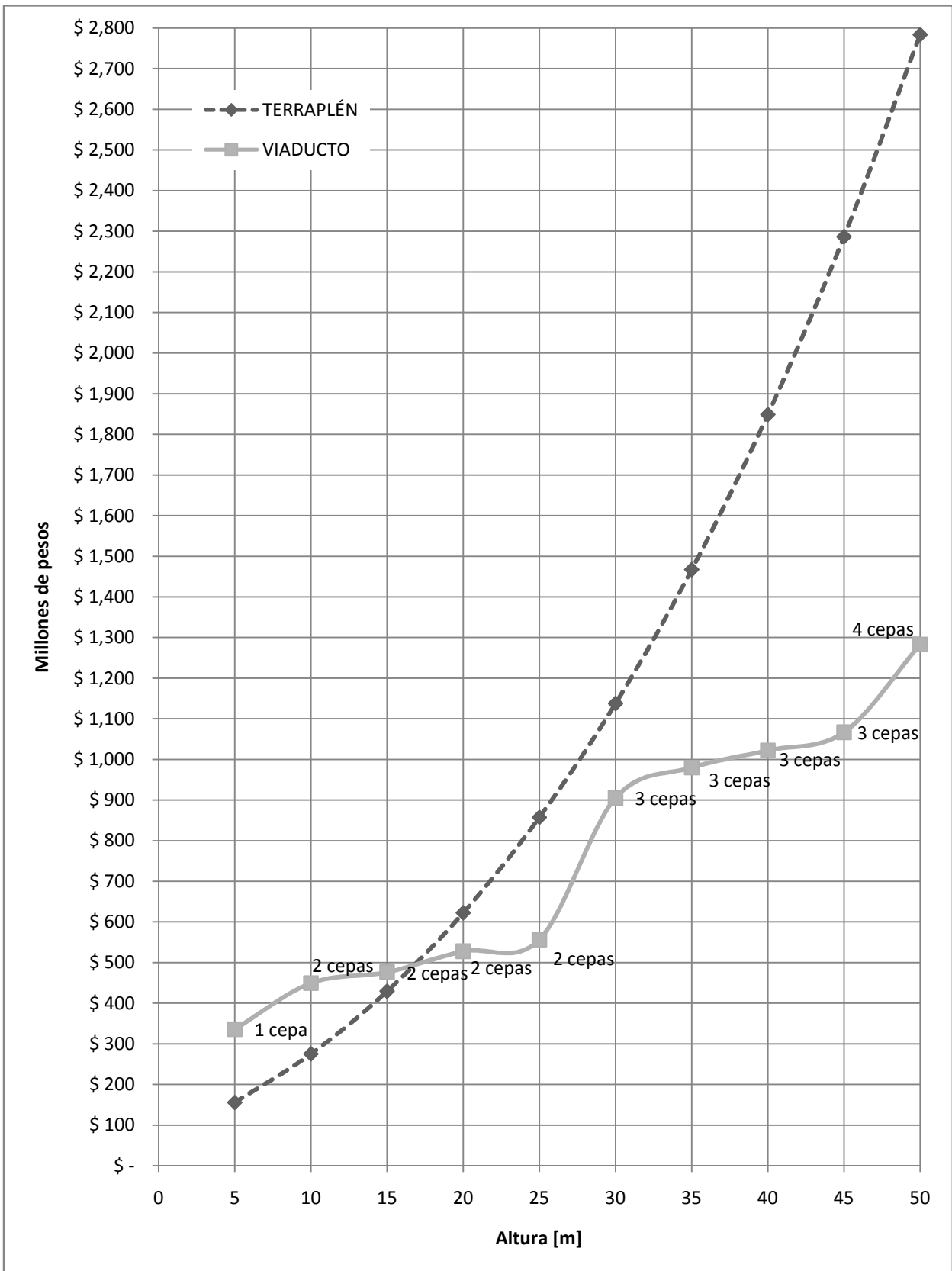


Gráfico 4.6: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 70 \text{ m}$.

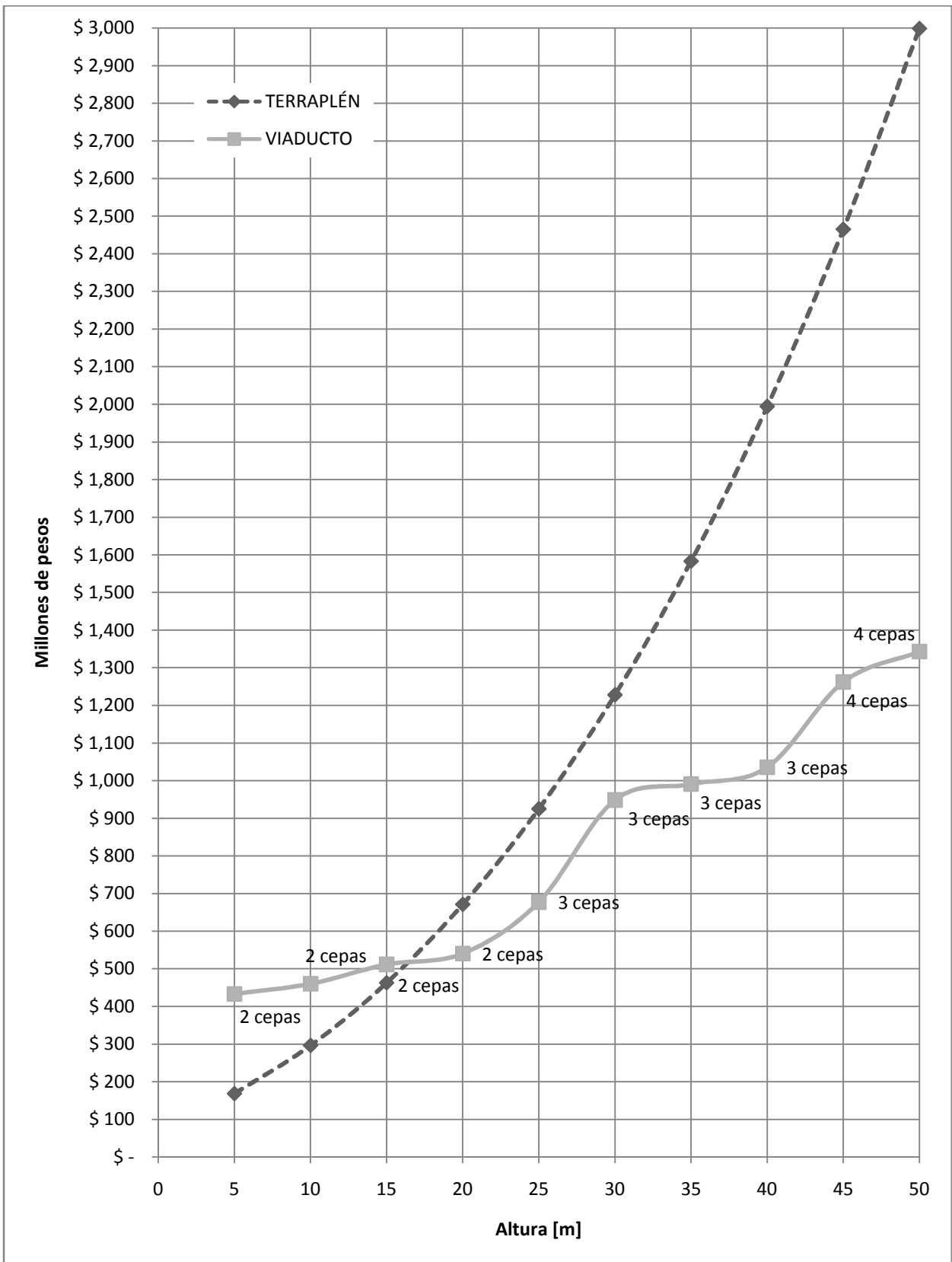


Gráfico 4.7: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 80 \text{ m}$.

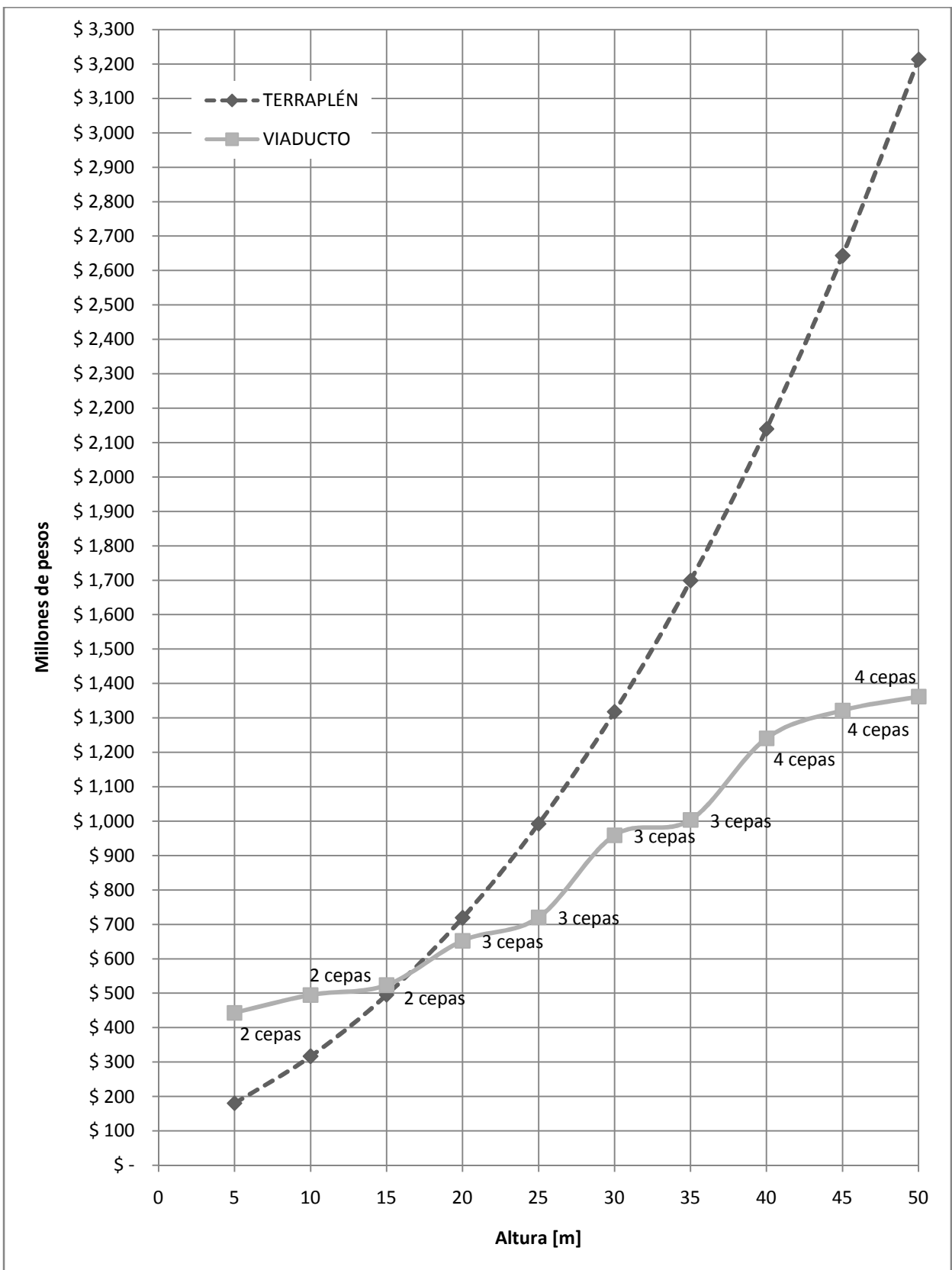


Gráfico 4.8: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 90 \text{ m}$.

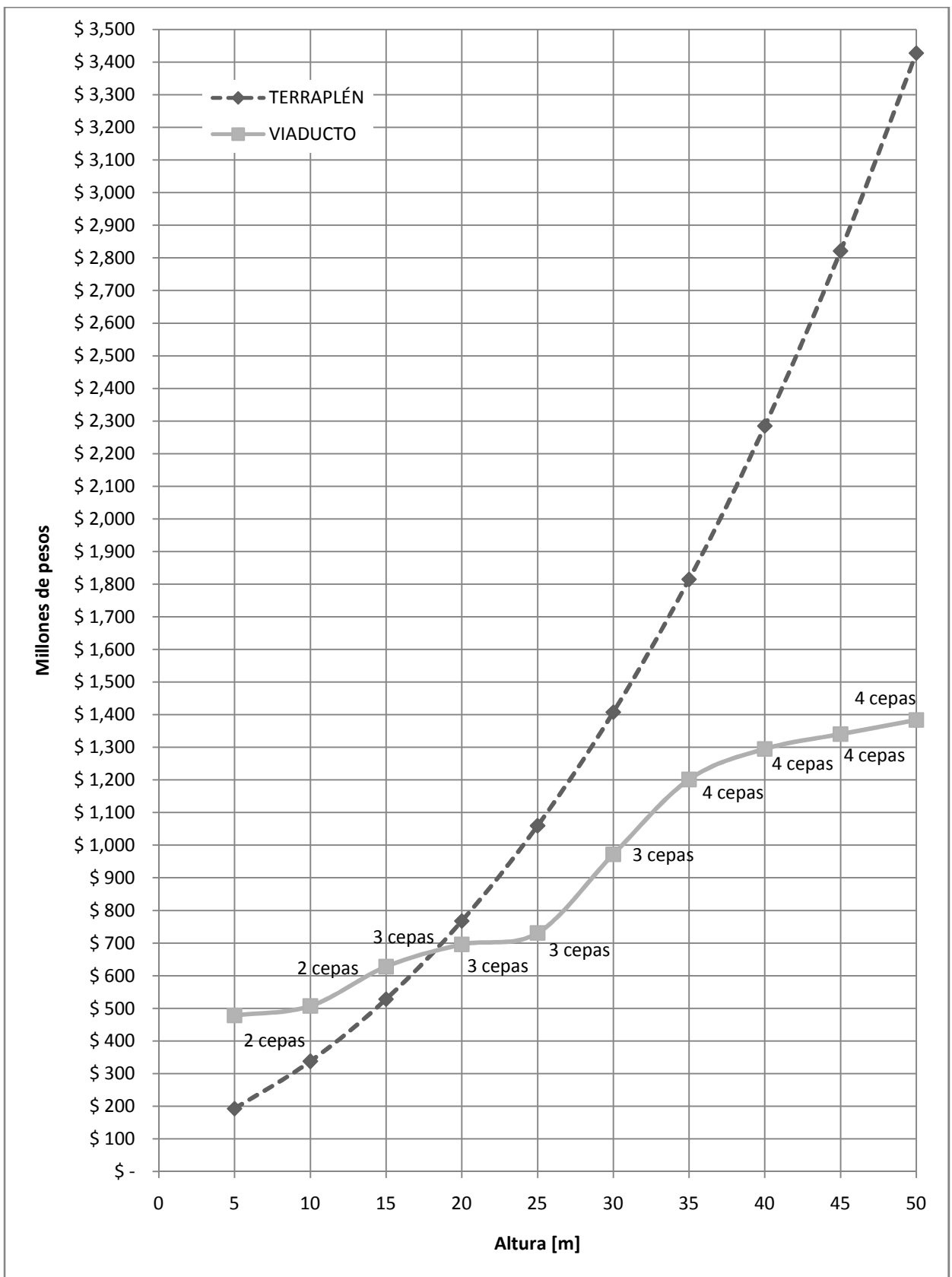


Gráfico 4.9: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones directas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 100 \text{ m}$.

4.2.2 Resultados comparativos entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas

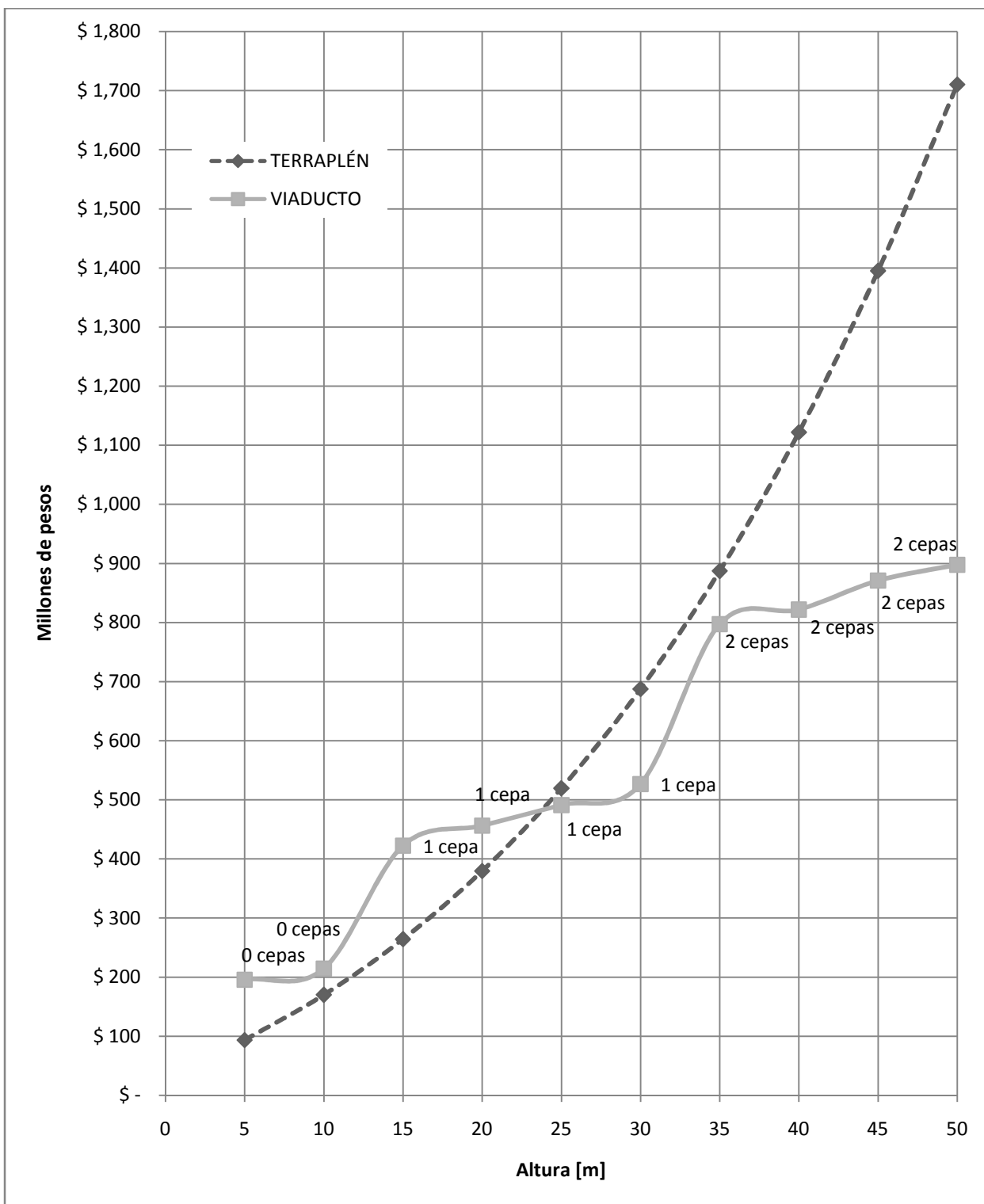


Gráfico 4.10: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 20 \text{ m}$.

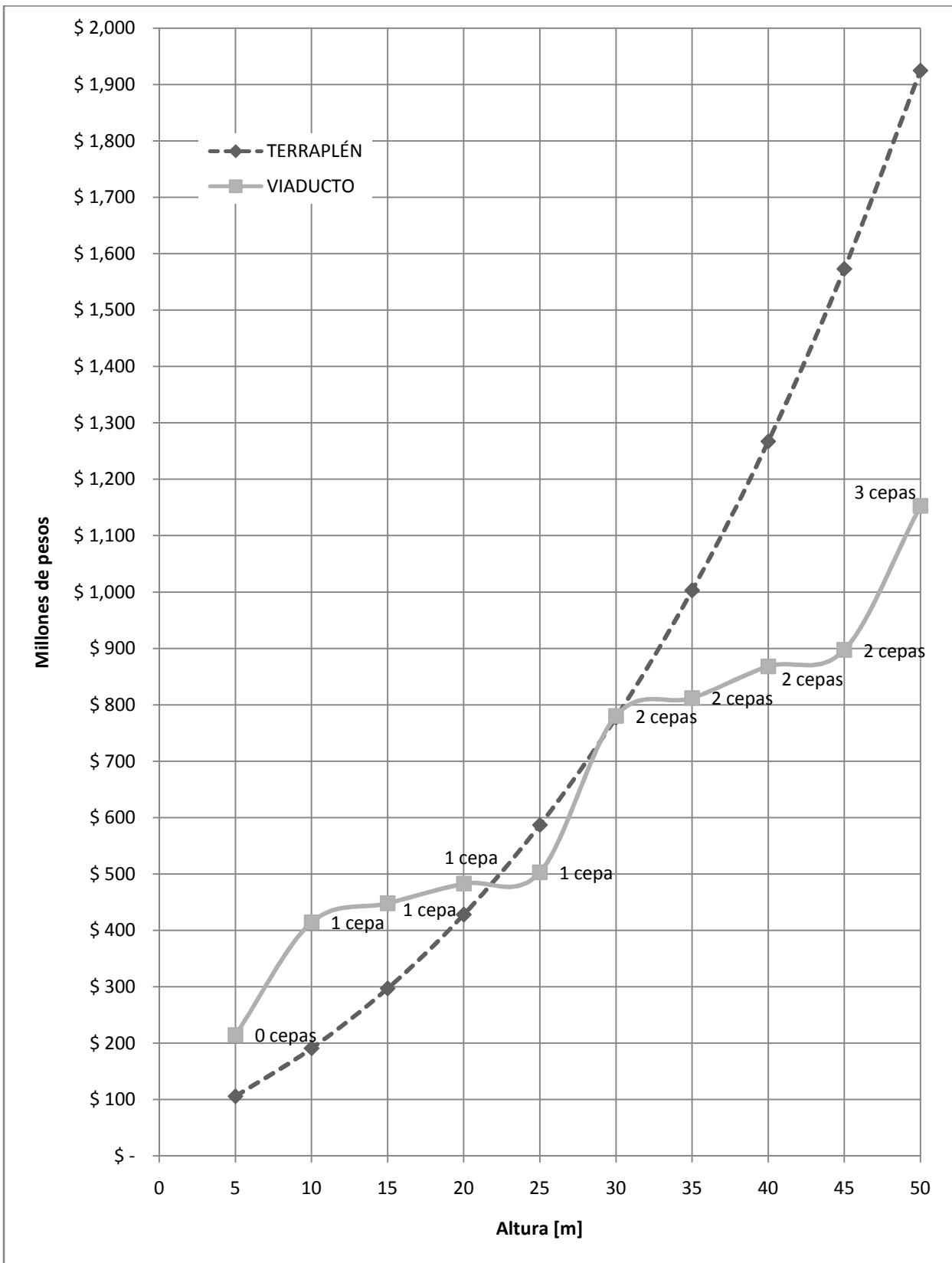


Gráfico 4.11: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 30 \text{ m}$.

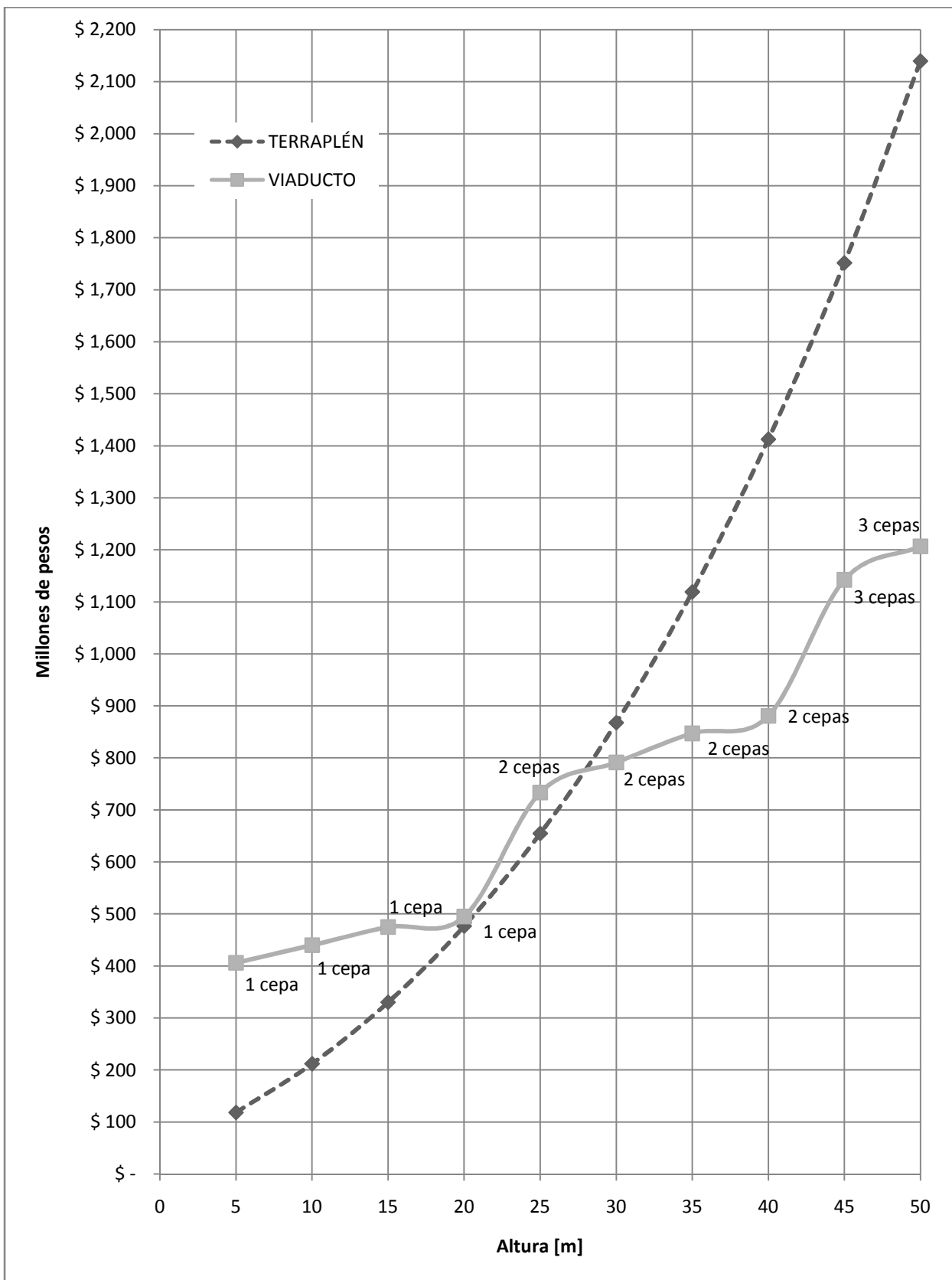


Gráfico 4.12: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 40 \text{ m}$.

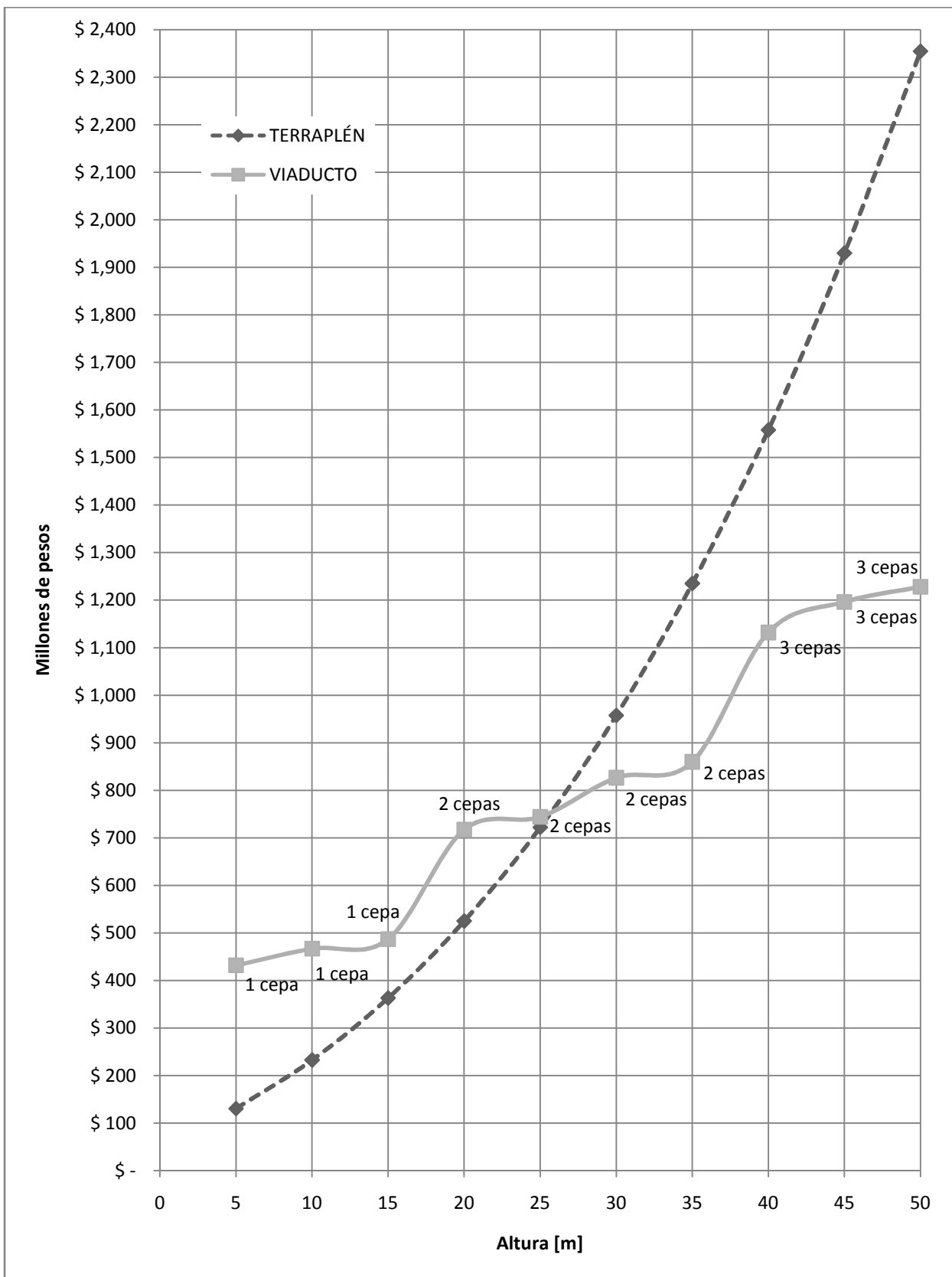


Gráfico 4.13: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 50 \text{ m}$.

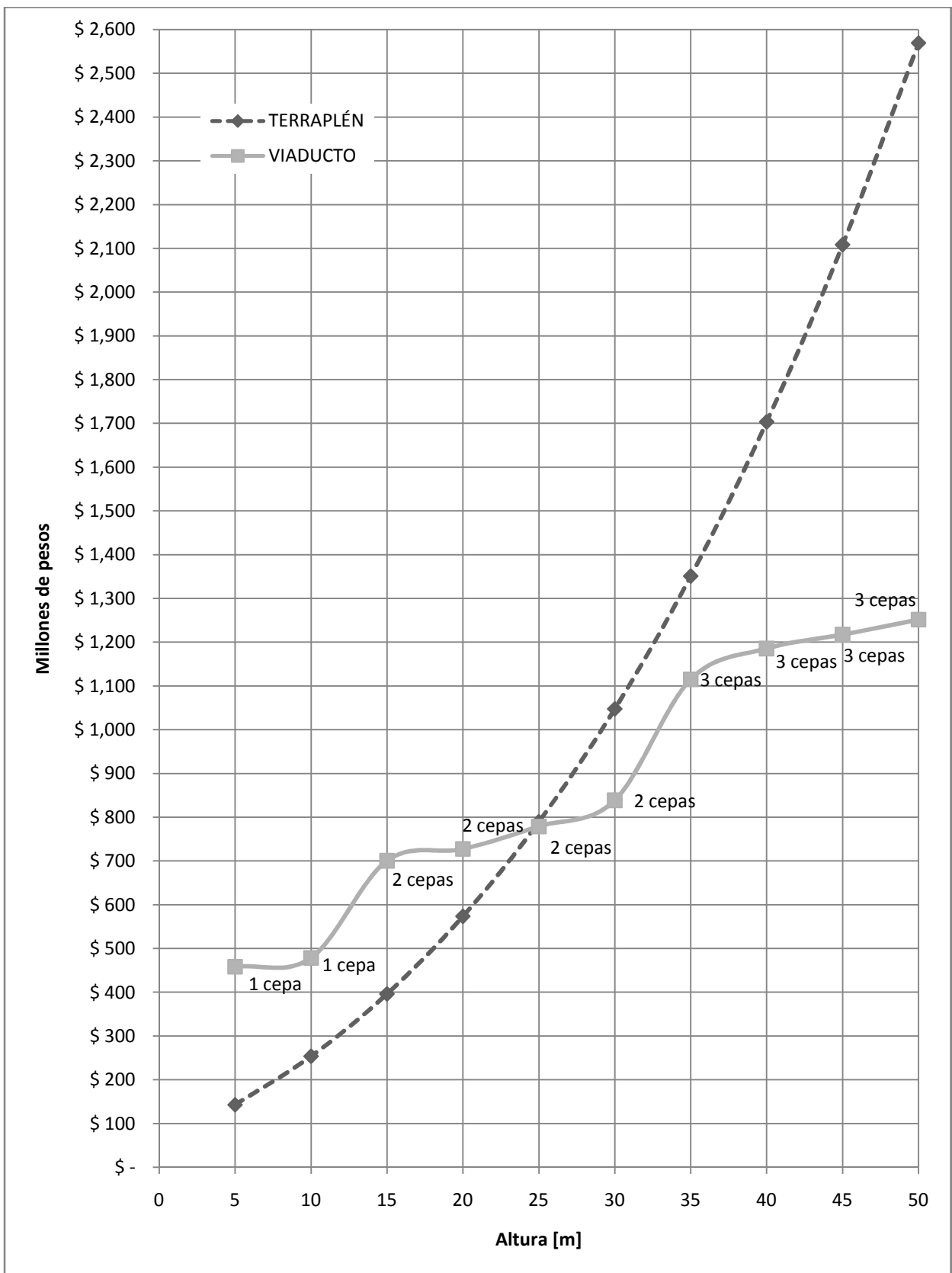


Gráfico 4.14: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 60 \text{ m}$.

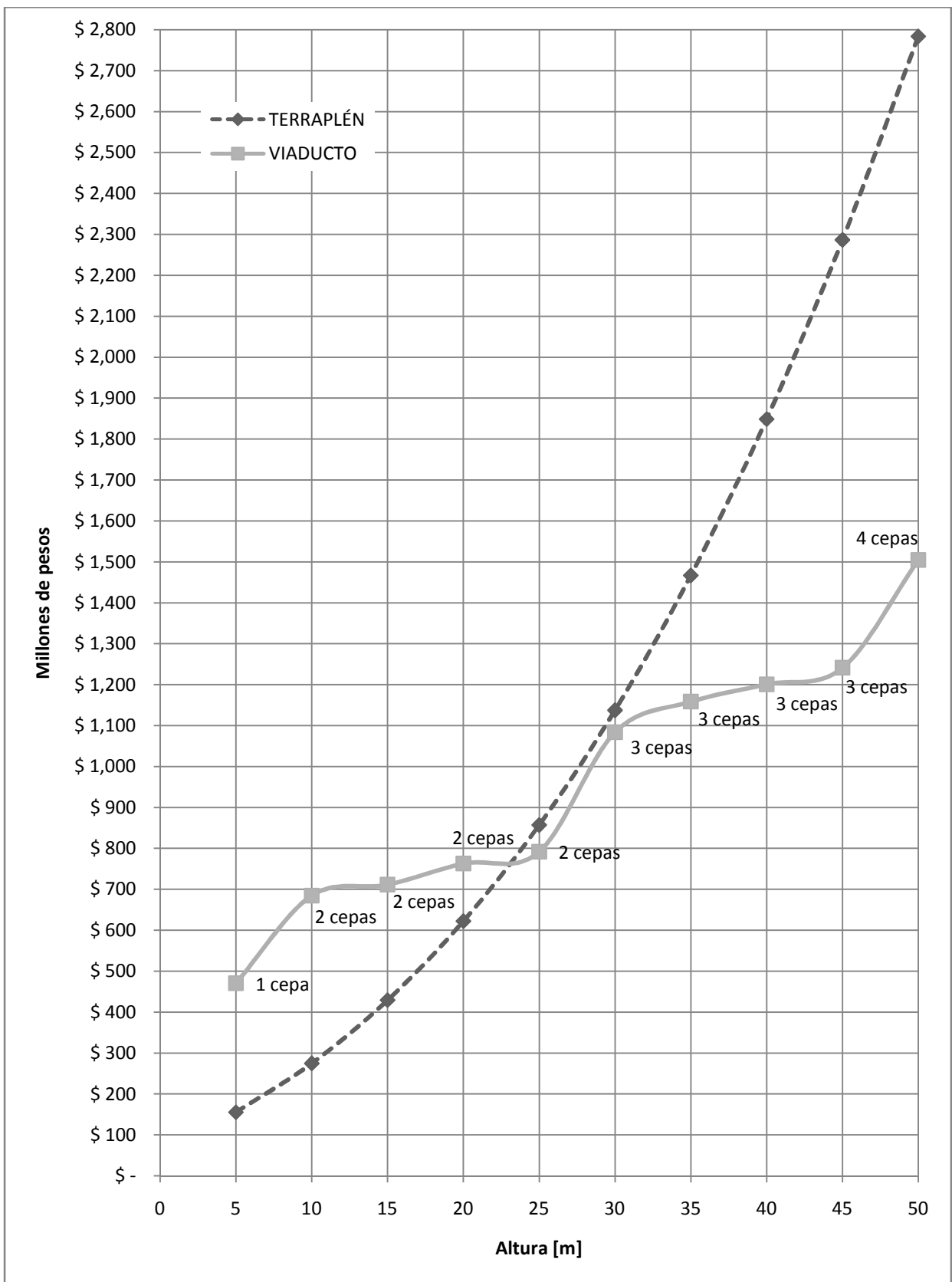


Gráfico 4.15: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 70 \text{ m}$.

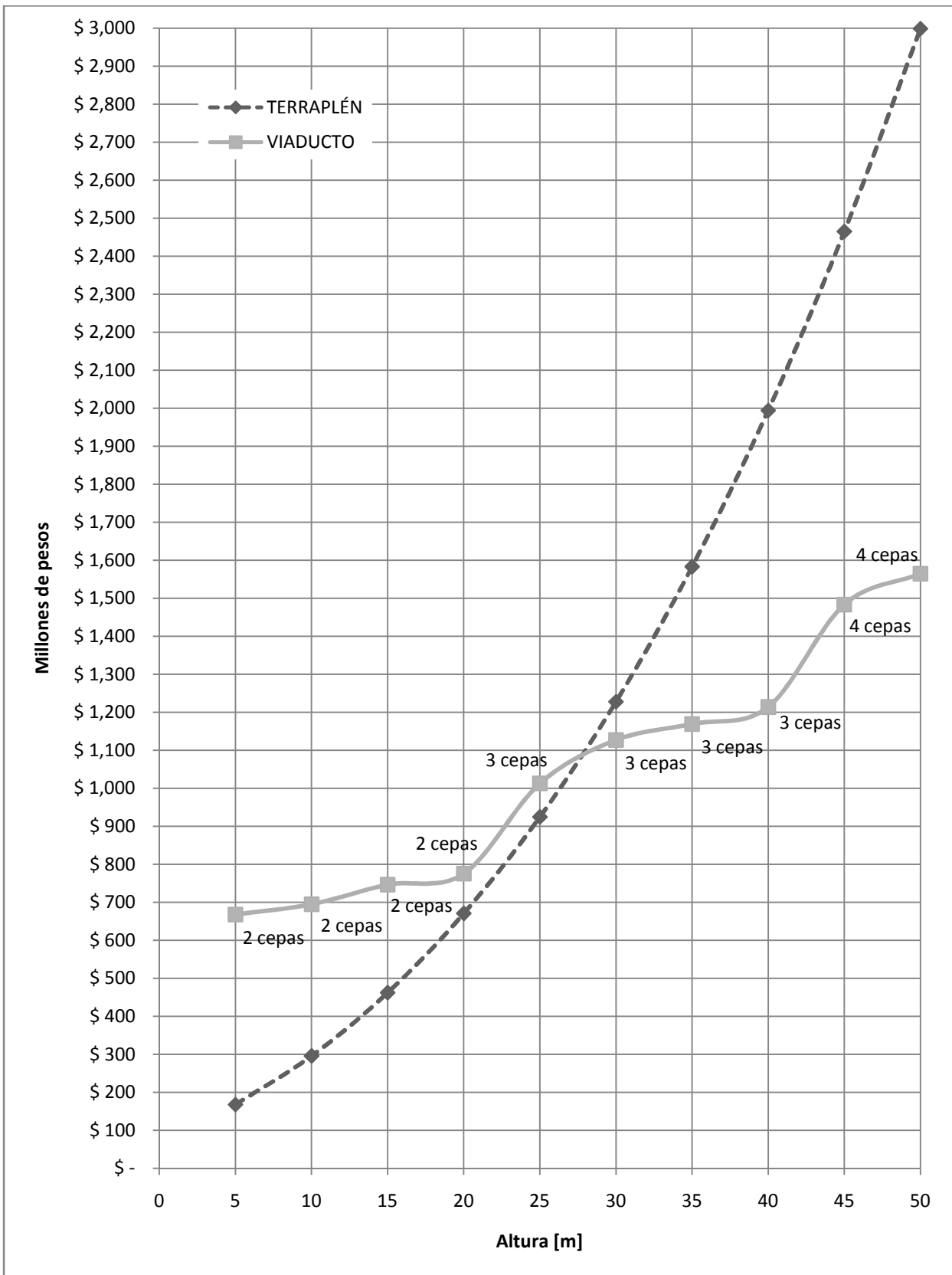


Gráfico 4.16: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 80 \text{ m}$.

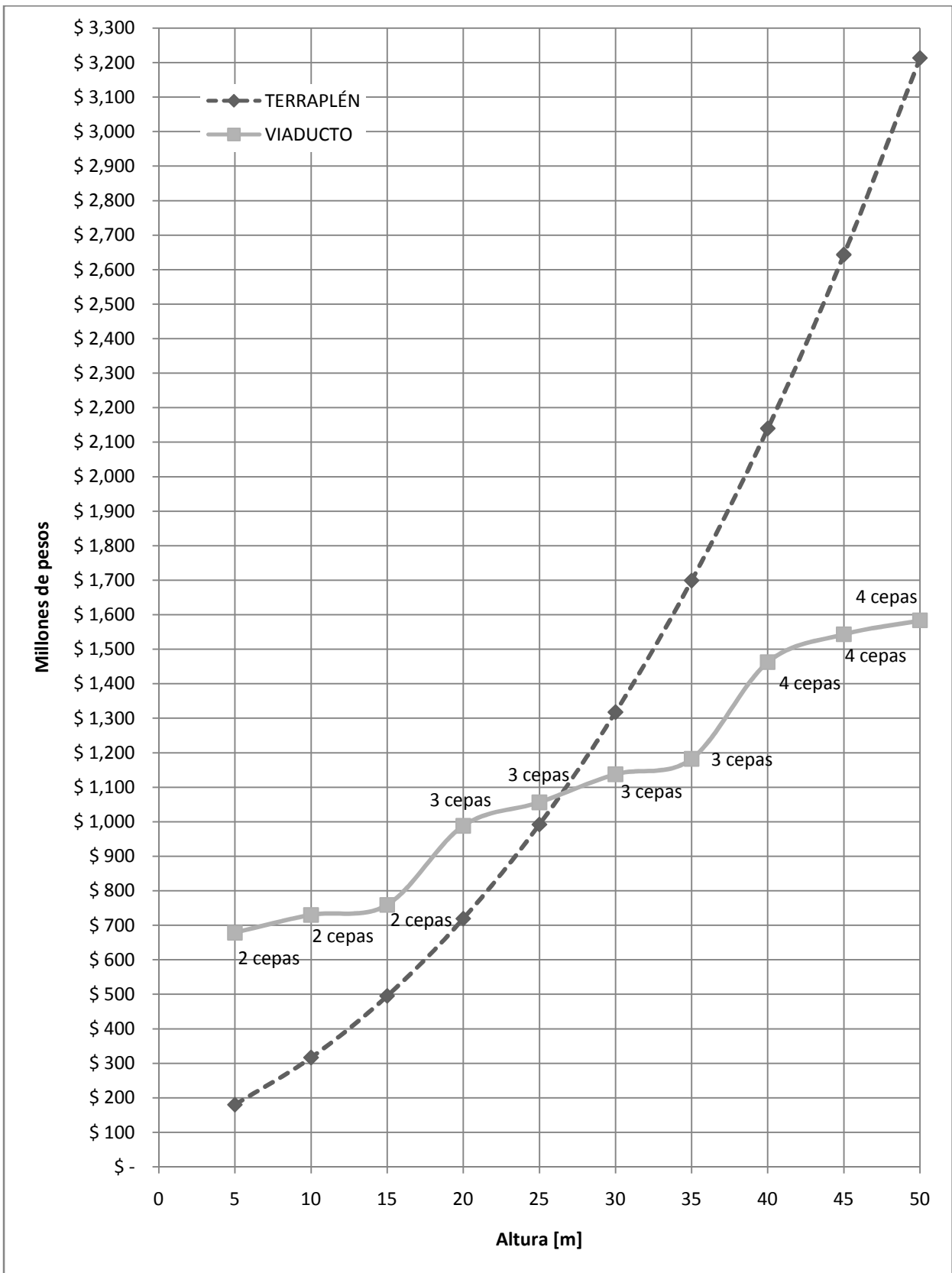


Gráfico 4.17: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 90 \text{ m}$.

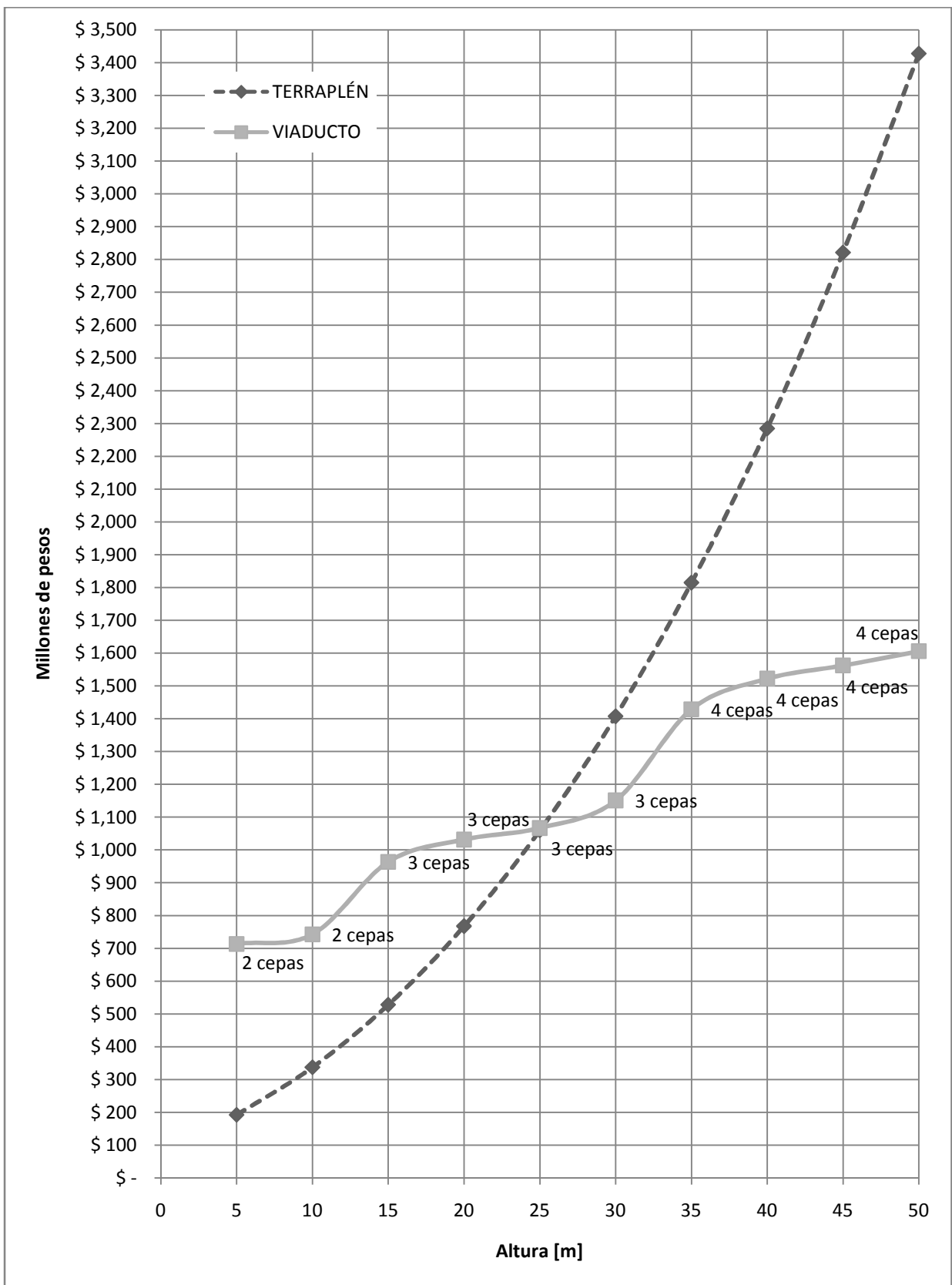


Gráfico 4.18: comparación presupuestaria entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas para la condición $L_{\text{fondo hondonada}} = 100 \text{ m}$.

4.3 Matrices de decisión

| h [m] \ Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 10 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 15 | T | T | T | VFD | T | T | T | T | T |
| 20 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 25 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 30 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 35 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 40 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 45 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |
| 50 | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD | VFD |

Tabla 4.10: matriz de decisión entre terraplén (T) y viaducto con fundaciones directas (VFD)

| h [m] \ Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 10 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 15 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 20 | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 25 | VFP | VFP | T | T | VFP | VFP | T | T | T |
| 30 | VFP | T | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP |
| 35 | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP |
| 40 | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP |
| 45 | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP |
| 50 | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP | VFP |

Tabla 4.11: matriz de decisión entre terraplén (T) y viaducto con fundaciones profundas (VFP)

| Lf [m] | Terraplén vs Viaducto con fundaciones directas | Terraplén vs Viaducto con fundaciones profundas |
|--------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 20 | 16.7 | 23.7 |
| 30 | 15.8 | 21.8 |
| 40 | 15.3 | 28 |
| 50 | 14.4 | 25.6 |
| 60 | 17.6 | 24.7 |
| 70 | 16.8 | 23.1 |
| 80 | 16.4 | 27.7 |
| 90 | 16.4 | 26.4 |
| 100 | 18.2 | 25 |

Tabla 4.12: altura límite superior para construcción de terraplén versus ambos tipos de viaducto (dimensiones en m)

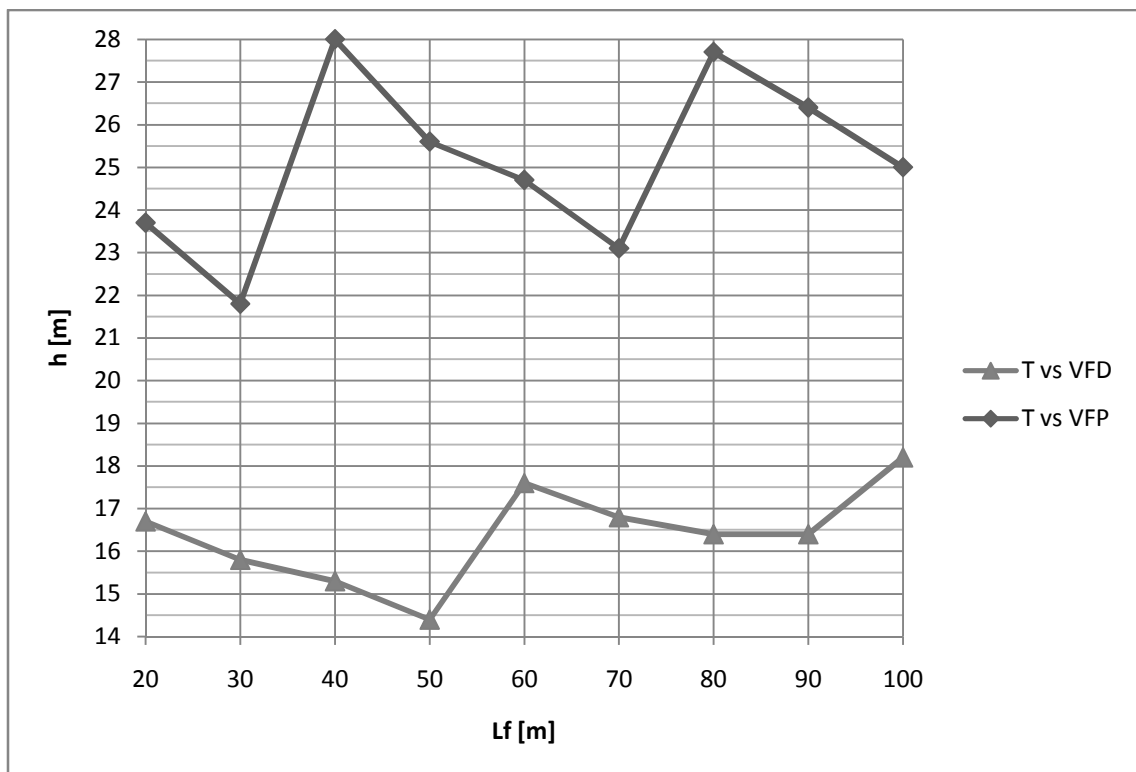


Gráfico 4.19: altura límite superior para construcción de terraplén versus ambos tipos de viaducto

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se llevará a cabo el análisis de los resultados presentados en el Capítulo 4, obtenidos a partir de todas las hipótesis constructivas y de entorno establecidas en el Capítulo 3.

Debido a la forma geométrica de la hondonada, los volúmenes del movimiento de tierras para la formación y compactación de terraplenes no varían de manera lineal con el largo de la rasante. Si a esto se suma que el volumen del material empleado en la construcción de la alcantarilla, junto con las excavaciones para materializarla varían con el ancho del terraplén y no con el largo, se hace imposible determinar un costo por metro lineal de terraplén.

Sin embargo, la forma de las curvas de costos de construcción obtenidas para el terraplén permite establecer una relación polinómica que las identifique con una ecuación cúbica que ligue la altura del terraplén con los costos de la obra, tal como se muestra en la tabla 5.1.

| Lf [m] | [\$] 10 ⁶ | R ² |
|--------|-----------------------------------------------|----------------|
| 20 | $0.0046 h^3 + 0.214 h^2 + 11.284 h + 31.262$ | 1 |
| 30 | $0.0046 h^3 + 0.2835 h^2 + 11.954 h + 38.545$ | 1 |
| 40 | $0.0046 h^3 + 0.3531 h^2 + 12.622 h + 45.837$ | 1 |
| 50 | $0.0046 h^3 + 0.4226 h^2 + 13.294 h + 53.11$ | 1 |
| 60 | $0.0046 h^3 + 0.4922 h^2 + 13.964 h + 60.389$ | 1 |
| 70 | $0.0046 h^3 + 0.5617 h^2 + 14.634 h + 67.676$ | 1 |
| 80 | $0.0046 h^3 + 0.6313 h^2 + 15.304 h + 74.959$ | 1 |
| 90 | $0.0046 h^3 + 0.7009 h^2 + 15.973 h + 82.251$ | 1 |
| 100 | $0.0046 h^3 + 0.7704 h^2 + 16.643 h + 89.53$ | 1 |

Tabla 5.1: parametrización costos terraplén, h en metros.

Este mismo propósito es difícil de alcanzar con las curvas de costos del viaducto debido a la forma escalonada que éstas poseen. Dicha característica se debe al número variable de cepas a utilizar en función de la longitud de la obra, lo que produce un alza importante de costos cuando corresponde incluir una nueva cepa. Si a esto se incluye la existencia de los estribos de entrada y salida del puente, de cubicación constante e independiente de las dimensiones de la hondonada y de la rasante del proyecto, se dificulta la estimación de una parametrización de los costos de la infraestructura.

Por otra parte, la superestructura también posee una variabilidad de costos por metro lineal debido a los diferentes tipos de viga a utilizar, pero gracias a que los costos de las vigas aumentan de manera prácticamente proporcional con el largo de éstas, es posible calcular un valor promedio por metro lineal de superestructura, igual a \$2.437.094.

Para la comparación entre terraplén y viaducto con fundaciones directas, se observa en la tabla 4.12 que el punto exacto de intersección de las curvas de costos es distinto para cada largo de fondo considerado, sin embargo, este punto se encuentra dentro de un rango que permite identificar una altura en torno a los 16 m (entre 14.4 m y 18.2 m).

Para la comparación entre terraplén y viaducto con fundaciones profundas, el punto de intersección de las curvas aumenta, alcanzando valores entre los 21.8 m y los 28 m de altura, lo que se debe al elevado precio de las fundaciones del tipo pilote, que incluye mayores volúmenes de hormigón y acero, además de la ejecución de excavaciones con equipos de pilotaje de alto costo. En esta comparación, para el caso $L_f = 30$ m, dada la forma escalonada del gráfico del viaducto, se intercepta dos veces a la curva de costos del terraplén, por lo que no es claro si el punto crítico corresponde a una altura de 22 m o 30 m. Ante esto, es necesario que se realicen estudios más detallados y de acuerdo a la realidad del proyecto con el fin de desarrollar una estructuración adecuada y tomar una decisión acertada.

En la construcción del terraplén, el porcentaje de incidencia del ítem “Formación y compactación de terraplenes” varía considerablemente con el tamaño de la obra, tal como se indica en la tabla 5.2.

Esta variación es de mayor magnitud con el aumento del alto que con el aumento del largo, debido a que al incremento de la altura también está asociado el ensanchamiento del pie del terraplén, necesitando mayores volúmenes de tierra, además, a medida que crece este ancho, se debe construir una alcantarilla de mayor longitud, incrementando los costos asociados a esta obra.

La consideración del riesgo hidráulico en terraplenes, reflejado en la protección de taludes mediante enrocados y en la construcción de alcantarillas, marcan una presencia variable dentro del costo total de la obra, tal como se indica en la tabla 5.3.

El porcentaje calculado incluye los enrocados de protección, el geotextil para el control de erosión, el hormigón y acero para la construcción de la alcantarilla así como las excavaciones necesarias para materializarla.

| h [m] \ Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 5 | 8% | 12% | 15% | 17% | 19% | 21% | 22% | 23% | 24% |
| 10 | 19% | 24% | 28% | 31% | 34% | 36% | 38% | 40% | 41% |
| 15 | 28% | 33% | 38% | 41% | 44% | 47% | 49% | 51% | 52% |
| 20 | 36% | 41% | 46% | 49% | 52% | 55% | 57% | 59% | 60% |
| 25 | 43% | 48% | 52% | 56% | 58% | 61% | 63% | 65% | 66% |
| 30 | 49% | 54% | 58% | 61% | 64% | 66% | 68% | 69% | 71% |
| 35 | 55% | 59% | 63% | 65% | 68% | 70% | 71% | 73% | 74% |
| 40 | 59% | 63% | 66% | 69% | 71% | 73% | 75% | 76% | 77% |
| 45 | 63% | 67% | 70% | 72% | 74% | 76% | 77% | 78% | 80% |
| 50 | 67% | 70% | 73% | 75% | 77% | 78% | 79% | 81% | 82% |

Tabla 5.2: porcentaje de incidencia del ítem “Formación y compactación de terraplenes” en el costo total

| h [m] \ Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 5 | 76% | 70% | 66% | 62% | 59% | 56% | 54% | 52% | 50% |
| 10 | 69% | 63% | 58% | 55% | 51% | 49% | 46% | 44% | 42% |
| 15 | 62% | 56% | 52% | 48% | 45% | 42% | 40% | 38% | 36% |
| 20 | 55% | 50% | 45% | 42% | 39% | 36% | 34% | 32% | 31% |
| 25 | 49% | 44% | 40% | 37% | 34% | 32% | 30% | 28% | 27% |
| 30 | 44% | 39% | 36% | 33% | 30% | 28% | 26% | 25% | 23% |
| 35 | 39% | 35% | 32% | 29% | 27% | 25% | 23% | 22% | 21% |
| 40 | 35% | 31% | 28% | 26% | 24% | 22% | 21% | 20% | 18% |
| 45 | 32% | 28% | 26% | 23% | 22% | 20% | 19% | 18% | 17% |
| 50 | 29% | 26% | 23% | 21% | 20% | 18% | 17% | 16% | 15% |

Tabla 5.3: porcentaje del costo total del terraplén empleado en protección ante riesgo hidráulico

Claramente se aprecia la gran incidencia de los ítemes asociados al riesgo hidráulico sobre el costo total de la obra para terraplenes de baja y mediana altura. Estos porcentajes disminuyen tanto con la altura como con el largo de la construcción, debido a que, y consecuente con lo indicado en la tabla 5.2, el protagonismo alcanzado por la partida “Formación y compactación de terraplenes” se incrementa dado los grandes volúmenes de tierra a mover, a pesar de que también aumenten las dimensiones de la alcantarilla y de los enrocados de protección.

Dado el protagonismo variable que tienen las partidas asociadas a la alcantarilla y protección de taludes, en conjunto con la formación y compactación de terraplenes, se hace imposible determinar de manera general la incidencia de la mano de obra, materiales y maquinaria en la construcción del terraplén, pero sí se puede mencionar que para la construcción de la alcantarilla, los porcentajes promedio de incidencia de acuerdo a la categoría de los insumos son los siguientes: 66% del costo en materiales, 20% en mano de obra y 14% en maquinaria y equipos, mientras que para la formación y compactación de terraplenes los porcentajes son: 26.7% en materiales, 11.1% en mano de obra y 62.1% en maquinaria y equipos. Esta diferencia se debe fundamentalmente a que el material necesitado para el terraplén es de bajo costo (tierra) a diferencia del requerido para la construcción de alcantarillas (acero y hormigón), además, la materialización del terraplén requiere un importante uso de maquinarias de transporte, compactación y perfilado.

Otro aspecto que se debe tener presente es que muchas veces el material necesario para la formación y compactación de terraplenes provendrá de cortes realizados en otros sectores del proyecto vial, necesitando menos volúmenes procedentes de empréstitos, abaratando los costos del terraplén.

Con respecto a los costos de infraestructura y superestructura del viaducto, la primera tiene un valor superior en la mayoría de los casos analizados, como consecuencia del gran volumen de hormigón, acero y moldajes utilizados, especialmente para alturas sobre los 15 m, independientemente si se trata de fundaciones directas o fundaciones profundas.

A partir de las tablas 5.4 y 5.5, no se logra apreciar un comportamiento lineal de los porcentajes del costo correspondiente a infraestructura y superestructura, debido principalmente a que la primera aumenta de manera irregular su valor tanto con las dimensiones como con el número de cepas a incluir en el análisis.

Asimismo, a partir de la tabla 5.5 y consecuentemente con lo que se ha dicho en párrafos anteriores, se nota un porcentaje mayor en el costo de la infraestructura para el viaducto con fundaciones profundas debido al alto valor que se debe desembolsar para construir las. Este porcentaje, en la mayoría de los casos está entorno al 70%.

Las partidas principales en la construcción del viaducto, como era de esperar, corresponden al hormigón, acero y vigas pretensadas, cuya suma tiene una incidencia promedio entorno al 75% del valor total de la construcción para viaducto con fundaciones directas, tal como indica la tabla 5.6.

En el caso de fundaciones profundas, el grupo de tres partidas mencionadas anteriormente alcanza un promedio entorno al 52% debido a la importancia del ítem asignado a la construcción de pilotes preexcavados in-situ. Sólo este ítem fluctúa entre el 24% y el 39%, transformándose en la partida principal para este tipo de viaducto y el nuevo grupo de cuatro partidas (hormigón, acero, vigas y pilotes) alcanza un valor promedio entre 78% y 79%, como se muestra en la tabla 5.7.

| h [m] | Lf = 20 [m] | | Lf = 30 [m] | | Lf = 40 [m] | | Lf = 50 [m] | | Lf = 60 [m] | |
|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super |
| 5 | 52% | 47% | 46% | 54% | 55% | 45% | 49% | 51% | 45% | 55% |
| 10 | 46% | 54% | 56% | 44% | 50% | 49% | 46% | 54% | 44% | 56% |
| 15 | 57% | 42% | 52% | 48% | 47% | 53% | 46% | 54% | 51% | 48% |
| 20 | 53% | 47% | 48% | 51% | 47% | 53% | 53% | 47% | 52% | 48% |
| 25 | 50% | 50% | 48% | 52% | 55% | 45% | 53% | 46% | 50% | 50% |
| 30 | 57% | 43% | 65% | 35% | 64% | 36% | 61% | 39% | 60% | 40% |
| 35 | 66% | 34% | 65% | 35% | 62% | 38% | 61% | 39% | 67% | 33% |
| 40 | 66% | 34% | 63% | 37% | 62% | 38% | 67% | 32% | 65% | 35% |
| 45 | 63% | 37% | 63% | 37% | 68% | 32% | 65% | 35% | 65% | 35% |
| 50 | 63% | 37% | 68% | 32% | 65% | 34% | 65% | 35% | 65% | 35% |

| h [m] | Lf = 70 [m] | | Lf = 80 [m] | | Lf = 90 [m] | | Lf = 100 [m] | |
|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
| | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super |
| 5 | 43% | 57% | 48% | 52% | 47% | 53% | 43% | 57% |
| 10 | 50% | 50% | 48% | 51% | 45% | 55% | 44% | 56% |
| 15 | 50% | 50% | 46% | 53% | 45% | 54% | 50% | 49% |
| 20 | 48% | 52% | 47% | 53% | 52% | 48% | 49% | 51% |
| 25 | 49% | 51% | 54% | 46% | 50% | 49% | 50% | 50% |
| 30 | 66% | 34% | 62% | 38% | 62% | 38% | 61% | 39% |
| 35 | 64% | 36% | 63% | 37% | 62% | 38% | 67% | 33% |
| 40 | 64% | 36% | 63% | 37% | 68% | 32% | 65% | 35% |
| 45 | 64% | 36% | 69% | 31% | 66% | 34% | 66% | 34% |
| 50 | 69% | 31% | 66% | 34% | 66% | 34% | 66% | 34% |

Tabla 5.4: porcentaje del costo empleado en infraestructura y superestructura para viaducto con fundaciones directas

| | Lf = 20 [m] | | Lf = 30 [m] | | Lf = 40 [m] | | Lf = 50 [m] | | Lf = 60 [m] | |
|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| h [m] | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super |
| 5 | 61% | 39% | 55% | 45% | 70% | 30% | 65% | 35% | 61% | 39% |
| 10 | 55% | 45% | 70% | 29% | 66% | 34% | 62% | 38% | 60% | 40% |
| 15 | 71% | 29% | 66% | 34% | 62% | 38% | 61% | 39% | 68% | 32% |
| 20 | 67% | 33% | 63% | 37% | 61% | 38% | 69% | 31% | 68% | 32% |
| 25 | 64% | 36% | 62% | 38% | 69% | 31% | 68% | 32% | 65% | 35% |
| 30 | 64% | 36% | 71% | 29% | 70% | 30% | 67% | 33% | 66% | 34% |
| 35 | 72% | 28% | 71% | 29% | 68% | 32% | 67% | 33% | 72% | 28% |
| 40 | 71% | 29% | 69% | 31% | 68% | 32% | 73% | 27% | 70% | 30% |
| 45 | 69% | 31% | 68% | 32% | 73% | 27% | 70% | 30% | 70% | 30% |
| 50 | 68% | 32% | 73% | 27% | 70% | 29% | 70% | 30% | 70% | 30% |

| | Lf = 70 [m] | | Lf = 80 [m] | | Lf = 90 [m] | | Lf = 100 [m] | |
|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
| h [m] | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super | Infra | Super |
| 5 | 59% | 40% | 66% | 34% | 65% | 35% | 62% | 38% |
| 10 | 67% | 33% | 66% | 34% | 63% | 37% | 62% | 38% |
| 15 | 67% | 33% | 63% | 36% | 62% | 38% | 68% | 32% |
| 20 | 64% | 36% | 63% | 37% | 69% | 31% | 65% | 34% |
| 25 | 64% | 36% | 69% | 31% | 66% | 34% | 66% | 34% |
| 30 | 71% | 29% | 68% | 32% | 68% | 32% | 67% | 33% |
| 35 | 69% | 31% | 69% | 31% | 68% | 32% | 72% | 28% |
| 40 | 69% | 30% | 69% | 31% | 73% | 27% | 70% | 29% |
| 45 | 69% | 31% | 73% | 27% | 71% | 29% | 70% | 29% |
| 50 | 74% | 26% | 71% | 29% | 71% | 29% | 70% | 29% |

Tabla 5.5: porcentaje del costo empleado en infraestructura y superestructura para viaducto con fundaciones profundas

| h [m] | Hormigón H-30 | Acero para armaduras | Vigas pretensadas | Total |
|--------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| 5 | 24% | 28% | 23% | 74% |
| 10 | 24% | 28% | 23% | 74% |
| 15 | 24% | 28% | 22% | 75% |
| 20 | 24% | 28% | 22% | 75% |
| 25 | 24% | 28% | 22% | 74% |
| 30 | 27% | 32% | 17% | 76% |
| 35 | 28% | 33% | 16% | 76% |
| 40 | 28% | 33% | 15% | 76% |
| 45 | 28% | 33% | 15% | 76% |
| 50 | 28% | 33% | 15% | 76% |

Tabla 5.6: porcentaje promedio de incidencia de partidas principales en el costo total para viaducto con fundaciones directas

| h [m] | Hormigón H-30 | Acero para armaduras | Vigas pretensadas | Subtotal | Pilotes preexcavados in-situ | Total |
|--------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|
| 5 | 14% | 17% | 16% | 47% | 32% | 79% |
| 10 | 15% | 18% | 16% | 49% | 30% | 79% |
| 15 | 16% | 19% | 15% | 50% | 29% | 79% |
| 20 | 17% | 19% | 15% | 51% | 28% | 79% |
| 25 | 17% | 20% | 15% | 52% | 27% | 79% |
| 30 | 18% | 21% | 14% | 53% | 25% | 79% |
| 35 | 19% | 22% | 13% | 54% | 25% | 79% |
| 40 | 19% | 22% | 13% | 55% | 24% | 78% |
| 45 | 19% | 23% | 13% | 55% | 23% | 78% |
| 50 | 20% | 23% | 13% | 56% | 23% | 78% |

Tabla 5.7: porcentaje promedio de incidencia de partidas principales en el costo total para viaducto con fundaciones profundas

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 16.6 | 16.7 | 17 |
| 30 | 15.6 | 15.8 | 16.2 |
| 40 | 15.1 | 15.3 | 15.6 |
| 50 | 14 | 14.4 | 14.7 |
| 60 | 17.4 | 17.6 | 17.9 |
| 70 | 16.4 | 16.8 | 17 |
| 80 | 16.2 | 16.4 | 16.8 |
| 90 | 15.8 | 16.4 | 17.2 |
| 100 | 17.7 | 18.2 | 18.6 |

Tabla 5.8: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del hormigón

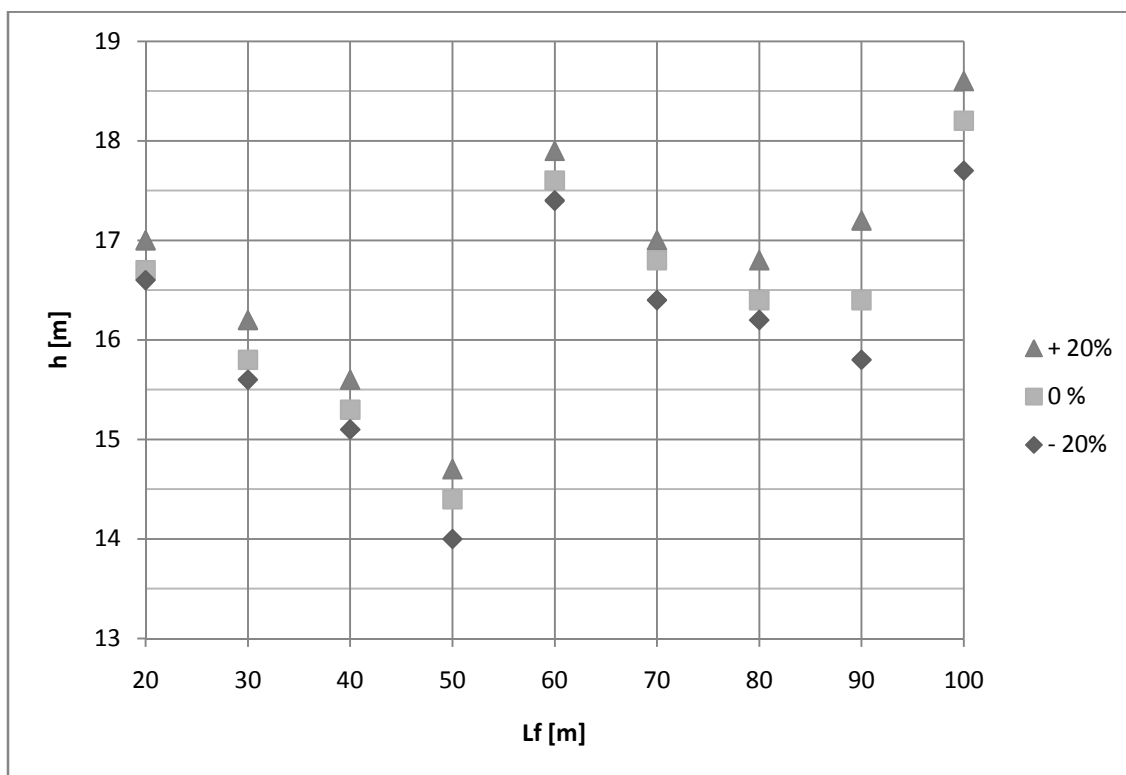


Gráfico 5.1: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del hormigón

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 23.5 | 23.7 | 24 |
| 30 | 21.6 | 21.8 | 22 |
| 40 | 27.6 | 28 | 28.3 |
| 50 | 25.3 | 25.6 | 26 |
| 60 | 24.3 | 24.7 | 25 |
| 70 | 22.8 | 23.1 | 23.4 |
| 80 | 27.4 | 27.7 | 28.3 |
| 90 | 25.9 | 26.4 | 26.8 |
| 100 | 24.7 | 25 | 25.5 |

Tabla 5.9: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del hormigón

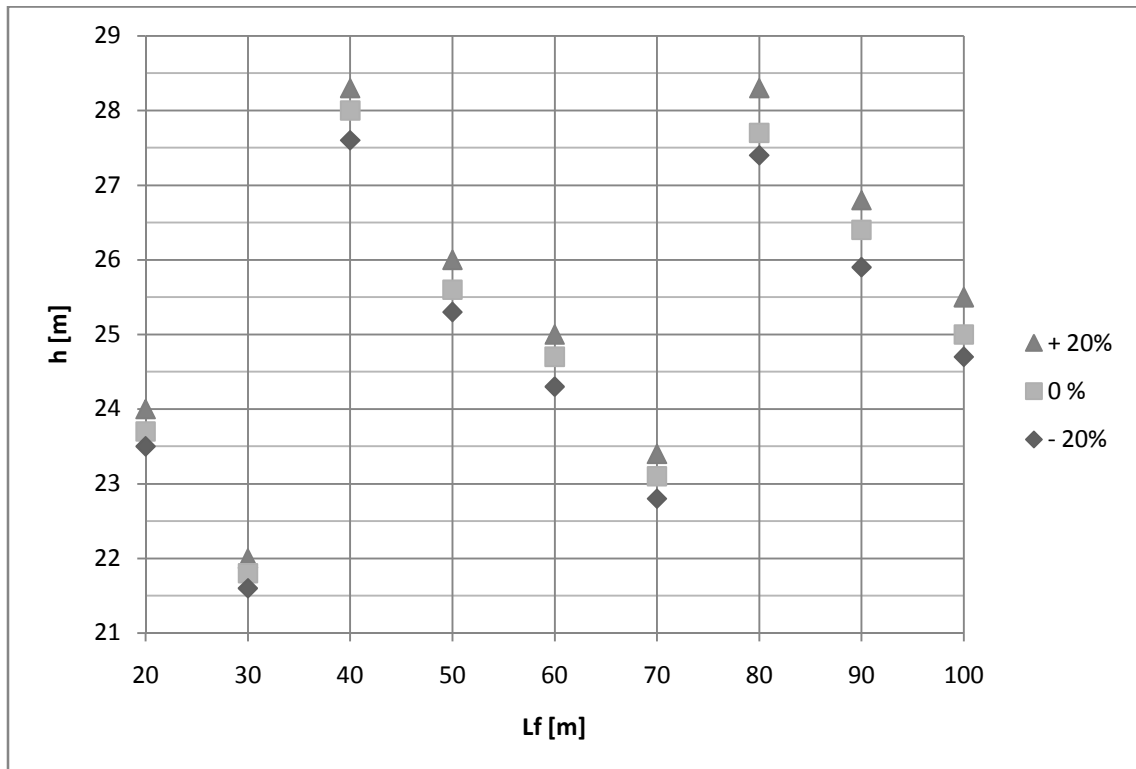


Gráfico 5.2: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del hormigón

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 16.5 | 16.7 | 17.1 |
| 30 | 15.5 | 15.8 | 16.3 |
| 40 | 15 | 15.3 | 15.8 |
| 50 | 13.9 | 14.4 | 14.9 |
| 60 | 17.1 | 17.6 | 18.1 |
| 70 | 16 | 16.8 | 17.3 |
| 80 | 16.2 | 16.4 | 16.8 |
| 90 | 15.4 | 16.4 | 17.9 |
| 100 | 17.5 | 18.2 | 18.8 |

Tabla 5.10: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del acero

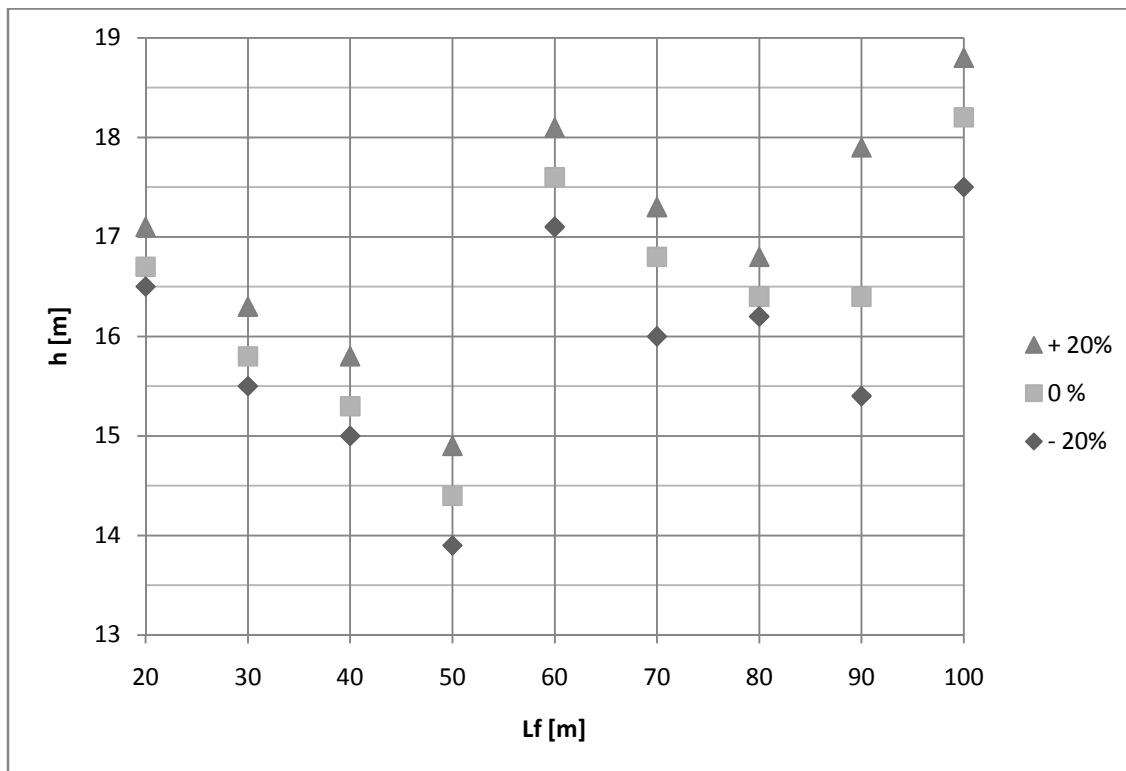


Gráfico 5.3: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del acero

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 23.1 | 23.7 | 24.4 |
| 30 | 21.3 | 21.8 | 22.2 |
| 40 | 27 | 28 | 28.7 |
| 50 | 24.7 | 25.6 | 26.8 |
| 60 | 23.8 | 24.7 | 25.6 |
| 70 | 22.4 | 23.1 | 24 |
| 80 | 26.3 | 27.7 | 29 |
| 90 | 25.3 | 26.4 | 27.6 |
| 100 | 24.1 | 25 | 26.1 |

Tabla 5.11: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del acero

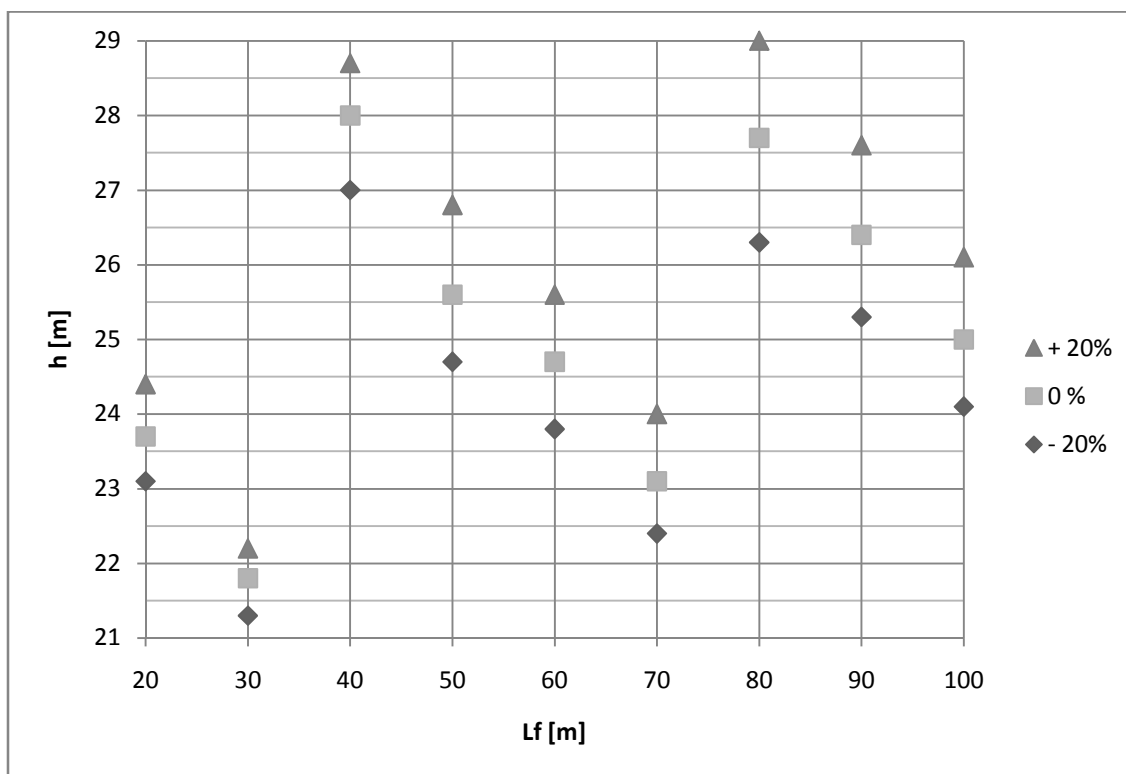


Gráfico 5.4: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el precio del acero

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 17.5 | 16.7 | 16.1 |
| 30 | 15.9 | 15.8 | 15.3 |
| 40 | 16.1 | 15.3 | 14.8 |
| 50 | 16 | 14.4 | 13.6 |
| 60 | 18.5 | 17.6 | 16.8 |
| 70 | 18 | 16.8 | 15.9 |
| 80 | 17.4 | 16.4 | 15.6 |
| 90 | 19.2 | 16.4 | 15 |
| 100 | 19.6 | 18.2 | 17.1 |

Tabla 5.12: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo del transporte y maquinarias

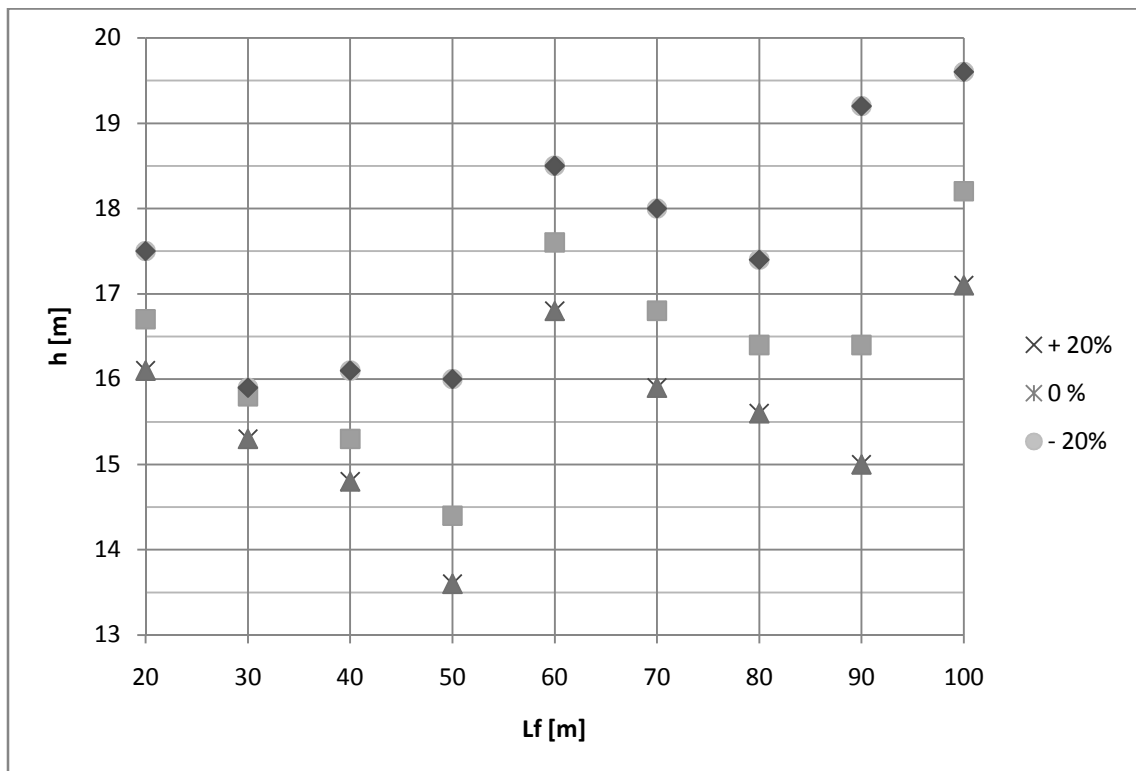


Gráfico 5.5: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo del transporte y maquinarias

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 24.6 | 23.7 | 23 |
| 30 | 22.4 | 21.8 | 21.3 |
| 40 | 29.2 | 28 | 26.9 |
| 50 | 27.4 | 25.6 | 24.6 |
| 60 | 25.9 | 24.7 | 23.6 |
| 70 | 24.3 | 23.1 | 22.3 |
| 80 | 29.6 | 27.7 | 26.2 |
| 90 | 28.2 | 26.4 | 25 |
| 100 | 26.5 | 25 | 24 |

Tabla 5.13: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo del transporte y maquinarias

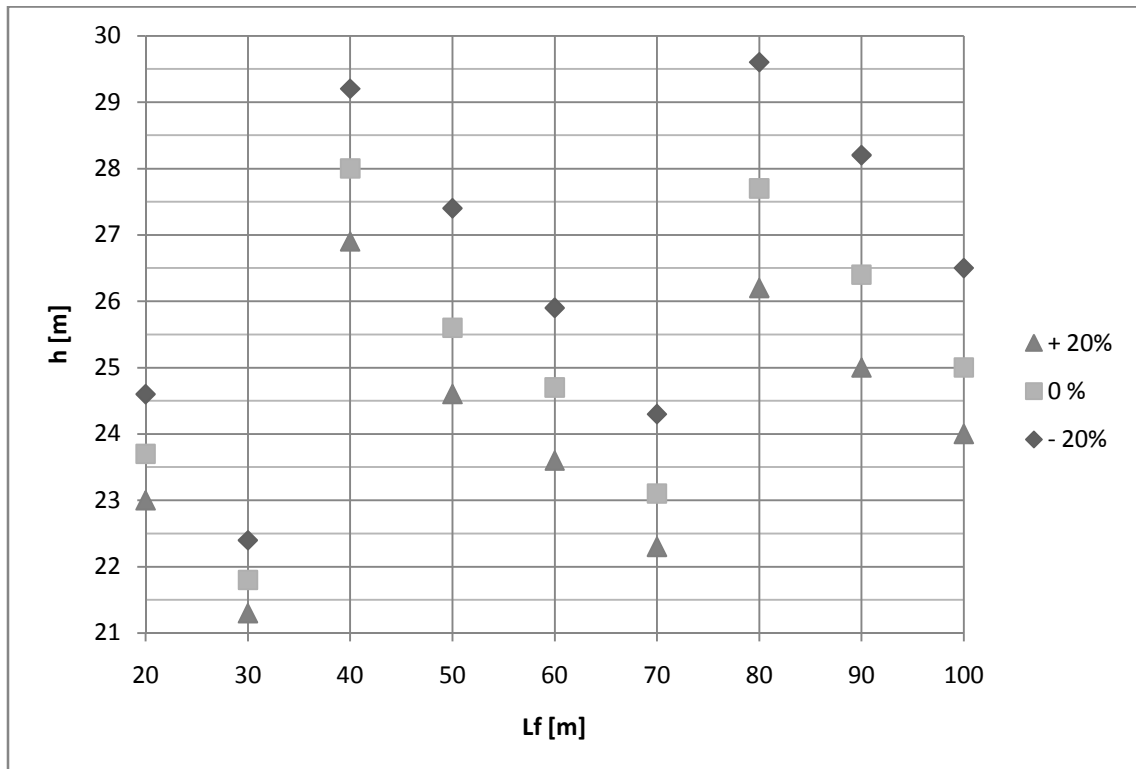


Gráfico 5.6: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo del transporte y maquinarias

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 16.6 | 16.7 | 17.1 |
| 30 | 15.6 | 15.8 | 16.1 |
| 40 | 15.1 | 15.3 | 15.5 |
| 50 | 14.1 | 14.4 | 14.6 |
| 60 | 17.8 | 17.6 | 16.7 |
| 70 | 16.4 | 16.8 | 17.1 |
| 80 | 16.2 | 16.4 | 16.6 |
| 90 | 15.8 | 16.4 | 17 |
| 100 | 17.8 | 18.2 | 18.5 |

Tabla 5.14: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo de la mano de obra

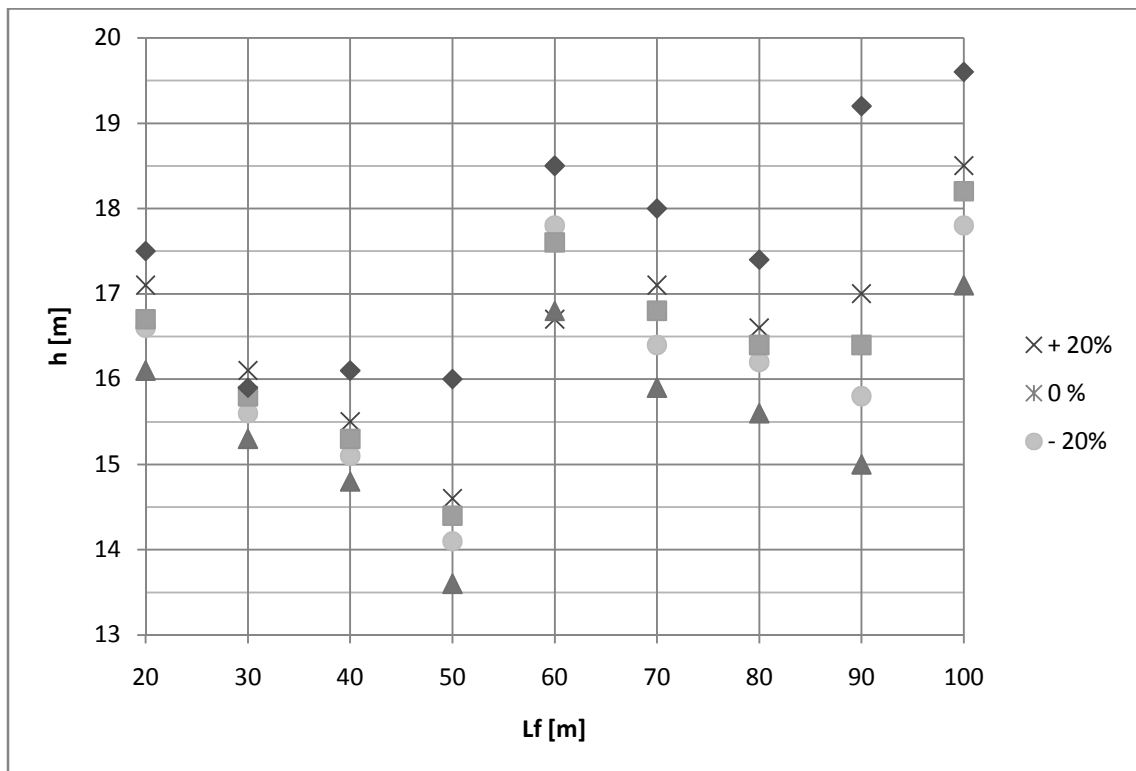


Gráfico 5.7: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones directas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo de la mano de obra

| Lf [m] | - 20% | 0 % | + 20% |
|--------|-------|------|-------|
| 20 | 23.5 | 23.7 | 24 |
| 30 | 21.6 | 21.8 | 21.9 |
| 40 | 27.6 | 28 | 28.3 |
| 50 | 25.3 | 25.6 | 26 |
| 60 | 24.4 | 24.7 | 25 |
| 70 | 22.8 | 23.1 | 23.4 |
| 80 | 27.4 | 27.7 | 28.2 |
| 90 | 26 | 26.4 | 26.7 |
| 100 | 24.8 | 25 | 25.4 |

Tabla 5.15: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo de la mano de obra

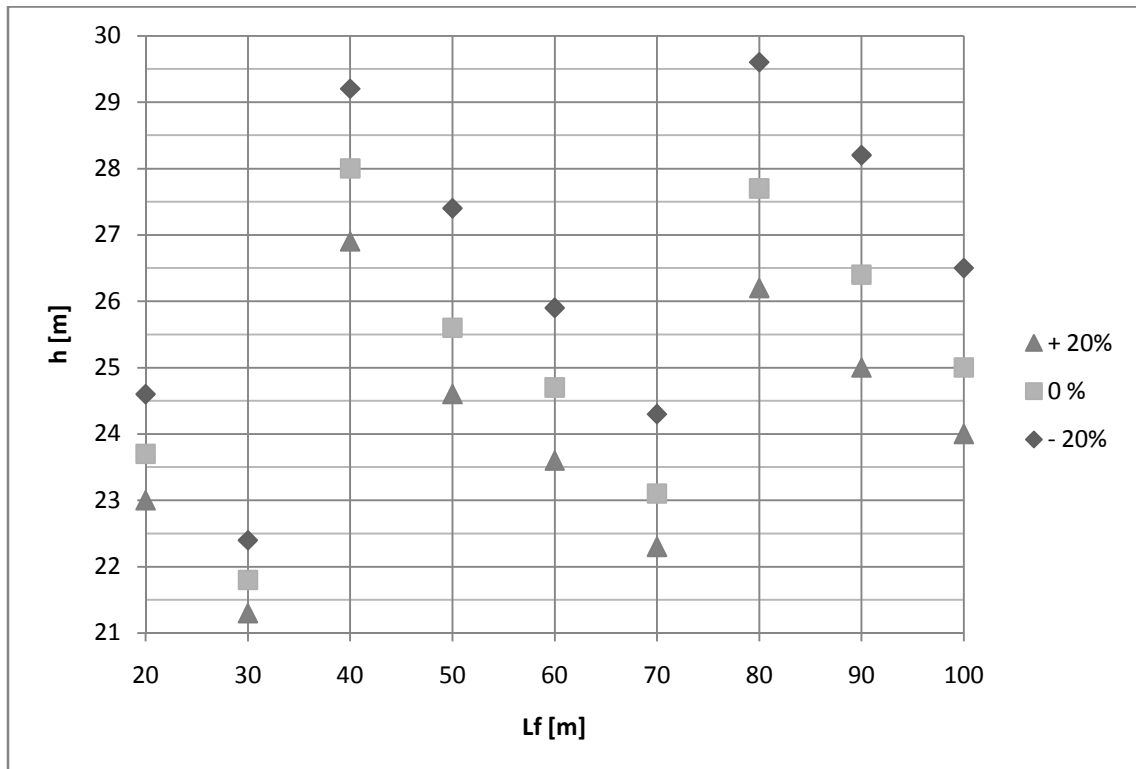


Gráfico 5.8: altura crítica terraplén vs viaducto con fundaciones profundas, con variación de $\pm 20\%$ en el costo de la mano de obra

Para el total de las partidas principales del viaducto con fundaciones directas, indicadas previamente, el mayor porcentaje de incidencia está asociado a los insumos de la categoría materiales, alcanzando un valor promedio de 68%, seguido por la mano de obra con un porcentaje promedio de 23% y la maquinaria y equipos con un 9%.

En el caso del viaducto con fundaciones profundas la distribución es la siguiente: 65% en materiales, 19% en mano de obra y 16% en maquinaria y equipos.

De manera más específica, se realizó un estudio de sensibilidad de precios con el objeto de conocer los cambios en el resultado de la investigación en función de la variación de costos de los principales insumos requeridos y de la mano de obra necesaria para la construcción.

Para esto, se desarrolló un análisis *ceteris paribus* con el hormigón, el acero, el petróleo (transporte y maquinaria) y la mano de obra, variando el costo en $\pm 20\%$ cada uno, obteniendo los resultados indicados en las tablas 5.8 a 5.15 y en los gráficos 5.1 a 5.8.

Comenzando con la variación de costos del insumo hormigón, se nota un aumento de la altura crítica de cambio entre terraplén y ambos tipos de viaducto junto con el aumento del costo del insumo, lo que se debe al relevante uso que este material adquiere en la ejecución del puente, elevando su costo y ampliando la conveniencia de construir el terraplén. Inversamente, y como era de esperar, si se disminuye el precio del hormigón también disminuirá la altura crítica de cambio de alternativa, tornando favorable la construcción del viaducto a menores alturas que las obtenidas sin la presente variación. De todos modos, en ningún caso esta desviación sobrepasa el valor de un metro de altura.

Similarmente, al realizar la variación de $\pm 20\%$ en el precio del acero, se obtienen resultados análogos al caso del hormigón debido a las mismas razones especificadas en el párrafo anterior, sin embargo, para este caso las desviaciones obtenidas alcanzan en ciertos casos 1.5 m, lo que indica la mayor relevancia de este insumo si se compara al anterior.

Contrariamente, ante el escenario de variar los costos de transporte y maquinaria, reflejando lo que ocurriría ante cambios en el precio del petróleo, al aumentar en 20% el valor de estos insumos, disminuye la altura crítica calculada, debido al mayor protagonismo de este ítem en la ejecución de terraplenes, haciendo aconsejable la construcción del viaducto a alturas menores que las estimadas sin la variación. Asimismo, ante una disminución del valor del petróleo, aumentará el rango de altura donde es recomendable construir el terraplén.

Por último, se realizó la variación del precio de la mano de obra, obteniendo un comportamiento similar al observado ante los cambios en el costo del hormigón y del acero.

Esto se debe a la importancia que adquiere la mano de obra tanto en la confección del hormigón como en la colocación de armaduras, aspectos sumamente relevantes en la construcción del viaducto y no tan importantes en la materialización del terraplén, salvo en la construcción de su alcantarilla.

Otro aspecto que tiene influencia en los costos de construcción es la modalidad de confección del hormigón. Para esto existen tres posibilidades: confeccionar el hormigón en obra mediante el uso de betoneras, confeccionarlo en obra mediante el uso de una planta de hormigón o comprar hormigón prefabricado.

El análisis de costos con el que se calculó las curvas comparativas corresponde al uso de hormigón confeccionado en obra utilizando betoneras, sin embargo, este valor también puede ser utilizado pensando en que se utiliza hormigón prefabricado, puesto que los costos son similares.

En el caso de necesitar una planta de hormigón, lo que es poco frecuente, el costo de hormigón H-30 puede elevarse, pero de manera muy leve. Para los cálculos se consideró una betonera de 11 ft³, con un rendimiento de 0.8 m³/hr a un valor de 2220 \$/hr, lo que arroja un costo de 2750 \$/m³ asignado a esta máquina. Sin embargo, al considerar un Planta Power Mix PB1500, con un rendimiento de 22m³/hr, la que tiene un costo de 80000 \$/hr (incluyendo costos de posesión, operación, depreciación, instalación, desarme, etc) se tiene un costo asociado a esta planta igual a 3640 \$/m³, es decir, en el costo total por metro cúbico de hormigón se tendrá un incremento de apenas \$890.

La poca influencia del tipo de confección se debe principalmente a que solo el 12.85% del costo directo del hormigón corresponde a los equipos para fabricarlo, mientras que los materiales forman parte del 45.6% de este ítem y la mano de obra 41.56%.

Con el objeto de determinar un rango de incertidumbre general en los resultados alcanzados por el estudio, se realizó el análisis con una variación establecida a priori igual a $\pm 10\%$ en el costo total de las alternativas de terraplén y viaductos, obteniendo los resultados indicados en las tablas 5.16 y 5.17.

Se recomienda que ante la eventualidad de estar en el rango de incertidumbre establecido en dichas tablas, se realicen estudios más detallados con razón de abarcar aspectos específicos del área de emplazamiento de las obras, así como desarrollar una estructuración de la alternativa viaducto que permita disminuir los costos estimados en este trabajo.

| Lf [m] | Resultado del estudio | Vecindad de incertidumbre |
|---------------|------------------------------|----------------------------------|
| 20 | 16.7 | 7.8 - 20.6 |
| 30 | 15.8 | 12.7 - 19.9 |
| 40 | 15.3 | 12.3 - 18.3 |
| 50 | 14.4 | 11.7 - 22 |
| 60 | 17.6 | 13.8 - 21 |
| 70 | 16.8 | 13.7 - 20.6 |
| 80 | 16.4 | 13.4 - 19.7 |
| 90 | 16.4 | 12.9 - 22 |
| 100 | 18.2 | 14.4 - 21.6 |

Tabla 5.16: rango de incertidumbre de la altura ante variación de $\pm 10\%$ en el costo total del terraplén y viaducto con fundaciones directas (dimensiones en m)

| Lf [m] | Resultado del estudio | Vecindad de incertidumbre |
|---------------|------------------------------|----------------------------------|
| 20 | 23.7 | 19.7 - 37.6 |
| 30 | 21.8 | 18.5 - 34.8 |
| 40 | 28 | 16 - 32.9 |
| 50 | 25.6 | 22.1 - 31.2 |
| 60 | 24.7 | 20.6 - 35.4 |
| 70 | 23.1 | 20 - 34.2 |
| 80 | 27.7 | 18.8 - 32.7 |
| 90 | 26.4 | 22.4 - 31.2 |
| 100 | 25 | 21.6 - 30 |

Tabla 5.17: rango de incertidumbre de la altura ante variación de $\pm 10\%$ en el costo total del terraplén y viaducto con fundaciones profundas (dimensiones en m)

Para alturas menores a la vecindad definida, el terraplén asoma sin dudas como la alternativa más recomendable, mientras que sobre el rango obtenido, el viaducto será la mejor opción en la generalidad de los casos.

Otro alcance que se debe acotar es que, dado que se consideraron viaductos con cepas equidistantes y con longitud máxima de 40 m por tramo, en ciertas ocasiones, especialmente a alturas sobre 35 m, es necesario posicionar fundaciones en los taludes de la hondonada, lo que requiere un mayor volumen de excavaciones. Estas excavaciones, en el peor de los casos corresponderán a un volumen de 3741 m³, incrementando el valor en casi \$15.200.000 para viaductos con un costo de construcción por sobre \$670.000.000, es decir, existirá un aumento equivalente al 2.26%, lo que no influirá en la elección de la alternativa. En este mismo caso, las cepas que queden posicionadas en el talud de la hondonada tendrán una menor altura, lo que sí se consideró en las cubicaciones representadas en las curvas.

Es de gran importancia que, sumado a los costos de construcción de las alternativas, se incluya un estudio de los terrenos a expropiar en cada caso, lo cual podría hacer variar la decisión a favor del uso de viaductos en vez de terraplenes, pues aquellos requieren una menor faja de expropiación que éstos, tal como se indica en las tablas 5.18 y 5.19.

| Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| h [m] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [m ²] |
| 5 | 897.1 | 1236.9 | 1576.7 | 1916.5 | 2256.3 | 2596.1 | 2935.9 | 3275.7 | 3615.5 |
| 10 | 1606.9 | 2096.7 | 2586.5 | 3076.3 | 3566.1 | 4055.9 | 4545.7 | 5035.5 | 5525.3 |
| 15 | 2528.9 | 3168.7 | 3808.5 | 4448.3 | 5088.1 | 5727.9 | 6367.7 | 7007.5 | 7647.3 |
| 20 | 3663.0 | 4452.8 | 5242.6 | 6032.4 | 6822.2 | 7612.0 | 8401.8 | 9191.6 | 9981.4 |
| 25 | 5009.3 | 5949.1 | 6888.9 | 7828.7 | 8768.5 | 9708.3 | 10648.1 | 11587.9 | 12527.7 |
| 30 | 6567.6 | 7657.4 | 8747.2 | 9837.0 | 10926.8 | 12016.6 | 13106.4 | 14196.2 | 15286.0 |
| 35 | 8338.1 | 9577.9 | 10817.7 | 12057.5 | 13297.3 | 14537.1 | 15776.9 | 17016.7 | 18256.5 |
| 40 | 10320.8 | 11710.6 | 13100.4 | 14490.2 | 15880.0 | 17269.8 | 18659.6 | 20049.4 | 21439.2 |
| 45 | 12515.5 | 14055.3 | 15595.1 | 17134.9 | 18674.7 | 20214.5 | 21754.3 | 23294.1 | 24833.9 |
| 50 | 14922.4 | 16612.2 | 18302.0 | 19991.8 | 21681.6 | 23371.4 | 25061.2 | 26751.0 | 28440.8 |

Tabla 5.18: área de expropiación para terraplén en m²

| Lf [m] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| h [m] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] | [m2] |
| 5 | 870 | 1120 | 1370 | 1620 | 1870 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 |
| 10 | 1120 | 1370 | 1620 | 1870 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 |
| 15 | 1370 | 1620 | 1870 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 |
| 20 | 1620 | 1870 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 |
| 25 | 1870 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 |
| 30 | 2120 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 | 4120 |
| 35 | 2370 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 | 4120 | 4370 |
| 40 | 2620 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 | 4120 | 4370 | 4620 |
| 45 | 2870 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 | 4120 | 4370 | 4620 | 4870 |
| 50 | 3120 | 3370 | 3620 | 3870 | 4120 | 4370 | 4620 | 4870 | 5120 |

Tabla 5.19: área de expropiación para viaducto en m²

| h [m] | Talud terraplén | | |
|-------|-----------------|-----|------|
| | 1:2 | 1:3 | 1:4 |
| 5 | 13% | 39% | 65% |
| 10 | 18% | 54% | 89% |
| 15 | 21% | 62% | 103% |
| 20 | 22% | 67% | 111% |
| 25 | 24% | 71% | 118% |
| 30 | 25% | 74% | 123% |
| 35 | 25% | 76% | 126% |
| 40 | 26% | 78% | 130% |
| 45 | 26% | 79% | 132% |
| 50 | 27% | 81% | 135% |

Tabla 5.20: aumento promedio de costos para terraplenes con taludes más extendidos

Las áreas de expropiación fueron calculadas a partir de las dimensiones indicadas en el capítulo 3: para el terraplén, un ancho igual al del pie del terraplén más 2.5 m por cada lado y

un largo igual a la rasante del proyecto; para el viaducto un ancho igual a 25 m y una longitud igual a la rasante más estribos.

Como se puede apreciar, el terreno a expropiar aumenta de manera considerable con las dimensiones del terraplén, debido a que éste depende tanto del largo como del ancho de la plataforma, mientras que en el caso del viaducto el ancho de la faja es constante, independiente de la altura de la construcción, por lo que varía sólo con la longitud del proyecto. A modo de ejemplo, para un terraplén típico de 10 m a 15 m de altura, los terrenos a expropiar duplicarían a los necesarios para la construcción de un viaducto y esta diferencia es considerablemente superior si se requieren mayores alturas, llegando a más que quintuplicar el área necesaria para ejecutar el terraplén.

A pesar de la importancia de la faja de expropiación, ésta no fue considerada en el análisis de costos debido a la gran variación que posee el precio por metro cuadrado a expropiar, el que depende de muchos factores como la ubicación geográfica, el uso del suelo y si éste se encuentra en zonas urbanas o rurales, entre otros.

Otro punto importante a considerar en los costos es la influencia sísmica y geotécnica dentro del diseño de la sección transversal del terraplén. Estos riesgos asociados repercutirán principalmente en la necesidad de construir un terraplén con taludes más extendidos, incrementando el volumen de tierras a mover así como la longitud de la alcantarilla, aumentando significativamente el costo de construcción.

Este aumento, con respecto al talud original de 2:3 (v:h), se ve reflejado en la tabla 5.20, utilizando taludes de 1:2, 1:3 y 1:4.

Junto a este aumento se debe considerar la ampliación de la faja de expropiación, lo que sin dudas repercutirá en los costos totales.

De todas maneras, desde el punto de vista constructivo, dado el importante volumen de tierra a utilizar en terraplenes extendidos y de gran altura, existen soluciones que emplean muros de contención que cortan el talud del terraplén, disminuyendo el movimiento de tierras, el tamaño de la alcantarilla y el ancho de la faja de expropiación.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se desarrolló una comparación entre viaducto y terraplén considerando tanto los aspectos técnicos como los económicos relevantes en la construcción, incluyendo el análisis de los riesgos naturales asociados, las partidas requeridas para ejecutar las obras, las características generales de estas partidas y los costos estimados de cada una de ellas, concretando satisfactoriamente el objetivo general del trabajo.

Se logró favorablemente el objetivo específico de determinar el punto crítico que identifica cuando conviene construir un terraplén o un viaducto desde la perspectiva presupuestaria y en función de las dimensiones de la obra, considerando las características de un terraplén típico con alcantarillas y el uso tanto de fundaciones directas como de fundaciones profundas en los cimientos del viaducto. Ante esto, y con las hipótesis establecidas, las alturas tope de construcción del terraplén fueron iguales a 18.2 m y 28 m enfrentadas a las alternativas de viaducto con fundaciones directas y profundas, respectivamente.

Con respecto a esto, al desarrollar el presupuesto de las obras es fundamental tener presente cuáles son las partidas que inciden en mayor porcentaje en el costo total, realizando una cubicación detallada de éstas y confeccionando minuciosamente el análisis de precios de las partidas con el fin de evitar incurrir en pérdidas monetarias por el mandante y/o por el contratista, según el tipo de contrato estipulado.

Además, la variación del precio de los insumos por efectos de la economía mundial o de eventos no esperados puede repercutir de manera importante en la decisión de la alternativa a construir. A modo de ejemplo, el acero, que es una de las partidas principales, en el año 2008 alcanzó un valor cercano al doble del considerado en el estudio y se espera que incremente su costo de manera importante durante el año 2010.

Lo mismo ocurre con el cemento que, debido a las circunstancias causadas por el terremoto del 27 de febrero del presente año, ha incrementado y seguirá elevando su precio durante el 2010.

Por esto se realizó el análisis de sensibilidad de precios *ceteris paribus* de los principales insumos y de la mano de obra requerida así como el estudio del comportamiento de los resultados ante una variación general de los costos directos, logrando determinar rangos específicos dentro de los cuales se requiere avanzar a una nueva etapa del estudio de preinversión.

Se pudo apreciar la poca influencia de la modalidad de fabricación del hormigón en el costo directo de esta partida, por lo que la decisión si fabricarlo en betoneras, en una planta o comprarlo prefabricado dependerá fundamentalmente del rendimiento de éstas alternativas y del calendario y plazos requeridos por el proyecto, de acuerdo a los volúmenes necesitados en obra.

También se debe tener en cuenta que a medida que una obra requiera mayores volúmenes de materiales, se podrán obtener insumos a un precio más conveniente para el contratista, aumentando las utilidades para éste y disminuyendo el costo total de la construcción.

Junto a lo anterior, se debe atender al hecho de que usualmente la construcción de terraplenes y viaductos forma parte de un contrato vial mayor, que típicamente consiste en un proyecto del orden de kilómetros de longitud.

Dado el análisis realizado y las partidas consideradas, cabe mencionar que cualquier otro ítem no incluido en la investigación, presente en la construcción de cualquiera de las alternativas estudiadas, será marginal y no implicará cambios sustanciales en los resultados del presente trabajo.

Enfocándose ahora en el aspecto técnico, el objetivo específico de analizar la influencia de los riesgos asociados también fue satisfecho. Para lograr esto, se comenzó con la descripción teórica, en el capítulo 2, de las eventualidades ligadas a los potenciales riesgos, tanto hidráulicos como sísmicos y geotécnicos, y se siguió con el estudio de los costos asociados, en el capítulo 5.

Para el peligro hidráulico, se consideró la presencia de alcantarillas en el terraplén, así como protección mediante enrocados en los taludes de éste y se estableció claramente la condición hidráulica crítica ($Q_{m\acute{a}x}$) que permite el uso de la alcantarilla considerada en los cálculos.

En cuanto al riesgo geotécnico, se estudió la variación de los volúmenes de tierra y el costo asociado al ejecutar terraplenes con un talud más extendido del considerado en la cubicación general. También se realizó el análisis del viaducto para terrenos con alta capacidad de soporte, utilizando fundaciones directas, y para terrenos de cimentación con baja capacidad de soporte, empleando fundaciones profundas.

El riesgo sísmico, al igual que el riesgo geotécnico en el caso del terraplén, también está asociado a una eventual extensión del talud, lo que se incluyó en el análisis de resultados. En el

caso del viaducto, el riesgo sísmico es adoptado en todo momento desde el diseño de la estructura, apegada a las especificaciones nacionales y extranjeras, por lo que su presencia se ve reflejada implícitamente en las dimensiones de cepas, estribos y fundaciones. En efecto, la combinación de cargas que incluye los efectos sísmicos es la que controla el diseño de puentes en Chile. Es por esto que a medida que aumenta la altura de la construcción, el momento sísmico soportado por las fundaciones también crece, razón por la cual se consideró el análisis con dos tamaños distintos de fundaciones directas según la altura del viaducto.

Es importante mencionar que, tal como se mencionó en el capítulo 2, existe un conjunto de factores asociados a los riesgos geotécnicos y sísmicos en terraplenes y a la vez un abanico de posibilidades para reducirlos, como el uso de suelos con mayor capacidad de soporte, la estabilización de suelos mediante geotextiles, el uso de muros de contención, etc., lo que requiere un análisis específico y particular de acuerdo a las condiciones del sector de emplazamiento de la obra.

A pesar de que se describieron las condiciones del terreno de fundación de los puentes estudiados, los valores indicados corresponden sólo a una referencia, por lo que quedará en manos del profesional a cargo estudiar de manera detallada en qué casos se pueden utilizar fundaciones directas o fundaciones profundas.

Se debe poner especial cuidado en el análisis de factibilidad de construcción del terraplén bajo el punto de vista hidráulico, lo cual requiere el estudio minucioso de las características hidrológicas específicas del sector de emplazamiento de las obras, ante lo cual se podrá, eventualmente, descartar por motivos técnicos la construcción del terraplén con alcantarillas. Dicho estudio se deberá realizar, como mínimo, bajo los requerimientos indicados en las especificaciones nacionales.

El desarrollo del punto anterior apegado a la normativa, en conjunto con el adecuado criterio del profesional responsable, permitirá que no se vuelvan a presentar tragedias fatales como las ocurridas en el Estero Mente (7 de mayo de 1995) o en la Quebrada Ñilhue (6 de septiembre de 2009).

En el primer caso, se contaba con un terraplén con alcantarilla, el cual colapsó debido a la magnitud de las lluvias y al arrastre de sedimentos, bloqueando el paso de las aguas y produciendo una presa que terminó por ceder, arrastrando el terraplén y el camino sobre éste y causando la muerte de 27 personas. Por otra parte, la tragedia ocurrida en la Quebrada Ñilhue fue ocasionada por la construcción de terraplenes en el cauce sin la debida autorización, y por

ende, sin los estudios requeridos, lo que provocó la acumulación de material, desencadenando un aluvión que causó la muerte de 2 personas.

Además, junto con los estudios hidrológicos e hidráulicos, y con el fin de que la alcantarilla trabaje de manera adecuada, es necesario hacer una mantención constante de ésta, retirando escombros, vegetales y cualquier otro material que pueda obstruir el libre flujo de las aguas.

A modo de comentario, en un comienzo la idea fue realizar el trabajo en base al estudio de cubicaciones de proyectos ya ejecutados por el Ministerio de Obras Públicas, a partir de los cuales se podría establecer el comportamiento de los costos en función de las dimensiones de la construcción. Sin embargo, dadas las particularidades de cada obra, se optó por calcular de manera independiente todas las cubicaciones en base a una serie de supuestos establecidos en el capítulo 3, correspondiente a las características típicas de terraplenes y viaductos.

En aquellos casos donde los costos de realizar el terraplén y el viaducto sean cercanos, se deberá realizar un estudio detallado, minucioso y no generalizado, con el objeto de tomar la decisión correcta ajustada a la realidad del proyecto.

La elección de la alternativa más favorable entre viaducto y terraplén será en raros casos simplemente económica. Junto con los riesgos presentes, que se abarcaron en gran medida en el presente trabajo, se deben considerar los aspectos medioambientales y sociales, entre otros. Para esto, los proyectos mandatados por el Ministerio de Obras Públicas se desarrollan dentro de un ciclo de vida que incluye las fases de estudio, de ejecución y de mantenimiento y explotación, teniendo en cuenta los aspectos mencionados, por lo que la decisión final deberá tomarse después de analizar, como mínimo, aparte de los aspectos presupuestarios, los estudios de impacto ambiental, flujo vehicular, evaluación social y seguridad vial.

Tendiendo en cuenta lo anterior, la tendencia de los países desarrollados es a minimizar el impacto ambiental y estético de los proyectos viales, disminuyendo el uso de terraplenes y cortes en los caminos, favoreciendo el uso de soluciones del tipo viaducto y túnel.

Como continuación del presente estudio, se propone desarrollar el análisis para otros tipos de soluciones de alternativa de trazado vial, como por ejemplo, el uso de muros de contención corrientes a uno o ambos costados del terraplén, el empleo de muros TEM (Tierra estabilizada mecánicamente) o de estabilización mediante geotextil. En el caso del viaducto se propone estudiar otros tipos de superestructuras utilizadas comúnmente, tales como vigas

cajón, vigas de acero o vigas continuas; ante esto se puede desarrollar la investigación para una distancia máxima entre cepas superior a los 40 m considerados en este trabajo, abarcando luces de hasta 80 y 90 m. Se recomienda incluir en un futuro trabajo los aspectos de estructuración y configuración del viaducto, con objeto de analizar el comportamiento de los costos ante el uso de vigas de distinto largo para un mismo puente o el posicionamiento de cepas de menor altura dentro de los taludes de la hondonada. También se recomienda desarrollar una investigación trabajando en base a análisis de precios más detallados que permitan examinar explícitamente cómo afecta en los costos directos de las obras una variación, por ejemplo, del precio del petróleo y del valor del dólar. Otro aspecto importante a considerar en un eventual estudio a futuro es la incidencia del costo de los terrenos a expropiar, bajo un análisis basado en zonas definidas de emplazamiento de la construcción e investigando el comportamiento de los costos en áreas rurales y urbanas. Por último, y de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, se propone realizar una comparación técnico-económica de alternativa de solución de trazado vial en túnel versus corte en roca.

Finalmente, dado el carácter general del presente estudio, éste debe ser utilizado como referencia a niveles de preinversión, por lo que será necesario estudiar las condiciones particulares de cada zona de construcción si se requiere avanzar a una siguiente etapa en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. "Standard Specifications For Highway Bridges". 16th Edition. 1996.

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS. "Construcción y comportamiento de terraplenes: III Simposio Nacional de Geotecnia Vial". Vigo, España, 1994.

DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. "Manual de Carreteras". 2008. Volumen 2.

DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. "Manual de Carreteras". 2008. Volumen 3.

DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. "Manual de Carreteras". 2008. Volumen 4.

DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. "Manual de Carreteras". 2008. Volumen 5.

BAÑÓN B., LUIS. "Manual de Carreteras". Trabajo Fin de Carrera. Ingeniería Técnica de Obras Públicas, especialidad Construcciones Civiles. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante. España. 1999.

ERAZO B., JORGE. "Diseño sísmico de infraestructura de puentes carreteros chilenos, basados en normas AASHTO-Standard, Manual de Carreteras y AASHTO-LRFD". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 2005.

ESTAY D., MANUEL. "Diseño de superestructuras de puente de hormigón armado según norma AASHTO: comparación entre métodos de tensiones admisibles y LRFD". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 2003

MARTÍNEZ G., JOANA y PARADA P., FRANCISCO. "Estado del arte en la construcción de terraplenes". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Facultad de Ingeniería Universidad de Santiago de Chile. 1999.

THOMAS A., DÁNISA. "Diseño según AASHTO LRFD de la superestructura de un puente carretero de hormigón pretensado típico chileno". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 2004.

DEPARTAMENTO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS, DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Planos Puente Huaquén Oriente. 2009.

DEPARTAMENTO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS, DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Planos Puente Estero Penco. 2007.

DEPARTAMENTO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS, DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Planos Viaducto Cartagena 2. 2004.

ANEXO A. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Información proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas.

| 102-1 | DESPEJE Y LIMPIEZA DE FAJA | | | | unidad: km | | |
|-----------------------------|----------------------------|-------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Ayudante | HD/km | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 19,280.00 | | |
| Jornal (6H) | HD/km | 1.00 / 1.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 99,180.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 118,460.00 | 41.87% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Relleno emparejamiento | km/km | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 20,000.00 \$/km | \$ 20,000.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 20,000.00 | 7.07% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Retroexcavadora CASE 580 | Hr/m3 | 4.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 20,780.00 \$/Hr | \$ 83,120.00 | | |
| Camión plano | Hr/m3 | 4.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 61,360.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 144,480.00 | 51.06% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 282,940.00 | 100.00% | |

| 201-1 | EXCAVACIÓN DE ESCARPES | | | | unidad: m3 | |
|------------------------------------|------------------------|---------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 500.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 60.60 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 250.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 264.48 | |
| | | | | Subtotal | \$ 325.08 | 13.59% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Estacas y maestras para topografía | Un/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 10.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 10.00 | 0.42% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Retroexcavadora CAT 320 | Hr/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 35,750.00 \$/Hr | \$ 715.00 | |
| Camión tolva 10 m3 | Hr/m3 | 0.45 / 10.00 | 1.35 | \$ 22,100.00 \$/Hr | \$ 1,342.58 | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,057.58 | 86.00% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 2,392.66 | 100.00% |

| 202-1 | EXCAVACIÓN EN TCN PARA OBRAS DE DRENAJE | | | | unidad: m3 | |
|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 303.00 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 1,322.40 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,625.40 | 36.87% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Estacas y maestras para topografía | Un/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 10.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 10.00 | 0.23% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Retroexcavadora CAT 320 | Hr/m3 | 1.00 / 25.00 | 1.00 | \$ 35,750.00 \$/Hr | \$ 1,430.00 | |
| Camión tolva 10 m3 | Hr/m3 | 0.45 / 10.00 | 1.35 | \$ 22,100.00 \$/Hr | \$ 1,342.58 | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,772.58 | 62.90% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 4,407.98 | 100.00% |

| 202-5 | | EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN PUENTES Y ESTRUCTURAS | | | unidad: m3 | | |
|------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 303.00 | | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 1,322.40 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,625.40 | 40.04% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Estacas y maestras para topografía | Un/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 10.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 10.00 | 0.25% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Retroexcavadora CAT 320 | Hr/m3 | 1.00 / 25.00 | 1.00 | \$ 35,750.00 \$/Hr | \$ 1,430.00 | | |
| Camión tolva 10 m3 | Hr/m3 | 0.45 / 10.00 | 1.00 | \$ 22,100.00 \$/Hr | \$ 994.50 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,424.50 | 59.72% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 4,059.90 | 100.00% | |

| 204-4 | GEOTEXTIL PARA CONTROL DE EROSIÓN | | | | unidad: m2 | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m2 | 1.00 / 260.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 74.15 | |
| Jornal | HD/m2 | 1.00 / 260.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 63.58 | |
| | | | | Subtotal | \$ 137.73 | 7.19% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Geotextil | m2/m2 | 1.33 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,250.00 \$/m2 | \$ 1,662.50 | |
| Materiales menores | gl/m2 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 15.00 \$/gl | \$ 15.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,662.50 | 86.76% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte | Hr/m2 | 1.00 / 260.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 59.00 | |
| Herramientas menores | gl/m2 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 57.00 \$/gl | \$ 57.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 116.00 | 6.05% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 1,916.23 | 100.00% |

| 205-1 | FORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE TERRAPLENES | | | | unidad: m3 | |
|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | | DMT Empréstito: 6 km | DMT agua compactación: 2 km | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 240.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 126.25 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 240.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 114.75 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 240.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 275.50 | |
| | | | | Subtotal | \$ 516.50 | 11.14% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Material de empréstito | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 1025.00 \$/m3 | \$ 1230.00 | |
| Estacas para topografía | Un/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 10.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1240.00 | 26.74% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión tolva 14 m3 | Hr/m3 | 0.47 / 14.00 | 1.00 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 966.20 | |
| Bulldozer D 6 | Hr/m3 | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 37,000.00 \$/Hr | \$ 616.67 | |
| Motoniveladora CAT 14 | Hr/m3 | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 44,060.00 \$/Hr | \$ 734.33 | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m3 | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/Hr | \$ 388.67 | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 0.14 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 175.11 | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,880.98 | 62.12% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 4,637.48 | 100.00% |

| 206-1 | RELLENO ESTRUCTURAL | | | | unidad: m3 | |
|---------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | DMT: 12 km | | DMT agua compactación: 2 km | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 385.60 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 1,322.40 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,708.00 | 22.17% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Material de relleno estructural | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 2,100.00 \$/Un | \$ 2,520.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,520.00 | 32.71% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m3 | 1.00 / 80.00 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/hr | \$ 291.50 | |
| Placa compactadora | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 5,500.00 \$/hr | \$ 550.00 | |
| Camión tolva 10 m3 (áridos) | Hr/m3 | 0.94 / 10.00 | 1.20 | \$ 22,100.00 \$/hr | \$ 2,492.88 | |
| Camión algebe | m3/m3 | 0.14 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 141.87 | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,476.25 | 45.12% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 7,704.25 | 100.00% |

| 206-2 | RELLENO ESTRUCTURAL PERMEABLE | | | | unidad: m3 | |
|---------------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | DMT: 12 km | | DMT agua compactación: 2 km | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDA D | RENDIMIENTO | FACTO R | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 385.60 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 50.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 1,322.40 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,708.00 | 21.70% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Mat. de relleno estructural permeable | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 2,240.00 \$/Un | \$ 2,688.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,688.00 | 34.15% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m3 | 1.00 / 80.00 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/hr | \$ 291.50 | |
| Placa compactadora | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 5,500.00 \$/hr | \$ 550.00 | |
| Camión tolva 10 m3 (áridos) | Hr/m3 | 0.94 / 10.00 | 1.20 | \$ 22,100.00 \$/hr | \$ 2,492.88 | |
| Camión algibe | m3/m3 | 0.14 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 141.87 | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,476.25 | 44.16% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 7,872.25 | 100.00 % |

| 207-3 | ENROCADOS DE PROTECCIÓN | | | | unidad: m3 | |
|------------------------------------|-------------------------|---------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 303.00 | |
| Jornal (4H) (extracción) | HD/m3 | 1.00 / 100.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 661.20 | |
| Técnico en explosivos | HD/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 38,560.00 \$/HD | \$ 385.60 | |
| Maestro 1°(colocación) | HD/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 2,754.00 | |
| Jornal (4H) (colocación) | HD/m3 | 1.00 / 10.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 6,612.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 10,715.80 | 43.49% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Estacas y maestras para topografía | Un/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 10.00 | |
| Explosivo | kg/m3 | 0.40 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,019.00 \$/kg | \$ 807.60 | |
| Cordón detonante, fulminante | gl/m3 | 1.00 1.00 | 1.00 | \$ 323.00 \$/gl | \$ 323.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,140.60 | 4.63% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Bulldozer D 8 | Hr/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 71,890.00 \$/Hr | \$ 1,437.80 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/Hr | \$ 887.20 | |
| Perforadora Inresoll Rand | Hr/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 22,530.00 \$/Hr | \$ 450.60 | |
| Camión tolva 10 m3 | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.60 | \$ 22,100.00 \$/Hr | \$ 3,536.00 | |
| Cargador CAT 966 (colocación roca) | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/Hr | \$ 4,436.00 | |
| Grúa para colocación | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 20,380.00 \$/Hr | \$ 2,038.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 12,785.60 | 51.89% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 24,642.00 | 100.00% |

| 209-1 | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE | | | | unidad: m2 | |
|-----------------------------|------------------------------|----------------|--------|--------------------|------------------------|----------------|
| | | | | | DMT agua compactación: | 2 km |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m2 | 1.00 / 1800.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 16.83 | |
| Maestro 1° | HD/m2 | 1.00 / 1800.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 15.30 | |
| Jornal (4H) | HD/m2 | 1.00 / 1200.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 55.10 | |
| | | | | Subtotal | \$ 87.23 | 29.44% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Rellenos eventuales | gl/m2 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 20.00 \$/gl | \$ 20.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 20.00 | 6.75% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Motoniveladora Champion 730 | Hr/m2 | 1.00 / 400.00 | 1.00 | \$ 34,800.00 \$/Hr | \$ 87.00 | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m2 | 1.00 / 400.00 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/Hr | \$ 58.30 | |
| Camión aljibe | m3/m2 | 0.04 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m2 | \$ 43.78 | |
| | | | | Subtotal | \$ 189.08 | 63.81% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 296.31 | 100.00% |

| 301-1 | SUBBASE GRANULAR CBR>=40% | | | | unidad: m3 | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | DMT: 12 km | | DMT agua compactación: 2 km | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 180.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 168.33 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 90.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 275.44 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 90.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 734.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,178.44 | 14.74% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Material granular para subbase | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 2,800.00 \$/m3 | \$ 3,360.00 | |
| Estacas para topografía | Un/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 5.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,365.00 | 42.08% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Motoniveladora Champion 730 | Hr/m3 | 1.00 / 80.00 | 1.00 | \$ 34,800.00 \$/Hr | \$ 435.00 | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/Hr | \$ 233.20 | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 0.14 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 145.92 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.00 / 150.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/m3 | \$ 295.73 | |
| Camión tolva 14 m3 (transporte) | Hr/m3 | 0.94 / 14.00 | 1.20 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 2,343.82 | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,453.68 | 43.19% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 7,997.12 | 100.00% |

| 302-1 | BASE GRANULAR CBR >= 80% | | | | unidad: m3 | |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | DMT: 12 km | | DMT agua compactación: 2 km | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDA D | RENDIMIEN T O | FACTO R | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.0 / 180. | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 168.33 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.0 / 90.0 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 275.44 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.0 / 90.0 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 734.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,178.44 | 13.16% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Material granular chancado para base | m3/m3 | 1.0 / 1.0 | 1.20 | \$ 3,600.00 \$/m3 | \$ 4,320.00 | |
| Estacas para topografía | Un/m3 | 1.0 / 20.0 | 1.00 | \$ 100.00 \$/Un | \$ 5.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 4,325.00 | 48.29% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Motoniveladora Champion 730 | Hr/m3 | 1.0 / 80.0 | 1.00 | \$ 34,800.00 \$/Hr | \$ 435.00 | |
| Rodillo CA-25 | Hr/m3 | 1.0 / 100.0 | 1.00 | \$ 23,320.00 \$/Hr | \$ 233.20 | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 0.14 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 145.92 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.0 / 150.0 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/m3 | \$ 295.73 | |
| Camión tolva 14 m3 (transporte) | Hr/m3 | 0.94 / 14.00 | 1.20 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 2,343.82 | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,453.68 | 38.56% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 8,957.12 | 100.00 % |

| 401-1 | IMPRIMACIÓN BITUMINOSA | | | | unidad: m2 | |
|-----------------------------------|------------------------|----------------|--------|--------------------|------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m2 | 1.00 / 3500.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 5.51 | |
| Jornal (4H) | HD/m2 | 1.00 / 3500.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 18.89 | |
| | | | | Subtotal | \$ 24.40 | 3.09% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Asfalto cortado MC-30 | kg/m2 | 1.43 / 1.00 | 1.00 | \$ 487.50 \$/kg | \$ 694.69 | |
| | | | | Subtotal | \$ 694.69 | 87.86% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Barredora de arrastre con tractor | Hr/m2 | 1.00 / 700.00 | 1.00 | \$ 15,080.00 \$/Hr | \$ 21.54 | |
| Camión imprimador | Hr/m2 | 1.00 / 700.00 | 1.00 | \$ 20,390.00 \$/Hr | \$ 29.13 | |
| Transporte material asfáltico | Hr/ton | 8.75 / 9.00 | 0.0014 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 20.88 | |
| | | | | Subtotal | \$ 71.55 | 9.05% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 790.64 | 100.00% |

| 402-1 | RIEGO DE LIGA | | | | unidad: m2 | |
|-----------------------------------|---------------|----------------|--------|--------------------|------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m2 | 1.00 / 3500.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 5.51 | |
| Jornal (3H) | HD/m2 | 1.00 / 3500.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 14.17 | |
| | | | | Subtotal | \$ 19.68 | 3.58% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Emulsión CSS | kg/m2 | 0.95 / 1.00 | 1.00 | \$ 468.00 \$/kg | \$ 444.60 | |
| | | | | Subtotal | \$ 444.60 | 80.82% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Barredora de arrastre con tractor | Hr/m2 | 1.00 / 500.00 | 1.00 | \$ 15,080.00 \$/Hr | \$ 30.16 | |
| Camión regador de liga | Hr/m2 | 1.00 / 500.00 | 1.00 | \$ 20,390.00 \$/Hr | \$ 40.78 | |
| Transporte material asfáltico | Hr/ton | 8.75 / 9.00 | 0.0010 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 14.91 | |
| | | | | Subtotal | \$ 85.85 | 15.61% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 550.13 | 100.00% |

| 408-1 | CONCRETO ASFÁLTICO DE RODADURA | | | | unidad: m3 | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|---------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Jefe confección mezcla asfáltica | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 54,540.00 \$/HD | \$ 454.50 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 229.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 206.58 | |
| Jornal (6H) | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 826.50 | |
| Jefe pavimentación | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 44,070.00 \$/HD | \$ 1,101.75 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 688.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 619.75 | |
| Jornal (6H) | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 2,479.50 | |
| | | | | Subtotal | \$ 6,606.58 | 5.98% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Cemento asfáltico CA 24 | kg/m3 | 140.00 / 1.00 | 1.05 | \$ 429.00 \$/kg | \$ 63,063.00 | |
| Filler | kg/m3 | 40.00 / 1.00 | 1.10 | \$ 92.00 \$/kg | \$ 4,048.00 | |
| Áridos para asfalto | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 7,000.00 \$/m3 | \$ 8,400.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 75,511.00 | 68.35% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Planta de asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 30.00 | 1.10 | \$ 260,650.00 \$/Hr | \$ 9,557.17 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/Hr | \$ 443.60 | |
| Camión tolva 14 m3 (transp. áridos) | Hr/m3 | 0.94 / 10.00 | 1.20 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 3,281.35 | |
| Transporte material asfáltico | Hr/m3 | 8.75 / 9.00 | 0.147 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 2,192.34 | |
| Camión tolva 6 m3 (alimentador)(3) | Hr/m3 | 1.00 / 6.00 | 3.00 | \$ 15,180.00 \$/Hr | \$ 7,590.00 | |
| Barredora autopropulsada | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 11,810.00 \$/Hr | \$ 118.10 | |
| Finisher | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 43,870.00 \$/Hr | \$ 2,193.50 | |
| Rodillo liso para asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 20,470.00 \$/Hr | \$ 1,023.50 | |
| Rodillo neumático CP-22 | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 19,320.00 \$/Hr | \$ 966.00 | |
| Generador 300 KVA | Hr/m3 | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 29,720.00 \$/Hr | \$ 990.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 28,356.23 | 25.67% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 110,473.81 | 100.00% |

| 408-2 | CONCRETO ASFÁLTICO CAPA INTERMEDIA | | | | unidad: m3 | |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|--------|---------------------|---------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Jefe confección mezcla asfáltica | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 54,540.00 \$/HD | \$ 454.50 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 229.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 206.58 | |
| Jornal (6H) | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 826.50 | |
| Jefe pavimentación | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 44,070.00 \$/HD | \$ 1,101.75 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 688.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 619.75 | |
| Jornal (6H) | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 2,479.50 | |
| | | | | Subtotal | \$ 6,606.58 | 6.64% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Cemento asfáltico CA 24 | kg/m3 | 125.00 / 1.00 | 1.05 | \$ 429.00 \$/kg | \$ 56,306.25 | |
| Áridos para asfalto | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 7,000.00 \$/m3 | \$ 8,400.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 64,706.25 | 65.08% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Planta de asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 30.00 | 1.10 | \$ 260,650.00 \$/Hr | \$ 9,557.17 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/Hr | \$ 443.60 | |
| Camión tolva 14 m3 (transp. áridos) | Hr/m3 | 0.94 / 10.00 | 1.20 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 3,281.35 | |
| Transporte material asfáltico | Hr/m3 | 8.75 / 9.00 | 0.131 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 1,953.72 | |
| Camión tolva 6 m3 (alimentador)(3) | Hr/m3 | 1.00 / 6.00 | 3.00 | \$ 15,180.00 \$/Hr | \$ 7,590.00 | |
| Barredora autopropulsada | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 11,810.00 \$/Hr | \$ 118.10 | |
| Finisher | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 43,870.00 \$/Hr | \$ 2,193.50 | |
| Rodillo liso para asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 20,470.00 \$/Hr | \$ 1,023.50 | |
| Rodillo neumático CP-22 | Hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 19,320.00 \$/Hr | \$ 966.00 | |
| Generador 300 KVA | Hr/m3 | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 29,720.00 \$/Hr | \$ 990.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 28,117.60 | 28.28% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 99,430.44 | 100.00% |

| 411-1 | CAPA DE CONCRETO ASFÁLTICO PARA PUENTES | | | | unidad: m3 | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|--------|---------------------|----------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Jefe confección mezcla asfáltica | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 54,540.00 \$/HD | \$ 454.50 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 229.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 206.58 | |
| Jornal (6H) | HD/m3 | 1.00 / 120.00 | 6.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 826.50 | |
| Jefe pavimentación | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 44,070.00 \$/HD | \$ 1,101.75 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 688.50 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 619.75 | |
| Jornal (8H) | HD/m3 | 1.00 / 40.00 | 8.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 3,306.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 7,433.08 | 5.47% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Cemento asfáltico CA 24 | kg/m3 | 140.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 429.00 \$/kg | \$ 72,072.00 | |
| Filler | kg/m3 | 40.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 92.00 \$/kg | \$ 4,416.00 | |
| Áridos para asfalto | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 7,000.00 \$/m3 | \$ 8,400.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 84,888.00 | 62.49% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Planta de asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 15.00 | 1.10 | \$ 260,650.00 \$/Hr | \$ 19,114.33 | |
| Cargador CAT 966 | Hr/m3 | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 44,360.00 \$/Hr | \$ 443.60 | |
| Camión tolva 14 m3 (transp. áridos) | Hr/m3 | 0.94 / 10.00 | 1.20 | \$ 29,090.00 \$/Hr | \$ 3,281.35 | |
| Transporte material asfáltico | Hr/m3 | 8.75 / 9.00 | 0.168 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 2,505.53 | |
| Camión tolva 6 m3 (alimentador)(3) | Hr/m3 | 1.00 / 6.00 | 3.00 | \$ 15,180.00 \$/Hr | \$ 7,590.00 | |
| Barredora autopropulsada | Hr/m3 | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 11,810.00 \$/Hr | \$ 236.20 | |
| Finisher | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 43,870.00 \$/Hr | \$ 4,387.00 | |
| Rodillo liso para asfalto | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 20,470.00 \$/Hr | \$ 2,047.00 | |
| Rodillo neumático CP-22 | Hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 19,320.00 \$/Hr | \$ 1,932.00 | |
| Generador 300 KVA | Hr/m3 | 1.00 / 15.00 | 1.00 | \$ 29,720.00 \$/Hr | \$ 1,981.33 | |
| | | | | Subtotal | \$ 43,518.35 | 32.04% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 135,839.44 | 100.00% |

| 412-2 | | IMPERMEABILIZACIÓN DE MUROS | | | unidad: m2 | | |
|-----------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|--|
| | | | | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/m2 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 2,754.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,754.00 | 57.93% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Impermeabilizante | m2/m2 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000.00 \$/m2 | \$ 2,000.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,000.00 | 42.07% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 0.00 | 0.00% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 4,754.00 | 100.00% | |

| 501-1 | HORMIGÓN GRADO H-5 | | | | unidad: m3 | | |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|--|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 1,239.50 | | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 964.00 | | |
| Jornal (3H) | HD/m3 | 1.00 / 10.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 4,959.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 7,162.50 | 17.76% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Cemento corriente | kg/m3 | 170.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 92.00 \$/kg | \$ 15,640.00 | | |
| Agua potable | l/m3 | 127.50 / 1.00 | 1.20 | \$ 0.55 \$/l | \$ 84.15 | | |
| Arena (para hormigón) | m3/m3 | 3.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 8,200.00 \$/m3 | \$ 4,920.00 | | |
| Grava (para hormigón) | m3/m3 | 4.00 5.00 | 1.00 | \$ 6,000.00 \$/m3 | \$ 4,800.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 25,444.15 | 63.09% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 153.00 / 1000.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 155.04 | | |
| Transporte áridos | m3/m3 | 7.00 / 5.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 3,281.36 | | |
| Transporte cemento | Hr/m3 | 5.80 / 58.80 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 1,513.13 | | |
| Betonera 11 ft3 | Hr/m3 | 1.00 / 0.80 | 1.000 | \$ 2,220.00 \$/Hr | \$ 2,775.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 7,724.53 | 19.15% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 40,331.18 | 100.00% | |

| 501-6 | HORMIGÓN GRADO H-30 | | | | unidad: m3 | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 3,030.00 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 4,958.00 | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 6,426.67 | |
| Jornal (3H) | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 16,530.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 30,944.67 | 26.19% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Cemento alta resistencia | kg/m3 | 382.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/kg | \$ 38,250.00 | |
| Agua potable | l/m3 | 191.30 / 1.00 | 1.20 | \$ 0.55 \$/l | \$ 126.26 | |
| Arena (para hormigón) | m3/m3 | 3.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 8,200.00 \$/m3 | \$ 4,920.00 | |
| Gravilla (para hormigón) | m3/m3 | 2.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/m3 | \$ 3,600.00 | |
| Grava (para hormigón) | m3/m3 | 2.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 6,000.00 \$/m3 | \$ 2,400.00 | |
| Adiplast 3 | kg/m3 | 1.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/kg | \$ 1,200.00 | |
| Moldaje | m2/m3 | 3.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 6,100.44 \$/m2 | \$ 21,351.52 | |
| Membrana de curado | kg/m3 | 0.90 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 884.21 | |
| | | | | Subtotal | \$ 72,731.99 | 61.56% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 229.50 / 1000.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 232.56 | |
| Transporte áridos | m3/m3 | 7.00 / 5.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 3,281.36 | |
| Transporte cemento | Hr/m3 | 5.80 / 26.10 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 3,408.89 | |
| Betонера 11 ft3 | Hr/m3 | 1.00 / 0.80 | 1.00 | \$ 2,220.00 \$/Hr | \$ 2,775.00 | |
| Vibrador de inmersión | Hr/m3 | 1.00 / 2.00 | 2.00 | \$ 4,780.00 \$/Hr | \$ 4,780.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 14,477.81 | 12.25% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 118,154.46 | 100.00% |

| 501-14 | HORMIGÓN H-30 SIN MOLDAJE | | | | unidad: m3 | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 10,100.00 | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 8,263.33 | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 6,426.67 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 1.00 / 3.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 22,040.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 46,830.00 | 41.56% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Cemento alta resistencia | kg/m3 | 382.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 100.00 \$/kg | \$ 38,250.00 | |
| Agua potable | l/m3 | 191.30 / 1.00 | 1.20 | \$ 0.55 \$/l | \$ 126.26 | |
| Arena (para hormigón) | m3/m3 | 3.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 8,200.00 \$/m3 | \$ 4,920.00 | |
| Gravilla (para hormigón) | m3/m3 | 2.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/m3 | \$ 3,600.00 | |
| Grava (para hormigón) | m3/m3 | 2.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 6,000.00 \$/m3 | \$ 2,400.00 | |
| Adiplast 3 | kg/m3 | 1.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/kg | \$ 1,200.00 | |
| Membrana de curado | kg/m3 | 0.90 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 884.21 | |
| | | | | Subtotal | \$ 51,380.46 | 45.60% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión aljibe | m3/m3 | 229.50 / 1000.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/m3 | \$ 232.56 | |
| Transporte áridos | m3/m3 | 7.00 / 5.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 3,281.36 | |
| Transporte cemento | Hr/m3 | 5.80 / 26.10 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/Hr | \$ 3,408.89 | |
| Betонера 11 ft3 | Hr/m3 | 1.00 / 0.80 | 1.00 | \$ 2,220.00 \$/Hr | \$ 2,775.00 | |
| Vibrador de inmersión | Hr/m3 | 1.00 / 2.00 | 2.00 | \$ 4,780.00 \$/Hr | \$ 4,780.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 14,477.81 | 12.85% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 112,688.27 | 100.00% |

| 503-2 | ACERO PARA ARMADURAS A63-42H | | | | unidad: kg | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/kg | 1.00 / 500.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 55.08 | |
| Ayudante | HD/kg | 1.00 / 500.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 38.56 | |
| Jornal (2H) | HD/kg | 1.00 / 500.00 | 2.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 66.12 | |
| | | | | Subtotal | \$ 159.76 | 13.35% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Acero A63-48H | kg/kg | 1.00 / 1.00 | 1.10 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 935.00 | |
| Alambre N°18 | kg/kg | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 1,275.00 \$/kg | \$ 31.88 | |
| | | | | Subtotal | \$ 966.88 | 80.78% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión plano transporte interno | Hr/kg | 1.00 / 400.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/kg | \$ 38.35 | |
| Transporte desde proveedor | Hr/kg | 12.50 / 6000.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/kg | \$ 31.96 | |
| | | | | Subtotal | \$ 70.31 | 5.87% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 1,196.94 | 100.00% |

| 504-1 | MOLDAJES | | | | unidad: m2 | | |
|-----------------------------|----------|--------------|--------|---------------------|---------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Capataz | HD/m2 | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 505.00 | | |
| Maestro 2° | HD/m2 | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 826.33 | | |
| Jornal (5H) | HD/m2 | 1.00 / 30.00 | 5.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 2,755.00 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 4,086.33 | 34.86% | |
| | | | | | | | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Pino en bruto | pulg/m2 | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,348.25 \$/pulg | \$ 1,878.60 | | |
| Cuartón pino 4"x4" | pulg/m2 | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,565.50 \$/pulg | \$ 1,252.40 | | |
| Madera terciada de 15 mm | pulg/m2 | 0.76 / 1.00 | 0.50 | \$ 5,479.25 \$/pulg | \$ 2,082.12 | | |
| Clavos | kg/m2 | 0.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,190.00 \$/kg | \$ 595.00 | | |
| Alambre negro N°18 | kg/m2 | 0.10 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,275.00 \$/kg | \$ 127.50 | | |
| Desmoldante | l/m2 | 0.10 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,648.20 \$/l | \$ 164.82 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 6,100.44 | 52.05% | |
| | | | | | | | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Camión plano interno | hr/m2 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 1,534.00 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,534.00 | 13.09% | |
| | | | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 11,720.77 | 100.00% | |

| 506-22 | | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 20 M Y MENOR O IGUAL A 25 M | | | unidad: N° | |
|--------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|------------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Especialista pretensado | HD/N° | 0.67 / 1.00 | 1.00 | \$ 45,000.00 \$/HD | \$ 30,015.00 | |
| Maestro soldador | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 22,032.00 | |
| Maestro 1° | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 220,320.00 | |
| Maestro 2° | HD/N° | 5.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 123,950.00 | |
| Ayudante | HD/N° | 5.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 96,400.00 | |
| Jornal | HD/N° | 14.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 231,420.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 724,137.00 | 13.25% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Acero alta resistencia tensado | kg/N° | 830.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 680.00 \$/kg | \$ 564,400.00 | |
| Acero para armaduras A63-42H | kg/N° | 750.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 637,500.00 | |
| Hormigón H-45 | m3/N° | 12.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 125,000.00 \$/m3 | \$ 1,500,000.00 | |
| Moldaje | m2/N° | 118.60 / 1.00 | 1.00 | \$ 11,720.77 \$/m2 | \$ 1,390,083.12 | |
| | | | | Subtotal | \$ 4,091,983.12 | 74.88% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Banco para pretensado | me/N° | 0.11 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000,000.00 \$/me | \$ 220,000.00 | |
| Equipo tensado con bomba | hr/N° | 2.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/hr | \$ 22,500.00 | |
| Equipo oxicorte con carga | hr/N° | 3.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,600.00 \$/hr | \$ 13,800.00 | |
| Transporte vigas de hormigón | gl/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 225,000.00 \$/gl | \$ 225,000.00 | |
| Placa vibradora | hr/N° | 2.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/hr | \$ 2,500.00 | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 4,780.00 | |
| Grúa 160 ton | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 160,000.00 \$/hr | \$ 160,000.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 648,580.00 | 11.87% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 5,464,700.12 | 100.00% |

| 506-23 | | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 25 M Y MENOR O IGUAL A 30 M | | | unidad: N° | |
|--------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|------------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Especialista pretensado | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 45,000.00 \$/HD | \$ 36,000.00 | |
| Maestro soldador | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 22,032.00 | |
| Maestro 1° | HD/N° | 10.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 275,400.00 | |
| Maestro 2° | HD/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 148,740.00 | |
| Ayudante | HD/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 115,680.00 | |
| Jornal | HD/N° | 15.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 247,950.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 845,802.00 | 11.94% |
| | | | | | | |
| MATERIALES | | | | | | |
| Acero alta resistencia tensado | kg/N° | 1200.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 680.00 \$/kg | \$ 816,000.00 | |
| Acero para armaduras A63-42H | kg/N° | 850.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 722,500.00 | |
| Hormigón H-45 | m3/N° | 15.30 / 1.00 | 1.00 | \$ 125,000.00 \$/m3 | \$ 1,912,500.00 | |
| Moldaje | m2/N° | 151.77 / 1.00 | 1.00 | \$ 11,720.77 \$/m2 | \$ 1,778,861.01 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 5,229,861.01 | 73.85% |
| | | | | | | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Banco para pretensado | me/N° | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000,000.00 \$/me | \$ 400,000.00 | |
| Equipo tensado con bomba | hr/N° | 4.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/hr | \$ 36,000.00 | |
| Equipo oxicorte con carga | hr/N° | 3.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,600.00 \$/hr | \$ 17,480.00 | |
| Transporte vigas de hormigón | gl/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 225,000.00 \$/gl | \$ 225,000.00 | |
| Placa vibradora | hr/N° | 2.60 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/hr | \$ 2,600.00 | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 4,780.00 | |
| Grúa 160 ton | hr/N° | 2.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 160,000.00 \$/hr | \$ 320,000.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,005,860.00 | 14.20% |
| | | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 7,081,523.01 | 100.00% |

| 506-24 | | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 30 M Y MENOR O IGUAL A 35 M | | | unidad: N° | |
|--------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|------------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Especialista pretensado | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 45,000.00 \$/HD | \$ 36,000.00 | |
| Maestro soldador | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 22,032.00 | |
| Maestro 1° | HD/N° | 12.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 330,480.00 | |
| Maestro 2° | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 198,320.00 | |
| Ayudante | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 154,240.00 | |
| Jornal | HD/N° | 16.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 264,480.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,005,552.00 | 10.88% |
| | | | | | | |
| MATERIALES | | | | | | |
| Acero alta resistencia tensado | kg/N° | 1500.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 680.00 \$/kg | \$ 1,020,000.00 | |
| Acero para armaduras A63-42H | kg/N° | 1100.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 935,000.00 | |
| Hormigón H-45 | m3/N° | 19.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 125,000.00 \$/m3 | \$ 2,437,500.00 | |
| Moldaje | m2/N° | 198.89 / 1.00 | 1.00 | \$ 11,720.77 \$/m2 | \$ 2,331,143.61 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 6,723,643.61 | 72.78% |
| | | | | | | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Banco para pretensado | me/N° | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000,000.00 \$/me | \$ 400,000.00 | |
| Equipo tensado con bomba | hr/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/hr | \$ 54,000.00 | |
| Equipo oxicorte con carga | hr/N° | 5.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,600.00 \$/hr | \$ 23,000.00 | |
| Transporte vigas de hormigón | gl/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 225,000.00 \$/gl | \$ 225,000.00 | |
| Placa vibradora | hr/N° | 2.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/hr | \$ 2,800.00 | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 4,780.00 | |
| Grúa 400 ton | hr/N° | 2.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 400,000.00 \$/hr | \$ 800,000.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,509,580.00 | 16.34% |
| | | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 9,238,775.61 | 100.00% |

| 506-25 | | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR A 35 M Y MENOR O IGUAL A 40 M | | | unidad: N° | | |
|--------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|-------------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Especialista pretensado | HD/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 45,000.00 \$/HD | \$ 45,000.00 | | |
| Maestro soldador | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 22,032.00 | | |
| Maestro 1° | HD/N° | 14.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 385,560.00 | | |
| Maestro 2° | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 198,320.00 | | |
| Ayudante | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 154,240.00 | | |
| Jornal | HD/N° | 20.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 330,600.00 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,135,752.00 | 10.00% | |
| | | | | | | | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Acero alta resistencia tensado | kg/N° | 1800.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 680.00 \$/kg | \$ 1,224,000.00 | | |
| Acero para armaduras A63-42H | kg/N° | 1400.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 1,190,000.00 | | |
| Hormigón H-45 | m3/N° | 26.35 / 1.00 | 1.00 | \$ 125,000.00 \$/m3 | \$ 3,293,750.00 | | |
| Moldaje | m2/N° | 238.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 11,720.77 \$/m2 | \$ 2,795,403.25 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 8,503,153.25 | 74.84% | |
| | | | | | | | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Banco para pretensado | me/N° | 0.25 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000,000.00 \$/me | \$ 500,000.00 | | |
| Equipo tensado con bomba | hr/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/hr | \$ 54,000.00 | | |
| Equipo oxicorte con carga | hr/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,600.00 \$/hr | \$ 36,800.00 | | |
| Transporte vigas de hormigón | gl/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 225,000.00 \$/gl | \$ 225,000.00 | | |
| Placa vibradora | hr/N° | 2.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/hr | \$ 2,800.00 | | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 4,780.00 | | |
| Grúa 600 ton | hr/N° | 1.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 600,000.00 \$/hr | \$ 900,000.00 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,723,380.00 | 15.17% | |
| | | | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 11,362,285.25 | 100.00% | |

| 506-26 | | VIGAS PRETENSADAS DE LARGO MAYOR O IGUAL A 40 M | | | unidad: N° | | |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------------------|--------|-----------------------|-------------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Especialista pretensado | HD/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 45,000.00 \$/HD | \$ 45,000.00 | | |
| Maestro soldador | HD/N° | 0.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 22,032.00 | | |
| Maestro 1° | HD/N° | 14.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 385,560.00 | | |
| Maestro 2° | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 198,320.00 | | |
| Ayudante | HD/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 154,240.00 | | |
| Jornal | HD/N° | 20.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 330,600.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,135,752.00 | 9.86% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Acero alta resistencia tensado | kg/N° | 1800.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 680.00 \$/kg | \$ 1,224,000.00 | | |
| Acero para armaduras A63-42H | kg/N° | 1400.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 1,190,000.00 | | |
| Hormigón H-45 | m3/N° | 27.03 / 1.00 | 1.00 | \$ 125,000.00 \$/m3 | \$ 3,378,625.00 | | |
| Moldaje | m2/N° | 244.61 / 1.00 | 1.00 | \$ 11,720.77 \$/m2 | \$ 2,867,017.14 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 8,659,642.14 | 75.18% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Banco para pretensado | me/N° | 0.25 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,000,000.00 \$/me | \$ 500,000.00 | | |
| Equipo tensado con bomba | hr/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/hr | \$ 54,000.00 | | |
| Equipo oxicorte con carga | hr/N° | 8.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,600.00 \$/hr | \$ 36,800.00 | | |
| Transporte vigas de hormigón | gl/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 225,000.00 \$/gl | \$ 225,000.00 | | |
| Placa vibradora | hr/N° | 2.80 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/hr | \$ 2,800.00 | | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 4,780.00 | | |
| Grúa 600 ton | hr/N° | 1.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 600,000.00 \$/hr | \$ 900,000.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,723,380.00 | 14.96% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 11,518,774.14 | 100.00% | |

| 508-1 | REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA | | | unidad: m2 | | |
|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m2 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 1,239.50 | |
| Ayudante | HD/m2 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 964.00 | |
| Jornal (4H) | HD/m2 | 1.00 / 20.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 3,306.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 5,509.50 | 37.98% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Mortero 1:3 | m3/m2 | 0.10 / 1.00 | 1.20 | \$ 55,261.19 \$/m2 | \$ 6,631.34 | |
| Piedras y bolones para mampostería | m3/m2 | 0.20 / 1.00 | 1.20 | \$ 3,640.00 \$/m2 | \$ 873.60 | |
| | | | | Subtotal | \$ 7,504.94 | 51.74% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte áridos | m3/m2 | 0.41 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 960.97 | |
| Cargador CAT 962 | hr/m2 | 1.00 / 300.00 | 1.20 | \$ 34,650.00 \$/hr | \$ 138.60 | |
| Camión aljibe | hr/m2 | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 1,013.35 \$/hr | \$ 25.33 | |
| Placa compactadora suelo fundación | hr/m2 | 1.00 / 15.00 | 1.00 | \$ 5,500.00 \$/hr | \$ 366.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,491.57 | 10.28% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 14,506.01 | 100.00% |

| 509-1 | PILOTES PREEXCAVADOS (IN SITU) | | | | unidad: m3 | |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|---------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | HD/m3 | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 6,060.00 | |
| Maestro 1° | HD/m3 | 0.40 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 11,016.00 | |
| Ayudante | HD/m3 | 0.40 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 7,712.00 | |
| Jornal (4H) | HD/m3 | 0.50 / 1.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 33,060.00 | |
| Soldador calificado | HD/m3 | 0.33 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 9,088.20 | |
| | | | | Subtotal | \$ 66,936.20 | 13.87% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Hormigón H-30 | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.05 | \$ 62,576.92 \$/m3 | \$ 65,705.76 | |
| Plastificante especial | kg/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,000.00 \$/kg | \$ 1,000.00 | |
| Acero A63-42H | kg/m3 | 225.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 966.88 \$/kg | \$ 217,546.88 | |
| Soldadura tipo E70-18 | kg/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,295.00 \$/kg | \$ 2,295.00 | |
| Pino bruto | pulg/m3 | 0.85 / 1.00 | 1.00 | \$ 2,348.25 \$/pulg | \$ 1,996.01 | |
| Clavos | kg/m3 | 0.40 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,190.00 \$/kg | \$ 476.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 289,019.65 | 59.88% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte áridos | m3/m3 | 1.47 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 3,445.43 | |
| Transporte acero | kg/m3 | 225.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 31.96 \$/kg | \$ 7,191.00 | |
| Camión plano transporte interno | hr/m3 | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 3,068.00 | |
| Equipo pilotaje Casagrande B-180 | hr/m3 | 0.75 / 1.00 | 1.00 | \$ 124,560.00 \$/hr | \$ 93,420.00 | |
| Hormigonado con Tremie | gl/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 18,684.00 \$/gl | \$ 18,684.00 | |
| Compresor y martillos neumáticos | hr/m3 | 0.10 / 1.00 | 1.00 | \$ 8,750.00 \$/hr | \$ 875.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 126,683.43 | 26.25% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 482,639.28 | 100.00% |

| 512-1 | | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTAS ELASTOMÉRICAS EN TABLEROS DE Puentes | | | unidad: m | | |
|---------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|----------------------|-----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/m | 0.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 13,770.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 13,770.00 | 8.70% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Juntas elastoméricas en tableros de puentes | m/m | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 144,000.00 \$/m | \$ 144,000.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 144,000.00 | 90.98% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Camión plano transporte interno | hr/m | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 511.33 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 511.33 | 0.32% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 158,281.33 | 100.00 % | |

| 513-2 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES ANTISÍSMICOS, TABLEROS ANCHO MAYOR A 10 m | | | | unidad: N° | |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|
| | | | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/N° | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 5,508.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 5,508.00 | 20.31% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Anclajes antisísmicos | Un/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 21,000.00 \$/Un | \$ 21,000.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 21,000.00 | 77.43% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión plano transporte interno | hr/N° | 1.00 / 25.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 613.60 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 613.60 | 2.26% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 27,121.60 | 100.00% |

| 514-1 | | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLACAS DE NEOPRENO | | | unidad: N° | | |
|---------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/N° | 0.50 / 1.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 13,770.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 13,770.00 | 17.96% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Placa de apoyo de neopreno | Un/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 62,500.00 \$/Un | \$ 62,500.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 62,500.00 | 81.54% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Camión plano transporte interno | hr/N° | 1.00 / 40.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 383.50 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 383.50 | 0.50% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 76,653.50 | 100.00% | |

| 515-1 | LOSA DE ACCESO | | | | unidad: m3 | |
|---------------------------------|----------------|-------------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m3 | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 4,958.00 | |
| Ayudante | HD/m3 | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 3,856.00 | |
| Jornal (5H) | HD/m3 | 1.00 / 5.00 | 5.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 16,530.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 25,344.00 | 12.58% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Hormigón H-30 | m3/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 57,796.92 \$/m3 | \$ 57,796.92 | |
| Hormigón H-5 | m3/m3 | 0.25 / 1.00 | 1.10 | \$ 29,887.32 \$/kg | \$ 8,219.01 | |
| Armadura de refuerzo | kg/m3 | 108.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 850.00 \$/kg | \$ 91,800.00 | |
| Alambre N°18 | kg/m3 | 2.70 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,275.00 \$/kg | \$ 3,442.50 | |
| Moldaje | m2/m3 | 0.70 / 1.00 | 1.00 | \$ 6,100.44 \$/m2 | \$ 4,270.30 | |
| Polietileno 0.1 mm | m2/m3 | 5.00 / 1.00 | 1.10 | \$ 150.00 \$/m2 | \$ 825.00 | |
| Membrana de curado | kg/m3 | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 982.45 | |
| | | | | Subtotal | \$ 167,336.18 | 83.05% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte áridos | m3/m3 | 1.75 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 4,101.70 | |
| Transporte acero | kg/m3 | 108.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 31.96 \$/kg | \$ 3,451.68 | |
| Camión plano transporte interno | hr/m3 | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 767.00 | |
| Vibrador de inmersión | hr/m3 | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 478.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 8,798.38 | 4.37% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 201,478.56 | 100.00% |

| 615-1 | BARBACANAS DE DESAGÜE | | | | unidad: gl | |
|---------------------------------|-----------------------|--------------|--------|---------------------|----------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/gl | 2.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 49,580.00 | |
| Ayudante | HD/gl | 2.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 38,560.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 88,140.00 | 30.56% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Suministro de barbacas | gl/gl | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 200,000.00 \$/gl | \$ 200,000.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 200,000.00 | 69.35% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión plano transporte interno | hr/N° | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 255.67 | |
| | | | | Subtotal | \$ 255.67 | 0.09% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 288,395.67 | 100.00% |

| 605-1 | EMBUDOS PARA DESCARGAS DE AGUA | | | | unidad: N° | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| | | DMT áridos: 12 km | | | | |
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m2 | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 8,263.33 | |
| Jornal (3H) | HD/m2 | 1.00 / 1.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 49,590.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 57,853.33 | 50.32% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Hormigón H-20 | m3/N° | 0.60 / 1.00 | 1.00 | \$ 47,904.52 \$/m3 | \$ 28,742.71 | |
| Membranas de curado | kg/N° | 0.60 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 589.47 | |
| Solera Tipo "A" | m/N° | 6.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 3,250.00 \$/m | \$ 19,500.00 | |
| Polietileno 0.1 mm | m2/N° | 3.00 / 1.00 | 1.20 | \$ 150.00 \$/m2 | \$ 540.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 49,372.18 | 42.94% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Placa compactadora | hr/N° | 1.00 / 2.00 | 1.00 | \$ 5,500.00 \$/hr | \$ 2,750.00 | |
| Vibrador de inmersión | hr/N° | 1.00 / 2.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 2,390.00 | |
| Transporte áridos | m3/N° | 1.11 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 2,601.65 | |
| | | | | Subtotal | \$ 7,741.65 | 6.73% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 114,967.16 | 100.00% |

| 605-2 | | DESCARGAS DE AGUA TUBOS CORRUG. MEDIA CAÑA D=0.80 m | | | unidad: m | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------|--------------------|---------------------|-----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m | 1.00 / 6.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 4,131.67 | | |
| Jornal (5H) | HD/m | 1.00 / 6.00 | 5.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 13,775.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 17,906.67 | 20.17% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Tubo corrugado media caña D=0.8 m | m/m | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 58,140.00 \$/m | \$ 58,140.00 | | |
| Anclajes L=2 m | Un/m | 0.67 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,000.00 \$/Un | \$ 6,000.00 | | |
| Pernos chascones | Un/m | 1.33 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,080.00 \$/Un | \$ 1,440.00 | | |
| Hormigón machón H-20 | kg/m | 0.03 / 1.00 | 1.00 | \$ 47,904.52 \$/kg | \$ 1,596.82 | | |
| Membranas de curado | kg/m | 0.02 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 16.37 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 67,193.19 | 75.69% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Transporte tubos corrugados | hr/m | 8.80 / 157.90 | 1.00 | \$ 15,350.00 \$/hr | \$ 855.48 | | |
| Camión plano transporte interno | hr/m | 1.00 / 6.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 2,556.67 | | |
| Vibrador de inmersión | hr/m | 1.00 / 18.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 265.56 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 3,677.70 | 4.14% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 88,777.56 | 100.00 % | |

| 607-1 | SOLERAS TIPO "A" | | | | unidad: m | |
|-----------------------------|------------------|---------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 495.80 | |
| Ayudante | HD/m | 1.00 / 50.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 385.60 | |
| Jornal (3H) | HD/m | 1.00 / 25.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 1,983.60 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 2,865.00 | 30.76% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Soleras tipo "A" | m/m | 1.00 / 1.00 | 1.15 | \$ 3,250.00 \$/m | \$ 3,737.50 | |
| Hormigón H-10 respaldo | m3/m | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 36,049.69 \$/m3 | \$ 1,802.48 | |
| Mortero 300 kg-cem/m3 | m3/m | 1.00 / 830.00 | 1.00 | \$ 55,261.19 \$/m3 | \$ 66.58 | |
| Relleno respaldo | m3/m | 0.20 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,400.00 \$/m3 | \$ 280.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 5,886.56 | 63.20% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte áridos | m3/m | 0.12 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 288.29 | |
| Placa compactadora | hr/m | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 5,500.00 \$/hr | \$ 275.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 563.29 | 6.05% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 9,314.86 | 100.00% |

| 701-1 | CERCO DE ALAMBRE DE PÚAS (Tipo 7AP-N) | | | | unidad: m | |
|----------------------------------|---------------------------------------|------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Ayudante | HD/m | 1.00 / 70.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 275.43 | |
| Jornal (3H) | HD/m | 1.00 / 70.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 708.43 | |
| | | | | Subtotal | \$ 983.86 | 28.09% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Postes para cerco L=2,3 m | Un/m | 334.00 / 1000.00 | 1.00 | \$ 2,974.45 \$/Un | \$ 993.47 | |
| Diagonales L=2,3 m | Un/m | 50.00 / 1000.00 | 1.20 | \$ 2,974.45 \$/Un | \$ 178.47 | |
| Alambre de púas galv. (BWG N°16) | kg/m | 310.00 / 1000.00 | 1.00 | \$ 2,070.00 \$/kg | \$ 641.70 | |
| Clavos | kg/m | 1.40 / 1000.00 | 1.00 | \$ 1,190.00 \$/kg | \$ 1.67 | |
| Grapas | kg/m | 22.00 / 1000.00 | 1.00 | \$ 3,150.00 \$/kg | \$ 69.30 | |
| Material bituminoso | kg/m | 50.00 / 1000.00 | 1.20 | \$ 487.50 \$/kg | \$ 29.25 | |
| Relleno estructural | m3/m | 0.05 / 3.00 | 1.20 | \$ 2,100.00 \$/m3 | \$ 45.36 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,959.21 | 55.93% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión plano | hr/m | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 511.33 | |
| Pisón compactador | hr/m | 1.00 / 100.00 | 1.00 | \$ 4,830.00 \$/hr | \$ 48.30 | |
| | | | | Subtotal | \$ 559.63 | 15.98% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 3,502.70 | 100.00% |

| 704-1 | DEMARCACIÓN DE PAVIMENTO LINEA EJE CONTINUA | | | | unidad: km | |
|------------------------------|---------------------------------------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 5,508.00 | |
| Ayudante | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 3,856.00 | |
| Jornal | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 3,306.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 12,670.00 | 3.13% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Pintura reflectante acrílica | gal/km | 35.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,983.00 \$/gal | \$ 349,405.00 | |
| Microesferas | kg/km | 35.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 600.00 \$/kg | \$ 21,000.00 | |
| Conos | gl/km | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 10,000.00 \$/gl | \$ 10,000.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 380,405.00 | 93.88% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Demarcadora de pavimento | hr/km | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 7,650.00 \$/hr | \$ 2,550.00 | |
| Camión plano | hr/km | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 5,113.33 | |
| Transporte | hr/km | 8.33 / 28.60 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 4,467.91 | |
| | | | | Subtotal | \$ 12,131.24 | 2.99% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 405,206.24 | 100.00% |

| 704-5 | DEMARCACIÓN DE PAVIMENTO LINEA LATERAL CONTINUA | | | | unidad: km | |
|------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 1° | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 27,540.00 \$/HD | \$ 5,508.00 | |
| Ayudante | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 3,856.00 | |
| Jornal | HD/km | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 3,306.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 12,670.00 | 4.25% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Pintura reflectante acrílica | gal/km | 25.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 9,983.00 \$/gal | \$ 249,575.00 | |
| Microesferas | kg/km | 25.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 600.00 \$/kg | \$ 15,000.00 | |
| Conos | gl/km | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 10,000.00 \$/gl | \$ 10,000.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 274,575.00 | 92.11% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Demarcadora de pavimento | hr/km | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 7,650.00 \$/hr | \$ 2,550.00 | |
| Camión plano | hr/km | 1.00 / 3.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 5,113.33 | |
| Transporte | hr/km | 8.33 / 40.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 3,194.56 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 10,857.89 | 3.64% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 298,102.89 | 100.00% |

| 705-1 | TACHAS REFLECTANTES | | | | unidad: N° | |
|-----------------------------|---------------------|----------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/N° | 1.00 / 80.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 309.88 | |
| Jornal (2H) | HD/N° | 1.00 / 80.00 | 2.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 413.25 | |
| | | | | Subtotal | \$ 723.13 | 27.36% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Tachas reflectantes | Un/N° | 1.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 1,500.00 \$/Un | \$ 1,500.00 | |
| Sikadur 31 | kg/N° | 1.00 / 30.00 | 1.00 | \$ 3,000.00 \$/kg | \$ 100.00 | |
| | | | | Subtotal | \$ 1,600.00 | 60.54% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Camión plano | hr/N° | 1.00 / 60.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 255.67 | |
| Transporte | hr/N° | 8.33 / 2000.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 63.89 | |
| | | | | Subtotal | \$ 319.56 | 12.09% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 2,642.68 | 100.00% |

| 708-1 | BARRERAS METÁLICAS SIMPLES DE TRIPLE ONDA | | | | unidad: m | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------|---------------------|---------------------|----------------|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Maestro 2° | HD/m | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 1,239.50 | |
| Ayudante | HD/m | 1.00 / 20.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 964.00 | |
| Jornal (4H) | HD/m | 1.00 / 20.00 | 4.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 3,306.00 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 5,509.50 | 7.46% |
| MATERIALES | | | | | | |
| Barrera metálica galvanizada | Un/m | 1.00 / 4.00 | 1.00 | \$ 110,783.19 \$/Un | \$ 27,695.80 | |
| Poste galvanizado L = 2 m | Un/m | 1.00 2.00 | 1.00 | \$ 40,098.24 \$/Un | \$ 20,049.12 | |
| Riel inferior | Un/m | 1.00 4.00 | 1.00 | \$ 50,122.80 \$/Un | \$ 12,530.70 | |
| Separadores y accesorios | gl/m | 1.00 1.00 | 1.00 | \$ 2,769.58 \$/gl | \$ 2,769.58 | |
| Terminal metálico simple galvanizado | Un/m | 1.00 50.00 | 1.00 | \$ 27,695.80 \$/Un | \$ 553.92 | |
| Elementos reflectantes | Un/m | 1.00 / 8.00 | 1.00 | \$ 286.42 \$/Un | \$ 35.80 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 63,634.92 | 86.12% |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | |
| Transporte | hr/m | 12.50 / 192.30 | 1.50 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 1,495.71 | |
| Camión plano | hr/m | 1.00 / 7.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 2,191.43 | |
| Hincadora postes | hr/m | 1.00 / 8.00 | 1.00 | \$ 8,470.00 \$/hr | \$ 1,058.75 | |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | \$ 4,745.89 | 6.42% |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 73,890.30 | 100.00% |

| 710-3 | SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE BARRERAS DE HORMIGÓN (FORMA F ALTA SIN PASAMANOS) | | | | unidad: m | | |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|--------------------|---------------------|----------------|--|
| DESIGNACIÓN INSUMO | UNIDAD | RENDIMIENTO | FACTOR | PRECIO UNIT. | COSTO UNIT. | %INCID | |
| MANO DE OBRA | | | | | | | |
| Capataz | HD/m | 0.20 / 5.00 | 1.00 | \$ 30,300.00 \$/HD | \$ 1,212.00 | | |
| Maestro 2° | HD/m | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 24,790.00 \$/HD | \$ 4,958.00 | | |
| Ayudante | HD/m | 1.00 / 5.00 | 1.00 | \$ 19,280.00 \$/HD | \$ 3,856.00 | | |
| Jornal (3H) | HD/m | 1.00 / 5.00 | 3.00 | \$ 16,530.00 \$/HD | \$ 9,918.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 19,944.00 | 20.56% | |
| MATERIALES | | | | | | | |
| Hormigón H-30 | m3/m | 0.35 / 1.00 | 1.00 | \$ 57,796.92 \$/m3 | \$ 20,228.92 | | |
| Armadura de refuerzo | kg/m | 28.40 / 1.00 | 1.20 | \$ 966.88 \$/kg | \$ 32,951.10 | | |
| Moldaje | m2/m | 3.00 / 1.00 | 1.00 | \$ 6,100.44 \$/m2 | \$ 18,301.31 | | |
| Membrana de curado | kg/m | 0.60 / 1.00 | 1.00 | \$ 982.45 \$/kg | \$ 589.47 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 72,070.80 | 74.30% | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | | |
| Transporte áridos | m3/m | 0.50 / 1.00 | 1.20 | \$ 1,953.19 \$/m3 | \$ 1,171.91 | | |
| Transporte acero | kg/m | 28.40 / 1.00 | 1.20 | \$ 31.96 \$/kg | \$ 1,089.20 | | |
| Camión plano transporte interno | hr/m | 1.00 / 10.00 | 1.00 | \$ 15,340.00 \$/hr | \$ 1,534.00 | | |
| Vibrador de inmersión | hr/m | 1.00 / 4.00 | 1.00 | \$ 4,780.00 \$/hr | \$ 1,195.00 | | |
| | | | | Subtotal | \$ 4,990.11 | 5.14% | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | \$ 97,004.91 | 100.00% | |

ANEXO B. CUBICACIONES Y COSTOS

En la presente sección se detallan los volúmenes de obra y costos respectivos de los ítemes para todas las partidas por separado consideradas en el presupuesto y para dos de los casos independientes analizados: $L_f = 40$ m y $L_f = 80$ m.*

Las tablas corresponden a cubicaciones de terraplén, infraestructura con fundaciones directas, infraestructura con fundaciones profundas y superestructura.

* Se optó por incluir sólo dos casos de ejemplo con el motivo de no sobrecargar el trabajo con páginas de información poco relevante.

| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|--|--------|------------|--------|------------|--------|-----------|----------|---------------|-------|------------|--------|------------|
| | 40 | | 201-1 | \$ 2,393 | 202-1 | \$ 4,408 | 204-4 | \$ 1,916 | 205-1 | \$ 4,637 | 207-3 | \$ 24,642 | 209-1 | \$ 296 |
| h [m] | l ras [m] | | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ |
| 5 | 50 | | 473.0 | 1,131,740 | 1013.0 | 4,465,422 | 329.7 | 631,702 | 3808.1 | 17,660,111 | 329.7 | 8,123,445 | 729.0 | 216,010 |
| 10 | 60 | | 776.0 | 1,856,602 | 1590.2 | 7,009,705 | 329.7 | 631,702 | 12625.2 | 58,548,867 | 329.7 | 8,123,445 | 874.8 | 259,212 |
| 15 | 70 | | 1142.6 | 2,733,731 | 2167.4 | 9,553,988 | 329.7 | 631,702 | 26716.2 | 123,895,678 | 329.7 | 8,123,445 | 1020.6 | 302,414 |
| 20 | 80 | | 1572.8 | 3,763,128 | 2744.6 | 12,098,271 | 329.7 | 631,702 | 46831.2 | 217,178,651 | 329.7 | 8,123,445 | 1166.4 | 345,616 |
| 25 | 90 | | 2066.7 | 4,944,792 | 3321.8 | 14,642,554 | 329.7 | 631,702 | 73720.2 | 341,875,894 | 329.7 | 8,123,445 | 1312.2 | 388,818 |
| 30 | 100 | | 2624.2 | 6,278,725 | 3899.0 | 17,186,837 | 329.7 | 631,702 | 108133.3 | 501,465,514 | 329.7 | 8,123,445 | 1458.0 | 432,020 |
| 35 | 110 | | 3245.3 | 7,764,924 | 4476.2 | 19,731,121 | 329.7 | 631,702 | 150820.3 | 699,425,621 | 329.7 | 8,123,445 | 1603.8 | 475,222 |
| 40 | 120 | | 3930.1 | 9,403,392 | 5053.4 | 22,275,404 | 329.7 | 631,702 | 202531.3 | 939,234,321 | 329.7 | 8,123,445 | 1749.6 | 518,424 |
| 45 | 130 | | 4678.5 | 11,194,127 | 5630.6 | 24,819,687 | 329.7 | 631,702 | 264016.3 | 1,224,369,722 | 329.7 | 8,123,445 | 1895.4 | 561,626 |
| 50 | 140 | | 5490.6 | 13,137,130 | 6207.8 | 27,363,970 | 329.7 | 631,702 | 336025.4 | 1,558,309,933 | 329.7 | 8,123,445 | 2041.2 | 604,828 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
| | 40 | | 301-1 | \$ 7,997 | 302-1 | \$ 8,957 | 401-1 | \$ 791 | 402-1 | \$ 550 | 408-1 | \$ 110,474 | 408-2 | \$ 99,430 |
| h [m] | l ras [m] | | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ |
| 5 | 50 | | 93.4 | 747,171 | 87.5 | 783,614 | 615.0 | 486,243 | 600.0 | 330,079 | 36.0 | 3,977,057 | 48.0 | 4,772,661 |
| 10 | 60 | | 112.1 | 896,605 | 105.0 | 940,337 | 738.0 | 583,491 | 720.0 | 396,094 | 43.2 | 4,772,469 | 57.6 | 5,727,193 |
| 15 | 70 | | 130.8 | 1,046,040 | 122.5 | 1,097,059 | 861.0 | 680,740 | 840.0 | 462,110 | 50.4 | 5,567,880 | 67.2 | 6,681,725 |
| 20 | 80 | | 149.5 | 1,195,474 | 140.0 | 1,253,782 | 984.0 | 777,988 | 960.0 | 528,126 | 57.6 | 6,363,291 | 76.8 | 7,636,258 |
| 25 | 90 | | 168.2 | 1,344,908 | 157.5 | 1,410,505 | 1107.0 | 875,237 | 1080.0 | 594,142 | 64.8 | 7,158,703 | 86.4 | 8,590,790 |
| 30 | 100 | | 186.9 | 1,494,342 | 175.0 | 1,567,228 | 1230.0 | 972,485 | 1200.0 | 660,157 | 72.0 | 7,954,114 | 96.0 | 9,545,322 |
| 35 | 110 | | 205.5 | 1,643,777 | 192.5 | 1,723,951 | 1353.0 | 1,069,734 | 1320.0 | 726,173 | 79.2 | 8,749,526 | 105.6 | 10,499,854 |
| 40 | 120 | | 224.2 | 1,793,211 | 210.0 | 1,880,673 | 1476.0 | 1,166,982 | 1440.0 | 792,189 | 86.4 | 9,544,937 | 115.2 | 11,454,386 |
| 45 | 130 | | 242.9 | 1,942,645 | 227.5 | 2,037,396 | 1599.0 | 1,264,231 | 1560.0 | 858,204 | 93.6 | 10,340,349 | 124.8 | 12,408,919 |
| 50 | 140 | | 261.6 | 2,092,079 | 245.0 | 2,194,119 | 1722.0 | 1,361,479 | 1680.0 | 924,220 | 100.8 | 11,135,760 | 134.4 | 13,363,451 |

Tabla A1: cubicación terraplén para $L_f = 40$ m (parte 1)

| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|--|-------|-----------|--------|-------------|----------|-------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| | 40 | | 501-1 | \$ 40,331 | 501-6 | \$ 118,154 | 503-2 | \$ 1,197 | 508-1 | \$ 14,506 | 605-1 | \$ 114,967 | 605-2 | \$ 88,778 |
| h [m] | l ras [m] | | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [N°] | \$ | [m] | \$ |
| 5 | 50 | | 11.3 | 453,790 | 249.8 | 29,511,724 | 26415.0 | 31,617,283 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 19.1 | 1,696,488 |
| 10 | 60 | | 19.1 | 768,374 | 422.0 | 49,857,923 | 45760.5 | 54,772,751 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 37.1 | 3,296,948 |
| 15 | 70 | | 26.9 | 1,082,957 | 594.2 | 70,204,121 | 65106.0 | 77,928,218 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 55.2 | 4,897,408 |
| 20 | 80 | | 34.7 | 1,397,540 | 766.4 | 90,550,320 | 84451.5 | 101,083,685 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 73.2 | 6,497,868 |
| 25 | 90 | | 42.5 | 1,712,123 | 938.6 | 110,896,519 | 103797.0 | 124,239,152 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 91.2 | 8,098,329 |
| 30 | 100 | | 50.3 | 2,026,706 | 1110.8 | 131,242,718 | 123142.5 | 147,394,620 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 109.2 | 9,698,789 |
| 35 | 110 | | 58.1 | 2,341,290 | 1283.0 | 151,588,916 | 142488.0 | 170,550,087 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 127.3 | 11,299,249 |
| 40 | 120 | | 65.9 | 2,655,873 | 1455.2 | 171,935,115 | 161833.5 | 193,705,554 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 145.3 | 12,899,709 |
| 45 | 130 | | 73.7 | 2,970,456 | 1627.4 | 192,281,314 | 181179.0 | 216,861,021 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 163.3 | 14,500,169 |
| 50 | 140 | | 81.5 | 3,285,039 | 1799.6 | 212,627,512 | 200524.5 | 240,016,489 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 181.4 | 16,100,630 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
| | 40 | | 607-1 | \$ 9,315 | 701-1 | \$ 3,503 | 704-1 | \$ 405,206 | 704-5 | \$ 298,103 | 705-1 | \$ 2,643 | 708-1 | \$ 73,890 |
| h [m] | l ras [m] | | [m] | \$ | [m] | \$ | [km] | \$ | [km] | \$ | [N°] | \$ | [m] | \$ |
| 5 | 50 | | 100.0 | 931,486 | 95.1 | 333,198 | 0.05 | 20,260 | 0.1 | 29,810 | 9 | 23,784 | 100.0 | 7,389,030 |
| 10 | 60 | | 120.0 | 1,117,783 | 136.4 | 477,616 | 0.06 | 24,312 | 0.12 | 35,772 | 9 | 23,784 | 120.0 | 8,866,837 |
| 15 | 70 | | 140.0 | 1,304,080 | 177.6 | 622,035 | 0.07 | 28,364 | 0.14 | 41,734 | 9 | 23,784 | 140.0 | 10,344,643 |
| 20 | 80 | | 160.0 | 1,490,377 | 218.8 | 766,454 | 0.08 | 32,416 | 0.16 | 47,696 | 12 | 31,712 | 160.0 | 11,822,449 |
| 25 | 90 | | 180.0 | 1,676,674 | 260.0 | 910,874 | 0.09 | 36,469 | 0.18 | 53,659 | 12 | 31,712 | 180.0 | 13,300,255 |
| 30 | 100 | | 200.0 | 1,862,971 | 301.3 | 1,055,293 | 0.1 | 40,521 | 0.2 | 59,621 | 15 | 39,640 | 200.0 | 14,778,061 |
| 35 | 110 | | 220.0 | 2,049,268 | 342.5 | 1,199,713 | 0.11 | 44,573 | 0.22 | 65,583 | 15 | 39,640 | 220.0 | 16,255,867 |
| 40 | 120 | | 240.0 | 2,235,565 | 383.7 | 1,344,133 | 0.12 | 48,625 | 0.24 | 71,545 | 18 | 47,568 | 240.0 | 17,733,673 |
| 45 | 130 | | 260.0 | 2,421,862 | 425.0 | 1,488,553 | 0.13 | 52,677 | 0.26 | 77,507 | 18 | 47,568 | 260.0 | 19,211,479 |
| 50 | 140 | | 280.0 | 2,608,159 | 466.2 | 1,632,973 | 0.14 | 56,729 | 0.28 | 83,469 | 18 | 47,568 | 280.0 | 20,689,285 |

| TOTAL |
|------------------|
| \$ 118,357,641 |
| \$ 212,013,353 |
| \$ 330,279,389 |
| \$ 476,641,783 |
| \$ 654,562,787 |
| \$ 867,536,364 |
| \$ 1,119,024,767 |
| \$ 1,412,521,959 |
| \$ 1,751,490,192 |
| \$ 2,139,415,502 |

Tabla A2: cubicación terraplén para $L_f = 40$ m (parte 2)

| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|--|--------|------------|--------|------------|--------|-----------|----------|---------------|-------|------------|--------|------------|
| | 80 | | 201-1 | \$ 2,393 | 202-1 | \$ 4,408 | 204-4 | \$ 1,916 | 205-1 | \$ 4,637 | 207-3 | \$ 24,642 | 209-1 | \$ 296 |
| h [m] | l ras [m] | | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ |
| 5 | 90 | | 880.8 | 2,107,369 | 1013.0 | 4,465,422 | 812.9 | 1,557,624 | 8043.0 | 37,299,381 | 812.9 | 20,030,459 | 1312.2 | 388,818 |
| 10 | 100 | | 1363.7 | 3,262,909 | 1590.2 | 7,009,705 | 812.9 | 1,557,624 | 24156.1 | 112,023,171 | 812.9 | 20,030,459 | 1458.0 | 432,020 |
| 15 | 110 | | 1910.3 | 4,570,716 | 2167.4 | 9,553,988 | 812.9 | 1,557,624 | 48543.1 | 225,117,446 | 812.9 | 20,030,459 | 1603.8 | 475,222 |
| 20 | 120 | | 2520.5 | 6,030,791 | 2744.6 | 12,098,271 | 812.9 | 1,557,624 | 81954.1 | 380,060,315 | 812.9 | 20,030,459 | 1749.6 | 518,424 |
| 25 | 130 | | 3194.4 | 7,643,133 | 3321.8 | 14,642,554 | 812.9 | 1,557,624 | 125139.1 | 580,329,885 | 812.9 | 20,030,459 | 1895.4 | 561,626 |
| 30 | 140 | | 3931.9 | 9,407,743 | 3899.0 | 17,186,837 | 812.9 | 1,557,624 | 178848.2 | 829,404,264 | 812.9 | 20,030,459 | 2041.2 | 604,828 |
| 35 | 150 | | 4733.1 | 11,324,621 | 4476.2 | 19,731,121 | 812.9 | 1,557,624 | 243831.2 | 1,130,761,560 | 812.9 | 20,030,459 | 2187.0 | 648,030 |
| 40 | 160 | | 5597.9 | 13,393,766 | 5053.4 | 22,275,404 | 812.9 | 1,557,624 | 320838.2 | 1,487,879,881 | 812.9 | 20,030,459 | 2332.8 | 691,232 |
| 45 | 170 | | 6526.3 | 15,615,179 | 5630.6 | 24,819,687 | 812.9 | 1,557,624 | 410619.2 | 1,904,237,335 | 812.9 | 20,030,459 | 2478.6 | 734,434 |
| 50 | 180 | | 7518.4 | 17,988,860 | 6207.8 | 27,363,970 | 812.9 | 1,557,624 | 513924.3 | 2,383,312,030 | 812.9 | 20,030,459 | 2624.4 | 777,636 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | lf [m] | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
| | 80 | | 301-1 | \$ 7,997 | 302-1 | \$ 8,957 | 401-1 | \$ 791 | 402-1 | \$ 550 | 408-1 | \$ 110,474 | 408-2 | \$ 99,430 |
| h [m] | l ras [m] | | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ |
| 5 | 90 | | 168.2 | 1,344,908 | 157.5 | 1,410,505 | 1107.0 | 875,237 | 1080.0 | 594,142 | 64.8 | 7,158,703 | 86.4 | 8,590,790 |
| 10 | 100 | | 186.9 | 1,494,342 | 175.0 | 1,567,228 | 1230.0 | 972,485 | 1200.0 | 660,157 | 72.0 | 7,954,114 | 96.0 | 9,545,322 |
| 15 | 110 | | 205.5 | 1,643,777 | 192.5 | 1,723,951 | 1353.0 | 1,069,734 | 1320.0 | 726,173 | 79.2 | 8,749,526 | 105.6 | 10,499,854 |
| 20 | 120 | | 224.2 | 1,793,211 | 210.0 | 1,880,673 | 1476.0 | 1,166,982 | 1440.0 | 792,189 | 86.4 | 9,544,937 | 115.2 | 11,454,386 |
| 25 | 130 | | 242.9 | 1,942,645 | 227.5 | 2,037,396 | 1599.0 | 1,264,231 | 1560.0 | 858,204 | 93.6 | 10,340,349 | 124.8 | 12,408,919 |
| 30 | 140 | | 261.6 | 2,092,079 | 245.0 | 2,194,119 | 1722.0 | 1,361,479 | 1680.0 | 924,220 | 100.8 | 11,135,760 | 134.4 | 13,363,451 |
| 35 | 150 | | 280.3 | 2,241,514 | 262.5 | 2,350,842 | 1845.0 | 1,458,728 | 1800.0 | 990,236 | 108.0 | 11,931,172 | 144.0 | 14,317,983 |
| 40 | 160 | | 299.0 | 2,390,948 | 280.0 | 2,507,565 | 1968.0 | 1,555,976 | 1920.0 | 1,056,252 | 115.2 | 12,726,583 | 153.6 | 15,272,515 |
| 45 | 170 | | 317.7 | 2,540,382 | 297.4 | 2,664,287 | 2091.0 | 1,653,225 | 2040.0 | 1,122,267 | 122.4 | 13,521,994 | 163.2 | 16,227,047 |
| 50 | 180 | | 336.3 | 2,689,816 | 314.9 | 2,821,010 | 2214.0 | 1,750,473 | 2160.0 | 1,188,283 | 129.6 | 14,317,406 | 172.8 | 17,181,580 |

Tabla A3: cubicación terraplén para $L_f = 80$ m (parte 1)

| | lf [m] | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|--------|-----------|----------|-----------|----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|----------|------------|-----------|------------|
| | 80 | 501-1 | \$ 40,331 | 501-6 | \$ 118,154 | 503-2 | \$ 1,197 | 508-1 | \$ 14,506 | 605-1 | \$ 114,967 | 605-2 | \$ 88,778 |
| h [m] | l ras [m] | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [N°] | \$ | [m] | \$ |
| 5 | 90 | 11.3 | 453,790 | 249.8 | 29,511,724 | 26415.0 | 31,617,283 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 19.1 | 1,696,488 |
| 10 | 100 | 19.1 | 768,374 | 422.0 | 49,857,923 | 45760.5 | 54,772,751 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 37.1 | 3,296,948 |
| 15 | 110 | 26.9 | 1,082,957 | 594.2 | 70,204,121 | 65106.0 | 77,928,218 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 55.2 | 4,897,408 |
| 20 | 120 | 34.7 | 1,397,540 | 766.4 | 90,550,320 | 84451.5 | 101,083,685 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 73.2 | 6,497,868 |
| 25 | 130 | 42.5 | 1,712,123 | 938.6 | 110,896,519 | 103797.0 | 124,239,152 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 91.2 | 8,098,329 |
| 30 | 140 | 50.3 | 2,026,706 | 1110.8 | 131,242,718 | 123142.5 | 147,394,620 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 109.2 | 9,698,789 |
| 35 | 150 | 58.1 | 2,341,290 | 1283.0 | 151,588,916 | 142488.0 | 170,550,087 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 127.3 | 11,299,249 |
| 40 | 160 | 65.9 | 2,655,873 | 1455.2 | 171,935,115 | 161833.5 | 193,705,554 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 145.3 | 12,899,709 |
| 45 | 170 | 73.7 | 2,970,456 | 1627.4 | 192,281,314 | 181179.0 | 216,861,021 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 163.3 | 14,500,169 |
| 50 | 180 | 81.5 | 3,285,039 | 1799.6 | 212,627,512 | 200524.5 | 240,016,489 | 192.7 | 2,795,599 | 2 | 229,934 | 181.4 | 16,100,630 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| lf [m] | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | |
| 80 | 607-1 | \$ 9,315 | 701-1 | \$ 3,503 | 704-1 | \$ 405,206 | 704-5 | \$ 298,103 | 705-1 | \$ 2,643 | 708-1 | \$ 73,890 | |
| h [m] | l ras [m] | [m] | \$ | [m] | \$ | [km] | \$ | [km] | \$ | [N°] | \$ | [m] | \$ |
| 5 | 90 | 180.0 | 1,676,674 | 175.1 | 613,414 | 0.09 | 36,469 | 0.18 | 53,659 | 12 | 31,712 | 180.0 | 13,300,255 |
| 10 | 100 | 200.0 | 1,862,971 | 216.4 | 757,832 | 0.1 | 40,521 | 0.2 | 59,621 | 15 | 39,640 | 200.0 | 14,778,061 |
| 15 | 110 | 220.0 | 2,049,268 | 257.6 | 902,250 | 0.11 | 44,573 | 0.22 | 65,583 | 15 | 39,640 | 220.0 | 16,255,867 |
| 20 | 120 | 240.0 | 2,235,565 | 298.8 | 1,046,670 | 0.12 | 48,625 | 0.24 | 71,545 | 18 | 47,568 | 240.0 | 17,733,673 |
| 25 | 130 | 260.0 | 2,421,862 | 340.0 | 1,191,090 | 0.13 | 52,677 | 0.26 | 77,507 | 18 | 47,568 | 260.0 | 19,211,479 |
| 30 | 140 | 280.0 | 2,608,159 | 381.3 | 1,335,509 | 0.14 | 56,729 | 0.28 | 83,469 | 18 | 47,568 | 280.0 | 20,689,285 |
| 35 | 150 | 300.0 | 2,794,457 | 422.5 | 1,479,929 | 0.15 | 60,781 | 0.3 | 89,431 | 21 | 55,496 | 300.0 | 22,167,091 |
| 40 | 160 | 320.0 | 2,980,754 | 463.7 | 1,624,349 | 0.16 | 64,833 | 0.32 | 95,393 | 21 | 55,496 | 320.0 | 23,644,897 |
| 45 | 170 | 340.0 | 3,167,051 | 505.0 | 1,768,769 | 0.17 | 68,885 | 0.34 | 101,355 | 24 | 63,424 | 340.0 | 25,122,703 |
| 50 | 180 | 360.0 | 3,353,348 | 546.2 | 1,913,189 | 0.18 | 72,937 | 0.36 | 107,317 | 24 | 63,424 | 360.0 | 26,600,510 |

| TOTAL |
|------------------|
| \$ 167,840,359 |
| \$ 295,769,710 |
| \$ 462,213,888 |
| \$ 670,666,856 |
| \$ 924,590,865 |
| \$ 1,227,471,950 |
| \$ 1,582,796,149 |
| \$ 1,994,025,712 |
| \$ 2,464,654,604 |
| \$ 2,998,145,075 |

Tabla A4: cubicación terraplén para $L_f = 80$ m (parte 2)

| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|----------|-----------|-------------|-------|------------|--------|-------------|----------|-------------|--------|------------|-------|------------|-------|----------------|
| | 40 | | | | 102-1 | \$ 282,940 | 701-1 | \$ 3,503 | 202-5 | \$ 4,060 | 206-1 | \$ 7,704 | 206-2 | \$ 7,872 | 412-2 | \$ 4,754 |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [km] | \$ | [m] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 0.05 | 14,147 | 109.6 | 383,896 | 991.8 | 4,026,609 | 106.5 | 820,503 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 0.06 | 16,976 | 129.6 | 453,950 | 991.8 | 4,026,609 | 106.5 | 820,503 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 0.07 | 19,806 | 149.6 | 524,004 | 991.8 | 4,026,609 | 106.5 | 820,503 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 0.08 | 22,635 | 169.6 | 594,058 | 991.8 | 4,026,609 | 106.5 | 820,503 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 0.09 | 25,465 | 189.6 | 664,112 | 1295.1 | 5,257,976 | 213.0 | 1,641,005 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 0.1 | 28,294 | 209.6 | 734,166 | 1841.8 | 7,477,524 | 320.5 | 2,469,212 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 0.11 | 31,123 | 229.6 | 804,220 | 1841.8 | 7,477,524 | 320.5 | 2,469,212 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 0.12 | 33,953 | 249.6 | 874,274 | 1841.8 | 7,477,524 | 320.5 | 2,469,212 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 0.13 | 36,782 | 269.6 | 944,328 | 2418.5 | 9,818,665 | 480.8 | 3,703,818 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 0.14 | 39,612 | 289.6 | 1,014,382 | 2418.5 | 9,818,665 | 480.8 | 3,703,818 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | |
| | 40 | | | | 501-1 | \$ 40,331 | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | 515-1 | \$ 201,479 | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | | TOTAL ÍTEMES |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 20.1 | 812,270 | 543.6 | 61,255,440 | 59794.1 | 71,570,196 | 391.9 | 4,593,838 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 148,816,047 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 20.1 | 812,270 | 557.2 | 62,786,670 | 61288.8 | 73,359,269 | 531.6 | 6,230,995 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 153,773,509 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 20.1 | 812,270 | 577.9 | 65,123,577 | 63570.0 | 76,089,686 | 678.3 | 7,950,666 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 160,560,503 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 20.1 | 812,270 | 604.0 | 68,064,741 | 66441.0 | 79,526,111 | 830.3 | 9,732,223 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 168,719,648 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 28.9 | 1,167,184 | 975.1 | 109,882,526 | 107261.2 | 128,385,560 | 1688.2 | 19,786,767 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 272,010,339 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 39.7 | 1,600,745 | 1540.5 | 173,595,269 | 169454.0 | 202,826,842 | 2555.1 | 29,947,360 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 423,886,139 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 39.7 | 1,600,745 | 1600.5 | 180,359,135 | 176056.5 | 210,729,670 | 2942.3 | 34,486,579 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 443,092,052 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 39.7 | 1,600,745 | 1667.1 | 187,864,174 | 183382.5 | 219,498,477 | 3342.3 | 39,174,887 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 464,054,205 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 53.9 | 2,172,439 | 2365.9 | 266,614,373 | 260254.1 | 311,509,362 | 4909.1 | 57,538,096 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 657,518,002 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 53.9 | 2,172,439 | 2425.0 | 273,265,663 | 266746.7 | 319,280,658 | 5290.4 | 62,006,990 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 676,409,483 |

Tabla A5: cubicación limpieza de faja, cercos e infraestructura viaducto con fundaciones directas para $L_f = 40$ m

| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Vigas | | | |
|-------|-----------|----------|-----------|-------------|-------|------------|--------|------------|---------|------------|--------|------------|--------|---------------|--------------------|------------------|
| | 40 | | | | 411-1 | \$ 135,839 | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | ítem | P.U. | [N°] | \$ |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | ítem | P.U. | [N°] | \$ |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 30.0 | 4,075,183 | 147.6 | 16,629,134 | 16232.4 | 19,429,301 | 636.0 | 7,454,409 | 506-23 | \$ 7,081,523 | 8 | 56,652,184 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 36.0 | 4,890,220 | 177.4 | 19,994,682 | 19517.7 | 23,361,571 | 763.2 | 8,945,290 | 506-24 | \$ 9,238,776 | 8 | 73,910,205 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 42.0 | 5,705,256 | 205.1 | 23,111,639 | 22560.3 | 27,003,391 | 890.4 | 10,436,172 | 506-25 | \$ 11,362,285 | 8 | 90,898,282 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 48.0 | 6,520,293 | 231.4 | 26,078,158 | 25456.0 | 30,469,439 | 1017.6 | 11,927,054 | 506-26 | \$ 11,518,774 | 8 | 92,150,193 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 54.0 | 7,335,330 | 266.2 | 29,992,023 | 29276.5 | 35,042,356 | 1144.8 | 13,417,936 | 506-24 | \$ 9,238,776 | 12 | 110,865,307 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 60.0 | 8,150,366 | 292.5 | 32,958,542 | 32172.3 | 38,508,405 | 1272.0 | 14,908,817 | 506-24 | \$ 9,238,776 | 12 | 110,865,307 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 66.0 | 8,965,403 | 320.8 | 36,150,719 | 35288.3 | 42,238,110 | 1399.2 | 16,399,699 | 506-25 | \$ 11,362,285 | 12 | 136,347,423 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 72.0 | 9,780,439 | 347.1 | 39,117,237 | 38184.1 | 45,704,159 | 1526.4 | 17,890,581 | 506-26 | \$ 11,518,774 | 12 | 138,225,290 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 78.0 | 10,595,476 | 381.2 | 42,955,882 | 41931.1 | 50,189,190 | 1653.6 | 19,381,463 | 506-24 | \$ 9,238,776 | 16 | 147,820,410 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 84.0 | 11,410,513 | 410.2 | 46,223,279 | 45120.6 | 54,006,781 | 1780.8 | 20,872,344 | 506-25 | \$ 11,362,285 | 16 | 181,796,564 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | |
| | 40 | | | | 512-1 | \$ 158,281 | 513-2 | \$ 27,122 | 514-1 | \$ 76,654 | 615-1 | \$ 288,396 | 710-3 | \$ 97,005 | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m] | \$ | [N°] | \$ | [N°] | \$ | [gl] | \$ | [m] | \$ | TOTAL SUPERESTRUC. | TOTAL VIADUCTO |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 38.2 | 6,040,016 | 24 | 650,918 | 16 | 1,226,456 | 1 | 288,396 | 100.0 | 9,700,491 | \$ 122,146,487 | \$ 271,360,577 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 38.2 | 6,040,016 | 24 | 650,918 | 16 | 1,226,456 | 1 | 288,396 | 120.0 | 11,640,589 | \$ 150,948,342 | \$ 305,192,777 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 38.2 | 6,040,016 | 24 | 650,918 | 16 | 1,226,456 | 1 | 288,396 | 140.0 | 13,580,687 | \$ 178,941,213 | \$ 340,045,526 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 38.2 | 6,040,016 | 24 | 650,918 | 16 | 1,226,456 | 1 | 288,396 | 160.0 | 15,520,785 | \$ 190,871,708 | \$ 360,208,050 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 180.0 | 17,460,883 | \$ 225,271,646 | \$ 497,971,562 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 200.0 | 19,400,981 | \$ 235,950,230 | \$ 660,598,829 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 220.0 | 21,341,079 | \$ 272,600,245 | \$ 716,527,640 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 240.0 | 23,281,178 | \$ 285,156,695 | \$ 750,119,127 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 260.0 | 25,221,276 | \$ 310,273,534 | \$ 968,772,646 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 280.0 | 27,161,374 | \$ 355,580,692 | \$ 1,033,044,168 |

Tabla A6: cubicación superestructura viaducto con fundaciones directas para $L_f = 40$ m

| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|--------|--------|-----------|--------|-------------|----------|-------------|--------|------------|-------|-------------|-------|------------|-------|----------------|-------|------------------|
| | 40 | | | | 102-1 | \$ 282,940 | 701-1 | \$ 3,503 | 202-5 | \$ 4,060 | 206-1 | \$ 7,704 | 206-2 | \$ 7,872 | 412-2 | \$ 4,754 | 501-1 | \$ 40,331 |
| h [m] | L ras [m] | N° cep | N° tra | L tra [m] | [km] | \$ | [m] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 0.05 | 14,147 | 109.6 | 383,896 | 930.1 | 3,776,154 | 130.3 | 1,003,478 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 | 17.4 | 702,343 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 0.06 | 16,976 | 129.6 | 453,950 | 930.1 | 3,776,154 | 130.3 | 1,003,478 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 | 17.4 | 702,343 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 0.07 | 19,806 | 149.6 | 524,004 | 930.1 | 3,776,154 | 130.3 | 1,003,478 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 | 17.4 | 702,343 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 0.08 | 22,635 | 169.6 | 594,058 | 930.1 | 3,776,154 | 130.3 | 1,003,478 | 191.2 | 1,505,027 | 145.2 | 690,172 | 17.4 | 702,343 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 0.09 | 25,465 | 189.6 | 664,112 | 1353.2 | 5,493,694 | 260.5 | 2,006,957 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 | 28.2 | 1,137,920 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 0.1 | 28,294 | 209.6 | 734,166 | 1353.2 | 5,493,694 | 245.5 | 1,891,393 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 | 28.2 | 1,137,920 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 0.11 | 31,123 | 229.6 | 804,220 | 1353.2 | 5,493,694 | 245.5 | 1,891,393 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 | 28.2 | 1,137,920 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 0.12 | 33,953 | 249.6 | 874,274 | 1353.2 | 5,493,694 | 245.5 | 1,891,393 | 191.2 | 1,505,027 | 194.0 | 922,168 | 28.2 | 1,137,920 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 0.13 | 36,782 | 269.6 | 944,328 | 1776.2 | 7,211,235 | 368.3 | 2,837,090 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 | 39.0 | 1,573,497 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 0.14 | 39,612 | 289.6 | 1,014,382 | 1776.2 | 7,211,235 | 368.3 | 2,837,090 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 | 39.0 | 1,573,497 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | | | |
| | 40 | | | | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | 509-1 | \$ 482,639 | 515-1 | \$ 201,479 | | | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cep | N° tra | L tra [m] | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | | TOTAL INFRA | | TOTAL VIADUCTO |
| 5 | 50 | 1 | 2 | 25.0 | 467.5 | 52,679,862 | 51423.1 | 61,550,583 | 391.9 | 4,593,838 | 318.1 | 153,520,920 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 283,564,371 | | \$ 406,108,901 |
| 10 | 60 | 1 | 2 | 30.0 | 481.1 | 54,211,093 | 52917.8 | 63,339,657 | 531.6 | 6,230,995 | 318.1 | 153,520,920 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 288,521,833 | | \$ 439,941,101 |
| 15 | 70 | 1 | 2 | 35.0 | 501.8 | 56,548,000 | 55199.0 | 66,070,074 | 678.3 | 7,950,666 | 318.1 | 153,520,920 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 295,308,828 | | \$ 474,793,850 |
| 20 | 80 | 1 | 2 | 40.0 | 527.9 | 59,489,164 | 58070.0 | 69,506,498 | 830.3 | 9,732,223 | 318.1 | 153,520,920 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 303,467,973 | | \$ 494,956,374 |
| 25 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 993.0 | 111,899,646 | 109230.2 | 130,742,341 | 1688.2 | 19,786,767 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 507,238,027 | | \$ 733,199,249 |
| 30 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 1144.9 | 129,021,422 | 125943.5 | 150,747,239 | 2555.1 | 29,947,360 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 554,489,597 | | \$ 791,202,287 |
| 35 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 1205.0 | 135,785,287 | 132546.0 | 158,650,067 | 2942.3 | 34,486,579 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 573,695,510 | | \$ 847,131,098 |
| 40 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 1271.6 | 143,290,327 | 139872.0 | 167,418,874 | 3342.3 | 39,174,887 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 594,657,663 | | \$ 880,722,585 |
| 45 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 1841.0 | 207,461,481 | 202512.3 | 242,395,759 | 4809.1 | 56,366,019 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 831,048,170 | | \$ 1,142,302,815 |
| 50 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 1900.0 | 214,112,771 | 209004.9 | 250,167,055 | 5190.4 | 60,834,913 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 849,939,651 | | \$ 1,206,574,337 |

Tabla A7: cubicación limpieza de faja, cercos e infraestructura viaducto con fundaciones profundas para $L_f = 40$ m

| | Lf [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|----------|-----------|-------------|-------|------------|--------|-------------|----------|-------------|--------|------------|-------|------------|-------|----------------|
| | 80 | | | | 102-1 | \$ 282,940 | 701-1 | \$ 3,503 | 202-5 | \$ 4,060 | 206-1 | \$ 7,704 | 206-2 | \$ 7,872 | 412-2 | \$ 4,754 |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [km] | \$ | [m] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 0.09 | 25,465 | 189.6 | 664,112 | 1295.1 | 5,257,976 | 213.0 | 1,641,005 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 0.1 | 28,294 | 209.6 | 734,166 | 1295.1 | 5,257,976 | 213.0 | 1,641,005 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 0.11 | 31,123 | 229.6 | 804,220 | 1295.1 | 5,257,976 | 213.0 | 1,641,005 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 0.12 | 33,953 | 249.6 | 874,274 | 1295.1 | 5,257,976 | 213.0 | 1,641,005 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 0.13 | 36,782 | 269.6 | 944,328 | 1598.4 | 6,489,344 | 319.5 | 2,461,508 | 191.2 | 1,505,027 | 209.2 | 994,428 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 0.14 | 39,612 | 289.6 | 1,014,382 | 2418.5 | 9,818,665 | 480.8 | 3,703,818 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 0.15 | 42,441 | 309.6 | 1,084,436 | 2418.5 | 9,818,665 | 480.8 | 3,703,818 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 0.16 | 45,270 | 329.6 | 1,154,490 | 2418.5 | 9,818,665 | 480.8 | 3,703,818 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 0.17 | 48,100 | 349.6 | 1,224,544 | 2995.1 | 12,159,806 | 641.0 | 4,938,424 | 191.2 | 1,505,027 | 274.8 | 1,306,291 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 0.18 | 50,929 | 369.6 | 1,294,598 | 2995.1 | 12,159,806 | 641.0 | 4,938,424 | 191.2 | 1,505,027 | 274.8 | 1,306,291 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lf [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | |
| | 80 | | | | 501-1 | \$ 40,331 | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | 515-1 | \$ 201,479 | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | | TOTAL ÍTEMES |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 28.9 | 1,167,184 | 766.3 | 86,353,214 | 84293.2 | 100,894,166 | 472.2 | 5,534,312 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 206,737,179 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 28.9 | 1,167,184 | 818.5 | 92,235,542 | 90035.2 | 107,767,014 | 776.2 | 9,097,426 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 223,055,469 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 28.9 | 1,167,184 | 864.6 | 97,425,378 | 95101.2 | 113,830,763 | 1070.3 | 12,545,207 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 237,756,835 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 28.9 | 1,167,184 | 916.8 | 103,307,706 | 100843.2 | 120,703,611 | 1374.3 | 16,108,321 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 254,075,125 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 37.7 | 1,522,099 | 1314.7 | 148,154,890 | 144620.5 | 173,102,578 | 2388.7 | 27,997,868 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 365,769,735 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 53.9 | 2,172,439 | 2155.2 | 242,870,255 | 237076.4 | 283,766,990 | 3670.4 | 43,019,345 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 591,512,762 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 53.9 | 2,172,439 | 2255.1 | 254,127,814 | 248065.4 | 296,920,200 | 4270.4 | 50,051,806 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 622,955,992 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 53.9 | 2,172,439 | 2355.0 | 265,385,372 | 259054.4 | 310,073,411 | 4870.4 | 57,084,267 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 654,399,222 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 68.0 | 2,744,134 | 3108.2 | 350,252,179 | 341896.6 | 409,230,873 | 6763.1 | 79,268,447 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 864,947,174 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 68.0 | 2,744,134 | 3192.8 | 359,792,909 | 351209.7 | 420,378,160 | 7298.4 | 85,542,340 | 17.6 | 3,541,993 | | \$ 891,909,083 |

Tabla A8: cubicación limpieza de faja, cercos e infraestructura viaducto con fundaciones directas para $L_f = 80$ m

| | Lf [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Vigas | | | |
|-------|-----------|----------|-----------|-------------|-------|------------|--------|------------|---------|------------|--------|------------|--------|------------|------------------|------------------|
| | 80 | | | | 411-1 | \$ 135,839 | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | Ítem | P.U. | [N°] | \$ |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | Ítem | P.U. | [N°] | \$ |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 54.0 | 7,335,330 | 266.2 | 29,992,023 | 29276.5 | 35,042,356 | 1144.8 | 13,417,936 | 506-24 | 9,238,776 | 12 | 110,865,307 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 60.0 | 8,150,366 | 292.5 | 32,958,542 | 32172.3 | 38,508,405 | 1272.0 | 14,908,817 | 506-24 | 9,238,776 | 12 | 110,865,307 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 66.0 | 8,965,403 | 320.8 | 36,150,719 | 35288.3 | 42,238,110 | 1399.2 | 16,399,699 | 506-25 | 11,362,285 | 12 | 136,347,423 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 72.0 | 9,780,439 | 347.1 | 39,117,237 | 38184.1 | 45,704,159 | 1526.4 | 17,890,581 | 506-26 | 11,518,774 | 12 | 138,225,290 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 78.0 | 10,595,476 | 381.2 | 42,955,882 | 41931.1 | 50,189,190 | 1653.6 | 19,381,463 | 506-24 | 9,238,776 | 16 | 147,820,410 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 84.0 | 11,410,513 | 410.2 | 46,223,279 | 45120.6 | 54,006,781 | 1780.8 | 20,872,344 | 506-25 | 11,362,285 | 16 | 181,796,564 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 90.0 | 12,225,549 | 436.5 | 49,189,798 | 48016.3 | 57,472,830 | 1908.0 | 22,363,226 | 506-25 | 11,362,285 | 16 | 181,796,564 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 96.0 | 13,040,586 | 462.8 | 52,156,317 | 50912.1 | 60,938,879 | 2035.2 | 23,854,108 | 506-26 | 11,518,774 | 16 | 184,300,386 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 102.0 | 13,855,622 | 496.2 | 55,919,742 | 54585.7 | 65,336,024 | 2162.4 | 25,344,989 | 506-24 | 9,238,776 | 20 | 184,775,512 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 108.0 | 14,670,659 | 525.9 | 59,262,358 | 57848.6 | 69,241,501 | 2289.6 | 26,835,871 | 506-25 | 11,362,285 | 20 | 227,245,705 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lf [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | |
| | 80 | | | | 512-1 | \$ 158,281 | 513-2 | \$ 27,122 | 514-1 | \$ 76,654 | 615-1 | \$ 288,396 | 710-3 | \$ 97,005 | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cepas | N° tramos | L tramo [m] | [m] | \$ | [N°] | \$ | [N°] | \$ | [gl] | \$ | [m] | \$ | TOTAL SUPERESTR. | TOTAL VIADUCTO |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 180.0 | 17,460,883 | \$225,271,646 | \$ 432,698,401 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 200.0 | 19,400,981 | \$235,950,230 | \$ 459,768,159 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 220.0 | 21,341,079 | \$272,600,245 | \$ 511,192,422 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 50.9 | 8,053,354 | 36 | 976,378 | 24 | 1,839,684 | 1 | 288,396 | 240.0 | 23,281,178 | \$285,156,695 | \$ 540,140,047 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 260.0 | 25,221,276 | \$310,273,534 | \$ 677,024,379 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 280.0 | 27,161,374 | \$355,580,692 | \$ 948,147,447 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 300.0 | 29,101,472 | \$366,259,276 | \$ 990,342,145 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 63.6 | 10,066,693 | 48 | 1,301,837 | 32 | 2,452,912 | 1 | 288,396 | 320.0 | 31,041,570 | \$379,441,682 | \$ 1,035,040,664 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 76.3 | 12,080,031 | 60 | 1,627,296 | 40 | 3,066,140 | 1 | 288,396 | 340.0 | 32,981,668 | \$395,275,422 | \$ 1,261,495,239 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 76.3 | 12,080,031 | 60 | 1,627,296 | 40 | 3,066,140 | 1 | 288,396 | 360.0 | 34,921,766 | \$449,239,723 | \$ 1,342,494,334 |

Tabla A9: cubicación superestructura viaducto con fundaciones directas para $L_f = 80$ m

| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. |
|-------|-----------|--------|--------|-------------|--------|-------------|----------|-------------|--------|------------|-------|-------------|-------|------------|-------|------------------|-------|------------------|
| | 80 | | | | 102-1 | \$ 282,940 | 701-1 | \$ 3,503 | 202-5 | \$ 4,060 | 206-1 | \$ 7,704 | 206-2 | \$ 7,872 | 412-2 | \$ 4,754 | 501-1 | \$ 40,331 |
| h [m] | L ras [m] | N° cep | N° tra | L tramo [m] | [km] | \$ | [m] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 0.09 | 25,465 | 189.6 | 664,112 | 1353.2 | 5,493,694 | 260.5 | 2,006,957 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 | 28.2 | 1,137,920 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 0.1 | 28,294 | 209.6 | 734,166 | 1353.2 | 5,493,694 | 260.5 | 2,006,957 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 | 28.2 | 1,137,920 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 0.11 | 31,123 | 229.6 | 804,220 | 1353.2 | 5,493,694 | 260.5 | 2,006,957 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 | 28.2 | 1,137,920 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 0.12 | 33,953 | 249.6 | 874,274 | 1353.2 | 5,493,694 | 260.5 | 2,006,957 | 191.2 | 1,505,027 | 177.2 | 842,300 | 28.2 | 1,137,920 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 0.13 | 36,782 | 269.6 | 944,328 | 1776.2 | 7,211,235 | 390.8 | 3,010,435 | 191.2 | 1,505,027 | 209.2 | 994,428 | 39.0 | 1,573,497 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 0.14 | 39,612 | 289.6 | 1,014,382 | 1776.2 | 7,211,235 | 368.3 | 2,837,090 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 | 39.0 | 1,573,497 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 0.15 | 42,441 | 309.6 | 1,084,436 | 1776.2 | 7,211,235 | 368.3 | 2,837,090 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 | 39.0 | 1,573,497 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 0.16 | 45,270 | 329.6 | 1,154,490 | 1776.2 | 7,211,235 | 368.3 | 2,837,090 | 191.2 | 1,505,027 | 234.4 | 1,114,229 | 39.0 | 1,573,497 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 0.17 | 48,100 | 349.6 | 1,224,544 | 2199.3 | 8,928,776 | 491.0 | 3,782,786 | 191.2 | 1,505,027 | 274.8 | 1,306,291 | 49.8 | 2,009,074 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 0.18 | 50,929 | 369.6 | 1,294,598 | 2199.3 | 8,928,776 | 491.0 | 3,782,786 | 191.2 | 1,505,027 | 274.8 | 1,306,291 | 49.8 | 2,009,074 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | L f [m] | | | | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | Ítem | P.U. | | | | |
| | 80 | | | | 501-14 | \$ 112,688 | 503-2 | \$ 1,197 | 504-1 | \$ 11,721 | 509-1 | \$ 482,639 | 515-1 | \$ 201,479 | | | | |
| h [m] | L ras [m] | N° cep | N° tra | L tramo [m] | [m3] | \$ | [kg] | \$ | [m2] | \$ | [m3] | \$ | [m3] | \$ | | TOTAL INFRA | | TOTAL VIADUCTO |
| 5 | 90 | 2 | 3 | 30.0 | 784.2 | 88,370,335 | 86262.2 | 103,250,947 | 472.2 | 5,534,312 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 441,964,866 | | \$ 667,926,089 |
| 10 | 100 | 2 | 3 | 33.3 | 836.4 | 94,252,662 | 92004.2 | 110,123,796 | 776.2 | 9,097,426 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 458,283,156 | | \$ 694,995,846 |
| 15 | 110 | 2 | 3 | 36.7 | 882.5 | 99,442,498 | 97070.2 | 116,187,544 | 1070.3 | 12,545,207 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 472,984,522 | | \$ 746,420,110 |
| 20 | 120 | 2 | 3 | 40.0 | 934.7 | 105,324,826 | 102812.2 | 123,060,393 | 1374.3 | 16,108,321 | 477.1 | 230,281,381 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 489,302,812 | | \$ 775,367,734 |
| 25 | 130 | 3 | 4 | 32.5 | 1426.6 | 160,764,708 | 156929.5 | 187,835,753 | 2388.7 | 27,997,868 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 701,476,786 | | \$ 1,012,731,430 |
| 30 | 140 | 3 | 4 | 35.0 | 1647.0 | 185,593,622 | 181166.1 | 216,845,589 | 3670.4 | 43,019,345 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 770,283,469 | | \$ 1,126,918,154 |
| 35 | 150 | 3 | 4 | 37.5 | 1746.9 | 196,851,181 | 192155.1 | 229,998,799 | 4270.4 | 50,051,806 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 801,726,698 | | \$ 1,169,112,851 |
| 40 | 160 | 3 | 4 | 40.0 | 1846.8 | 208,108,739 | 203144.1 | 243,152,010 | 4870.4 | 57,084,267 | 636.2 | 307,041,841 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 833,169,928 | | \$ 1,213,811,371 |
| 45 | 170 | 4 | 5 | 34.0 | 2470.5 | 278,396,500 | 271755.1 | 325,275,472 | 6663.1 | 78,096,370 | 795.2 | 383,802,301 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 1,086,644,591 | | \$ 1,483,192,656 |
| 50 | 180 | 4 | 5 | 36.0 | 2555.2 | 287,937,231 | 281068.2 | 336,422,759 | 7198.4 | 84,370,263 | 795.2 | 383,802,301 | 17.58 | 3,541,993 | | \$ 1,113,606,500 | | \$ 1,564,191,751 |

Tabla A10: cubicación limpieza de faja, cercos e infraestructura viaducto con fundaciones profundas para $L_f = 80$ m

ANEXO C. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA ALCANTARILLA

El presente anexo tiene por objetivo mostrar los cálculos desarrollados para determinar el caudal máximo que puede fluir por la alcantarilla considerada en el estudio.

Con el objeto de permitir el flujo transversal de las aguas bajo el terraplén, se optó por utilizar una alcantarilla fija, con un tamaño estimado a priori que permitiese la evacuación de un flujo bajo, pero eventualmente importante. Para esto, se propuso una alcantarilla del tipo cajón triple, de dimensiones 3 m x 3 m para cada uno de los cajones y con alas en la entrada y salida, dispuestas en 45° con respecto a la longitudinal de la alcantarilla, tal como se indicó en la figura 3.4 del capítulo 3.

El Manual de Carreteras, en su Volumen 3 especifica que tanto para alcantarillas con control de entrada como de salida, los cajones se diseñarán hidráulicamente respetando una carga máxima H_e , según se trate de canales o cauces naturales permanentes o impermanentes. En los cauces naturales se podrá aceptar una carga a la entrada igual a la dimensión de la alcantarilla más 0,3 m para el gasto de diseño (3.703.301(2) M.C V3)

Por lo tanto, la condición que permitirá estimar el caudal de diseño para la alcantarilla escogida corresponderá a $H_e \leq 3,3$ m.

Suponiendo una alcantarilla con **control de entrada**, se utiliza la siguiente expresión indicada en el Manual de Carreteras (3.703.303(1)):

$$H_e = (a + bzF + c(zF)^2 + d(zF)^3 + e(zF)^4 + f(zF)^5 - 0,5i) \cdot D \quad (C.1)$$

siendo,

H_e = carga a la entrada (m)

a,b,c,d,e,f = coeficientes de regresión

$F = Q/(BD^{3/2})$

D = altura de la alcantarilla (m)

B = ancho de la alcantarilla (m)

i = pendiente longitudinal (m/m)

z = 1,81130889 (factor de conversión par unidades métricas)

Como no se indica la manera específica de cálculo para un cajón triple, se desarrollarán las operaciones para un cajón de 3x3 con muros ala en su entrada, para posteriormente amplificar los valores del caudal a tres alcantarillas, multiplicando el caudal por tres.

Los coeficientes de regresión a, b, c, d, e y f son entregados por la tabla 3.703.303.A del Manual de Carreteras, en este caso correspondiente al caso de una alcantarilla cajón simple, con aristas biseladas, muro frontal y alas en 45°.

$$a = 0,156609$$

$$b = 0,398935$$

$$c = -0,06404$$

$$d = 0,011201$$

$$e = -0,00064$$

$$f = 0,000015$$

El resto de los valores se indica a continuación:

$$H_e = 3,3 \text{ m}$$

$$D = 3 \text{ m}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$i = 0,01$$

Con todos estos datos ingresados en la ecuación C.1, se obtiene un caudal de **28,29 m³/s** para el cajón simple.

Para realizar el análisis con **control de salida** se estudian dos casos: salida sumergida y salida no sumergida.

Salida sumergida: en este caso la carga H, o energía necesaria para hacer circular un gasto dado por la alcantarilla, se emplea en vencer las pérdidas de entrada, pérdidas por frotamiento, evaluadas con la ecuación de Manning, y altura de velocidad en la salida.

Por consiguiente, se calcula con la siguiente relación indicada en el Manual de Carreteras (3.703.304(1).1)

$$H = \left[1 + K_e + \frac{19,6n^2L}{R^{4/3}} \right] \frac{v^2}{19,6} \quad (C.2)$$

siendo:

K_e = coeficiente de pérdida de carga en la entrada (0,4 para este caso)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0,012 para el hormigón)

L = longitud de la alcantarilla en metros (se trabajará con el valor correspondiente al terraplén más alto y por ende la alcantarilla más larga, $L = 155$ m)

R = radio hidráulico en metros (razón entre área y perímetro mojado, para alcantarilla cuadrada es igual a $b \cdot h_{liq} / (b + 2h_{liq}) = 9/9 = 1$ para salida sumergida y cajón lleno)

v = velocidad media en alcantarilla (Q/A en m/s)

$Q = 28,29$ m³/s (verificación caudal que permite condición $H_e = 3,3$ m para alcantarilla con control de entrada)

Con estos datos, la carga H es igual a 0,977 m ($H = 0,977$ m). Esta carga corresponde a la diferencia ente la línea de energía en la sección de entrada y la cota piezométrica en la sección de salida. Sin embargo, en general, debido a que la velocidad en el remanso es pequeña se supone que la línea de energía es coincidente con el nivel de aguas a la entrada.

Calculada la carga H , el nivel de aguas a la entrada (H_e) se calcula sumando la carga al nivel de aguas a la salida de la alcantarilla. Este nivel se puede suponer como la altura normal a la salida y calcularlo empleando la fórmula C.3. Como esta solución es para salida sumergida, el nivel en la salida debería ser mayor o igual a 3 metros, pero la altura normal obtenida mediante la ecuación es igual a 1,4 m por lo que esta solución no aplica.

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} = \frac{(b \cdot h_n)^{5/3}}{(b + 2h_n)^{2/3}} \quad (C.3)$$

h_n = altura normal

Salida no sumergida: la condición de escurrimiento lleno en parte de la longitud del conducto se produce cuando la profundidad del agua a la entrada (H_e) medida desde el nivel de la superficie del remanso, es igual o mayor que:

$$D + (1 + K_e) \frac{v^2}{2g} \quad (C.4)$$

D = altura de la alcantarilla (3 m)

Ingresando los datos a la ecuación C.4 se obtiene el valor de 3.71 m > 3,3 m por lo que se presentará superficie libre en todo el conducto, con lo que se concluye que la alcantarilla no posee control de salida y se comporta con control de entrada para la condición $H_e = 3,3$ m y $Q = 28,29$ m³/s.

Este análisis es verificado con el software de diseño de alcantarillas HY-8, indicado en el Manual de Carreteras, obteniendo los resultados que se indican en la tabla C.1.

| HY-8 Analysis Results | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth(m) | Outlet Control Depth(m) | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.0* | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3.00 | 0.69 | 0.69 | 0.0* | 0.30 | 0.47 | 0.30 | 0.30 |
| 6.00 | 1.10 | 1.10 | 0.0* | 0.46 | 0.74 | 0.48 | 0.47 |
| 9.00 | 1.44 | 1.44 | 0.0* | 0.62 | 0.97 | 0.62 | 0.62 |
| 12.00 | 1.76 | 1.76 | 0.0* | 0.75 | 1.18 | 0.77 | 0.76 |
| 15.00 | 2.07 | 2.07 | 0.0* | 0.88 | 1.37 | 0.91 | 0.89 |
| 18.00 | 2.35 | 2.35 | 0.0* | 1.00 | 1.55 | 1.05 | 1.01 |
| 21.00 | 2.63 | 2.63 | 0.0* | 1.12 | 1.71 | 1.17 | 1.13 |
| 24.00 | 2.91 | 2.91 | 0.0* | 1.24 | 1.87 | 1.30 | 1.24 |
| 27.00 | 3.19 | 3.19 | 0.0* | 1.35 | 2.03 | 1.42 | 1.35 |
| 28.29 | 3.31 | 3.31 | 0.0* | 1.40 | 2.09 | 1.47 | 1.40 |

*theoretical depth is impractical

Tabla C.1: resultados obtenidos por software HY-8 para cajón simple

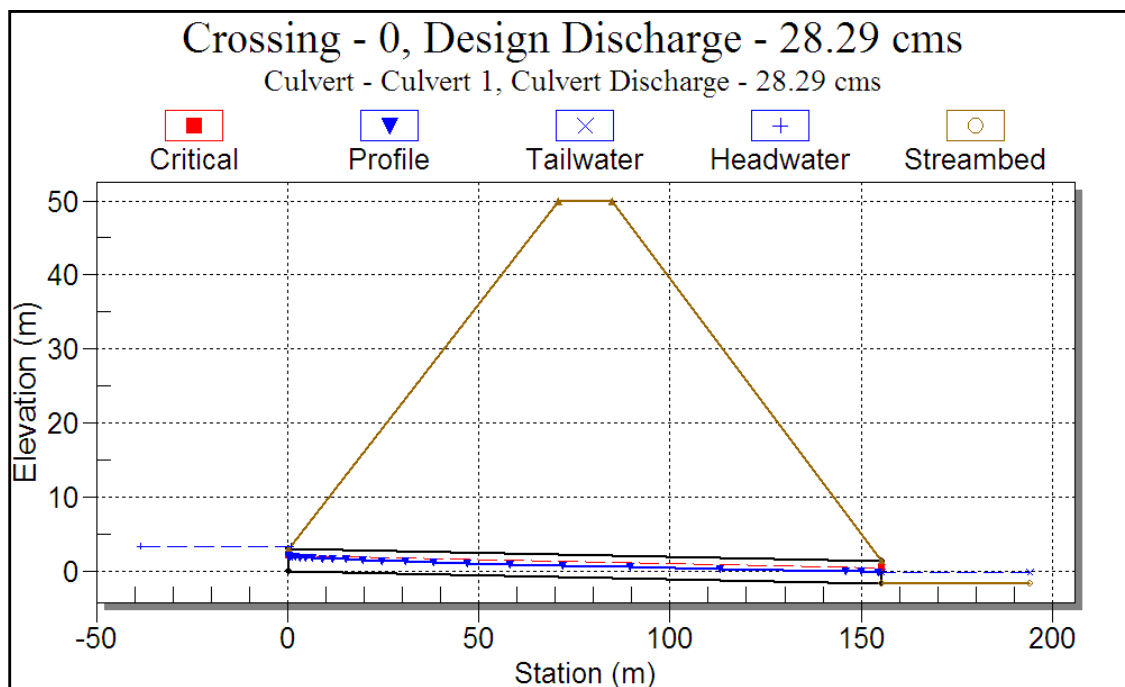


Gráfico C.1: resultados obtenidos por software HY-8 para cajón simple

Se aprecia que la profundidad en la entrada calculando con control de entrada (Inlet Control Depth) es igual a 3,31 m y que la profundidad con control de salida (outlet control depth) no es aplicable. También se muestran las alturas normal y crítica (normal depth y critical depth), además se aprecia que efectivamente la altura normal corresponde a la profundidad aguas abajo (tailwater depth).

Dado que los cálculos fueron desarrollados para un cajón de 3 x 3 m, el caudal de diseño para el cajón triple equivale a **84,87 m³/s**.

Realizando la verificación para este último caudal con el software HY-8, escogiendo la opción de cajón triple (numero of barrels = 3), se obtienen los siguientes resultados.

| HY-8 Analysis Results | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Culvert Discharge (cms) | Headwater Elevation (m) | Inlet Control Depth(m) | Outlet Control Depth(m) | Normal Depth (m) | Critical Depth (m) | Outlet Depth (m) | Tailwater Depth (m) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0* | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8.60 | 0.67 | 0.67 | 0.0* | 0.29 | 0.45 | 0.29 | 0.60 |
| 17.20 | 1.07 | 1.07 | 0.0* | 0.45 | 0.72 | 0.46 | 0.98 |
| 25.80 | 1.40 | 1.40 | 0.0* | 0.60 | 0.94 | 0.60 | 1.31 |
| 34.40 | 1.70 | 1.70 | 0.0* | 0.73 | 1.14 | 0.75 | 1.62 |
| 43.00 | 2.00 | 2.00 | 0.0* | 0.85 | 1.33 | 0.88 | 1.93 |
| 51.60 | 2.28 | 2.28 | 0.0* | 0.97 | 1.50 | 1.01 | 2.22 |
| 60.20 | 2.55 | 2.55 | 0.0* | 1.09 | 1.66 | 1.13 | 2.51 |
| 68.80 | 2.81 | 2.81 | 0.0* | 1.20 | 1.82 | 1.26 | 2.80 |
| 77.40 | 3.08 | 3.08 | 3.08 | 1.31 | 1.96 | 1.96 | 3.08 |
| 84.87 | 3.31 | 3.31 | 3.31 | 1.40 | 2.09 | 2.09 | 3.32 |

*theoretical depth is impractical

Tabla C.2: resultados obtenidos por software HY-8 para cajón triple

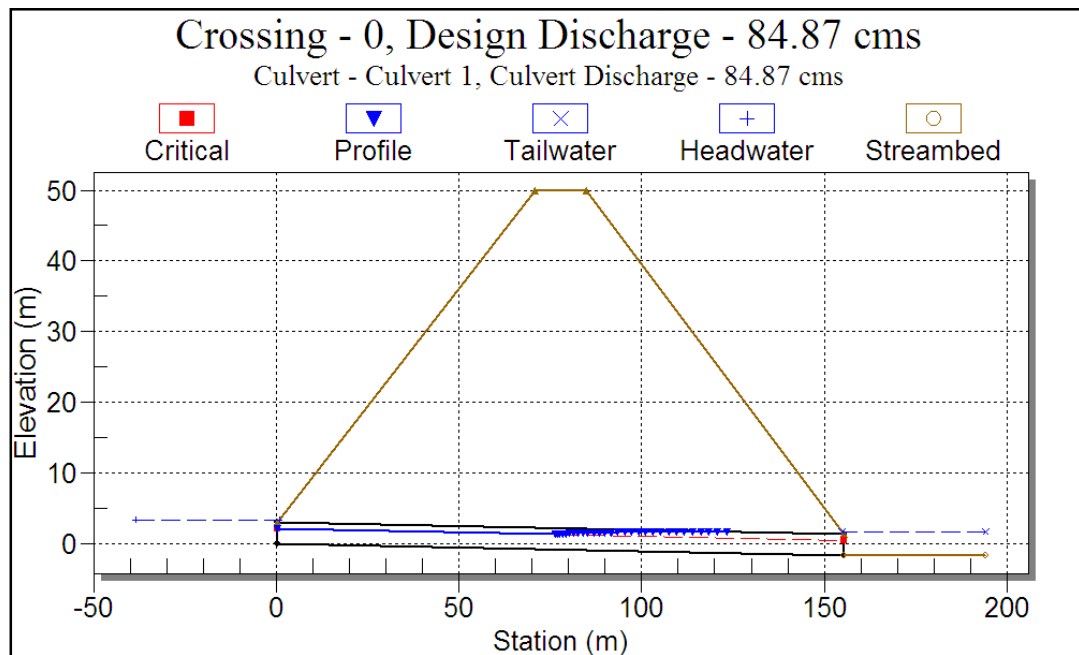


Gráfico C.2: resultados obtenidos por software HY-8 para cajón triple

Obteniéndose el valor $H_e = 3,31$ m del mismo modo que el calculado para cajón simple, cumpliéndose la condición principal requerida por el Manual de Carreteras.

Es importante notar que en este caso la altura normal difiere de la profundidad aguas abajo de la alcantarilla, estando ésta sumergida, pero con el valor calculado con control de salida idéntico al determinado con control de entrada.

Quedará en manos del Ingeniero Hidráulico estimar en qué zonas y bajo qué condiciones se producirá el caudal previsto anteriormente. Para esto, deberá desarrollar un análisis hidrológico minucioso de acuerdo a la realidad del proyecto, considerando un período de retorno de diseño de 100 años, verificando a 150 años. Será necesario realizar un estudio de la cuenca hidrográfica así como determinar el caudal de diseño complementando los diversos métodos que existen para aquello, tales como análisis de observaciones en el punto de interés, obtención de curvas intensidad-duración-frecuencia de lluvias, mediante el método racional, método DGA, utilización de hidrogramas unitarios o el análisis regional de crecidas.