



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

INGENIERÍA DE DETALLES PARA EL MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN
DEL CANAL MAL PASO, COPIAPÓ, REGIÓN DE ATACAMA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ROLANDO GERMÁN ITURRIAGA GARAY

PROFESOR GUÍA:
ARNALDO AUGUSTO SANTANDER HORTA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ADOLFO SEGUNDO OCHOA LLANGATO
MIGUEL ÁNGEL SANTIBÁÑEZ FLORES

SANTIAGO DE CHILE
2021

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil
POR: Rolando Germán Iturriaga Garay
FECHA: 16/07/2021
PROFESOR GUÍA: Arnaldo Santander Horta

INGENIERÍA DE DETALLES PARA EL MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DEL CANAL MAL PASO, COPIAPÓ, REGIÓN DE ATACAMA

El trabajo de título presenta y describe la consultoría realizada durante el desarrollo de la ingeniería de detalles del proyecto Mejoramiento de la Conducción de Aguas del Canal Mal Paso, y los resultados de ésta, la cual fue encomendada por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas del gobierno de Chile a la empresa en la que el autor prestaba servicios.

El canal Mal Paso es una obra de riego construida en los años 1968 -1969; cuyo principal objetivo fue evitar las pérdidas por conducción que se producían en un tramo del río Copiapó. El canal se proyectó y construyó para conducir un total de $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$. En el año 2012 se llama a licitación pública para el diseño definitivo y de detalles de su mejoramiento, esto dado que el canal se encontraba sobredimensionado y a que los escasos caudales disponibles se veían mermados debido al envejecimiento y precario estado de la obra, así como por infiltraciones, pérdidas y extracciones ilegales de aguas. En este contexto, la consultoría que se expone consideró como solución a los problemas mencionados el entubamiento del canal Mal Paso, el cual se extiende entre las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla en una longitud de 10,55 km.

En el proyecto se considera una tubería de HDPE de 42", pendiente de 1,25‰ y un caudal de diseño de 1.000 l/s. Se diseñan 145 cámaras de inspección, 11 obras relacionadas con las entregas a canales derivados y una serie de obras anexas tanto para la operación como su conservación, todo lo anterior repercute en un aumento en torno al 33% de la superficie de riego beneficiada, una menor probabilidad de obstrucciones, mejores condiciones de operación y se eliminan las infiltraciones, las cuales, junto a las tomas ilegales, significaban una pérdida cercana al 25%.

El trabajo de título contempla la recopilación y análisis de antecedentes, consideraciones para el diseño preliminar, criterios y caudales de diseño, descripción y análisis de alternativas junto a sus presupuestos, descripción del levantamiento topográfico y de la mecánica de suelos, diseño definitivo junto a los modelamientos hidráulicos y estructurales pertinentes, presupuesto, etapas y programa de construcción, así también como reseñas al manual de operación y mantención y a los documentos de licitación desarrollados durante la consultoría.

El costo total determinado durante la elaboración del proyecto para la construcción del canal fue de \$4.344 millones de pesos a precios privados y de \$4.134 millones a precios sociales, mientras que el VAN, calculado según el beneficio agrario fue de \$276 millones a precios privados y de \$4.623 millones a precios sociales, lo cual finalmente justificó la inversión.

A la memoria de mis padres, Laura y Germán

AGRADECIMIENTOS

Si tuviera que listar a todas aquellas personas que de una u otra forma me acompañaron y apoyaron en este largo proceso tendría que escribir un anexo extra a esta memoria, pero haré un intento, muchas gracias a todos por ser también parte de esto.

Mis agradecimientos a la escuela de Ingeniería de nuestra casa de estudios, a cada uno de los profesores que tuve a lo largo de mi proceso formativo y en especial al Profesor Adolfo Ochoa, por tomar este complejo proyecto y con su empuje y constancia ayudarme a sacarlo adelante.

A Arnaldo y Miguel por no haber dudado un minuto en entregarme su apoyo y dirigir este trabajo de título, por las incontables conversaciones sobre la titulación y que finalmente se concluye, gracias por ser parte de este cierre de ciclo.

A Macarena Zapata, subdirectora de Gestión Docente, por todo el apoyo administrativo entregado, por guiarme en los pasos a seguir y por hacer un poco más sencillo este período.

A todos aquellos amigos que siempre me empujaron a cerrar esta etapa, en especial a Alejandro G., de múltiples y eternas conversaciones, a José Ignacio, Sergio C., Mauricio, Manuel, Marcelo y a mis compañeros de la vida, Cristian, Carru, Negro V., gracias también a Sebastián G., a la Kila y al Drink Team.

Y mis especiales agradecimientos a mis familias:

Aquella en la que nací, crecí y que me soportó durante mis años de estudiante, a mis padres y a mi hermano Rubén, a mi abuela Inés, que no están para compartir este momento pero que sin duda nos acompañan, a Malú por entregarme su sonrisa y ánimo cuando era una pequeña niña y a mi hermana Nancy, mi eterno soporte por entregarme siempre todo su apoyo.

A la familia que elegí, compuesta por aquellos amigos que pasaron a ser mis hermanos, desde el colegio hasta la escuela de Ingeniería de nuestra casa de estudios.

Y a aquella que con mucho amor formamos con mi incondicional esposa Mirian y nuestras dos amadas hijas, Dominga y Fernanda. Señora, sin su cariño, apoyo, paciencia y empuje esto nunca hubiese sido posible.

A todos ustedes: ¡Gracias Totales!

Resumen	
Dedicatoria	
Agradecimientos	

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. General	1
1.2. Objetivo General	1
1.3. Objetivos específicos.....	2
1.3.1. Recopilación de Antecedentes.....	2
1.3.2. Diseño Preliminar	2
1.3.3. Trabajos de Terreno	2
1.3.4. Diseño Definitivo y Evaluación Económica.....	2
1.3.5. Informe Final	3
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
2.1. Información General	4
2.2. Área de Estudio	4
2.3. Descripción del Canal	6
2.4. Objetivos del Estudio de Ingeniería	7
2.5. Definiciones Técnicas para el Desarrollo de la Consultoría	7
CAPÍTULO 3. RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....	9
3.1. Descripción de los Antecedentes.....	9
3.2. Diagnóstico del Canal al Momento de la Consultoría.....	9
3.3. Visita Técnica.....	10
CAPÍTULO 4. CRITERIOS Y CAUDALES DE DISEÑO	16
4.1. Generalidades Criterios de Diseño	16
4.2. Diseño en Acueducto	16
4.2.1. Ecuación de Manning	16
4.2.2. Velocidad de Escurrimiento	16
4.2.3. Sobreelevación en Curvas.....	17
4.2.4. Trazado en Planta	17
4.2.5. Cámaras de Inspección	18
4.2.6. Otras Consideraciones	18

4.3. Diseño en Presión.....	19
4.3.1. Generalidades	19
4.3.2. Ventosas.....	19
4.3.3. Tuberías	20
4.4. Caudales de Diseño	22
4.4.1. Oferta de Agua.....	22
4.4.2. Demanda de Agua.....	26
4.4.3. Incidencia del Nivel Nulo de Pérdidas	26
4.4.4. Estimación de Pérdidas en el Canal.....	26
CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	31
5.1. Generalidades	31
5.2. Caudal de Diseño	31
5.3. Prediseño Hidráulico	31
5.3.1. Dimensionamiento en Acueducto.....	31
5.3.2. Dimensionamiento en Presión	34
5.4. Trazado en Planta	37
5.4.1. Trazado en Planta y Perfil.....	39
5.4.2. Cámaras en Acueducto	39
5.4.3. Cámaras en Presión.....	39
5.5. Análisis de Interferencias	40
5.5.1. Diseño en Acueducto.....	40
5.5.2. Diseño en Presión	41
CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS	42
6.1. Análisis de Precios Unitarios	42
6.2. Presupuesto Interferencias.....	43
6.3. Presupuesto Alternativas	43
CAPÍTULO 7. DESCRIPCIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	46
7.1. Aspectos Generales	46
7.2. Metodología	47
7.2.1. Vinculación de PRs a la Red del IGM.....	47
7.2.2. Red de PR	47
7.2.3. Levantamiento de Faja a Escala 1:500	47
7.2.4. Levantamientos de Obras de Arte escala 1:200.....	48
7.2.5. Perfil Longitudinal del Río Copiapó	48
7.2.6. Replanteo	48

CAPÍTULO 8. DESCRIPCIÓN DE LA MECÁNICA DE SUELOS.....	49
8.1. Antecedentes Mecánica de Suelos	49
8.1.1. Exploración del Subsuelo	49
8.1.2. Perfil Estratigráfico.....	50
8.1.3. Situación Napa Freática.....	51
8.1.4. Emplazamiento de Calicatas.....	51
8.1.5. Otras Consideraciones	52
8.2. Parámetros Para el Diseño de Fundaciones.....	53
8.2.1. Nivel del Sello de Fundación.....	53
8.2.2. Propiedades Mecánicas del Suelo de Fundación.....	53
8.2.3. Tensiones de Contacto Admisibles en el Suelo de Fundación	53
8.2.4. Constante de Balasto.....	54
8.2.5. Consideraciones NCh 433 Of.96	54
8.3. Tasa de Infiltración.....	54
8.4. Empuje de Suelos	54
8.5. Empréstito	55
8.6. Especificaciones Técnicas Constructivas Generales – Mecánica de Suelos.....	56
8.6.1. Método de Excavación	56
8.6.2. Tratamiento de la Sobre Excavación	56
8.6.3. Taludes de Excavación	56
8.6.4. Tratamiento del Sello.....	56
8.6.5. Protección en Caso de Lluvias.....	56
8.6.6. Rellenos Laterales.....	57
CAPÍTULO 9. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEFINITIVO.....	58
9.1. Alternativa de Diseño Seleccionada.....	58
9.2. Dimensionamiento en Acueducto	58
9.3. Trazado en Planta y Perfil	59
9.3.1. Cámaras Prefabricadas en acueducto:	59
9.3.2. Codos Prefabricados	61
9.3.3. Tubería Proyectada	62
9.3.4. Obras de Entrega.....	65
9.3.5. Muros de Boca.....	66
9.3.6. Obras de Protección Decantador existente	67
9.3.7. Obras Antes del Cruce del río Copiapó	67
9.3.8. Obras Después del Cruce del río Copiapó.....	67
9.4. Interferencias.....	68
9.5. Obras de Bypass Durante la Construcción.....	68
9.6. Resumen del Proyecto.....	69

CAPÍTULO 10. MODELAMIENTOS HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES.....	70
10.1. Eje Hidráulico Río Copiapó.....	70
10.1.1. Antecedentes.....	71
10.1.2. Cálculo Eje Hidráulico	71
10.1.3. Tramos Modelados y Condiciones de Borde.....	72
10.1.4. Resultados Modelación Hidráulica.....	73
10.1.5. Análisis de Resultados.....	77
10.1.6. Peraltes Borde Canal	81
10.2. Análisis Cuenca Meléndez.....	82
10.2.1. Análisis Hidrológico de la Cuenca	83
10.2.2. Análisis Hidráulico de la Descarga	85
10.2.3. Antecedentes Para la Modelación Hidráulica.....	88
10.2.4. Modelación Hidráulica y Resultados.....	89
10.2.5. Descripción de la Solución Adoptada	93
10.2.6. Análisis de los Costos de Construcción.....	94
10.3. Verificación Estructural Codos y Machones de Anclaje	95
10.3.1. Determinación de Cargas.....	96
10.3.2. Verificación de Estabilidad del Machón	97
CAPÍTULO 11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	100
11.1. Análisis de Partidas Relevantes	100
11.1.1. Suministro e Instalación de Tubo HDPE corrugado $D_{int} = 1065$ mm.	100
11.1.2. Relleno Seleccionado	101
11.1.3. Relleno Común Compactado Bajo y Sobre Tubería	101
11.1.4. Reacondicionamiento obras de entrega existentes	101
11.1.5. Confección By Pass	102
11.2. Presupuesto Definitivo Proyecto.....	103
11.2.1. Diseño, Mejoramiento y Construcción del canal Mal Paso.....	103
11.2.2. Presupuesto Expropiaciones	106
11.2.3. Costos Ambientales	108
11.2.4. Presupuesto Operación y Mantenición	109
11.2.5. Presupuesto Resumen.....	110
11.2.6. Resultados Evaluación Económica.....	111
CAPÍTULO 12. ETAPAS Y PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	112
12.1. Jornada de Trabajo.....	112
12.2. Movilización del Contratista.....	112
12.3. Instalaciones de Faena y Acceso a las Obras.....	112
12.4. Obras de Entubamiento.....	113
12.5. Plazo de Construcción.....	113

CAPÍTULO 13. RESEÑA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENCIÓN.....	117
13.1. Operación.....	117
13.2. Obstrucción en la Línea	118
13.3. Mantenimiento de la Red de Tuberías	118
13.4. Mantenimiento de las Cámaras de Inspección.....	120
13.5. Mantenimiento de la Poza Decantadora	122
13.6. Mantenimiento de las Obras de Entrega	124
13.7. Costos de Operación y Mantención	127
CAPÍTULO 14. DOCUMENTOS DE LICITACIÓN	129
CAPÍTULO 15. CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE TÍTULO.....	130
BIBLIOGRAFÍA	132
ANEXO 1. PRESUPUESTOS	133
Anexo 1.1. Precios Materiales y Maquinarias.....	133
Anexo 1.2. Listado de Partidas.....	135
Anexo 1.3. Precios Unitarios.....	138
Anexo 1.4. Presupuesto Interferencias	143
Anexo 1.5. Presupuesto Alternativas – Presión.....	149
Anexo 1.6. Presupuesto Alternativas – Acueducto	154
ANEXO 2. CUADRO DESCRIPTIVO DEL CANAL PROYECTADO	158
ANEXO 3. RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	162
Anexo 3.1. Resultados HEC RAS tramo 1	162
Anexo 3.2. Resultados HEC RAS tramo 2.....	166
Anexo 3.3. Resultados HEC RAS tramo 3.....	171
Anexo 3.4. Resultados HEC RAS tramo 4.....	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Obras catastradas en el canal Mal Paso – Especiales	14
Tabla 3.2: Obras catastradas en el canal Mal Paso – Entregas	14
Tabla 3.3: Obras en el canal Mal Paso – Caídas	15
Tabla 4.1: Coeficientes de rugosidad de Manning	16
Tabla 4.2: Velocidades límite de escurrimiento	16
Tabla 4.3: Variación estacional – Estación río Copiapó en la Puerta (DGA)	23
Tabla 4.4: Distribución de caudales en función del km, sin sistema de turnos (Q=1.200 l/s)	25
Tabla 4.5: Pérdidas en el canal	28
Tabla 5.1: Cálculo de escurrimiento para 1.200 [l/s]	32
Tabla 5.2: Cálculo de escurrimiento para 1.000 [l/s]	32
Tabla 5.3: Cálculo de escurrimiento para 800 [l/s]	33
Tabla 5.4: Cálculo de escurrimiento para 600 [l/s]	33
Tabla 5.5: Cálculo de escurrimiento para 400 [l/s]	33
Tabla 5.6: Dimensiones de tuberías de acero para diversos caudales	34
Tabla 5.7: Dimensiones de tuberías de HDPE para diversos caudales	36
Tabla 5.8: Interferencias en el trazado en acueducto - Identificación	40
Tabla 5.9: Interferencias en el trazado en acueducto - Características	41
Tabla 5.10: Interferencias en el trazado en presión - Identificación	41
Tabla 5.11: Interferencias en el trazado en presión - Características	41
Tabla 6.1: Presupuesto interferencias	43
Tabla 6.2: Presupuesto alternativas en acueducto con tubería HDPE corrugada	44
Tabla 6.3: Presupuesto alternativas en presión con tuberías de acero y HDPE	44
Tabla 8.1: Estratigrafía calicata N°6	50
Tabla 8.2: Ubicación calicatas	51
Tabla 8.3: Propiedades mecánicas suelo (Grava – GP)	53
Tabla 8.4: Especificaciones de empréstito para rellenos	55
Tabla 9.1: Cálculo de escurrimiento para 1.000 [l/s]	58
Tabla 9.2: Elementos prefabricados	61
Tabla 9.3: Resumen por tramos de tubería, cámaras y codos	63
Tabla 10.1: Caudales de crecidas según periodo de retorno	71
Tabla 10.2: Definición régimen de escurrimiento	71

Tabla 10.3: Condición de eje hidráulico según corriente	72
Tabla 10.4: Tramos del canal con posible influencia del río y CB adoptadas	72
Tabla 10.5: Sub tramos del canal con probable influencia del río y resguardos adoptados	77
Tabla 10.6: Precios peralte a precios privados	81
Tabla 10.7: Precios peralte a precios sociales	81
Tabla 10.8: Costo construcción obras de protección	81
Tabla 10.9: Parámetros Cuenca Meléndez	83
Tabla 10.10: Precipitaciones máximas de diseño en 24 horas [mm].....	83
Tabla 10.11: Parámetros morfológico de áreas rurales (AR), Método Hidrograma Unitario	84
Tabla 10.12: Caudales máximos instantáneos. Cuencas aportantes al área de estudio	84
Tabla 10.13: Parámetros y crecidas de cuencas sobre 10 km ²	85
Tabla 10.14: Rendimiento y Q _{Máx} instantáneo T= 100 años Cuenca Meléndez	85
Tabla 10.15: Resultados hidráulicos T _r = 100 años – Camino	91
Tabla 10.16: Resultados hidráulicos T _r = 100 años – Colector	91
Tabla 10.17: Análisis de precios unitarios canal colector	94
Tabla 10.18: Costo directo de la construcción del canal colector proyectado	95
Tabla 10.19: Factores de seguridad en machones de anclaje	99
Tabla 10.20: Factores de Seguridad en curvas con codos sin machones de anclaje	99
Tabla 11.1: Presupuesto diseño y mejoramiento del canal Mal Paso – Precios privados	104
Tabla 11.2: Presupuesto diseño y mejoramiento del canal Mal Paso – Precios sociales	105
Tabla 11.3: Superficies afectas a expropiación	107
Tabla 11.4: Valorizaciones (UF)	107
Tabla 11.5: Costo total expropiaciones	107
Tabla 11.6: Costos ambientales durante la construcción – Precios privados	108
Tabla 11.7: Costos ambientales durante la construcción – Precios sociales	108
Tabla 11.8: Costos anuales de operación y mantenimiento – Precios privados	109
Tabla 11.9: Costos anuales de operación y mantenimiento – Precios sociales	109
Tabla 11.10: Costos del proyecto [\$].....	110
Tabla 11.11: Costos del proyecto [UF]	110
Tabla 11.12: Indicadores Económicos.....	111
Tabla 12.1: Definición de etapas para la construcción.....	113
Tabla 13.1: Mantenimiento red de tuberías	118
Tabla 13.2: Mantenimiento cámaras de inspección.....	120

Tabla 13.3: Mantenimiento poza decantadora.....	122
Tabla 13.4: Mantenimiento obras de entrega.....	124
Tabla 13.5: Requerimientos mantenimiento canal.....	127
Tabla 13.6: Costos anuales de operación y mantenimiento.....	128
Tabla 14.1: Documentos contenidos en las bases de licitación para la construcción.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación geográfica	5
Figura 2.2: Ubicación geográfica, acercamiento zona del estudio	5
Figura 2.3: Vista isométrica de Tierra Amarilla, inicio y fin del proyecto	6
Figura 3.1: Bocatoma 7 compuertas, inicio del Canal Mal Paso.....	10
Figura 3.2: Aforador satelital al inicio del canal, Km 0+286	10
Figura 3.3: Caída N°1, Km 0+322 – Caída típica de 3 m de altura.....	11
Figura 3.4: Caída N°4, Km 1+819 – Caída típica de 3 m de altura.....	11
Figura 3.5: Puente losa típico sobre el canal – Km 1+585	12
Figura 3.6: Obra de entrega (Toma Pedregal) – Km 2+971	12
Figura 3.7: Aforador Parshall típico – Km 10+612.....	13
Figura 3.8: Obra terminal – Km 10+788	13
Figura 4.1: Relación entre ε_1 y ε_0 en función del tiempo de operación de la tubería	20
Figura 4.2: Curva de variación estacional río Copiapó en la Puerta	24
Figura 4.3: Caudales observados al inicio del canal Mal Paso (Aforador JVRC 2011).....	25
Figura 4.4: Estimación de pérdidas en Canal Mal Paso	27
Figura 4.5: Estimación de pérdidas en Canal Mal Paso – Datos seleccionados.....	29
Figura 4.6: Relación entre caudal inicial y final en el Canal Mal Paso.....	30
Figura 5.1: Diámetro tubería acueducto v/s caudal de diseño	34
Figura 5.2: Diseño en acero	35
Figura 5.3: Diseño en acero (detalle).....	35
Figura 5.4: Diseño en HDPE	36
Figura 5.5: Diseño en HDPE (detalle).....	37
Figura 5.6: Superposición plano base 1967 y Google Earth	37
Figura 5.7: Tramo Km 3+430 al 4+821 (en verde el trazado actual)	38
Figura 5.8: Tramo Km 5+715 al 6+060 (en verde el trazado actual)	38
Figura 6.1 :Presupuesto alternativas acueducto y presión, resumen gráfico	45
Figura 8.1: Calicata N°6, aguas debajo de caída N°8.....	49
Figura 8.2: Calicata N°6	50
Figura 8.3: Ubicación general calicatas.....	52
Figura 8.4: Empuje sísmico NCh 433	55
Figura 9.1: Corte transversal de cámara de inspección tipo	60

Figura 9.2: Vista en planta de cámara de inspección tipo	60
Figura 9.3: Esquema codo de 2 cortes	62
Figura 9.4: Detalle instalación tubería HDPE	64
Figura 9.5: Esquema en planta de la obra de entrega	66
Figura 9.6: Corte longitudinal de la obra de entrega	66
Figura 9.7: Esquema muro de boca	67
Figura 10.1: Tramos del canal con posible influencia del río	73
Figura 10.2: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 1	73
Figura 10.3: Ejes hidráulicos – Tramo 1	74
Figura 10.4: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 2	74
Figura 10.5: Ejes hidráulicos – Tramo 2	75
Figura 10.6: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 3	75
Figura 10.7: Ejes hidráulicos – Tramo 3	76
Figura 10.8: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 4	76
Figura 10.9: Ejes hidráulicos – Tramo 4	77
Figura 10.10: Perfil transversal Km 0+100	78
Figura 10.11: Perfil transversal Km 0+150	78
Figura 10.12: Perfil transversal Km 0+950	78
Figura 10.13: Perfil transversal Km 1+000	78
Figura 10.14: Perfil transversal Km 1+050	78
Figura 10.15: Perfil transversal Km 1+100	78
Figura 10.16: Perfil transversal Km 4+550	79
Figura 10.17: Perfil transversal Km 4+650	79
Figura 10.18: Perfil transversal Km 4+900	79
Figura 10.19: Perfil transversal Km 5+000	79
Figura 10.20: Perfil transversal Km 5+100	79
Figura 10.21: Perfil transversal Km 5+200	79
Figura 10.22: Perfil transversal Km 5+950	80
Figura 10.23: Perfil transversal Km 6+150	80
Figura 10.24: Perfil transversal Km 10+100	80
Figura 10.25: Perfil transversal Km 10+300	80
Figura 10.26: Perfil transversal Km 10+500	80
Figura 10.27: Perfil transversal Km 10+650	80

Figura 10.28: Cuenca Meléndez y cauce principal orientada hacia el Norte	82
Figura 10.29: Isométrica Cuenca Meléndez.....	82
Figura 10.30: Ubicación del nudo vial con respecto a Tierra Amarilla	86
Figura 10.31: Acercamiento nudo vial	87
Figura 10.32: Detalle paso bajo nivel.....	87
Figura 10.33: Zona del estudio, canal lateral y descarga proyectados	88
Figura 10.34: Esquema de modelación.....	90
Figura 10.35: Eje hidráulico camino, colector y vertederos.....	92
Figura 10.36: Eje hidráulico camino y vertederos.....	92
Figura 10.37: Eje hidráulico colector	93
Figura 10.38: Diagrama de esfuerzos en curvas.....	96
Figura 10.39: Machón de anclaje	97
Figura 12.1: Resumen programa de construcción	114
Figura 12.2: Programa de construcción – Tramo 1	114
Figura 12.3: Programa de construcción – Tramo 2	114
Figura 12.4: Programa de construcción – Tramo 3	114
Figura 12.5: Programa de construcción – Tramo 4	115
Figura 12.6: Programa de construcción – Tramo 5	115
Figura 12.7: Programa de construcción – Tramo 6	115
Figura 12.8: Programa de construcción – Tramo 7	115
Figura 12.9: Programa de construcción – Tramo 8	116
Figura 12.10: Programa de construcción completo.....	116

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. General

El presente trabajo de título tiene como motivación principal presentar la experiencia del autor en el desarrollo de labores asociadas a proyectos en el ámbito de la Ingeniería Civil.

En lo que sigue se presenta la experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto “Ingeniería de Detalles para el Mejoramiento y Construcción del Canal Mal Paso, Copiapó, Región de Atacama”, cuyo mandante fue la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y consistió, esencialmente, en el diseño de detalles del mejoramiento de un sistema de riego, proyecto en el cual el autor trabajó durante 17 meses a contar del mes de junio de 2011 como integrante del equipo de la empresa Conic BF Ingenieros Consultores.

El estudio desarrollado consideró la intervención de diversas áreas del conocimiento, entre ellas las de ingeniería hidráulica, ingeniería estructural, hidrología, análisis ambiental, catastros, costos, programación de proyectos, mecánica de suelos, topografía, sociología, agronomía, comunicaciones, derecho, entre otras, lo que significó estar involucrado en la coordinación de un proyecto multidisciplinario, desde principio a fin.

La consultoría se articuló en base a 5 etapas:

- i. Recopilación de Antecedentes
- ii. Diseño Preliminar
- iii. Trabajos de Terreno
- iv. Diseño Definitivo y Evaluación Económica
- v. Informe Final

Todos los trabajos fueron desarrollados por la consultora, excepto las indicadas en el punto iii. que fueron subcontratadas, por lo que se asumieron como dato conocido (topografía, mecánica de suelos).

1.2. Objetivo General

El objetivo general del trabajo de título es el de presentar y describir el trabajo realizado durante el desarrollo de la ingeniería de detalles del proyecto Mejoramiento de la Conducción de Aguas del Canal Mal Paso, y los resultados de éste.

1.3. Objetivos específicos

El primer objetivo específico del trabajo de título es el de presentar cada una de las actividades en las que el alumno estuvo involucrado profesionalmente como así también las conclusiones, diseños y documentos generados a lo largo de la consultoría.

El trabajo de título se aboca a describir y desarrollar lo mencionado en el párrafo anterior, para ello se plantean una serie de objetivos que se sustentan en base a las mismas cinco etapas mostradas en la introducción general.

1.3.1. Recopilación de Antecedentes

El objetivo de este ítem es el de realizar una recopilación de todos los antecedentes que tengan relación con el objetivo general de este estudio y el de realizar un análisis crítico de éstos, de manera de seleccionar lo más relevante para los fines de este trabajo de título.

1.3.2. Diseño Preliminar

Esta etapa tiene como objetivo revisar los posibles trazados, obras de arte y otros aspectos propios de un prediseño de ingeniería, considerando los aspectos técnicos, legales y requerimientos de los usuarios del sistema, el diseño preliminar mostrará además las verificaciones de acuerdo con ese nivel de detalle.

1.3.3. Trabajos de Terreno

Se hará una descripción de los trabajos de mecánica de suelos y topografía que fueron encargados para cumplir con los objetivos de la consultoría

1.3.4. Diseño Definitivo y Evaluación Económica

El objetivo de este ítem será el de mostrar la evaluación de alternativas técnico – económicas, la selección y a continuación el diseño, a nivel de ingeniería de detalle, de las obras de la alternativa seleccionada y la presentación de las memorias de cálculo hidráulicas y estructurales desarrolladas durante la consultoría.

En función de lo anterior se mostrarán también las especificaciones técnicas de construcción, presupuestos detallados, etapas y programa de construcción y el manual de operación y mantenimiento de las obras diseñadas además de una reseña a la documentación necesaria para el llamado a Licitación de la construcción.

1.3.5. Informe Final

Con el trabajo desarrollado, el cual será presentado en estructura de capítulos se termina por confeccionar un resumen ejecutivo, complementado por el informe en extenso y una reseña sobre los documentos de licitación para la construcción del proyecto diseñado.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Información General

El canal Mal Paso es una obra de riego construida en los años 1968 -1969; cuyo principal objetivo fue evitar las pérdidas por conducción que se producían en el río Copiapó en el tramo comprendido entre Tierra Amarilla y Paipote. De esta forma y en atención a que en aquella época se regaba cada distrito por separado con el total del caudal del río (utilizando sistema de turnos), se proyectó y construyó una obra para conducir un total de 3.0 m³/s, con lo que se podía mejorar la seguridad de riego de los sectores de San Fernando, Punta Negra y Viñitas, además de los predios cercanos a la ciudad.

En el año 2012 se llama a licitación pública para el diseño definitivo y de detalles de su mejoramiento, esto dado que el canal se encontraba sobredimensionado, debido al aumento de la actividad minera en el sector y disminución de precipitaciones entre otros factores, y a que los escasos caudales disponibles se veían mermados debido al envejecimiento y precario estado de la obra que era utilizada por unos 500 regantes, mayoritariamente pequeños agricultores.

El canal presentaba una gran variabilidad de problemas que disminuían sustancialmente los escasos recursos hídricos existentes en la cuenca, de los cuales se destacaban: infiltraciones, pérdidas y extracciones ilegales de aguas, pérdidas de agua generadas por bañistas ocasionales (pozas, desbordes de aguas, otros) y un mal estado de obras de arte y entregas.

Además de estos problemas, el trazado del canal se veía enfrentado en algunos tramos a problemas referidos a servidumbres de paso, debido a la escasa regularización de éstas. De acuerdo con antecedentes de la construcción original, se habría expropiado una faja de 20 metros a cada lado del eje del canal sin que sea totalmente respetada, porque posiblemente no existiría inscripción al margen en los títulos de dominio.

En este contexto, la consultoría que se expone como trabajo de título, consideró como solución a los problemas mencionados el entubamiento del canal Mal Paso.

2.2. Área de Estudio

El área del proyecto se encuentra ubicada en la Región de Atacama, Provincia de Copiapó, y se extiende a las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. El canal tiene una longitud de 10,55 km, de los cuales aproximadamente 10 km fueron parte del proyecto.

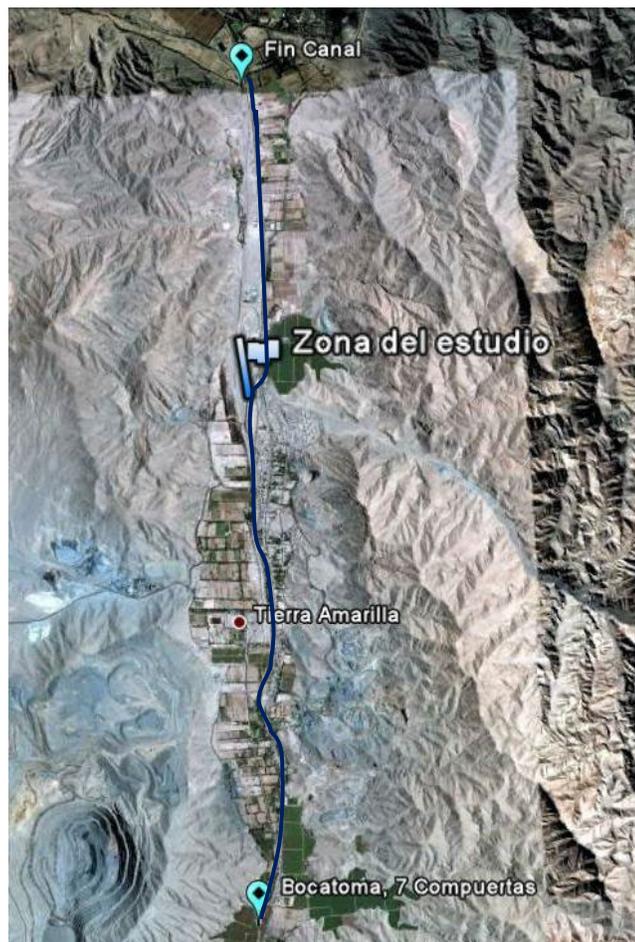
Figura 2.1: Ubicación geográfica



Fuente: Consultoría “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

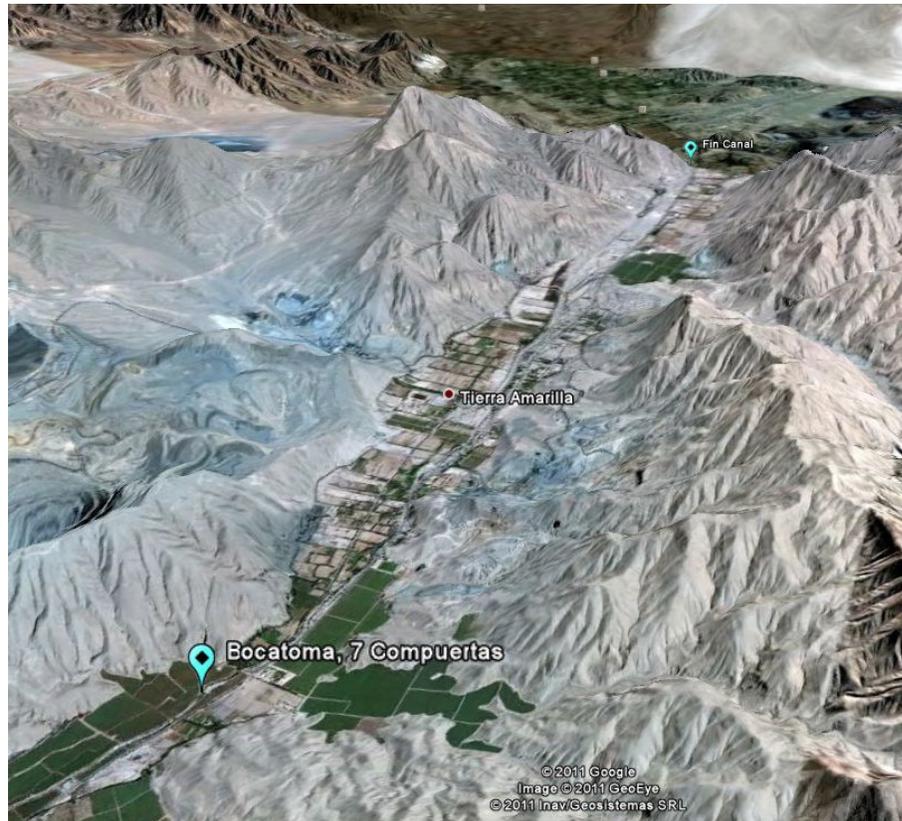
A continuación, se muestra un acercamiento a la zona del estudio y una isométrica del Pueblo de Tierra Amarilla, en donde se desarrolla la mayor parte del canal.

Figura 2.2: Ubicación geográfica, acercamiento zona del estudio



Fuente: Elaboración propia, extraído de software de uso libre Google Earth

Figura 2.3: Vista isométrica de Tierra Amarilla, inicio y fin del proyecto



Fuente: Elaboración propia, extraído de software de uso libre Google Earth

2.3. Descripción del Canal

La bocatoma del Canal Mal Paso se encuentra ubicada, aproximadamente en las coordenadas UTM 374.841 m Este, 6.955.196 m Norte, el canal corre en dirección norte y se desarrolla, en su primera mitad, en el costado poniente del cauce del río Copiapó, para luego cruzar al costado oriente mediante una alcantarilla. En la mayor parte de la zona de estudio, el canal corre junto al mencionado río.

Durante el desarrollo del canal, éste cuenta con aproximadamente 100 interferencias, de las cuales la mayor parte son atravesos y tuberías, ubicándose la primera, a sólo 200 metros de la bocatoma del canal.

Dentro de las interferencias que el autor del presente trabajo catastró en terreno se encuentran variados puentes de accesos prediales, tanto vehiculares como peatonales y alcantarillas para sortear cruces de caminos.

En la Figura 3.1 inserta en la página 10 se muestra una fotografía de la Bocatoma del Canal Mal Paso, mientras que en la Tabla 3.1 a la Tabla 3.3 se presentan resúmenes de las principales obras catastradas.

2.4. Objetivos del Estudio de Ingeniería

El objetivo general de la Consultoría fue el de desarrollar los estudios y trabajos necesarios, tanto de oficina como de terreno, para generar la ingeniería de detalle de la obra de Mejoramiento de la Conducción de Aguas del Canal Mal Paso. Este mejoramiento incluyó, básicamente el entubamiento de la sección del canal actual y la definición correspondiente para las entregas a canales derivados y las soluciones a interferencias y singularidades puntuales.

2.5. Definiciones Técnicas para el Desarrollo de la Consultoría

Como en todo estudio es necesario definir claramente cuáles son los alcances del trabajo a desarrollar, este caso no es la excepción, por lo que se listan a continuación aquellas definiciones que han sido las bases de la Consultoría en la cual el alumno participó.

- a) El inicio del canal, para los efectos del proyecto de entubamiento, se fija después de la primera caída, inmediatamente aguas abajo de una estación de control fluviométrica existente, propiedad de la DGA.
- b) El final del canal, para el mismo efecto, se define en el punto en el cual el canal se divide en dos canales derivados: (i) Punta Negra y (ii) San Fernando y Viñita, que se encuentra aproximadamente en el Km 10,55.
- c) El proyecto no incluye los canales derivados, sino solamente las entregas desde el canal matriz a cada uno y las entregas al final del canal (Según definición b).
- d) Las entregas de agua desde el canal entubado deben ser, en lo posible, mediante elementos tipo válvulas o similares, que permitan un control y medición del caudal entregado.
- e) El plan de construcción de las obras debe contemplar el no corte del suministro del recurso durante el desarrollo del proyecto.
- f) Para lo expresado en el punto (e), se consideran tuberías o acueductos de bypass en tramos dentro de la faja del canal.
- g) En aquellos terrenos en que la junta de vigilancia tenga servidumbres o sea propietaria (faja del canal), se considera además la alternativa de hacer bypass en los mencionados terrenos, o bien, utilizando tramos de canales derivados o tramos del río.
- h) Los bypass son solo propuestos, correspondiéndole luego a la empresa contratista encargada de la construcción la definición final de ellos, previa aprobación de la correspondiente inspección fiscal.
- i) De acuerdo con los turnos de riego del canal se abastecen tres días al sector de aguas arriba (distrito 7° de Tierra Amarilla) y cuatro días al sector de aguas abajo (distritos 8° y 9° de San Fernando). El sector de separación de los turnos corresponde a la compuerta Florida, ubicada aproximadamente en el km 7,94. De acuerdo con lo anterior, se puede considerar que los tres días en que sólo se abastece el sector de aguas arriba de la compuerta Florida es posible efectuar trabajos de construcción en el canal en el sector

aguas abajo, siempre y cuando, de acuerdo con la programación de la Junta de Vigilancia, no se contemplen entregas extra de agua a ese sector.

- j) Producto de la crecida del río Copiapó del año 1987, se vio afectado un tramo del canal y la reparación posterior consideró una modificación en su trazado. Por lo anterior, se debe considerar el análisis de los sectores de riesgo del canal, este ítem demanda la necesidad de realizar un estudio de mecánica fluvial en tramos del río Copiapó de modo de asegurar que el proyecto de entubamiento quede con una protección adecuada frente a futuros eventos de crecidas del río Copiapó.
- k) Las pérdidas del canal, medidas mediante una estación de control fluviométrico de la DGA existente al inicio del canal y de un aforador tipo Parshall ubicado al final, se estiman, preliminarmente, en el rango de 70 a 80 l/s cuando el canal se encuentra limpio y más de 150 l/s con el canal sin mantención.
- l) El proyecto de entubamiento, además de actuar sobre el problema de pérdidas de agua, también lo debe hacer sobre otros aspectos que para la junta de vigilancia son de gran relevancia, tales como: el arrojamiento de basura, captaciones de agua no controladas y la intervención de personas dentro del canal. Problemas que inciden fuertemente en los costos de mantención y limpieza anual del canal.
- m) Los beneficios atribuibles al proyecto de entubamiento del canal deben ser, a lo menos, los siguientes: (i) eliminación de las pérdidas de agua, con lo cual se logra una mayor dotación de agua por acción, que se traduce en una mayor superficie regada y/o cambio a cultivos de mayor rentabilidad y (ii) disminución de los costos de mantención y limpieza anual del canal.
- n) Se debe procurar que el trazado de la conducción con tubería que reemplazaría al canal existente este sólo en la faja del canal para evitar nuevos procesos expropiatorios adicionales.
- o) La inspección y mantenimiento de la red de tuberías debe quedar garantizada mediante cámaras de inspección.
- p) Se debe determinar la propiedad de todos los lotes de la faja del canal, cosa que está a cargo del equipo legal de la empresa.
- q) El canal presenta un total de 23 caídas de aproximadamente 3 metros de desnivel y 11 entregas a canales derivados, para cuyas entregas es necesario respetar la cota existente.

CAPÍTULO 3. RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

3.1. Descripción de los Antecedentes

Para el desarrollo del estudio hubo una serie de antecedentes que se tuvieron a la vista para su correcta ejecución, entre ellos se cuenta:

- a) Escritura de traspaso de la propiedad del canal Mal Paso a la Junta de Vigilancia Río Copiapó (JVRC).
- b) Plano original Canal Mal Paso 1967.
- c) Informe Básico Preliminar Situación Franja de Servidumbre Canal Matriz Mal Paso. (JVRC, junio 2010).
- d) Plano de expropiación Ruta C-35.
- e) Ortofoto CIREN de roles de propiedades colindantes con el Canal.
- f) Catastro de atravesos Junta de Vigilancia río Copiapó 2010
- g) Minuta de Acuerdo DOH JVRC (mayo 2011)
- h) Estudio de mejoramiento del embalse Lautaro, Consultora Luis San Martin, 2008.
- i) Normativa de MIDEPLAN para presentación de proyectos de riego.
- j) Metodología para la formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con fines Múltiples Mideplan (marzo 2011).
- k) Estadística de caudales de la JVRC.

3.2. Diagnóstico del Canal al Momento de la Consultoría

El canal Mal Paso presentaba un revestimiento construido en 1968 en mal estado en general, en varias zonas ya no existían las losetas de los taludes y en otros las losetas se encontraban prácticamente destruidas por la vegetación que crecía entre sus uniones.

Como ya anteriormente se ha mencionado, la Junta de Vigilancia del Río Copiapó estimó que las pérdidas van entre 80 l/s y 150 l/s, además de lo anterior existían múltiples extracciones ilegales de aguas y pérdidas de agua generados por bañistas ocasionales (pozas, desbordes de aguas, otros).

Se comprobó que las obras de arte en general se encontraban en buen estado, con excepción de algunas entregas.

3.3. Visita Técnica

Además del catastro realizado se hizo una visita técnica en que se realizaron reuniones en terreno con el Inspector Fiscal (I.F.), con el director de Obras Hidráulicas de la región Atacama y la Junta de Vigilancia del Río Copiapó, además de lo anterior se recorrieron todas las obras del canal junto con el personal de la junta de Vigilancia.

En las fotografías a continuación se muestran algunos puntos que se consideraron relevantes del canal.

Figura 3.1: Bocatoma 7 compuertas, inicio del Canal Mal Paso



Figura 3.2: Aforador satelital al inicio del canal, Km 0+286



Figura 3.3: Caída N°1, Km 0+322 – Caída típica de 3 m de altura



Figura 3.4: Caída N°4, Km 1+819 – Caída típica de 3 m de altura



Figura 3.5: Puente losa típico sobre el canal – Km 1+585



Figura 3.6: Obra de entrega (Toma Pedregal) – Km 2+971



Figura 3.7: Aforador Parshall típico – Km 10+612



Figura 3.8: Obra terminal – Km 10+788



Las obras catastradas se agrupan en 5 tipos: obras especiales, entregas, caídas, cruces de tuberías y cruces puente losa, las tres primeras se identifican a continuación.

Tabla 3.1: Obras catastradas en el canal Mal Paso – Especiales

Código	Interferencia	Km	Coordenadas	
			Norte [m]	Este [m]
OA-002	Bocatoma	0+000	6.955.197	374.840
OA-005	Aforador JVRC2	0+286	6.955.460	374.942
OA-006	Atraveso Estación Fluviométrica DOH	0+309	6.955.478	374.954
OA-061	Entrada Alcantarilla	5+908	6.960.848	374.665
OA-062	Salida Alcantarilla	5+993	6.960.918	374.719
OA-091	Aforador JVRC1	9+825	6.964.692	374.685
OA-096	Aforador Unificado	10+614	6.965.460	374.573

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2: Obras catastradas en el canal Mal Paso – Entregas

Código	Interferencia	Km	Coordenadas	
			Norte [m]	Este [m]
OA-001	Entrega 1 Las Arayas	0-028	6.955.175	374.842
OA-012	Entrega 2 San Ramón	1+207	6.956.324	375.002
OA-022	Entrega 3 Palermo	2+204	6.957.281	374.782
OA-034	Entrega 4 Pedregal	2+971	6.958.023	374.663
OA-041	Entregas 5, 6 y 7	3+392	6.958.439	374.662
OA-045	Entrega 8 Bellavista	3+807	6.958.813	374.797
OA-050	Entrega 9 Terawaki Ronseco	4+713	6.959.683	374.772
OA-053	Entrega 10 Zabala	5+080	6.960.039	374.723
OA-057	Entrega 11 Alcaparrosa	5+700	6.960.530	374.732
OA-066	Entrega 12 Buitrón y recuperación río	6+445	6.961.352	374.667
OA-080	Entrega 13 La Florida	8+177	6.963.064	374.811
OA-093	Entrega 14 Viñitas	10+180	6.965.038	374.647
OA-095	Entrega 15 Viñitas Auxiliar	10+598	6.965.445	374.571
OA-098	Entrega San Francisco Punta Negra	10+788	6.965.618	374.512

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3: Obras en el canal Mal Paso – Caídas

Código	Interferencia	Km	Coordenadas	
			Norte [m]	Este [m]
OA-007	Caída 1	0+322	6.955.484	374.966
OA-009	Caída 2	0+799	6.955.934	375.051
OA-013	Caída 3	1+237	6.956.352	374.994
OA-018	Caída 4	1+819	6.956.906	374.870
OA-023	Caída 5	2+233	6.957.305	374.776
OA-031	Caída 6	2+607	6.957.666	374.708
OA-036	Caída 7	2+992	6.958.041	374.659
OA-042	Caída 8	3+419	6.958.463	374.661
OA-047	Caída 9	3+882	6.958.880	374.828
OA-049	Caída 10	4+328	6.959.306	374.827
OA-051	Caída 11	4+738	6.959.705	374.758
OA-054	Caída 12	5+101	6.960.059	374.732
OA-058	Caída 13	5+599	6.960.550	374.731
OA-067	Caída 14	6+481	6.961.389	374.660
OA-070	Caída 15	6+917	6.961.818	374.729
OA-073	Caída 16	7+157	6.962.048	374.778
OA-077	Caída 17	7+642	6.962.530	374.796
OA-081	Caída 18	8+198	6.963.085	374.816
OA-083	Caída 19	8+564	6.963.447	374.811
OA-086	Caída 20	9+004	6.963.882	374.766
OA-088	Caída 21	9+423	6.964.299	374.731
OA-092	Caída 22	9+874	6.964.737	374.677
OA-094	Caída 23	10+337	6.965.191	374.621

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4. CRITERIOS Y CAUDALES DE DISEÑO

4.1. Generalidades Criterios de Diseño

Los presentes Criterios de Diseño y Bases de Cálculo corresponden a aquellos adoptados para el desarrollo del análisis de selección de alternativas de diseño para el Canal Mal Paso. En particular analizaron las siguientes opciones:

- Diseño en escurrimiento libre (acueducto).
- Diseño en presión.

Para el primer caso se evaluó el uso de HDPE (corrugado exteriormente) y para el dimensionamiento en presión se analizó el diseño empleando tubería de acero y HDPE PE 100 (tubería lisa).

4.2. Diseño en Acueducto

4.2.1. Ecuación de Manning

Se considera la expresión de Manning con los coeficientes detallados a continuación.

Tabla 4.1: Coeficientes de rugosidad de Manning

Tipo de Canalización	Revanchas	Velocidades
Cajón de Hormigón fabricado in Situ	0,014	0,013
Tubería de Cemento Comprimido	0,014	0,013
Tubería HDPE	0,011	0,009

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Velocidad de Escurrimiento

Tabla 4.2: Velocidades límite de escurrimiento

Tipo de Canalización	Velocidad de escurrimiento [m/s]		
	Máxima	Crítica	Mínima
Cajón de Hormigón fabricado in Situ	3,0	4,0 a 5,0	0,6
Tubería de Cemento Comprimido	3,0	4,0 a 5,0	0,6
Tubería HDPE y PVC (*)	2,5	3,0	0,6
Canales Revestidos Hormigón Liso	2,0	3,0	0,6

Fuente: Elaboración propia

(*) Las velocidades máximas para estos materiales se definieron considerando la norma NCh1105Of99

4.2.3. Sobreelevación en Curvas

La sobreelevación más las turbulencias de la superficie libre por el talud externo deberá ser verificada con la siguiente expresión:

$$\nabla y = C \cdot \frac{v^2 \cdot T}{g \cdot R} \quad \text{Ecuación N°4.1}$$

Donde:

- Δy : Sobre elevación más turbulencias de la superficie libre (m)
- C : Coeficiente dependiente de la geometría del canal, de la curva y el número de Froude.
- T : Ancho superficial del escurrimiento (m).
- v : velocidad del flujo (m/s)
- g : Aceleración de gravedad (m/s^2).
- R : Radio de curvatura del eje del canal (m)

Para flujos subcríticos en canales rectangulares y trapeciales C vale 0,5 y para flujos supercríticos C vale 1,0.

4.2.4. Trazado en Planta

Para el trazado en planta, se debieron tener en cuenta los siguientes criterios:

- Minimizar las interferencias con tuberías o instalaciones de otros servicios existentes o en proyecto.
- Consideraciones constructivas en relación con espacios disponibles, interferencias de tránsito, etc.
- Minimizar cambios de alineamientos
- Conservar las cotas de entrega existentes al momento del estudio.

Siempre es necesario adaptar el trazado de un canal a la topografía de la zona, por lo cual era imperativo el contemplar curvas. En las curvas de un canal el agua se peralta por el talud exterior de la curva disminuyendo la revancha hidráulica. Para garantizar revanchas aceptables en flujos subcríticos el radio mínimo de curvatura está dado por:

$$R \geq (3 \text{ a } 5) \cdot T \quad \text{Ecuación N°4.2}$$

Donde:

R : Radio de curvatura del eje del canal (m)

T : Ancho superficial del canal (m)

En flujos supercríticos el radio mínimo de curvas circulares está dado por la siguiente expresión:

$$R \geq 4 \frac{v^2 \cdot T}{g \cdot y} \quad \text{Ecuación N°4.3}$$

Donde:

R : Radio de curvatura al eje del canal (m)

v : velocidad del escurrimiento a la entrada de la curva (m/s)

T : Ancho superficial del escurrimiento (m).

g : Aceleración de gravedad (m/s²).

y : Profundidad de escurrimiento del canal para el factor de fricción mínimo esperable (m)

4.2.5. Cámaras de Inspección

Con el objetivo de realizar una adecuada mantención del ducto se proyectó la instalación de cámaras de inspección cuya ubicación se definió de acuerdo a los siguientes criterios.

- Distancia máxima entre cámaras menor a 100 metros.
- Trampa de sedimentos en cada cámara de inspección

4.2.6. Otras Consideraciones

- Aquellos ductos que se proyectaron unidos por medio de una cámara de inspección lo debían hacer de tal manera de asegurar que la cota clave de aquel de aguas arriba sea mayor a la del ducto de aguas abajo.
- Pendiente considerada $\geq 0,1\%$
- $h_n/D \leq 0,7$
- Diseño en acueducto en régimen subcrítico, para ello respetar la relación $h_n/ h_c \geq 1,1$

4.3. Diseño en Presión

4.3.1. Generalidades

Se debieron respetar las siguientes consideraciones.

- Carga máxima admisible de diseño en la Cámara de Carga de inicio = 2,0 m.
- Vida útil = 30 años.
- Las aducciones deberían tener control hidráulico desde aguas arriba con tramos mixtos en presión / acueducto, de igual forma se debía verificar para resistir la presión estática (condición sin flujo).
- Tubería de acero de costura helicoidal bajo norma ASTM A36.
- Código de Diseño de la impulsión de acero AWWA M11.
- Los espesores en el caso de los ductos de acero se calcularon de acuerdo a las expresiones correspondientes a la Norma AWWA M11- C200.

4.3.2. Ventosas

En diseño en presión se privilegiará el uso de tuberías de venteo en vez de ventosas para minimizar mantención.

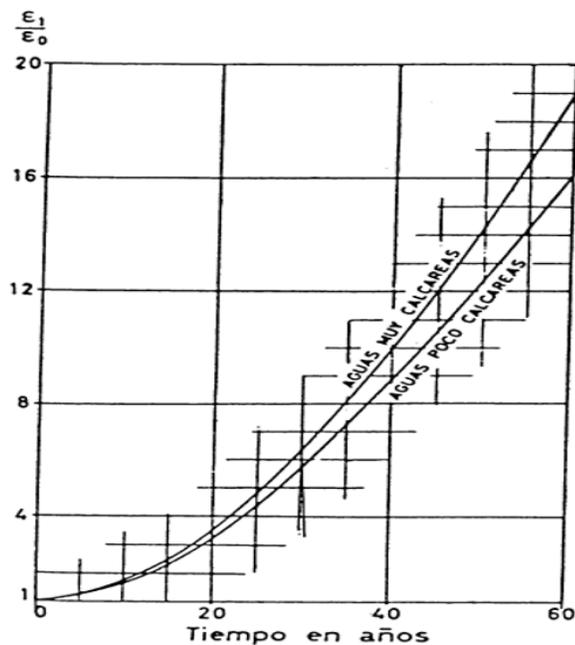
Con respecto a las ventosas, éstas se ubicarán según los siguientes los criterios normalmente utilizados para definir la ubicación y tipo de mecanismo a utilizar:

- Aguas abajo de la alimentación principal
- En promedio cada 500 m de conducción
- En cambios bruscos de pendiente, para evitar probables vacíos al evacuar la línea
- En puntos altos
- En trazados paralelos al gradiente hidráulico
- En tramos largos de subida.
- Aumentos de pendiente con respecto a línea piezométrica.
- Tramos largos en descenso.

4.3.3. Tuberías

- Rugosidad tubería inicio “ ϵ_0 ” de la operación (acero) = 0,015 mm (variable hasta un máximo a los 30 años “ ϵ_1 ” igual a 0,075 mm), según Figura 4.1.
- Rugosidad HDPE = 0,011 mm (cte.)
- Incrustación de diseño (sólo acero) = 0,1 mm/año.
- Pérdidas de carga friccionales calculadas con Colebrook White.
- Factor de seguridad “FS” sobre las pérdidas de carga friccionales igual al 5% adicional (para incluir pérdidas singulares a nivel global).

Figura 4.1: Relación entre ϵ_1 y ϵ_0 en función del tiempo de operación de la tubería



Para el cálculo de los espesores de ductos de acero se utilizaron las siguientes expresiones correspondientes a la Norma AWWA M11- C200.

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot f \cdot \sigma_0} \text{ (mm)} \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.4$$

Donde,

- t : Espesor estructural para soportar presión máxima de trabajo (mm).
- f : Factor de trabajo respecto del esfuerzo de fluencia según (f = 0,50 para régimen estacionario; f = 0,75 para régimen transiente).
- σ_0 : Límite de fluencia del acero a utilizar, 36.000 psi para acero ASTM A36.
- P : Presión máxima de trabajo de la tubería (psi).
- D : Diámetro exterior de la tubería (mm).

Para las tuberías de acero se debió verificar la siguiente expresión para evitar abolladuras durante el transporte (AWWA M11):

$$t \geq D/288 \quad (mm) \qquad \text{Ecuación N}^\circ 4.5$$

Se hicieron además las verificaciones para soportar la subpresión de colapso por vacío al final de su vida útil de modo que:

$$P_c > P_{min} = 1ATM - P_v = 9,79 \text{ mca} \qquad \text{Ecuación N}^\circ 4.6$$

Con:

- P_c : Presión de colapso admisible de la tubería (diferencia entre presión ext. e interior, se asume que el relleno exterior se encuentra a presión atmosférica, i.e. no saturado).
- 1 ATM : Presión Atmosférica a 300 msnm = 9,97 m.c.a.
- P_v : Presión de Vapor a 16°C = 0,18 m.c.a.

P_c se obtiene mediante la siguiente expresión (AWWA M11, Chap. 4.4):

$$P_c = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \left(\frac{t}{D} \right)^3 \qquad \text{Ecuación N}^\circ 4.7$$

Con:

- E : Módulo de elasticidad del acero (30.000.000 psi).
- ν : Módulo de Poisson (0,3 para acero)
- t : Espesor estructural para soportar presión máxima de trabajo (mm).
- D : Diámetro exterior de la tubería (mm).

Las velocidades máximas de operación admisibles fueron las siguientes:

Velocidad máxima en tramos en presión (sección llena) : 3 m/s.

Velocidad máxima en tramos en acueducto : 6 m/s.

Esta última condición impuso una restricción en la pendiente del trazado a considerar, la cual se determinó por la siguiente expresión:

$$I_{M\acute{a}x} = \left[n \cdot V_{M\acute{a}x} \cdot \left(0,25 \cdot D \cdot \left(1 - \frac{\sin(\theta)}{\theta} \right) \right)^{\frac{-2}{3}} \right]^2 \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.8$$

Y finalmente el ángulo “ θ ” se obtuvo de la siguiente relación:

$$\theta - \sin(\theta) = \frac{8 \cdot Q}{V_{M\acute{a}x} \cdot D^2} \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.9$$

Donde:

θ : Ángulo en radianes

Q : Caudal en m³/s

D : Diámetro interior en m

V_{máx} : Velocidad máxima en m/s

I_{máx} : Pendiente máxima de la conducción en %

4.4. Caudales de Diseño

4.4.1. Oferta de Agua

Los antecedentes con que se contaba para definir el caudal de diseño son, por un lado, la disponibilidad de agua en el río Copiapó, dado en gran medida por los caudales en la estación Copiapó en la Puerta y por otro lado los caudales observados al inicio del Canal Mal Paso por una estación de monitoreo remota, que reporta en forma remota la altura de agua de un aforador tipo Parshall.

Los caudales de la estación río Copiapó en la Puerta con los que se contó para la elaboración de la consultoría se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Variación estacional – Estación río Copiapó en la Puerta (DGA)

Pex (%)	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	ene	feb	mar
5	5,476	5,288	5,143	3,705	3,604	4,612	4,128	5,494	5,805	7,570	7,285	5,010
10	4,103	3,994	3,975	3,191	3,117	3,578	3,460	4,100	4,503	5,488	5,542	4,224
20	2,958	2,909	2,958	2,654	2,608	2,688	2,794	2,931	3,311	3,764	3,980	3,405
50	1,734	1,736	1,796	1,844	1,840	1,686	1,856	1,670	1,840	1,941	2,113	2,167
85	1,099	1,118	1,131	1,125	1,157	1,125	1,122	1,008	0,892	1,011	0,969	1,067
95	0,931	0,952	0,936	0,798	0,848	0,965	0,835	0,830	0,583	0,768	0,613	0,568
Dist	L3	L3	L3	L3	G	G	L3	L2	L3	L2	L2	G

Fuente: Diagnóstico y Clasif. de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Copiapó. Cade Idepe. Dic 2004

Las curvas de variación estacional se muestran en la Figura 4.2.

La Estación Río Copiapó en la Puerta está ubicada al principio del distrito III, aguas arriba del inicio de la bocatoma del Canal Mal Paso.

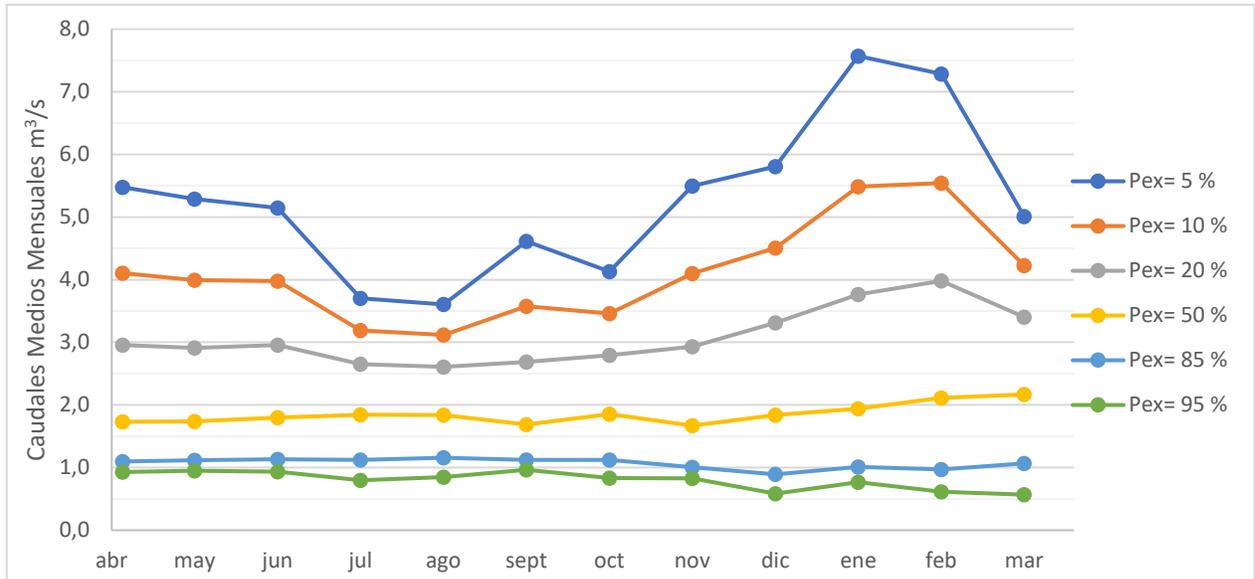
Se analizó para valores característicos de Copiapó en la Puerta los caudales que llegarían a Canal Mal Paso, considerando las extracciones de los distritos III, IV, V y VI, antes de llegar los recursos al Canal.

Por ejemplo, para un caudal 85% en enero, equivalente a 1.011 l/s, implica aproximadamente 400 l/s disponibles para Canal Mal Paso (Valor típico de disponibilidad en el canal).

Se hizo un análisis simplificado en donde se vio cómo se distribuían los caudales considerando los turnos existentes y suponiendo que todos los canales de un turno regaban en forma continua esos días, lo que no sucedía en la realidad, ya que para canales de pocos derechos se restringía más aún el periodo del turno de modo de manejar un caudal mayor a 20 l/s.

Se hizo el mismo análisis con la situación de disponibilidad 50% para enero en Copiapó en la Puerta, lo que implicó un caudal en La Puerta de 1,94 m³/s, lo que entregaba una disponibilidad de aproximadamente 780 l/s en la Bocatoma del Canal Mal Paso.

Figura 4.2: Curva de variación estacional río Copiapó en la Puerta



Fuente: elaboración propia

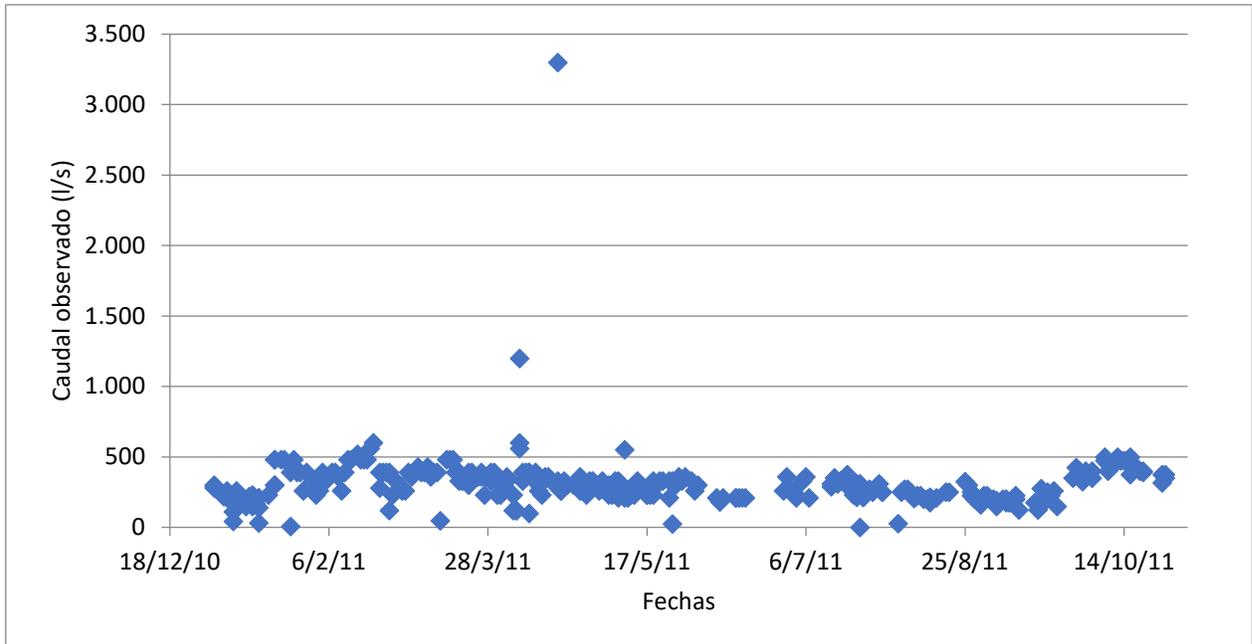
Para un caudal de 1.200 l/s en Canal Mal Paso, implicaba tener una disponibilidad de 3.000 l/s en Copiapó en la Puerta, lo que equivalía aproximadamente a un periodo de retorno de 1 cada 3 años.

De lo anterior se propuso que, para efectos del análisis de alternativas, se considerara un caudal máximo de porteo de diseño igual a 1.200 l/s a lo largo de toda la obra, además de ello, en cada una de las reuniones realizadas con los representantes de la comunidad y con aquellas con el personal de la junta de vigilancia del río Copiapó era justamente ese caudal el que ellos habían considerado.

Cabe señalar que un diseño en tubería para 1.200 l/s, con una caudal de operación que en la práctica estará entre 450 l/s a 550 l/s, implica una sobredimensión del orden del 50% de la obra pero que será capaz de funcionar en condiciones de mayor disponibilidad.

Para mostrar lo anterior (caudal de operación), en la Figura 4.3 se presentan los caudales medidos en la canaleta Parshall al inicio del Canal, donde se observa que la mayor parte de los caudales estaban bajo los 500 l/s.

Figura 4.3: Caudales observados al inicio del canal Mal Paso (Aforador JVRC 2011)



Fuente: elaboración propia

Se analizó la situación teórica en que todos los sub - canales se abastecen en forma continua. En la Tabla 4.4 se muestra como para un caudal en la bocatoma de 7 compuertas de 1.200 l/s, iría disminuyendo en función de cada una de las 13 entregas existentes en ese momento. Se observa que en el km 8 el caudal reducido llegaría a 665 l/s.

Tabla 4.4: Distribución de caudales en función del km, sin sistema de turnos (Q=1.200 l/s)

Entrega	km	Caudal [l/s]		
		Llegada	Pasante	Entrega
Comunidad las Arayas	0-028,0	1.200,0	1.158,0	42,0
Compuerta San Ramón	1+207,0	1.158,0	1.121,1	36,9
Palermo	2+204,0	1.121,1	1.033,6	87,5
Pedregal 1	2+971,0	1.033,6	1.016,3	17,3
Las Rosas - Los Pastos / Pedregal 2 y 3	3+392,0	1.016,3	927,9	88,4
Bellavista	3+806,6	927,9	856,9	71,0
Terawaki Ronseco	4+713,1	856,9	828,3	28,6
Zabala	5+079,6	828,3	790,1	38,2
Alcaparrosa	5+699,6	790,1	760,6	29,5
Buitrón	6+444,9	760,6	728,9	31,7
La Florida	8+176,9	728,9	665,4	63,5
Viñitas	10+179,9	665,4	571,8	93,6
San Francisco Punta Negra	10+787,9	571,8	0,0	571,8

Fuente: elaboración propia

4.4.2. Demanda de Agua

De acuerdo con los antecedentes agronómicos consignados en el informe de referencia “Mejoramiento del Embalse Lautaro” (Consultora Luis San Martín, año 2008), se obtuvo la demanda de los sectores involucrados y la demanda proyectada futura para el agua superficial, siendo que el mes de máxima demanda fue diciembre con $0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ para el sector VII y $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$ para el sector VIII. Es decir, la demanda máxima que se tenía era del orden de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para la situación proyectada la demanda aumenta a $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para el sector VII y levemente a $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$ para el sector VIII.

Esto demostró que tanto para la situación que se analizaba durante la consultoría como en la futura era la disponibilidad del recurso el parámetro principal a considerar en la decisión del caudal de diseño.

4.4.3. Incidencia del Nivel Nulo de Pérdidas

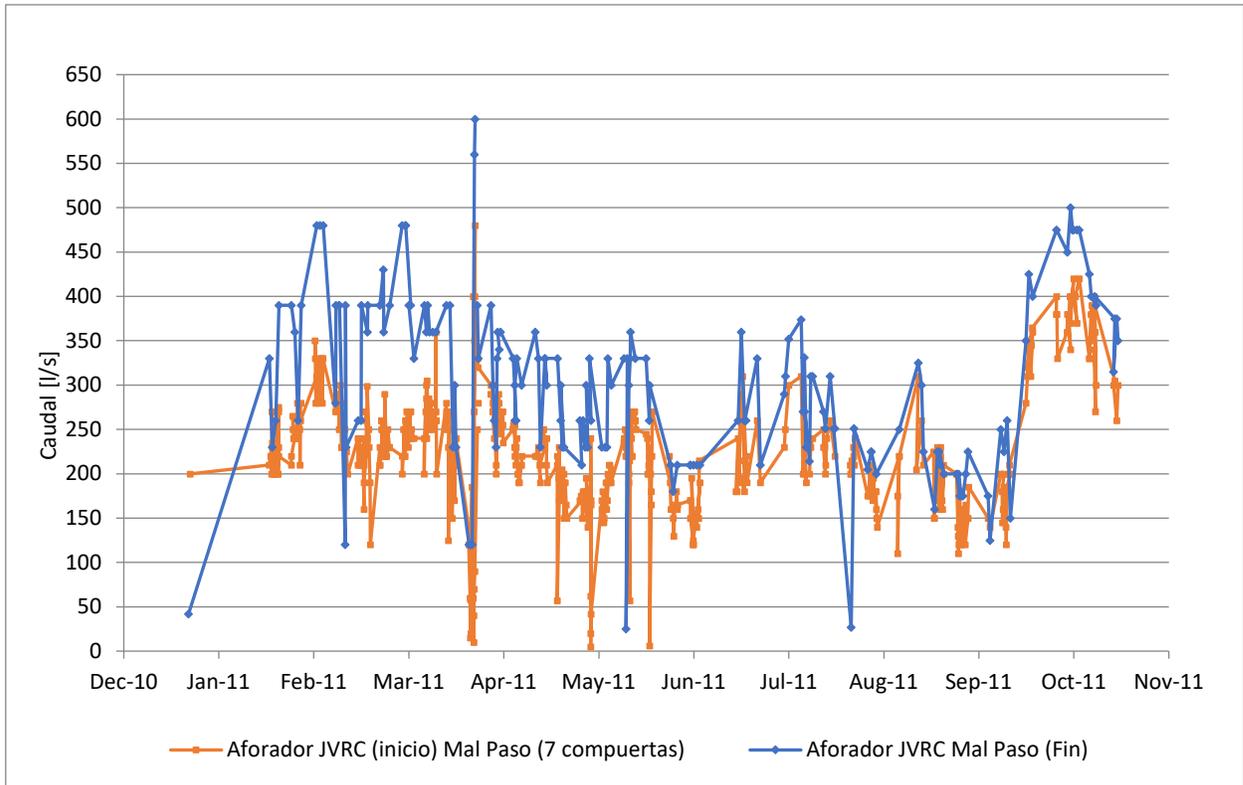
En la situación con proyecto se produce un aumento de disponibilidad de recursos para los regantes, este valor había sido estimado por la Junta de Vigilancia del Río Copiapó en aproximadamente un 30%. En efecto al analizar algunos valores de los caudales medidos en los dos puntos de control que posee la JVRC, uno en la cabecera y otro antes de la primera entrega del tramo que abarca el segundo turno en el km 9,6, se observa que el 4 de febrero de 2011 se midió 390 l/s en cabecera y 270 l/s en el km 9,6, esto implica una pérdida en los 9,6 km de 120 l/s , es decir un 30%.

4.4.4. Estimación de Pérdidas en el Canal

Se contó con datos de mediciones de caudal entre febrero y octubre de 2011 del Aforador JVRC (inicio) Mal Paso (7 compuertas) y del Aforador JVRC Mal Paso (Fin), proporcionados por la Junta de vigilancia río Copiapó.

Se procedió a extraer del listado las mediciones realizadas durante el segundo turno, es decir, entre los días martes a las 18 horas y sábado a las 18 horas de cada semana, y con los datos obtenidos se analizó la baja de caudal entre uno y otro punto para poder estimar cuál es la magnitud de las pérdidas entre ellos y se elaboró con estos resultados el gráfico de estimación de pérdidas, de modo de observar la diferencia entre ambas curvas, esto se muestra en la Figura 4.4.

Figura 4.4: Estimación de pérdidas en Canal Mal Paso



Fuente: elaboración propia

Con los datos obtenidos se hizo un nuevo filtro, en este se buscaron mediciones al inicio y al final del canal, de forma tal que la diferencia temporal entre éstas esté comprendida entre 1 y 4 horas, considerando que el tiempo aproximado que demora un volumen de control en recorrer la distancia que separa ambos aforadores es de aproximadamente 2,7 horas a una velocidad de 1,0 m/s.

Se calculó la pérdida porcentual entre ambos puntos y se eliminaron aquellos datos que mostraban variaciones fuera de rango, las cuales son atribuidas a problemas puntuales de medición. Estos resultados son mostrados en la Tabla 4.5 a continuación.

Tabla 4.5: Pérdidas en el canal

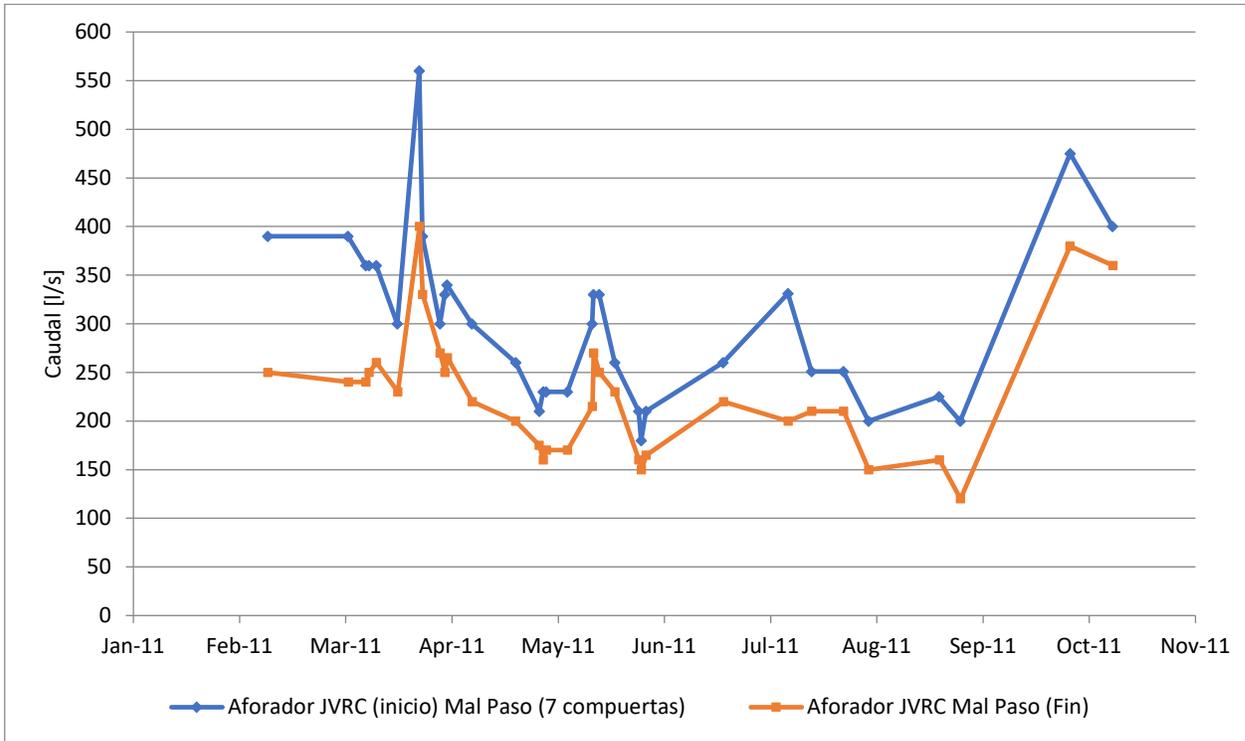
Aforador JVRC Mal Paso (Inicial)				Aforador JVRC Mal Paso (Fin)				Delta Tiempo	Pérdida Porcentual
Caudal [l/s]	Día	Fecha	Hora	Caudal [l/s]	Día	Fecha	Hora		
390,0	Mi	23-02-11	22:45	250,0	Ju	24-02-11	00:20	1:35	36%
390,0	Vi	18-03-11	14:41	240,0	Vi	18-03-11	17:30	2:49	38%
360,0	Mi	23-03-11	14:16	240,0	Mi	23-03-11	16:30	2:14	33%
360,0	Ju	24-03-11	13:24	250,0	Ju	24-03-11	15:17	1:53	31%
360,0	Sá	26-03-11	13:50	260,0	Sá	26-03-11	16:30	2:40	28%
300,0	Vi	01-04-11	12:55	230,0	Vi	01-04-11	16:20	3:25	23%
560,0	Ju	07-04-11	17:15	400,0	Ju	07-04-11	19:50	2:35	29%
390,0	Vi	08-04-11	14:42	330,0	Vi	08-04-11	17:40	2:58	15%
300,0	Mi	13-04-11	13:03	270,0	Mi	13-04-11	16:40	3:37	10%
330,0	Ju	14-04-11	22:00	250,0	Vi	15-04-11	00:40	2:40	24%
340,0	Vi	15-04-11	13:25	265,0	Vi	15-04-11	17:10	3:45	22%
300,0	Vi	22-04-11	13:56	220,0	Vi	22-04-11	18:00	4:04	27%
260,0	Mi	04-05-11	22:55	200,0	Ju	05-05-11	00:06	1:11	23%
210,0	Mi	11-05-11	15:29	175,0	Mi	11-05-11	16:30	1:01	17%
230,0	Ju	12-05-11	16:40	160,0	Ju	12-05-11	20:00	3:20	30%
230,0	Vi	13-05-11	13:10	170,0	Vi	13-05-11	17:00	3:50	26%
230,0	Ju	19-05-11	12:31	170,0	Ju	19-05-11	16:30	3:59	26%
300,0	Ju	26-05-11	13:10	215,0	Ju	26-05-11	17:00	3:50	28%
330,0	Ju	26-05-11	22:09	270,0	Vi	27-05-11	00:02	1:53	18%
330,0	Sá	28-05-11	12:49	250,0	Sá	28-05-11	16:15	3:26	24%
260,0	Mi	01-06-11	23:19	230,0	Ju	02-06-11	00:30	1:11	12%
210,0	Mi	08-06-11	16:55	160,0	Mi	08-06-11	19:30	2:35	24%
180,0	Ju	09-06-11	10:15	150,0	Ju	09-06-11	12:30	2:15	17%
210,0	Vi	10-06-11	17:50	165,0	Vi	10-06-11	21:45	3:55	21%
260,0	Sá	02-07-11	13:00	220,0	Sá	02-07-11	16:30	3:30	15%
331,0	Mi	20-07-11	21:10	200,0	Ju	21-07-11	00:15	3:05	40%
251,0	Mi	27-07-11	13:15	210,0	Mi	27-07-11	14:30	1:15	16%
251,0	Vi	05-08-11	13:10	210,0	Vi	05-08-11	15:50	2:40	16%
200,0	Vi	12-08-11	15:03	150,0	Vi	12-08-11	17:50	2:47	25%
225,0	Ju	01-09-11	13:07	160,0	Ju	01-09-11	16:15	3:08	29%
200,0	Mi	07-09-11	13:50	120,0	Mi	07-09-11	16:00	2:10	40%
475,0	Sá	08-10-11	13:30	380,0	Sá	08-10-11	14:50	1:20	20%
400,0	Ju	20-10-11	13:35	360,0	Ju	20-10-11	17:00	3:25	10%

Fuente: elaboración propia con datos aportados por la JVRC

Estos datos seleccionados mostraron una pérdida promedio entre ambos puntos de un 24%, siendo la máxima de ellas de un 40%.

En la Figura 4.5 se muestra la estimación de pérdidas sólo con los datos seleccionados mostrados en la Tabla 4.5, en donde se observa claramente la diferencia de las curvas de caudal entre ambos puntos.

Figura 4.5: Estimación de pérdidas en Canal Mal Paso – Datos seleccionados

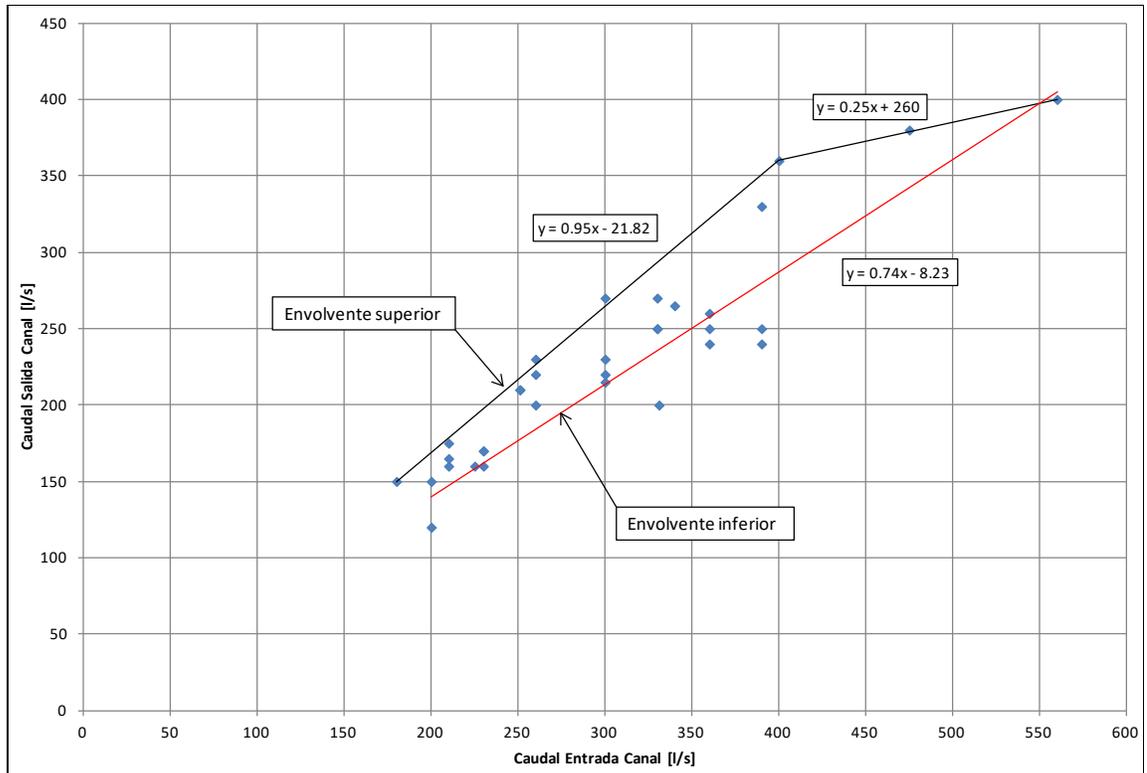


Fuente: elaboración propia

Para efectos de caracterización de las pérdidas se observa que el caudal final del canal depende del caudal inicial y, por lo tanto, las pérdidas de agua son también función del caudal inicial.

En la Figura 4.6, se muestra la relación que existe entre el caudal inicial del canal y el caudal final, para los datos seleccionados en la Tabla 4.5.

Figura 4.6: Relación entre caudal inicial y final en el Canal Mal Paso



Fuente: elaboración propia

En la figura recién mostrada, se definió una envolvente superior que representó el mayor caudal final posible de esperar, dado un caudal inicial. Es decir, representa la menor pérdida esperada y, por lo tanto, es un valor conservador para el cálculo de éstas. Se ha dividido en dos tramos la relación para caudales de entrada menores a 400 l/s y para caudales de entrada mayores a 400 l/s. Para el primer rango las pérdidas para caudales de entrada entre 200 y 400 l/s, varían desde 15% a 10% respectivamente y para caudales de 400 a 600 l/s, varían entre 10% a 31%.

Se considero una envolvente inferior promedio, que represente una alternativa de sensibilidad en los análisis económicos. Esta relación arroja que para caudales entre 200 y 600 l/s, la pérdida está entre 30% a 27% respectivamente.

CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

5.1. Generalidades

Es importante mencionar que el estudio de alternativas se desarrolla a nivel conceptual, siendo que, sólo la alternativa seleccionada se ejecuta a nivel de ingeniería de detalles.

Como se mencionó al principio del capítulo anterior, se analizaron principalmente dos formas de escurrimiento: en presión y en acueducto.

En el caso del escurrimiento en presión se revisaron dos tipos de materiales: acero y HDPE, este último se consideró en diversas clases en función de la presión existente a lo largo de la tubería, éstas fueron PN 10, PN 8, PN6 y PN4.

Para el caso de escurrimiento en acueducto, solo se consideró HDPE corrugado, ya que la alternativa de realizarlo en tuberías de cemento comprimido fue descartada en un primer análisis dados los tiempos de construcción involucrados versus la alternativa en HDPE.

5.2. Caudal de Diseño

De acuerdo con lo expuesto en el capítulo 5, se analizaron distintos caudales de diseño, válidos en la situación existente en ese momento (sistema de turnos) lo que implicó diámetro constante en cada alternativa. Se consideraron los caudales 1.200 l/s, 1.000 l/s, 800 l/s, 600 l/s y 400 l/s para cuantificar el impacto económico de éstos en los costos del proyecto. Se agregó un caso adicional para analizar el impacto que tiene el actual sistema de turnos en los costos del proyecto, este análisis posibilita la disminución de caudal en función de la longitud, lo que permite disminuir diámetros en función de las entregas en el canal.

Además de lo anterior se verificó el comportamiento de la tubería al funcionar con un 50%, 30% y 10% del caudal de diseño y se determina el máximo caudal que podría portear.

5.3. Prediseño Hidráulico

5.3.1. Dimensionamiento en Acueducto

De acuerdo a los criterios mostrados en el capítulo anterior se estableció que el diseño sería en régimen subcrítico para $Bn/Bc \geq 1,1$.

En la Tabla 5.1 a la Tabla 5.5 se muestran los diversos diámetros que fueron obtenidos para los caudales analizados, así también como la pendiente de diseño para cada uno de ellos. También, se incluye el análisis de las características del escurrimiento para un 50%, 30% y 10% del caudal de diseño.

Se observa que la relación B_n/B_c cumplió con el criterio en todos los casos (con caudal de diseño), además se cumplió con los rangos de velocidad permitidos incluso con caudales menores a los de diseño ($0,6 \text{ m/s} < v < 2,5 \text{ m/s}$).

Con respecto a la relación entre altura normal de escurrimiento y el diámetro $H_n/D < 0,7$ se observa que también se cumplió, a excepción del caso en que se determinó el máximo caudal que podría contener la tubería sin entrar en presión, en donde se impuso como condición que $H_n/D < 0,94$.

Tabla 5.1: Cálculo de escurrimiento para 1.200 [l/s]

			50%	30%	10%	Máx. Q
Caudal	[l/s]	1.200	600	360	120	1.658
Diámetro	[m]	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
Pendiente	[m/m]	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
Tirante normal	[m]	0,80	0,52	0,40	0,23	1,12
Velocidad	[m/s]	1,50	1,27	1,10	0,80	1,50
Bernoulli Normal	[m-Kg/Kg]	0,91	0,60	0,46	0,26	1,24
Bernoulli Crítico	[m-Kg/Kg]	0,83	0,57	0,43	0,24	1,00
$H_n/D < 0,7$		0,66	0,43	0,33	0,19	0,93
$B_n/B_c > 1,1$		1,10	1,07	1,06	1,06	1,24

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.2: Cálculo de escurrimiento para 1.000 [l/s]

			50%	30%	10%	Máx. Q
Caudal	[l/s]	1.000	500	300	100	1.274
Diámetro	[m]	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065
Pendiente	[m/m]	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125
Tirante normal	[m]	0,75	0,48	0,37	0,21	0,99
Velocidad	[m/s]	1,49	1,27	1,11	0,81	1,48
Bernoulli Normal	[m-Kg/Kg]	0,86	0,57	0,43	0,24	1,10
Bernoulli Crítico	[m-Kg/Kg]	0,79	0,54	0,41	0,23	0,90
$H_n/D < 0,7$		0,70	0,45	0,34	0,20	0,93
$B_n/B_c > 1,1$		1,10	1,06	1,05	1,05	1,22

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.3: Cálculo de escurrimiento para 800 [l/s]

			50%	30%	10%	Máx. Q
Caudal	[l/s]	800	400	240	80	1.055
Diámetro	[m]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pendiente	[m/m]	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
Tirante normal	[m]	0,69	0,44	0,34	0,19	0,93
Velocidad	[m/s]	1,39	1,19	1,03	0,75	1,39
Bernoullí Normal	[m-Kg/Kg]	0,78	0,52	0,39	0,22	1,03
Bernoullí Crítico	[m-Kg/Kg]	0,71	0,49	0,37	0,21	0,83
Hn/D < 0,7		0,69	0,44	0,34	0,19	0,93
Bn/Bc > 1,1		1,10	1,06	1,06	1,06	1,23

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.4: Cálculo de escurrimiento para 600 [l/s]

			50%	30%	10%	Máx. Q
Caudal	[l/s]	600	300	180	60	833
Diámetro	[m]	0,915	0,915	0,915	0,915	0,915
Pendiente	[m/m]	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
Tirante normal	[m]	0,60	0,40	0,30	0,17	0,85
Velocidad	[m/s]	1,30	1,10	0,96	0,70	1,30
Bernoullí Normal	[m-Kg/Kg]	0,69	0,46	0,35	0,20	0,94
Bernoullí Crítico	[m-Kg/Kg]	0,63	0,43	0,33	0,19	0,76
Hn/D < 0,7		0,66	0,43	0,33	0,19	0,93
Bn/Bc > 1,1		1,10	1,07	1,06	1,06	1,24

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.5: Cálculo de escurrimiento para 400 [l/s]

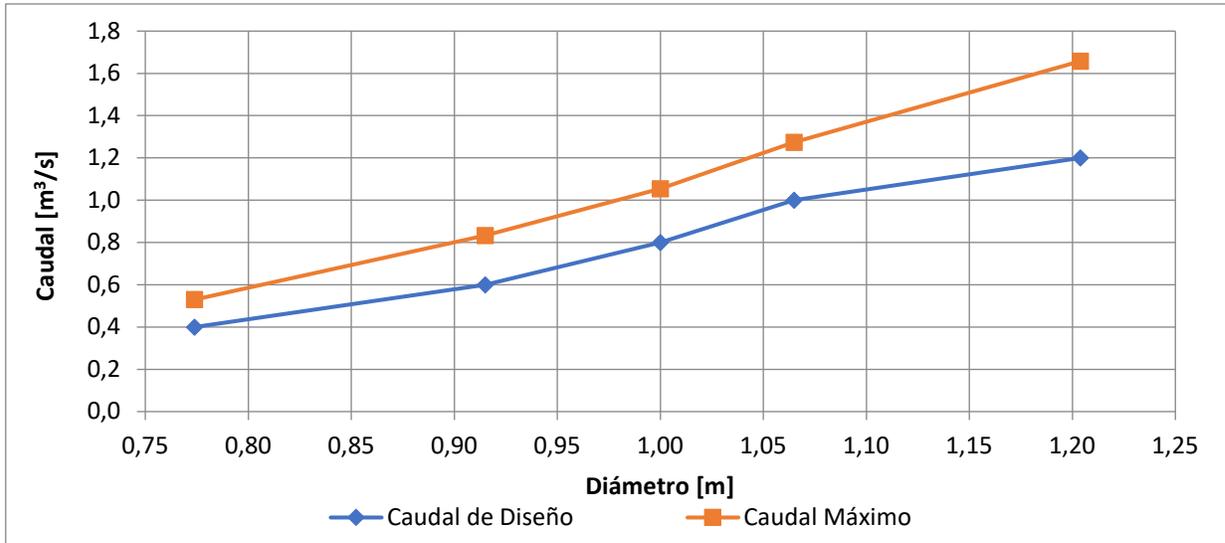
			50%	30%	10%	Máx. Q
Caudal	[l/s]	400	200	120	40	530
Diámetro	[m]	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774
Pendiente	[m/m]	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
Tirante normal	[m]	0,53	0,34	0,26	0,15	0,70
Velocidad	[m/s]	1,17	1,00	0,87	0,63	1,18
Bernoullí Normal	[m-Kg/Kg]	0,60	0,39	0,30	0,17	0,77
Bernoullí Crítico	[m-Kg/Kg]	0,53	0,37	0,28	0,16	0,63
Hn/D < 0,7		0,68	0,44	0,34	0,19	0,91
Bn/Bc > 1,1		1,12	1,07	1,07	1,07	1,23

Fuente: elaboración propia

El radio mínimo para las curvas del trazado es de 3 a 5 veces el ancho superficial, en este caso el ancho máximo es 1,2 m, es decir el radio mínimo es de 6 m. Todas las curvas tienen radios mayores a este valor.

Para el cálculo de sobreelevaciones se tiene que el radio mínimo en el trazado del acueducto es de 50 m, esto implica una sobreelevación de 0,003 m.

Figura 5.1: Diámetro tubería acueducto v/s caudal de diseño



Fuente: elaboración propia

5.3.2. Dimensionamiento en Presión

A continuación, se describe el procedimiento que se ejecutó durante la consultoría para el dimensionamiento en presión.

A. Pre - dimensionamiento en Acero

Fueron aplicados los criterios de diseño y se obtuvieron, para cada caudal analizado, un diámetro en Acero ASTM A36 y el espesor respectivo, en la Tabla 5.6 a continuación se resumen estos parámetros.

Tabla 5.6: Dimensiones de tuberías de acero para diversos caudales

Caudal [l/s]	Diámetro	Espesor [mm]
1.200	34"	7,9
1.000	32"	6,4
800	28"	6,4
600	26"	6,0
400	22"	5,6

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

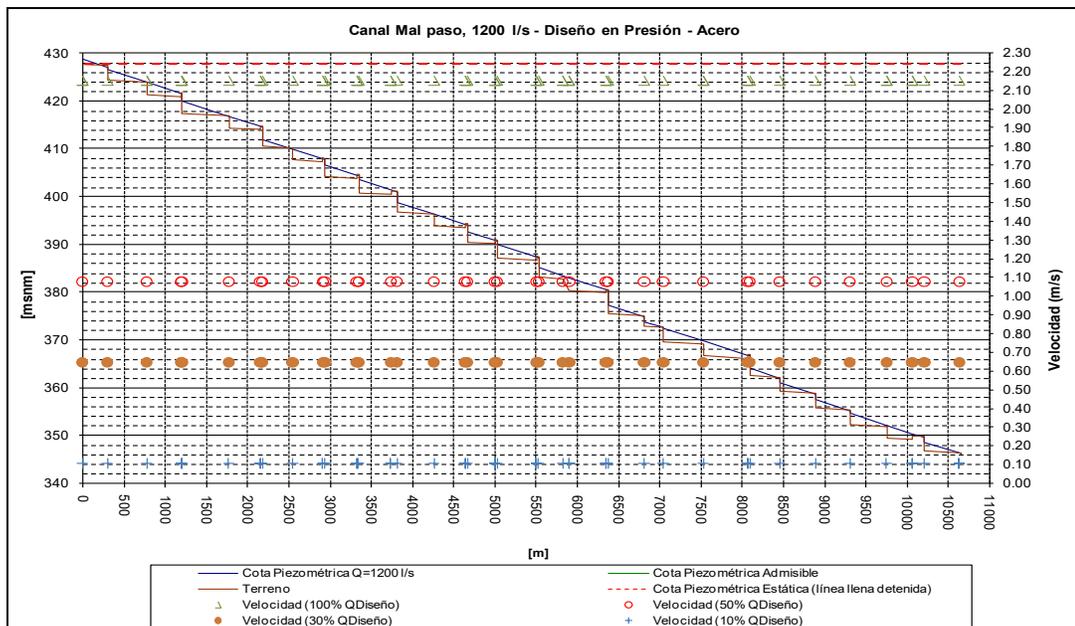
Al igual que en el caso en acueducto, se hicieron los cálculos y el análisis del comportamiento de la tubería para caudales de 50%, 30% y 10% del caudal de diseño. A continuación, a modo de ejemplo se muestran las Figuras 5.2 y 5.3 que resumen los resultados del caso de la tubería para 1.200 l/s.

Figura 5.2: Diseño en acero



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 5.3: Diseño en acero (detalle)



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

B. Pre - dimensionamiento en HDPE

Para el caso de HDPE con clase variable, se obtuvieron los diámetros que se muestran en la Tabla 5.7 a continuación.

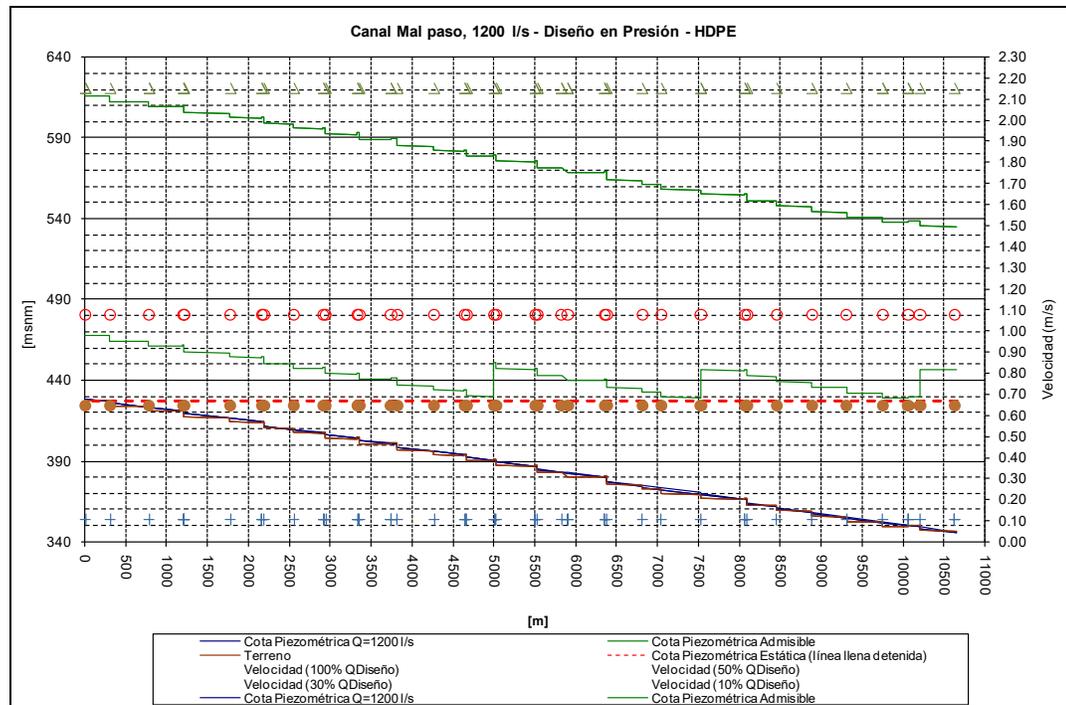
Tabla 5.7: Dimensiones de tuberías de HDPE para diversos caudales

Q Diseño [l/s]	Diámetro [mm]	Largo [m]				Largo Total [m]
		PN4	PN6	PN8	PN10	
1.200	800	4.682	2.526	2.680	420	10.308
1.000	800	4.682	2.526	2.680	420	10.308
800	710	4.682	2.526	2.680	420	10.308
600	600	4.682	2.526	2.680	420	10.308
400	500	4.682	2.526	2.680	420	10.308

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

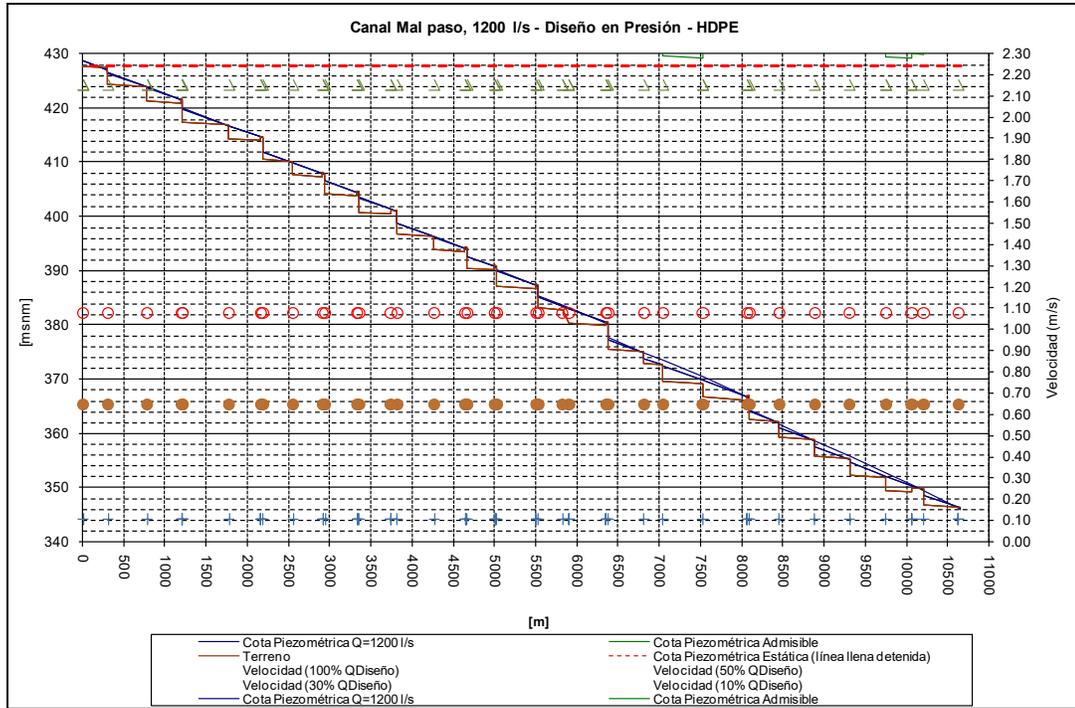
Al igual que en los casos anteriores, se realizaron los cálculos y análisis del comportamiento de la tubería para caudales 50%, 30% y 10% del caudal de diseño. A continuación, a modo de ejemplo se muestran las Figuras 5.4 y 5.5 que resumen los resultados del caso de la tubería para 1.200 l/s.

Figura 5.4: Diseño en HDPE



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 5.5: Diseño en HDPE (detalle)

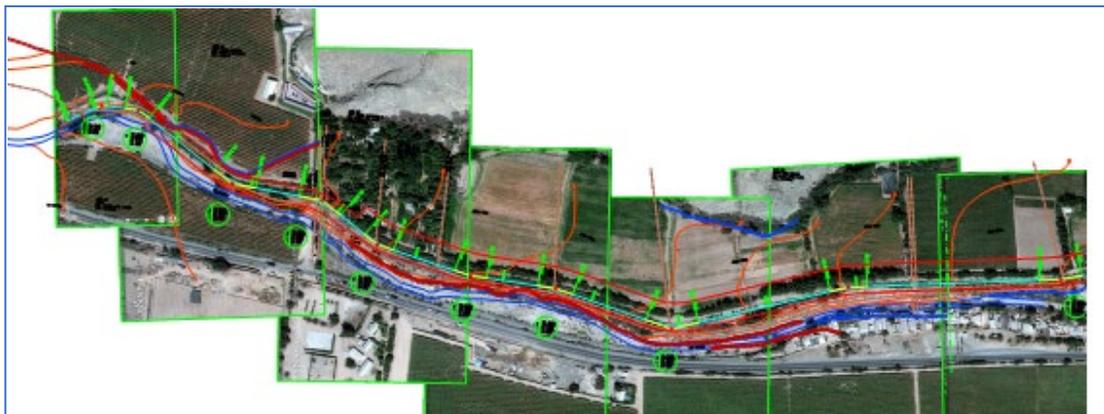


Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

5.4. Trazado en Planta

Para definir el trazado en planta se digitalizó el plano de planta y longitudinal del proyecto original de 1967. Una vez realizado esto se superpuso con el trazado del canal en Google Earth y se observó que, salvo dos tramos, el trazado se ha mantenido respecto al plano original.

Figura 5.6: Superposición plano base 1967 y Google Earth



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Se detectó una modificación del trazado original está entre el km 3+430 al 4+821 (kilometraje original), el nuevo trazado es 69 m más largo. En la Figura 5.7 se muestra este tramo.

Además del anterior, se encontró una diferencia de trazado entre el km 5+715 al 6+060 (kilometraje original). El trazado Original son 345 m y el trazado actual 375 m. Cabe hacer notar que aquí se encuentra el cruce en alcantarilla bajo el río Copiapó.

Figura 5.7: Tramo Km 3+430 al 4+821 (en verde el trazado actual)



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 5.8: Tramo Km 5+715 al 6+060 (en verde el trazado actual)



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

5.4.1. Trazado en Planta y Perfil

El trazado en planta es único para las alternativas en presión y acueducto. Se mantuvo el trazado por el eje existente del canal. En el primer kilómetro existían varias curvas de radios entre 50 a 100 metros, las que fue posible reemplazar por piezas especiales de des - angulación proporcionadas por el fabricante (en el caso de HDPE), para el caso de acero se consideraron machones para cambio de dirección. A partir del km 1,0 en adelante las curvas presentaban radios tan grandes, que fueron reemplazadas por cambio de dirección con cámaras prefabricadas para el diseño en acueducto y machones de cambio de dirección en caso de escurrimiento en presión.

Para el caso del trazado en acueducto con HDPE corrugado, se tenía la limitación que la tubería no permitía más que 1,5° de des - angulación en los bordes de las tiras de 6 m, esto daba un radio mínimo de 197 m, por lo cual se consideró utilizar cámaras prefabricadas de HDPE corrugado con entrada y salida de tubería con el ángulo necesario para generar la des - angulación.

5.4.2. Cámaras en Acueducto

Se consideraron 3 tipos de cámaras: cámaras prefabricadas de HDPE corrugado, con des - angulación y diferencia de cota entre la tubería de entrada y la salida (esta diferencia de cota resultó ser de 0 cm., 30 cm o 60 cm., ya que se usaron para hacer pequeñas caídas), cámaras de hormigón de 3x3 m, para contener la obra de entrega a los canales existentes y cámaras para salvar las caídas del canal, las cámaras de inspección típicas fueron un caso especial de las primeras mencionadas, en las que se tenía que el ángulo entre las tuberías de entrada y de salida era de 180° y no existía diferencia de altura entre estas tuberías (cámaras suministradas por el fabricante).

El trazado del perfil longitudinal del acueducto consideró como condición de diseño que se mantuvieran las cotas de entrega a los canales existentes. Para ello se prediseño una cámara que entregaba mediante una válvula de entre 200 a 400 mm al canal, esto implicó que la cota de radier del acueducto, debía quedar 70 cm sobre la cota existente de entrega, de modo de asegurar la factibilidad de abastecimiento con cualquier caudal.

Las cámaras de caída fueron diseñadas con una trampa de sedimento de 60 cm de altura y un flange para limpieza mientras que la distancia máxima entre ellas fue de 50 m, pensando en las labores de limpieza, mantención y varillado del ducto.

5.4.3. Cámaras en Presión

En este caso se consideraron dos tipos de cámaras, la cámara de entrega y la cámara para salvar caídas del canal tipo “Drop Pipe”.

El esquema fue análogo tanto para Acero como HDPE, se consideró una válvula de ventosa en cada una de ellas, D=250 mm clase #150.

La cámara de entrega condicionó que la cota de radier de la tubería de salida estuviera 1,3 m sobre las cotas de entrega existentes.

5.5. Análisis de Interferencias

Una vez concluido el trazado de la tubería para ambas alternativas (acueducto y presión) se procedió a analizar las interferencias de éstos en los servicios existentes, para ello se hizo un cruce de información con la recopilada durante el catastro realizado concluyendo finalmente que hay que modificar o realizar rotura y reposición en 7 obras para el caso de acueducto y en 3 para el caso de diseño en presión.

El código utilizado para su identificación es el correspondiente al levantamiento Monográfico.

5.5.1. Diseño en Acueducto

Las obras que se ven interferidas por el diseño del canal en acueducto son:

Tabla 5.8: Interferencias en el trazado en acueducto - Identificación

Código	Interferencia	Km	Tipo de Obra	Coordenadas		Longitud [m]	Ancho / Diámetro [m]
				Norte [m]	Este [m]		
OA-010	Interferencia 1	0+960,0	Atraveso Puente Losa	6.956.109,0	375.019,0	5,4	4,0
OA-011	Interferencia 2	1+013,5	Puente Predial	6.956.162,1	375.015,4	2,5	0,4
OA-020	Interferencia 3	1+988,0	Atraveso y Tuberías	6.957.110,7	374.822,1	7,2	3,5/0,18/0,45
OA-032	Interferencia 4	2+670,5	Puente Predial	6.957.782,9	374.693,9	7,7	3,9
OA-055	Interferencia 5	5+201,5	Atraveso y Tuberías	6.960.232,6	374.753,9	12,0	6,2/0,15/0,2
OA-063	Interferencia 6	5+942,9	Tuberías	6.960.959,1	374.711,7	6,5	0,4
OA-079	Interferencia 7	7+977,3	Tuberías	6.962.979,2	374.810,9	4,0	0,1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.9: Interferencias en el trazado en acueducto - Características

Interferencia	Antecedentes Técnicos				Observaciones
	Material	Estado	Tipo de Conducción	Utilización	
Interferencia 1	H	B	N.A.	P	
Interferencia 2	M	M	N.A.	P	Acceso a Corral Ganadero
Interferencia 3	H/Hd/Ac	B/B/B	N.A./AP/D	P/P/D	
Interferencia 4	H	B	N.A.	P	
Interferencia 5	H/Ac/Ac	B/B/B	N.A./X/X	P/X/X	
Interferencia 6	Ac Corrugado	B	R	P	Perteneciente a Atacama Kosam
Interferencia 7	Ac	B	X	X	
	H: Hormigón M: Madera Hd: HDPE Ac: Acero	B: Bueno R: Regular M: Malo	N.A.: No aplica AP: Agua Potable D: Desuso R: Relave X: Sin información	P: Permanente D: Desuso	

Fuente: Elaboración Propia

5.5.2. Diseño en Presión

Para este caso, las obras que deben ser modificadas son:

Tabla 5.10: Interferencias en el trazado en presión - Identificación

Código	Interferencia	Km	Tipo de Obra	Coordenadas		Longitud [m]	Ancho / Diámetro [m]
				Norte [m]	Este [m]		
OA-034	Interferencia 1	2+895,3	Toma N°4	6.958.006,0	374.665,5	N.A.	N.A.
OA-047	Interferencia 2	3+793,2	Caída N°9	6.958.862,0	374.819,0	21,0	N.A.
OA-064	Interferencia 3	6+172,3	Atraveso	6.961.181,2	374.653,9	20,0	10,0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.11: Interferencias en el trazado en presión - Características

Interferencia	Antecedentes Técnicos				Observaciones
	Material	Estado	Tipo de Conducción	Utilización	
Interferencia 1	Hormigón	Bueno	Agua	Permanente	16,2 m A. Abajo Actual Toma
Interferencia 2	Hormigón	Bueno	Agua	Permanente	20,8 m A. Abajo Actual Caída
Interferencia 3	Hormigón	Bueno	N.A.	Permanente	Se proyecta Sifón

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS

Para confeccionar el presupuesto se realizó un análisis de precios unitarios de las partidas, estos se presentan en detalle en el ANEXO 1 del presente trabajo. Los análisis de precios unitarios se basaron en cotizaciones a diversos distribuidores, precios de lista informados en sitios web de proveedores como también a la consulta directa en diversos establecimientos del mercado nacional, poniendo especial cuidado en los posibles aumentos que se pudiesen derivar producto de la ubicación del proyecto.

Con respecto a los precios considerados por mano de obra, se realizaron consultas tanto a la Junta de Vigilancia del Río Copiapó como a otras instituciones del sector, con el fin de determinar un valor acorde a la zona.

En particular, el precio del jornal fue consultado a una constructora de la región, y además fue concordante con el valor obtenido del sueldo del celador de la junta de vigilancia, el sueldo del capataz se obtuvo de forma análoga, pero, dada la escasez de personal de este tipo en la zona, se incrementó el valor considerando el costo de traslado desde otra región.

El presupuesto del proyecto se elaboró y presentó tanto a valores privados como sociales, tomando en consideración para este último lo indicado en el documento "Precios Sociales Para la Evaluación Social de Proyectos" del año 2012 del MIDEPLAN, mientras que el presupuesto de las alternativas sólo consideró valores privados.

Todos los precios mostrados en el presente trabajo son en base a los desarrollado son en base al mes de mayo de 2012

Por su parte, las cubriciones fueron elaboradas en base a los planos del diseño de las obras, todo lo anterior a nivel de ingeniería conceptual.

6.1. Análisis de Precios Unitarios

Como anteriormente se ha mencionado, los precios unitarios son mostrados en el ANEXO 1, en éste se encuentran sub anexos, y en los tres primeros se tiene: Anexo 1.1, el cual contiene un listado de los precios de los materiales, mano de obra y maquinarias utilizadas en el proyecto, Anexo 1.2, el cual contiene el Listado de Partidas y el Anexo 1.3 en el cual se muestra un detalle y desglose del cálculo del precio de algunas de las principales partidas utilizadas en la elaboración del presupuesto (de un total de 112).

Es importante mencionar que hay partidas que no contienen los precios sociales ya que sólo fueron utilizadas para hacer una comparación y análisis de alternativas y no formaron parte del presupuesto definitivo del proyecto, el cual si fue elaborado para ambos escenarios, privado y social.

6.2. Presupuesto Interferencias

Una vez que se confeccionó el listado de partidas se procedió a elaborar el presupuesto de las 10 interferencias encontradas en el desarrollo del canal (ítem 5.5. Análisis de Interferencias).

Los presupuestos acá mostrados consideran tanto las obras civiles involucradas en el proyecto como el suministro, transporte e instalación de equipos, y es expuesto en la Tabla 6.1 del presente trabajo de título.

Durante el desarrollo de la consultoría se consideró que los Gastos Generales ascendían a un 40% del costo directo de cada Ítem, en forma análoga, las utilidades representaban el 10% del mismo monto, estos factores fueron definidos en función de las condiciones del mercado en ese momento y fueron aceptados y validados por la inspección técnica del proyecto.

Se presenta un resumen de los costos obtenidos con base en mayo 2012, siendo que el detalle del cálculo de cada uno de ellos se adjunta en el Anexo 1.4.

Tabla 6.1: Presupuesto interferencias

Conducción	Ítem	Interferencia	Costo Directo \$	G. Generales \$	Utilidades \$	Costo \$
Acueducto	16.2.1	Interferencia 1	3.668.951	1.467.581	366.895	5.503.427
	16.2.2	Interferencia 2	11.455	4.582	1.146	17.183
	16.2.3	Interferencia 3	5.237.469	2.094.987	523.747	7.856.203
	16.2.4	Interferencia 4	6.011.509	2.404.603	601.151	9.017.263
	16.2.5	Interferencia 5	22.303.098	8.921.239	2.230.310	33.454.647
	16.2.6	Interferencia 6	3.147.304	1.258.922	314.730	4.720.956
	16.2.7	Interferencia 7	690.232	276.093	69.023	1.035.348
Presión	16.1.1	Interferencia 1	8.126.571	3.250.628	812.657	12.189.857
	16.1.2	Interferencia 2	4.674.775	1.869.910	467.478	7.012.163
	16.1.3	Interferencia 3	13.986.600	5.594.640	1.398.660	20.979.900

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

6.3. Presupuesto Alternativas

Al igual que en el ítem anterior, se elaboraron los presupuestos de cada una de las alternativas sobre la base del listado de partidas previamente confeccionado.

Los presupuestos también incluyen tanto las obras civiles involucradas como el suministro, transporte e instalación de equipos, además del margen considerado de Gastos Generales y Utilidades y lo referente a las interferencias vistas en el ítem anterior.

No se incluye en estos presupuestos el costo asociado a las expropiaciones, ya que es común para todas las alternativas.

Se muestran las tablas resumen por separado para las alternativas de diseño en acueducto y en presión.

Tabla 6.2: Presupuesto alternativas en acueducto con tubería HDPE corrugada

Diámetro	Caudal [l/s]	Costo Directo \$	G. Generales \$	Utilidades \$	Costo \$
1204 mm	1200	3.057.325.134	1.222.930.054	305.732.513	4.585.987.701
1065 mm	1000	2.829.090.995	1.131.636.398	282.909.099	4.243.636.492
1000 mm	800	2.770.574.624	1.108.229.850	277.057.462	4.155.861.936
915 mm	600	2.667.557.505	1.067.023.002	266.755.751	4.001.336.258
774 mm	400	2.536.952.540	1.014.781.016	253.695.254	3.805.428.811
Variable	Variable	2.793.661.082	1.117.464.433	279.366.108	4.190.491.623

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Tabla 6.3: Presupuesto alternativas en presión con tuberías de acero y HDPE

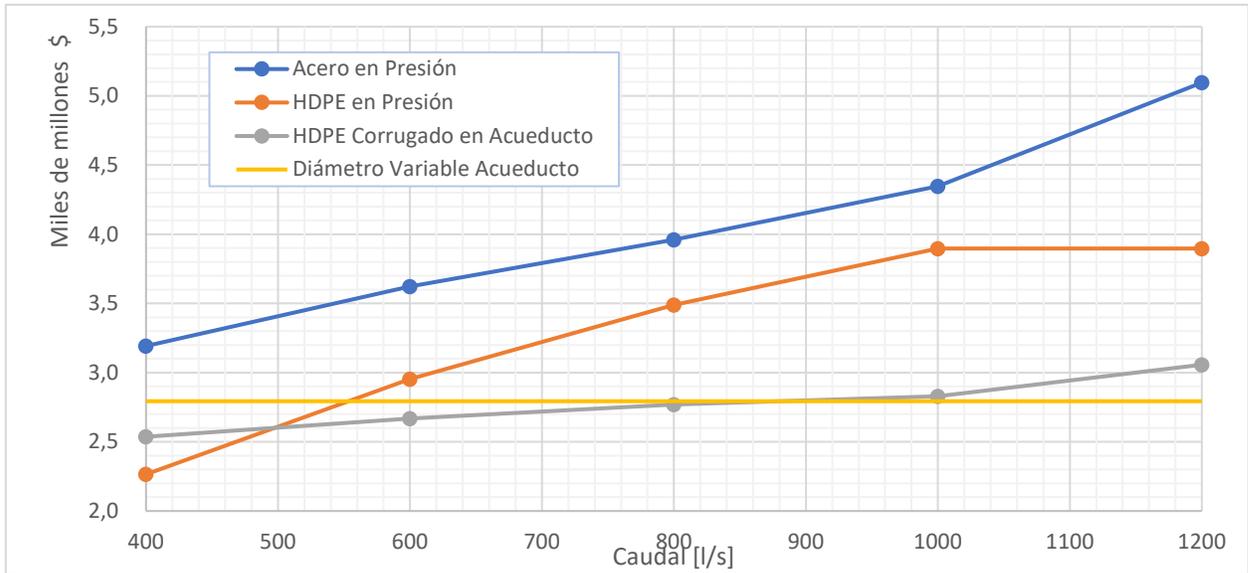
Material	Tubería	Caudal [l/s]	Costo Directo \$	G. Generales \$	Utilidades \$	Costo \$
Acero	34" 7,9 mm	1200	5.095.912.546	2.038.365.018	509.591.255	7.643.868.819
	32" 6,4 mm	1000	4.346.800.245	1.738.720.098	434.680.025	6.520.200.368
	28" 6,4 mm	800	3.959.870.349	1.583.948.139	395.987.035	5.939.805.523
	26" 6,0 mm	600	3.623.303.698	1.449.321.479	362.330.370	5.434.955.547
	22" 5,6 mm	400	3.192.556.225	1.277.022.490	319.255.623	4.788.834.338
HDPE	800 mm	1200	3.896.923.083	1.558.769.233	389.692.308	5.845.384.625
	800 mm	1000	3.896.923.083	1.558.769.233	389.692.308	5.845.384.625
	710 mm	800	3.489.848.627	1.395.939.451	348.984.863	5.234.772.941
	600 mm	600	2.952.940.567	1.181.176.227	295.294.057	4.429.410.850
	500 mm	400	2.265.258.165	906.103.266	226.525.817	3.397.887.248

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

El detalle de los presupuestos mostrados en las tablas precedentes se muestra en el Anexo 1.5 para las alternativas en presión y en el Anexo 1.6 para las alternativas en acueducto.

A continuación, en la Figura 6.1 se muestra un resumen gráfico de los resultados obtenidos, se ha optado por mostrar los costos directos de cada una de las alternativas.

Figura 6.1 :Presupuesto alternativas acueducto y presión, resumen gráfico



Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Es fácil ver que la alternativa de diseño en presión en acero es más cara que las otras alternativas, en cuanto que la alternativa en presión de HDPE es la elección más económica para el caso del caudal de 400 [l/s].

Con respecto al acueducto se tiene que para caudales sobre los 500 [l/s] se debe optar por este tipo de diseño (acueducto), quedando sólo la elección entre diámetro constante o variable.

Entre estas últimas dos alternativas (en acueducto) se ve que el punto de intersección se encuentra en los 878,9 [l/s], por lo cual, para caudales menores a ello es más conveniente utilizar tuberías de diámetro variable en función del caudal que va en disminución después de cada una de las entregas (escenario imposible si se trata de un canal con sistema de turnos), por lo tanto, para el canal funcionando en régimen de turnos con un diseño sobre los 500 [l/s] la alternativa más conveniente es la de tubería de HDPE corrugado en acueducto.

Es importante mencionar que en el momento del desarrollo de la consultoría la elaboración del presupuesto de alternativas (de nivel prefactibilidad) y la del presupuesto definitivo (ingeniería de detalles) se encontraban alejadas en el tiempo, presentes en distintas etapas del proyecto y con distinto objetivo, razón por la cual para cada uno de los casos las bases de precio fueron distintas (para hacer la comparación de alternativas se contaba con una aproximación de los precios, cosa que cambió al pasar de los meses con nuevas cotizaciones con las cuales se confeccionó el presupuesto definitivo), esta suposición, si bien no es certera, es correcta al momento de hacer una comparación económica de alternativas.

Para el desarrollo del presente trabajo de título se utilizaron los precios del presupuesto definitivo (mayo 2012) para determinar el presupuesto de las alternativas y los resultados, si bien son distintos, llevan a las mismas conclusiones obtenidas durante la consultoría.

CAPÍTULO 7. DESCRIPCIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Es importante mencionar que este trabajo fue la base para el desarrollo del diseño definitivo de la solución adoptada, siendo que, las alternativas anteriormente descritas, como ya se ha indicado, fueron evaluadas a nivel conceptual.

El levantamiento topográfico desarrollado tuvo por finalidad la de recopilar toda la información de terreno necesaria para luego, en trabajo de gabinete, efectuar las correcciones y cálculos necesarios con el objetivo último de generar los planos respectivos que permitieron realizar los diseños definitivos del proyecto, además de realizar la materialización de Puntos de Referencia para la posterior construcción del canal.

A continuación, se describen brevemente los aspectos generales y la metodología utilizada por el equipo de profesionales que estuvo a cargo de esta etapa.

7.1. Aspectos Generales

Los trabajos topográficos se realizaron según lo establecido por los términos de referencia del proyecto, por la normativa vigente de la Dirección de Obras Hidráulicas (ETT-DOH 2011) y de acuerdo con las instrucciones entregadas por el Inspector Fiscal asignado por la Dirección de Obras Hidráulicas, fue de esa forma que se definió todo aquello que hacía alusión a las tolerancias, densidad de puntos levantados según la escala requerida, monumentación de PRs, vinculación a referencias IGM, transformación de coordenadas UTM a Planas, etc.

Todos los trabajos topográficos quedaron apoyados en vértices de poligonales geodésicas, las cuales se vincularon al Vértice IGM COPIAPÓ, que contaba con certificado vigente.

Para el desarrollo topográfico, las coordenadas de estos vértices de poligonal se redujeron a coordenadas planas topográficas.

Además, con los datos obtenidos, se desarrolló una nivelación geométrica a lo largo de todos los vértices de la poligonal a partir de su vinculación a un PN referido al nivel medio del mar y certificado por el IGM.

Todo lo anteriormente descrito quedó consignado en documentos y certificaciones presentadas en los anexos del proyecto.

7.2. Metodología

7.2.1. Vinculación de PRs a la Red del IGM

A lo largo del levantamiento de faja del tramo en estudio del Canal Mal Paso y de las OA más relevantes, se establecieron PRs de Cota Nivelada, los que se hicieron coincidir con los vértices de Poligonal Geodésica, obteniéndose así, a lo largo del trazado del canal, PRs ubicados cada 500 m en base a pares o tríos inter visibles, acotados mediante una nivelación geométrica corriente de PR a PR, y coordinados mediante el post procesamiento de observaciones en modo estático con sistemas GPS de doble frecuencia.

El punto origen o de referencia de Cota referida al NMM del proyecto correspondió al Pilar de Nivelación (PN) del IGM denominado “PN CP 39”, y el punto de origen de coordenadas UTM Datum WGS-84 Huso 19 Sur del proyecto corresponde al punto IGM- SIRGAS “COPIAPO”.

7.2.2. Red de PR

La red de PRs se materializó en base a monolitos de hormigón y en base a insertos de acero inoxidable colocados en el hormigón de OA existentes en el Canal.

La determinación de las coordenadas UTM Datum WGS-84 Huso 19 de los puntos de la Poligonal del sistema de referencia, se realizaron en base a mediciones diferenciales con sistemas GPS Geodésicos de doble frecuencia y constelación, de una poligonal con base el punto IGM “COPIAPO”.

7.2.3. Levantamiento de Faja a Escala 1:500

A lo largo del tramo en estudio se realizó un levantamiento topográfico que consideró un ancho de 40 m. o hasta los cercos que delimitaban la faja del canal. Este levantamiento fue realizado mediante la combinación de topografía tradicional y GPS en tiempo real (RTK) y se apoyó en los PRs generados previamente a lo largo del canal. Los levantamientos fueron presentados en:

- Láminas de planta a escala 1:500 con curvas de nivel cada 0,50 m.
- Láminas de perfil longitudinal escala horizontal 1:1000 y vertical 1:200.
- Láminas de perfiles transversales escala horizontal 1:200 y vertical 1:200.

7.2.4. Levantamientos de Obras de Arte escala 1:200

Se realizaron 21 levantamientos topográficos de detalle a escala 1:200 de las obras de arte de mayor importancia en el tramo del canal en estudio y fueron realizados mediante topografía tradicional, la que se apoyó en los PRs generados previamente.

Estos levantamientos se presentaron en láminas 1:200 con curvas de nivel cada 0,20 m.

7.2.5. Perfil Longitudinal del Río Copiapó

Se efectuó el levantamiento del perfil longitudinal del Río Copiapó, con puntos cada 50 m, en el sector concordante con el tramo en estudio del canal Mal Paso. Este levantamiento fue realizado mediante topografía tradicional y se apoyó en los PRs generados a lo largo del canal.

El levantamiento se presentó en láminas de perfil longitudinal escala horizontal 1:1000 y vertical 1:200.

7.2.6. Replanteo

Se realizó el replanteo del eje proyectado y el detalle de este fue presentado en uno de los anexos del informe final.

CAPÍTULO 8. DESCRIPCIÓN DE LA MECÁNICA DE SUELOS

La consultora externa que realizó esta labor presentó un estudio que incluyó, entre otros aspectos, los resultados de la exploración del subsuelo realizada en terreno, de los cuales se pudo obtener conclusiones respecto a los parámetros del suelo requeridos para el diseño de fundaciones, clasificaciones, tasas de infiltración y otros.

Al igual que en el capítulo anterior, es importante mencionar que esta información sólo fue utilizada en la etapa de diseño ya que el análisis de alternativas fue un desarrollo a nivel conceptual.

8.1. Antecedentes Mecánica de Suelos

8.1.1. Exploración del Subsuelo

Se realizaron diez exploraciones del subsuelo de una profundidad variable entre 2,50 – 3,00 [m]. Las calicatas fueron inspeccionadas y muestreadas por un laboratorista especializado. De acuerdo con la conformación del subsuelo se obtuvieron muestras alteradas para definir el programa de ensayos de laboratorio que se realizaron en Tecnolab Ltda., e IOC Ingeniería.

A modo de ejemplo se muestran las fotografías de la calicata N°6, individualizada en la Tabla 8.2.

Figura 8.1: Calicata N°6, aguas debajo de caída N°8



Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A – 2011

Figura 8.2: Calicata N°6



Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A – 2011

8.1.2. Perfil Estratigráfico

El subsuelo del sector se caracterizaba por la presencia de un perfil estratigráfico predominante definido principalmente por la existencia de un suelo gravoso pobremente graduado de origen fluvial, color gris, humedad media a baja, matriz arenosa, partículas de tamaño máximo y mínimo nominal promedio de 8” y 2” respectivamente, clastos sanos de forma redondeada, compacidad media a alta. Estrato de suelo natural que clasifica como GP según USCS.

Al igual que en el ítem anterior, se muestra a modo de ejemplo el resultado del perfil estratigráfico de la calicata N°6.

Tabla 8.1: Estratigrafía calicata N°6

Unidad	Profundidad (m)		Tipo de Suelo
	Desde	Hasta	
U - 1	0.00	2.80	Grava , origen fluvial, color gris, humedad baja - media, matriz arenosa, partículas tamaño máximo y mínimo nominal de 8” y 2” respectivamente, clastos sanos de forma redondeada, compacidad suelta, se observa presencia de raicillas. Estrato de suelo natural que clasifica como GP según USCS.
Observaciones: Se aprecia lente de arena entre 0.70 - 0.90m y entre 1.70 - 2.00m de profundidad.			

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A – 2011

8.1.3. Situación Napa Freática

En cuanto a la presencia de napa freática, ésta no fue detectada dentro de las profundidades abordadas por la exploración. Se desconoció su variación estacional y en el tiempo, ya que este tema escapaba a la especialidad geotécnica.

8.1.4. Emplazamiento de Calicatas

El emplazamiento de auscultaciones tuvo como criterio básico distribuir las calicatas en aquellos puntos donde existe un mayor número de obras hidráulicas catastradas, principalmente de caídas.

En los planos de diseño se incluyeron las calicatas, su ubicación en planta y sus estratigrafías en el longitudinal, mientras que en la Tabla 8.2 se muestran las coordenadas de su ubicación.

Tabla 8.2: Ubicación calicatas

Calicata	Ubicación de referencia	Coordenadas		Profundidad (m)
		Sur	Oeste	
1	Caída N°1	27°31'06.78"	70°15'57.85"	2,80
2	Caída N°2	27°30'52.06"	70°15'54.30"	3,00
3	Caída N°3	27°30'38.53"	70°15'56.33"	3,00
4	Caída N°4	27°30'20.09"	70°16'00.71"	2,70
5	Caída N°6	27°29'55.64"	70°16'06.15"	3,00
6	Caída N°8	27°29'29.92"	70°16'07.68"	2,80
7	Caída N°10	27°29'02.06"	70°16'01.24"	2,70
8	Atravieso	27°28'00.86"	70°16'06.95"	3,00
9	Caída N°15	27°27'40.87"	70°16'03.37"	2,50
10	Caída N°19	27°26'47.83"	70°16'00.28"	3,00

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto "Mejoramiento Canal Mal Paso", BRAC Ingeniería S.A – 2011

Figura 8.3: Ubicación general calicatas



Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A –2011

8.1.5. Otras Consideraciones

Respecto a las profundidades adoptadas en las calicatas, cabe mencionar que éstas se realizaron aguas abajo de las caídas, por lo que, la profundidad alcanzada cubre el subsuelo que albergaría las obras, estando siempre por debajo de la cota de radier de obras existentes y de las obras diseñadas.

Respecto a las entibaciones, la estabilidad del subsuelo y tamaño de las obras proyectadas, se hacía innecesario el uso de entibaciones, sólo fue necesario respetar los taludes recomendados.

8.2. Parámetros Para el Diseño de Fundaciones

8.2.1. Nivel del Sello de Fundación

Se definió que las excavaciones para fundaciones estarían condicionadas al diseño de las obras, cuya profundidad mínima debía permitir penetrar a lo menos 10 cm el estrato Grava descrita en el ítem 8.1.2 del presente trabajo de título, esta condición fue cumplida en la totalidad de las estructuras diseñadas.

En caso de necesidad, el mecánico de suelos dio la alternativa de utilizar relleno de penetración para alcanzar la cota mencionada, esto en base a hormigón pobre considerando 2 sacos de cemento por metro cúbico de mezcla.

8.2.2. Propiedades Mecánicas del Suelo de Fundación

De los resultados de la exploración del suelo, de los ensayos de laboratorio y de propiedades medidas en suelos de similares características granulométricas, propiedades índices y origen geológico, se determinaron y adoptaron las siguientes propiedades mecánicas representativas del estrato descrito en 8.1.2.

Tabla 8.3: Propiedades mecánicas suelo (Grava – GP)

Φ	45°	ángulo de fricción interna
c	1,00 t/m ²	Cohesión
γ	2,20 t/m ³	peso unitario sobre la napa
γ_s	2,20 t/m ³	peso unitario bajo la napa
E	800 t/m ²	módulo de Young
E _d	3·E	módulo de Young para cargas cíclicas
μ	0,4	razón de Poisson

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A –2011

8.2.3. Tensiones de Contacto Admisibles en el Suelo de Fundación

Para el sello de fundación, de acuerdo con el ítem 8.2.1 se definieron las siguientes tensiones admisibles:

$$Q_{ad} = 2,00 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{estática}$$

$$Q_{ad} = 2,80 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{sísmica}$$

8.2.4. Constante de Balasto

Para determinar el asentamiento en fundaciones se determinó el siguiente valor:

$k = 8 \text{ kg/cm}^2$	Constante de Balasto estática
$k = 24 \text{ kg/cm}^2$	Constante de Balasto para solicitaciones sísmicas
$k = 20 \text{ kg/cm}^2$	Constante de Balasto al giro

8.2.5. Consideraciones NCh 433 Of.96

Para el caso de aplicar la norma de diseño sísmico se debía considerar:

Tipo de Suelo:II

Zona Sísmica: 3

8.3. **Tasa de Infiltración**

Para evaluar la tasa de infiltración del subsuelo, se realizaron ensayo mediante el método de Porchet, los resultados obtenidos permitieron recomendar el siguiente valor para la tasa de infiltración del suelo:

$$I = 116 \text{ mm/hora}$$

8.4. **Empuje de Suelos**

Los coeficientes para ser usados en las fórmulas de empuje de suelos son:

K_a	=	0,16	Coeficiente de empuje activo
K_s	=	0,09	Coeficiente de empuje sísmico
K_0	=	0,29	Coeficiente de empuje estático

De acuerdo con la norma NCh 433 Of.96 modificada 2009, la componente sísmica del empuje de suelos para muros subterráneos arriostrados, se debe evaluar la siguiente expresión:

$$\sigma_s = C_r \cdot \gamma \cdot H \cdot A_0 / g \quad \text{Ecuación N°8.1}$$

Figura 8.4: Empuje sísmico NCh 433

Donde:

$$C_r = 0,50$$

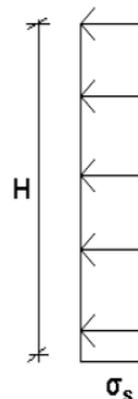
$$\gamma = 2,2 \quad [\text{t/m}^3]$$

$$H = \text{Profundidad [m]}$$

$$A_0 = 0,40 \cdot g \quad (\text{Zona sísmica 3})$$

Por lo que:

$$\sigma_s = 0,44 \cdot H$$



8.5. Empréstito

Los materiales de relleno provenientes de empréstitos para el desarrollo del proyecto debían estar conformados por suelos inorgánicos que cumplieran con los requisitos indicados en la Tabla 8.4.

Tabla 8.4: Especificaciones de empréstito para rellenos

Tamices		Banda
ASTM	Diámetro [mm]	
4''	101	100
3''	80	80 – 100
N°4	5	35 – 80
N°200	0,075	≤ 15
Plasticidad		
IP	%	< 6

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Proyecto “Mejoramiento Canal Mal Paso”, BRAC Ingeniería S.A –2011

8.6. Especificaciones Técnicas Constructivas Generales – Mecánica de Suelos

En el informe de mecánica de suelos se hace referencia además a las especificaciones constructivas generales que debían ser consideradas durante la ejecución del proyecto, estas se mencionan a continuación.

8.6.1. Método de Excavación

- Las faenas de excavación se podrían realizar en forma mecanizada. Sin embargo, se recomendó excavar en forma manual los últimos 20 cm hasta el nivel de sello de fundación con el objeto de evitar la sobre excavación.
- Las excavaciones debían ser ejecutadas de acuerdo con las dimensiones y emplazamientos indicados en los planos del proyecto y de acuerdo con las recomendaciones dadas precedentemente. Las excavaciones debían ser recibidas por la ITO en cuanto a sus emplazamientos.

8.6.2. Tratamiento de la Sobre Excavación

- Cualquier sobre excavación que se produjera podría ser rellenada con hormigón pobre de 2 sacos de cemento por metro cúbico de mezcla.

8.6.3. Taludes de Excavación

- Se consideró un talud vertical para todas las excavaciones menores a 1,50 [m]. Para excavaciones más profundas se debió considerar un talud 3V:1H a partir de la superficie del terreno.

8.6.4. Tratamiento del Sello

- Con anterioridad a la colocación del emplantillado de hormigón pobre, se debía remover del sello de fundación todo material suelto y/o extraño que pudiera haberse depositado durante las faenas de excavación.
- Los sellos de fundación debían ser recibidos por la ITO.

8.6.5. Protección en Caso de Lluvias

- En caso de lluvias, antes de continuar con los rellenos y compactación, se debía remover de la superficie todo el lodo superficial, producto del arrastre natural de partículas como consecuencia del escurrimiento superficial.

8.6.6. Rellenos Laterales

- El relleno lateral se debía efectuar con el mismo material de la excavación, limitando el tamaño máximo de los clastos a 4”.

La reposición del material excavado a los costados de la excavación se debía compactar por capas hasta alcanzar una densidad no inferior a un 90% del ensayo Proctor Modificado o una Densidad relativa de 75%. El espesor de las capas dependía del equipo de compactación a utilizar, pero se debía cumplir siempre con la densidad antes indicada. De todas formas, se recomendó compactación liviana para no cargar en exceso los muros de las estructuras.

- El avance de las capas de relleno debía ser parejo, de manera que no se produjeran desniveles superiores a 0,50 [m] entre sectores contiguos.

CAPÍTULO 9. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEFINITIVO

9.1. Alternativa de Diseño Seleccionada

De las alternativas desarrolladas durante la etapa 2 de la consultoría, y que fueron presentadas en el Capítulo 5 del presente trabajo de título se seleccionó la de realizar un diseño en acueducto con tubería de HDPE corrugado y un caudal de diseño de 1.000 l/s.

Lo anterior se justificó por variados motivos, entre ellos en que presenta un buen desempeño hidráulico (ver Tabla 5.2), el costo de la alternativa (Tabla 6.2, Tabla 6.3, Figura 6.1), características mecánicas, rapidez de la construcción, la opinión de los usuarios y la preferencia de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó.

9.2. Dimensionamiento en Acueducto

De acuerdo con los criterios de diseño presentados en el ítem 4.2, se establece que el diseño debe ser en régimen subcrítico para $Bn/Bc \geq 1,1$.

En la Tabla 9.1 se muestra la pendiente de diseño y se incluye el análisis de las características del escurrimiento para un 50%, 30% y 10% del caudal de diseño, además de determinar cuál sería el máximo caudal que sería capaz de conducir sin entrar en presión.

Se observa que Bn/Bc cumple el criterio con el caudal de diseño y con el Máximo caudal, pero para caudales menores la relación es levemente menor, en tanto que el criterio de velocidad de escurrimiento máximo y mínimo se cumple en la totalidad de los casos analizados.

La relación entre la altura normal y el diámetro $Hn/D \leq 0,7$ (exigida por la DGA regional), se cumple en todos los casos, a excepción de aquel en que se determinó el máximo caudal que podría contener la tubería sin entrar en presión, en donde se impuso como condición que $Hn/D < 0,94$.

Tabla 9.1: Cálculo de escurrimiento para 1.000 [l/s]

			50%	30%	10%	Máx. Q	
Caudal	[l/s]	1.000	500	300	100	1.274	
Diámetro	[m]	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065	
Pendiente	[m/m]	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	
Tirante normal	[m]	0,75	0,48	0,37	0,21	0,99	
Velocidad	[m/s]	1,49	1,27	1,11	0,81	1,48	
Bernoulli Normal	[m-Kg/Kg]	0,86	0,57	0,43	0,24	1,10	
Bernoulli Crítico	[m-Kg/Kg]	0,79	0,54	0,41	0,23	0,90	
$Hn/D < 0,7$			0,70	0,45	0,34	0,20	0,93
$Bn/Bc > 1,1$			1,10	1,06	1,05	1,05	1,22

Fuente: Elaboración Propia

9.3. Trazado en Planta y Perfil

Se procuró mantener el eje del canal actualmente existente. Los cambios de dirección en el eje proyectado fueron abordados de 3 diferentes formas: si no hay caída: para ángulos menores a 3° se realizó una des - angulación de la tubería en terreno, para ángulos entre 3° y 30° se utilizaron codos prefabricados y si hay caídas se utilizaron cámaras prefabricadas con entrada y salida no colineal.

En el trazado de perfil, se ha diseñado con caídas en cámaras prefabricadas de hasta 70 cm, para salvar las interferencias presentes en el trazado.

9.3.1. Cámaras Prefabricadas en acueducto:

Se considero un único tipo de cámara prefabricada en HDPE corrugado, conformadas por un cuerpo, una chimenea, una tubería de entrada y otra de salida.

El cuerpo de la cámara prefabricada es de 60", con una altura variable entre 1,8 y 2,5 metros y contiene escalines para poder descender hasta el fondo de la estructura, la chimenea por su parte es de 24", también con altura variable, dependiente de las condiciones del terreno, las tuberías de entrada y salida son de 42" y presentan una pendiente de 1,25%, la tubería de salida puede estar a una cota inferior a la de entrada, pudiendo ser esta diferencia de hasta 70 cm.

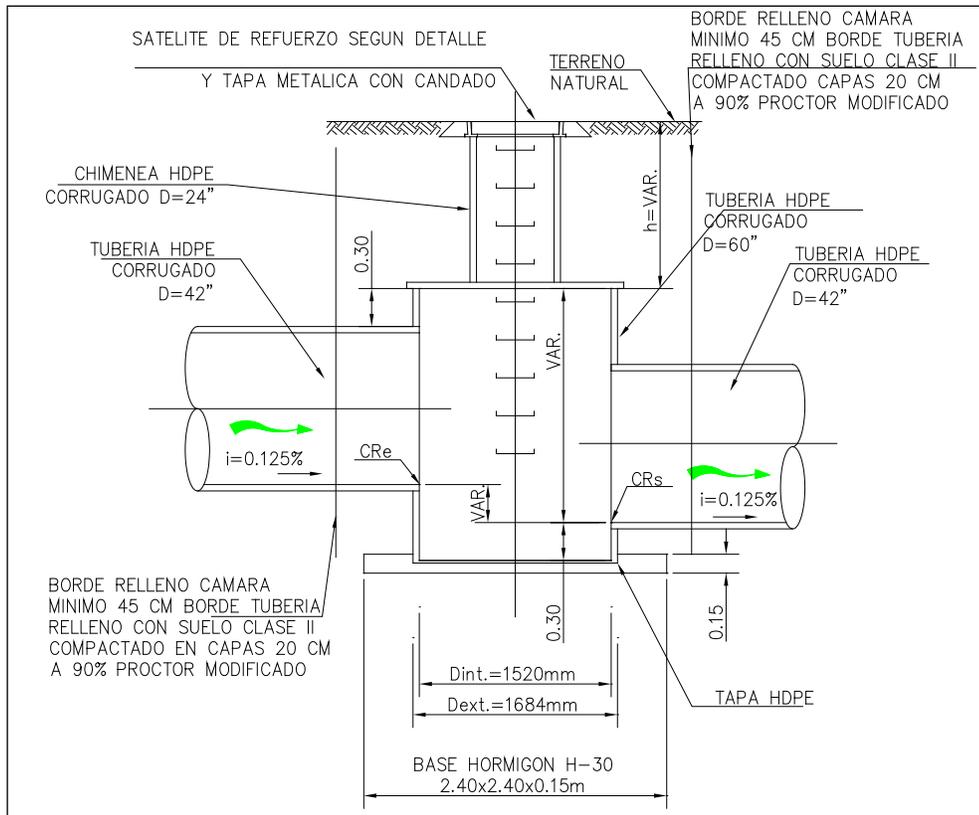
La Cámara va embebida en una base de Hormigón H-30 de 2,40 x 2,40 x 0,15 metros y en su parte inferior contiene una trampa de sedimentos de 30 cm.

Se considera en la cámara prefabricada una tapa de fondo de HDPE, que resiste mejor que el hormigón el impacto de un chorro de caída (situación eventual y corresponde al momento en que se vuelve a llenar el circuito por una reparación o por el cambio de turno para el sector dos), además de una tapa metálica con candado de seguridad sobre la chimenea.

La distancia máxima entre cámaras fue de 120 metros y se agregaron cámaras adicionales en los quiebres significativos (ángulos mayores a 30°) o con caídas, aunque la distancia entre ellas sea menor.

En la Figura 9.1 se detalla un corte transversal de la cámara de inspección tipo con diferencia de cota entre la tubería de entrada y salida, mientras que en la Figura 9.2 se muestra una vista en planta.

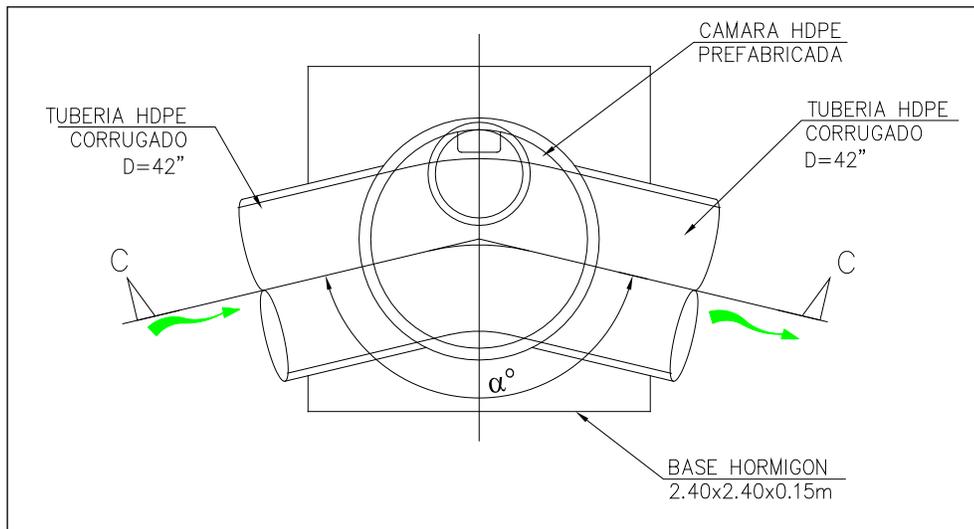
Figura 9.1: Corte transversal de cámara de inspección tipo



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Mediante estas mismas cámaras de inspección se materializarán las desangulaciones definidas en el proyecto, para ello las cámaras son fabricadas de forma tal que las tuberías de entrada y salida formen un ángulo α en planta, el cual es variable entre los 0° y los $16,52^\circ$.

Figura 9.2: Vista en planta de cámara de inspección tipo



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Con las consideraciones expuestas se realizó el diseño gráficamente tanto en planta como en perfil longitudinal, con ello fue posible cuantificar y clasificar las cámaras requeridas haciendo distinción por la altura de cada una de ellas, lo que a su vez es utilizada posteriormente para la elaboración del presupuesto definitivo del proyecto.

En la Tabla 9.2, se muestra un listado de los elementos prefabricados presentes en el diseño, discretizado de acuerdo con rangos de altura, además se muestra la cantidad de codos que fue necesario considerar, cuya descripción y mayores detalles se verán en el ítem siguiente (9.3.2).

Tabla 9.2: Elementos prefabricados

Elementos Prefabricados				
Cámara Tipo 1	$(1,7 \leq H < 2,0)$	3	Codo 1 corte	21
Cámara Tipo 2	$(2,0 \leq H < 2,5)$	37	Codo 2 cortes	4
Cámara Tipo 3	$(2,5 \leq H < 3,0)$	44		
Cámara Tipo 4	$(3,0 \leq H < 3,5)$	41		
Cámara Tipo 5	$(3,5 \leq H < 4,0)$	18		
Cámara Tipo 6	$(4,0 \leq H < 4,2)$	2		
Cámara Tipo 7	$(4,2 \leq H < 5,0)$	1		
Total	$(1,7 \leq H < 5,0)$	146	Total	25

Fuente: Elaboración Propia

9.3.2. Codos Prefabricados

Se consideró la utilización de codos prefabricados para las desangulaciones en donde no se presentaban caídas, siendo un total de 25 codos (Tabla 9.2).

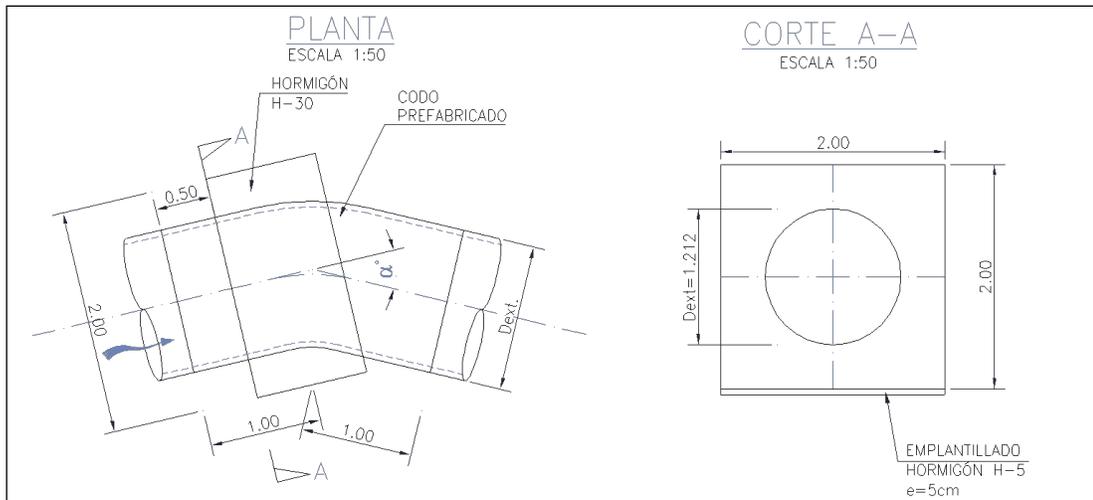
Como anteriormente se mencionó, para cambios de dirección menores a 3° y sin caída se realiza la desangulación de la tubería en terreno, se presentaron 3 casos en que se produjo tal situación.

Para ángulos menores a 15° , se considera un codo de un corte para su fabricación, en este caso existen 21 codos, mientras que para ángulos mayores se proyectó el uso de 4 codos de dos cortes (al fabricar el codo se deben hacer 2 cortes en la maestranza, por ello su denominación).

En cada lugar en que se usó un codo podría haberse utilizado también una cámara prefabricada, pero al ser los codos más económicos se optó por dicha configuración.

A continuación se muestra un esquema del codo de 2 cortes, el cual cuenta con un machón de anclaje de $2,0 \times 2,0 \times 1,0$ m. el cual es verificado en el ítem 10.3 del presente trabajo de título.

Figura 9.3: Esquema codo de 2 cortes



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

9.3.3. Tubería Proyectada

Se proyectó una tubería de HDPE corrugado de 42”, a continuación, se hace una descripción de su trazado, el cual es desarrollado en base a los planos del proyecto.

Se inicia el entubamiento en el km 0+049,35 respecto al cero (que corresponde a la obra denominada 7 compuertas y que marca el inicio del canal Mal Paso). En este punto se consideró un muro de boca tipo del Manual de Carreteras, que empalma en forma estanca con el canal existente. El muro de boca contempla la solución de estanqueidad recomendada por el fabricante con un sello especial, embebido en un grouting no contraíble.

Se termina este primer tramo de tubería en el km 0+274,04 con otro muro de boca. Luego, entre este punto y el km 0+322,78 se deja el canal existente tal como está, ya que en este tramo se encuentran dos obras de medición y el canal se encuentra en buen estado. Se verificó, además, que el entubamiento no influyera sobre las obras de medición existentes, en especial el aforador Parshall.

Entre los km 0+322,78 y el 5+830,01 se desarrolla entubamiento, interrumpido sólo por las obras de entrega que se describen más adelante. Al final de este tramo se ubica un muro de boca, que conecta con una alcantarilla de cruce existente bajo el río Copiapó que se encuentra en buen estado y que se mantiene.

Entre el km 5+830,01 y el km 5+837,71 (7,7 m) – que corresponde al punto de entrada de la alcantarilla bajo el río – se contempló colocar una losa sobre el canal existente.

A la salida de la alcantarilla bajo el río Copiapó (km 5+927,31) se consideró un cajón de hormigón de 1,0x1,0 de 7,5 m de largo, después de lo cual se proyectó una caída de 53 cm con el fin de independizar el régimen aguas arriba. A continuación se diseñó una sección de cajón rectangular de 5,2 metros de largo para luego conectar con el muro de boca de la tubería a través de una transición de 2,5 m.

Entre los km 5+942,31 hasta el km 9+724,52 se desarrolla entubamiento interrumpido solo por las obras de entrega que se describen más adelante. Al final de este tramo se ubica un muro de boca, que conecta con la obra del aforador 2 de la JVRC.

El tramo comprendido entre el km 9+724,52 y km 9+760,97 se interrumpe el entubamiento para conservar el aforador existente. Se calculó la posición del muro de boca de forma tal que el flujo no influenciara sobre el aforador. En este caso fue necesario proyectar un canal trapecial de hormigón de 19,56 m de largo, para empalmar desde la sección existente del canal y el muro de boca proyectado.

Luego en el km 9+760,97 se inicia nuevamente el entubamiento con un muro de boca, el cual se desarrolla hasta el km 10+512,96 donde con otro muro de boca se vuelve a interrumpir el entubamiento para conectar con el ultimo aforador que se conserva en el canal, en el km 10+568,51 se vuelve a reanudar el entubamiento con un muro de boca, para finalmente terminar la obra en el km 10+675,68, unos 5 m antes de la última entrega del canal. Cabe hacer notar que, en este caso para asegurar la no influencia sobre este último aforador fue necesario ubicar el muro de boca de aguas abajo a una distancia considerable.

En el ANEXO 2 se muestran en detalle los tramos de entubamiento, las cámaras proyectadas, codos prefabricados, muros de boca y otras obras, mientras que en la Tabla 9.3 se presenta un resumen de las obras, es importante mencionar que el largo de la “tubería real” es el que fue considerado posteriormente en la elaboración del presupuesto definitivo ya que este descuenta los largos de las cámaras, codos y otras obras.

Tabla 9.3: Resumen por tramos de tubería, cámaras y codos

Tramo	Km Inicial	Km Final	Longitud [m]	Cámaras [n°]	Codos [n°]
Tramo 1	0+049,35	0+274,04	224,69	1	4
Tramo 2	0+322,78	1+182,49	859,71	12	6
Tramo 3	1+197,99	2+158,91	960,92	13	0
Tramo 4	2+174,41	2+916,13	741,72	14	1
Tramo 5	2+931,63	3+331,86	400,23	6	0
Tramo 6	3+347,36	3+735,11	387,75	6	2
Tramo 7	3+758,33	4+642,31	883,98	14	2
Tramo 8	4+657,81	5+002,54	344,73	7	1
Tramo 9	5+018,04	5+504,71	486,67	9	3

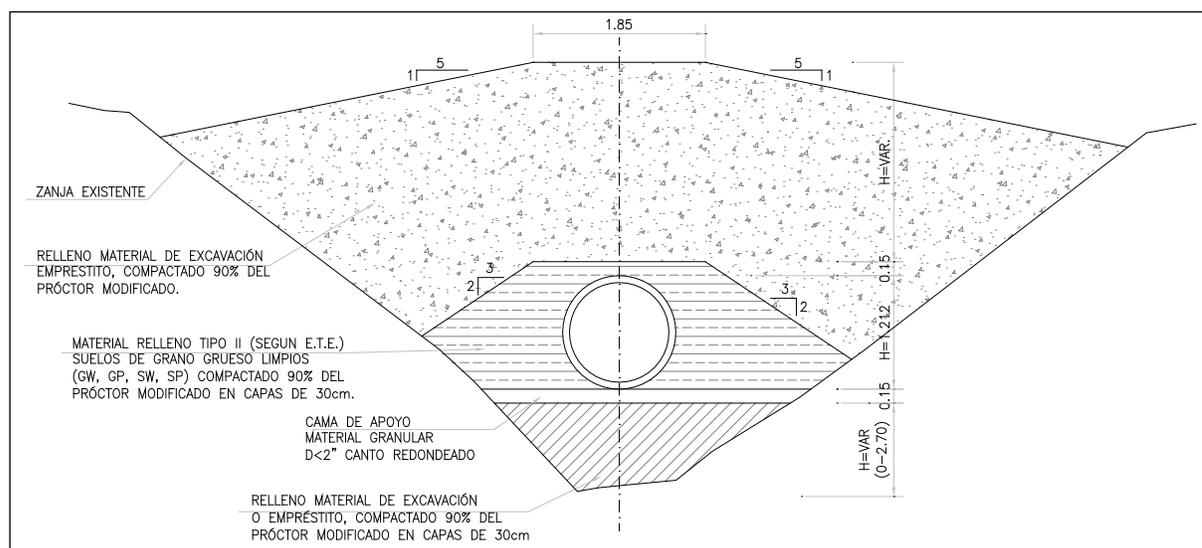
Tramo	Km Inicial	Km Final	Longitud [m]	Cámaras [n°]	Codos [n°]
Tramo 10	5+520,21	5+830,01	309,80	5	2
Tramo 11	5+942,31	6+366,93	424,62	4	1
Tramo 12	6+382,43	8+084,68	1.702,25	25	1
Tramo 13	8+100,18	9+724,52	1.624,34	20	0
Tramo 14	9+741,41	10+072,18	330,77	5	0
Tramo 15	10+087,68	10+512,96	425,28	4	1
Tramo 16	10+568,51	10+675,68	107,17	1	1
Total			10.214,63	146	25
Longitud Total Canal			10.675,68		
Longitud Cámaras			3,684		
Longitud Codos			2		
Longitud Tubería por instalar			9.626,766		

Fuente: elaboración propia

Para la instalación de la tubería de HDPE corrugada se hizo distinción en tres casos: (i) Tubería sobre Canal Existente, no es necesaria excavación, (ii) Tubería bajo Canal existente, excavación menor a 1,5 metros y (iii) Tubería bajo Canal existente, excavación mayor a 1,5 metros.

A modo de ejemplo se muestra el caso (i) de los recientemente enumerados.

Figura 9.4: Detalle instalación tubería HDPE



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

9.3.4. Obras de Entrega

Respecto a las obras de entrega, se consideró por un lado interferir lo menos posible con el funcionamiento actual de los regantes y por otro el de conservar las cotas de entrega existentes que condicionan la no interferencia con las obras que cruzan actualmente el canal además de no modificar las cotas de los canales derivados. Dado lo anterior se diseñó un mejoramiento de las obras de entrega existentes, lo que consistió en mantener la obra de compuertas en el canal y las compuertas de entrega al derivado, verificando las condiciones hidráulicas de funcionamiento.

Las obras de entrega fueron diseñadas con un muro de boca estanco, luego una transición rectangular a rectangular de 1,4 a 2,0 de ancho en una longitud de 2,5, para luego, en un tramo de 8 metros, llegar al extremo del machón central existente. Se conservaron las cotas de las compuertas existentes y en estos 8 metros se modificó además la pendiente de fondo a un 0,5%, lo cual posibilitó que la compuerta no influenciara en la entrada en el entubamiento, lo anterior respaldado por las respectivas memorias de cálculo hidráulicas.

Luego de las obras de compuertas existentes se empalma con el muro de boca del entubamiento con una transición de 2,5 metros, toda la obra es un cajón de hormigón armado, que posee dos cámaras de inspección, una antes de las compuertas y otra confinada en un recinto en que se encuentran además las compuertas del canal. Este recinto tiene el objetivo de evitar manipulaciones no autorizadas de las compuertas.

Siete de las entregas existentes fueron tratadas de la forma recientemente descrita, mientras que en dos casos (entregas número 8 y 14, correspondientes a los derivados Bellavista y La Viñita respectivamente) se diseñó una nueva obra ya que las estructuras existentes se encontraban en mal estado.

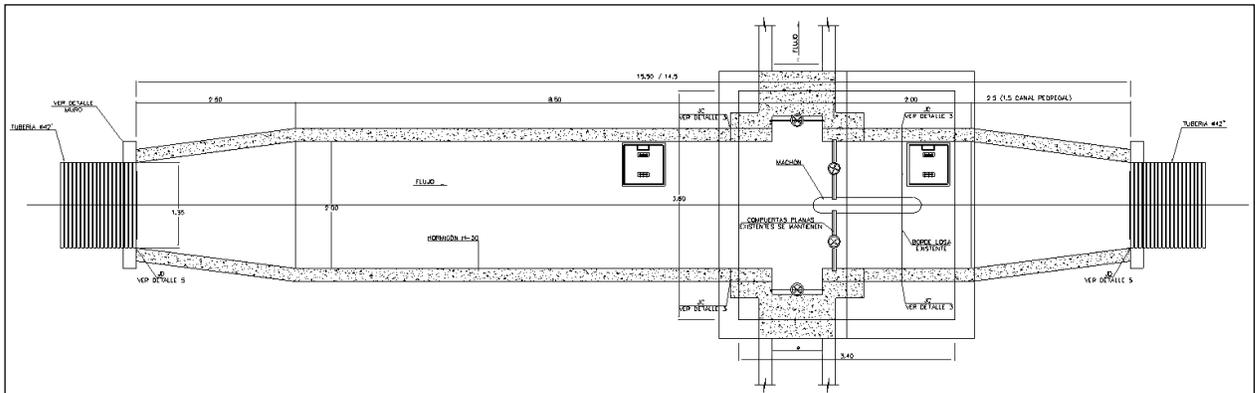
De las 7 obras de entrega que se adosan a las nuevas estructuras, existieron 3 particularidades:

- Entrega al N°4, canal Pedregal: la transición de salida fue más corta, de 1,5 m en vez de 2,5 m, esto se hizo para evitar que el muro de boca quedara bajo el puente existente.
- Entrega 5, 6 y 7 en el km 3+342: presentaba una entrega principal y dos entregas pequeñas (N°6 y N°7), en este caso se adosan adicionalmente a la estructura proyectada dos compuertas de 0,5 m de ancho.
- Entrega N°9, canal Terawaki: en donde existía, adicionalmente a la entrega, una obra de devolución al río Copiapó que se encontraba en buen estado, por lo que se optó por conservar, para ello se hicieron adaptaciones a la obra tipo proyectada.

Para el caso de la entrega N°8 al canal Bellavista, el tramo de 8 m aguas arriba de la compuerta, debió ser proyectado y diseñado de 16,5 m, ya que era necesario atravesar bajo un puente existente.

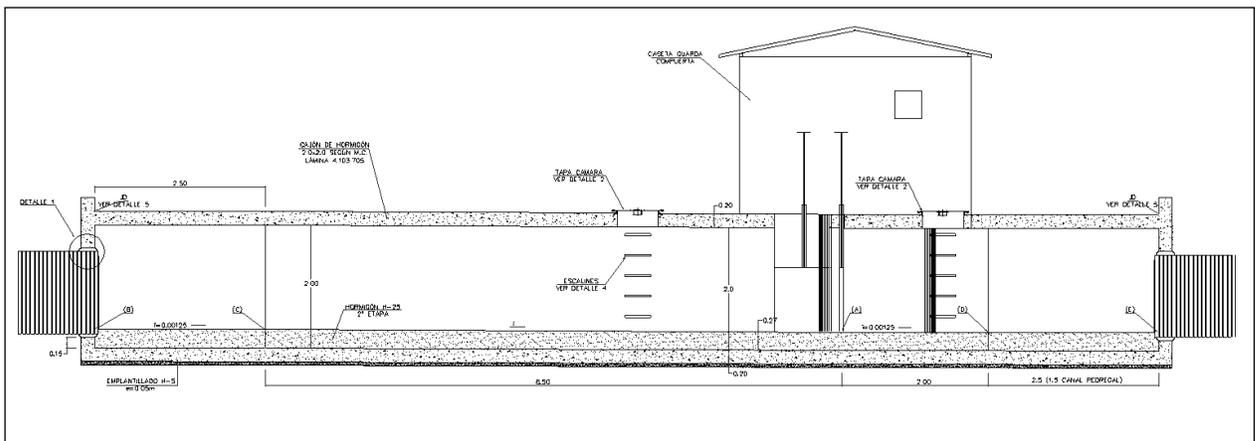
En las figuras a continuación se muestran una planta y un corte longitudinal de la obra de entrega proyectada.

Figura 9.5: Esquema en planta de la obra de entrega



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 9.6: Corte longitudinal de la obra de entrega



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

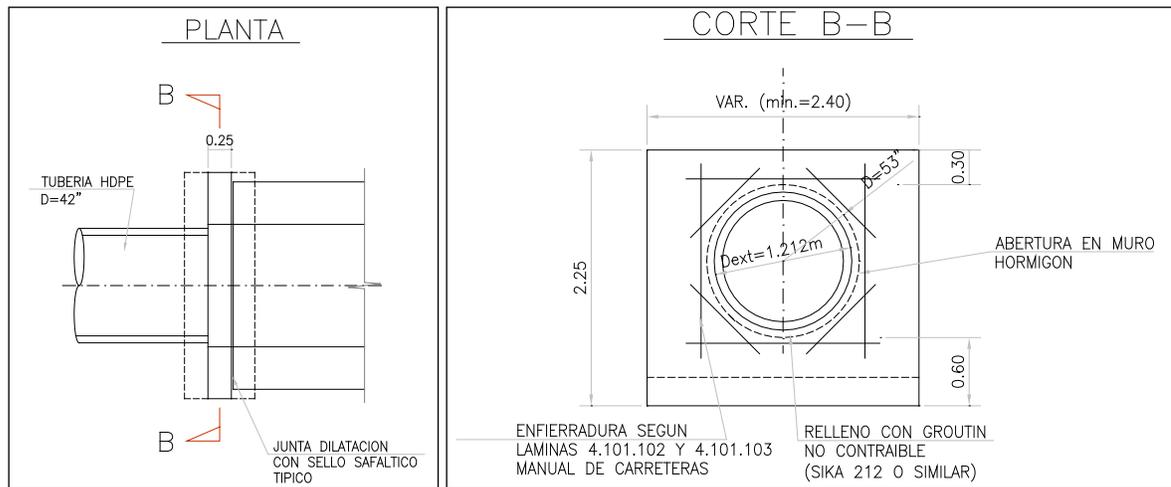
9.3.5. Muros de Boca

En diversas partes del proyecto, mayoritariamente en las entregas, la tubería presenta interrupción en tramos, en donde se cambia el tipo de conducción a cajones de hormigón, canal trapezoidal u otra, para materializar esto se diseñan muros de hormigón, denominados "muros de boca", los cuales están dispuestos tanto al finalizar como al comenzar un nuevo tramo de entubamiento.

Los muros de boca constan de una sección rectangular, con una fundación y una abertura en el centro en donde se produce la transición.

A continuación se muestra una planta de la llegada de la tubería al muro y un corte de éste.

Figura 9.7: Esquema muro de boca



Fuente: Elaboración propia en base a los planos del proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

9.3.6. Obras de Protección Decantador existente

Al inicio del Canal Mal Paso existía un decantador, para el cual fue necesario proyectar una obra de protección ya que era utilizado como piscina, con los consiguientes perjuicios y riesgos que esta conducta implicaba, para ello se proyectó una reja perimetral de unos 100 m de largo, con dos accesos: uno lateral peatonal y uno frontal para el ingreso de las maquinarias que debían realizar las labores de limpieza, típicamente retroexcavadoras.

9.3.7. Obras Antes del Cruce del río Copiapó

La línea de tubería presenta una interrupción de 7,7 metros antes del inicio de la alcantarilla que cruza el río Copiapó, en ese punto se construye un muro de boca, el cual es el punto de partida de las "obras antes del cruce río Copiapó", éstas consisten simplemente en la construcción de una losa de hormigón de 20 cm. de espesor que se apoya sobre el canal existente.

9.3.8. Obras Después del Cruce del río Copiapó

Estas obras se refieren a aquellas que se encuentran inmediatamente aguas abajo de la alcantarilla que cruza el río Copiapó. Para ello se construye una extensión de la alcantarilla, conservando la pendiente de ésta mediante un cajón de hormigón de 1,0 x 1,0 metros interior, esta extensión se mantiene por 7,5 m.

Después del cajón recién mencionado se debe empalmar con un nuevo cajón de hormigón, esta vez de 1,0 x 1,5 metros (ancho x alto) y de 5 metros de longitud.

9.4. Interferencias

Se analizan las interferencias con el trazado de la solución de acueducto.

Existían algunos puentes de madera, de estado precario de ingreso alternativo a diversos predios sin autorización de la junta de vigilancia del Río Copiapó, los cuales se optó por eliminar, además que perdían razón de su existencia al desaparecer el canal superficial que justificaba su necesidad, estos se encontraban en:

- Km 0+436, cerca de la obra OA-008
- Km 1+030, obra OA-11
- Km 3+332

La obra OA-95 ex toma Viñitas era utilizada como obra de emergencia para entregar al canal Viñitas cuando la obra existente para tal fin fallaba, se optó por eliminar ya que con el nuevo diseño se aseguró la continuidad de su funcionamiento.

La obra OA-97 – una alcantarilla para acceder a un predio al borde del canal – se eliminó, ya que en este lugar el proyecto consideró el canal entubado y el acceso al predio podrá realizarse sin mayor problema.

9.5. Obras de Bypass Durante la Construcción

Se contemplaron las obras de desviación del canal para trabajar en seco en la ejecución de la construcción del diseño definitivo. Se prediseña una solución a la que podrá optar el contratista constructor o plantear una distinta a las autoridades competentes durante dicho proceso.

Estas obras consisten en un trazado paralelo al canal, que empieza inmediatamente aguas abajo de las obras de entrega existentes y llegan hasta la próxima entrega. El trazado en planta y longitudinal fue presentado en una serie de planos que formaron parte del informe final de la consultoría desarrollada.

En general el primer tramo de este trazado va en corte y el último tramo sobre terreno.

Para materializar el bypass se consultaron variadas soluciones, concluyendo que aquella de menor impacto era la de utilizar la misma tubería que se colocaría en el proyecto.

Lo anterior podría conllevar a que, al desmontar el sistema de bypass se rompieran los anillos de goma que sellan las uniones, por lo que se consideró en los costos del bypass la reposición de la totalidad de éstos.

9.6. Resumen del Proyecto

Como ya ha sido descrito en múltiples ocasiones, el proyecto de mejoramiento del Canal Mal Paso consiste en el entubamiento de éste para mejorar las condiciones de servicio, uso y minimizar los problemas que presentaba en su estado primitivo.

El proyecto contempló una tubería de HDPE de 42" de diámetro interno, la cual realiza el recorrido con una pendiente de 1,25‰, con aproximadamente 9.600 m. de tubería, el largo se incrementaría con las cámaras de inspección prefabricadas y codos considerados para materializar algunas desangulaciones (cambios de dirección en planta). El caudal de diseño considerado fue de 1 m³/s.

Dentro de las condiciones del proyecto se impuso el de respetar las cotas existentes de entrega, para lo cual se diseñaron una serie de caídas a lo largo del canal, a las cuales, a su vez, se les dio uso como cámaras de inspección.

Fueron consideradas 145 cámaras, de las cuales 14 son sólo de pasada, 17 tienen desangulaciones, 71 son con caídas y 43 presentan tanto cambio de dirección horizontal como caída.

En el trazado de la tubería se proyectaron 9 obras, las cuales se empalman con las entregas que en ese momento existían y 2 entregas nuevas que debieron rediseñarse debido al precario estado de mantenimiento en el que se encontraban o que, dada su modelación y verificación hidráulica o estructural, no cumplían con las condiciones para ser conservadas.

El trazado además se diseñó de forma tal de minimizar las interferencias con servicios existentes.

Además de las obras recién mencionadas, el proyecto contempló el uso de codos para pequeñas desangulaciones, el mejoramiento de la bocatoma existente, del desarenador, cierres perimetrales, obras a la entrada y salida de una alcantarilla que pasa bajo el río Copiapó y casetas de maniobra.

En su situación inicial, gracias al canal, se estaba regando una superficie de 354 ha y con el agua recuperada por el proyecto, esta área crece en 115 ha, lo cual significa un aumento en torno al 33%, algo de gran importancia en el norte de nuestro país dada la gran escasez hídrica existente.

Además de lo anterior existieron otras importantes mejoras gracias al proyecto desarrollado, ya que desencadenó en una menor probabilidad de obstrucciones, mejores condiciones de operación, ya que éstas se realizan en puntos específicos y no a lo largo de toda la línea y se eliminan las infiltraciones, las cuales, junto a las tomas ilegales, significaban una pérdida cercana al 25%, mejorando la seguridad del suministro a los regantes.

CAPÍTULO 10. MODELAMIENTOS HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES

Para el desarrollo de la consultoría fue necesario realizar una serie de modelaciones tanto hidráulicas como estructurales, dentro de ellas están las memorias de cálculo de cada una de las compuertas, alcantarilla bajo el río Copiapó y otros diseños desarrollados, así como el cálculo estructural de la tubería, cámaras, obras de entrega y otros. En estas actividades el autor no tuvo participación directa siendo que la función fue la de coordinar y revisar estos cálculos y diseños, interactuando con los profesionales a cargo de estas labores.

Independiente de lo anterior es necesario mencionar que las verificaciones hidráulicas de cada uno de los componentes del canal, fue realizada mediante balance energético como todas las obras de ese tipo y los cálculos estructurales fueron desarrollados en base al método clásico.

Es por lo expresado en los párrafos que anteceden que este capítulo se ha destinado a la descripción y desarrollo de aquellas modelaciones y diseños que si fueron de autoría del alumno, con lo que, el capítulo 10 queda conformado por los siguientes tres ítems: “Eje Hidráulico Río Copiapó”, en donde se verifican las consecuencias de las crecidas del Río Copiapó sobre la tubería, “Análisis Cuenca Meléndez” con el objetivo de revisar la descarga de una cuenca sobre un sector que podría afectar al Canal Mal Paso y finalmente la “Verificación Estructural Codos y Machones de Anclaje” en donde se asegura la estabilidad de estos elementos.

10.1. Eje Hidráulico Río Copiapó

Dentro de las definiciones técnicas para el desarrollo de la Consultoría (las cuales fueron mencionadas en el ítem 2.5 de este trabajo de título), se hace referencia a una crecida del Río Copiapó del año 1987 en donde un tramo del canal se vio fuertemente afectado y cuya posterior reparación consideró además una modificación en el trazado (analizado en el ítem 5.4.1).

Por lo anterior es que dentro de los términos de referencia y las bases del contrato se solicitó que se considerara el análisis de los sectores de riesgo del canal, para ello fue necesario realizar modelos hidráulicos del río Copiapó de modo de asegurar la integridad, estabilidad y seguridad del proyecto frente a futuras crecidas.

Para la determinación del eje hidráulico se consideraron los caudales de crecidas emanados del estudio "Análisis de Zonas de Inundación del Río Copiapó en Comuna de Tierra Amarilla y Copiapó" desarrollado por Prisma Ingeniería el año 2002, para los períodos de retorno $T_r = 5, 10, 25, 50$ y 100 años y por ser un cauce natural la modelación se realizó en régimen mixto.

La modelación se realizó utilizando el software Hec Ras en su versión 4.1.0.

10.1.1. Antecedentes

A. Perfiles Transversales

Para efectos del cálculo hidráulico del río Copiapó se utilizó como base el levantamiento topográfico realizado durante la consultoría. Los perfiles se generaron cada 50 metros, perpendiculares al eje del flujo, encontrando la problemática de que éstos llegaban sólo hasta el eje del río Copiapó, cosa que fue solucionada complementando el resto de la caja del río utilizando información de Google Earth. Por lo que los resultados fueron descritos sólo como referenciales.

B. Caudales

De acuerdo con trabajo de la consultora Prisma Ingeniería (año 2002), en su parte de análisis hidrológico, se tuvo como antecedente que los caudales de crecidas calculados según período de retorno y que fueron utilizados para determinar el eje hidráulico en el río Copiapó son:

Tabla 10.1: Caudales de crecidas según periodo de retorno

Período de Retorno (años)	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
Caudal (m ³ /s)	7,0	15,0	34,0	64,0	116,0

Fuente: "Análisis de Zonas de Inundación del Río Copiapó en Comuna de Tierra Amarilla y Copiapó", Prisma Ingeniería el año 2002

10.1.2. Cálculo Eje Hidráulico

Para la modelación del del río Copiapó se propuso régimen mixto, por lo tanto, el eje hidráulico se calculó imponiendo condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo.

Para definir el eje hidráulico según Régimen (río, crítico o torrente) se comparó la altura crítica (h_c) y la altura de flujo (h), como se describe en Tabla 10.2.

Tabla 10.2: Definición régimen de escurrimiento

Relación de altura	Definición
$h > h_c$	Régimen de río (R)
$h = h_c$	Régimen crítico (C)
$h < h_c$	Régimen de Torrente (T)

Fuente: Elaboración propia

Para definir el eje hidráulico según tipo de corriente (peraltada, uniforme o deprimida) se comparó la altura normal (h_n) y la altura de flujo (h), como se describe en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3: Condición de eje hidráulico según corriente

Relación de Altura	Relación de pendiente	Definición
$h > h_n$	$i > j$	Corriente peraltada (P)
$h = h_n$	$i = j$	Corriente uniforme (U)
$h < h_n$	$i < j$	Corriente deprimida (D)

Fuente: Elaboración propia

La altura crítica en cada tramo se calculó de acuerdo con los parámetros que entrega HEC-RAS como la resta entre la cota de la superficie de agua crítica y la cota mínima del canal. La altura normal se calcula iterando la ecuación de Manning como función unitaria, mediante la siguiente relación:

$$\frac{Q \cdot P m^{2/3} \cdot n}{A^{5/3} \cdot i^{1/2}} = 1 \quad \text{Ecuación N}^\circ 10.1$$

Para efectos de cálculo hidráulico en el programa HEC-RAS se adoptó lo siguiente:

- Secciones transversales auxiliares interpoladas cada 5 metros.
- Coeficiente de rugosidad homogéneo del cauce $n=0,035$, de acuerdo con la experiencia del Consultor.

10.1.3. Tramos Modelados y Condiciones de Borde

En base al levantamiento topográfico se hizo una revisión de los tramos en los cuales el cauce del río corría cercano al eje del canal diseñado, considerando aquellos tramos en que la distancia entre ambos ejes fuese menor a 40 metros, criterio tomado en conjunto con la inspección fiscal del proyecto y basado a información histórica y la experiencia que la propia junta de vigilancia del río Copiapó mantenía con respecto a las crecidas.

Con el criterio anterior se definieron 4 tramos del canal en los que fue necesario hacer el respectivo análisis, éstos se mencionan en la Tabla 10.4 mostrada a continuación.

Tabla 10.4: Tramos del canal con posible influencia del río y CB adoptadas

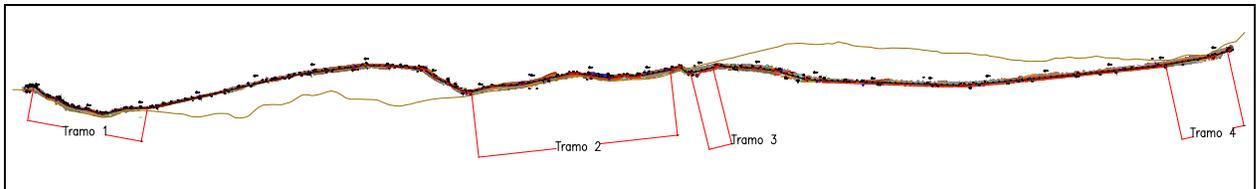
Tramo	Inicio [km]	Fin [km]	Largo tramo [m]	Condiciones de Borde	
				Aguas Arriba	Aguas Abajo
Tramo 1	0+000	1+100	1.100	7,04 ‰	6,43 ‰
Tramo 2	4+000	5+750	1.750	6,04 ‰	7,60 ‰
Tramo 3	5+950	6+150	200	11,20 ‰	9,60 ‰
Tramo 4	10+100	10+650	550	7,80 ‰	6,40 ‰

Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó, se realizó una modelación en régimen mixto, por lo tanto, se impusieron condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo, asumiendo escurrimiento normal.

A continuación se muestra una gráfica en la que es posible distinguir los tramos en que el eje del canal está en la vecindad del río (en color café), por lo que se definieron los 4 tramos estudiados y definidos en la tabla precedente.

Figura 10.1: Tramos del canal con posible influencia del río

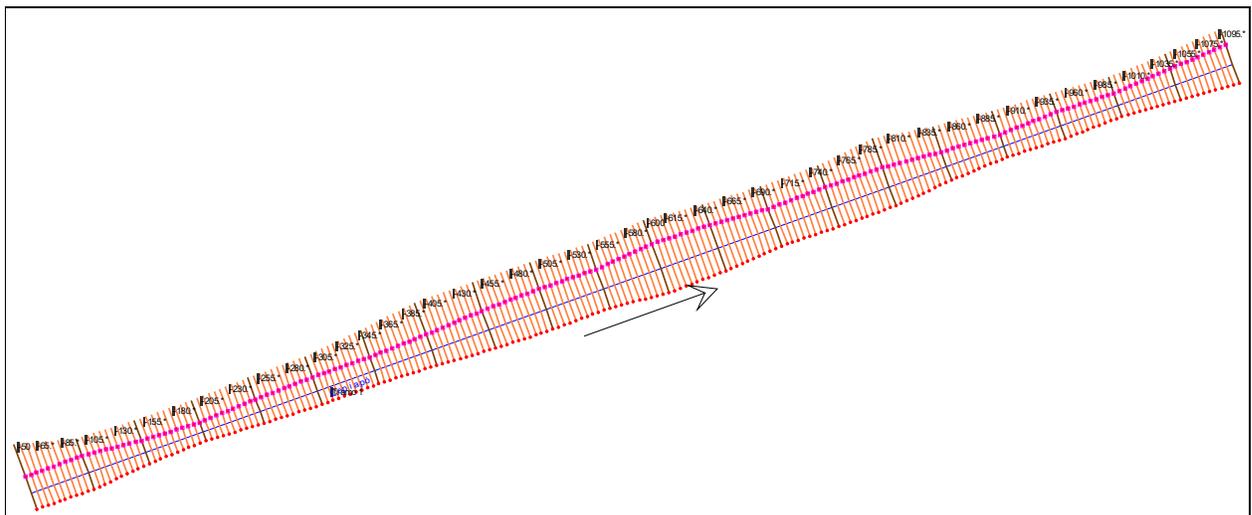


Fuente: Elaboración propia

10.1.4. Resultados Modelación Hidráulica

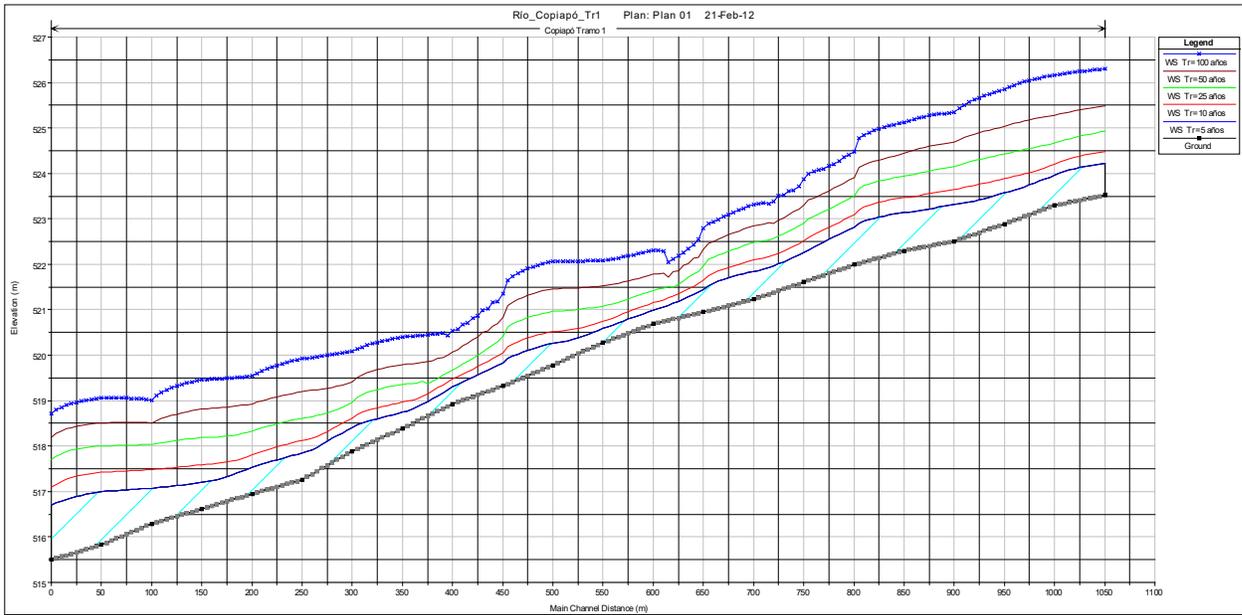
En este ítem se presentan los resultados gráficos para cada uno de los 4 tramos, en primer lugar, se muestra un esquema de la modelación utilizando HEC RAS y a continuación los ejes hidráulicos determinados, en el 0 se presentan las tablas con los resultados para los diversos periodos de retorno analizados y para cada uno de los cuatro tramos que fueron estudiados.

Figura 10.2: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 1



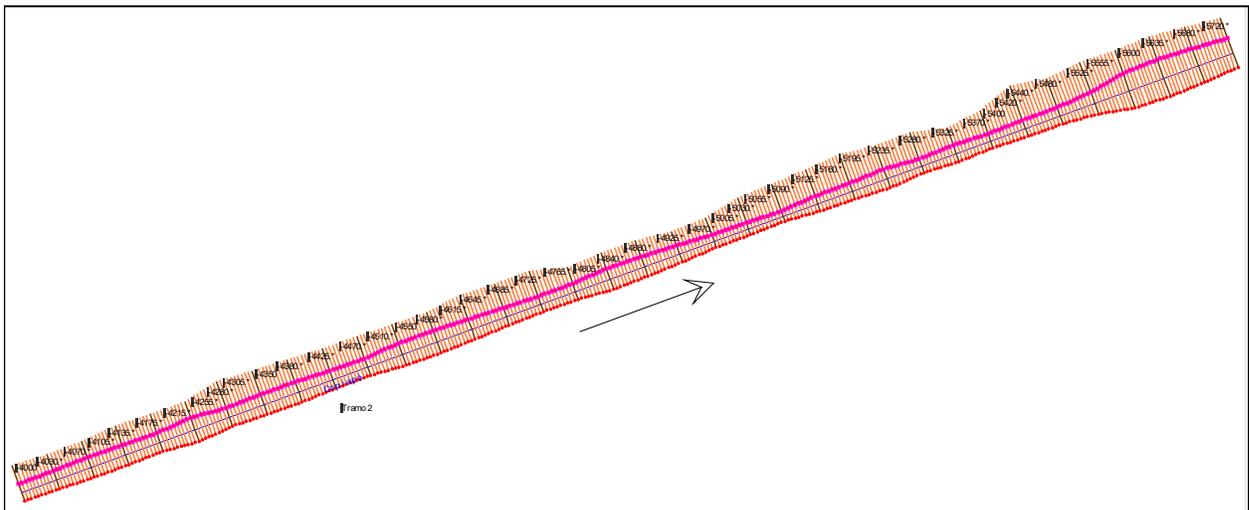
Fuente: elaboración propia

Figura 10.3: Ejes hidráulicos – Tramo 1



Fuente: elaboración propia

Figura 10.4: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 2



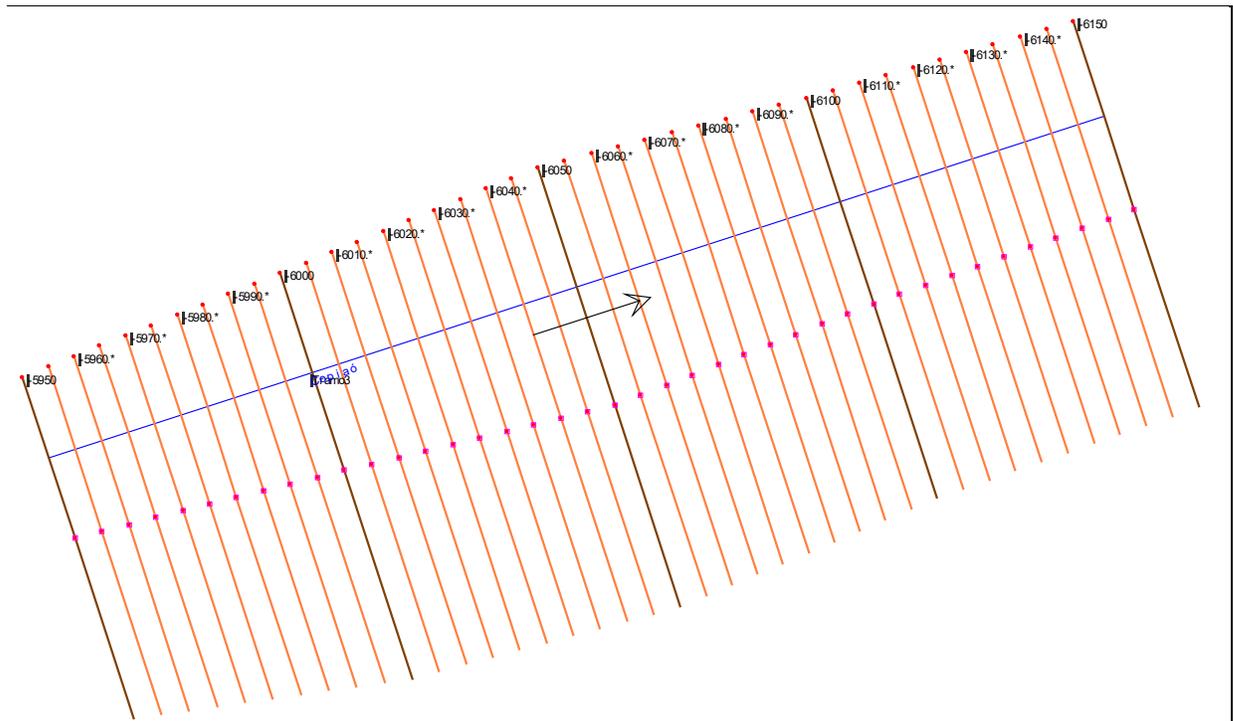
Fuente: elaboración propia

Figura 10.5: Ejes hidráulicos – Tramo 2



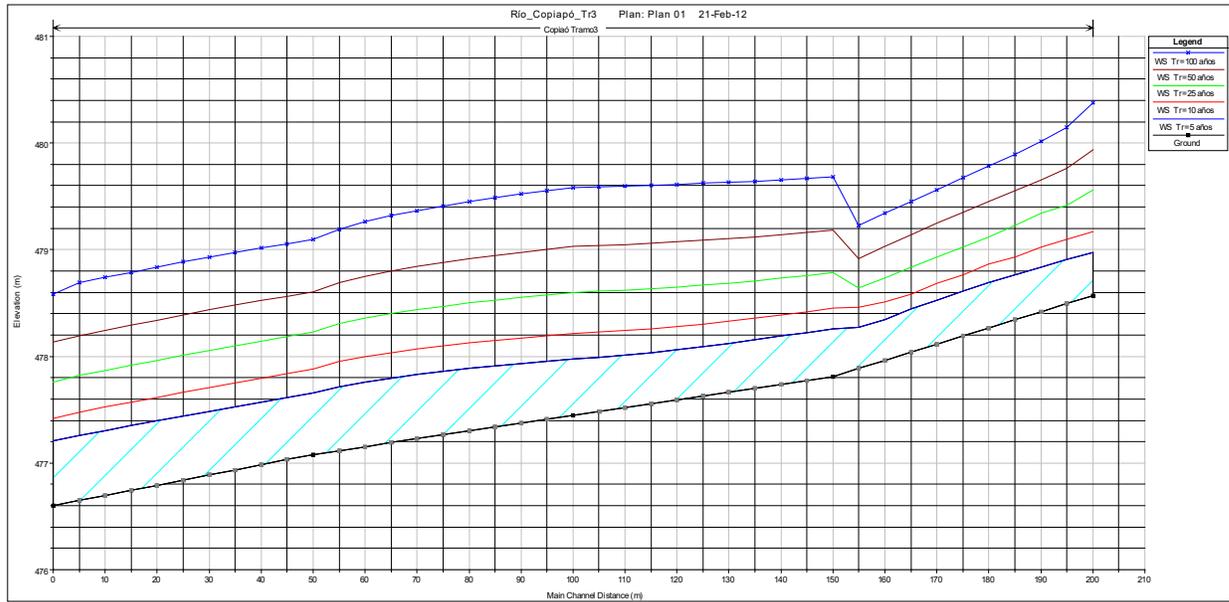
Fuente: elaboración propia

Figura 10.6: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 3



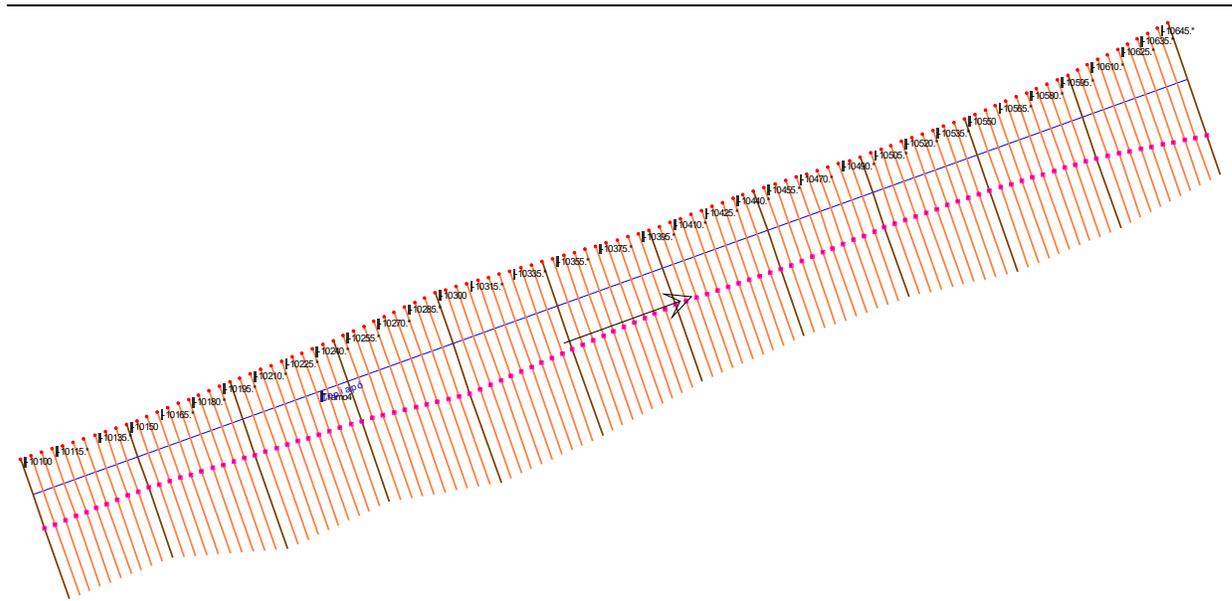
Fuente: elaboración propia

Figura 10.7: Ejes hidráulicos – Tramo 3



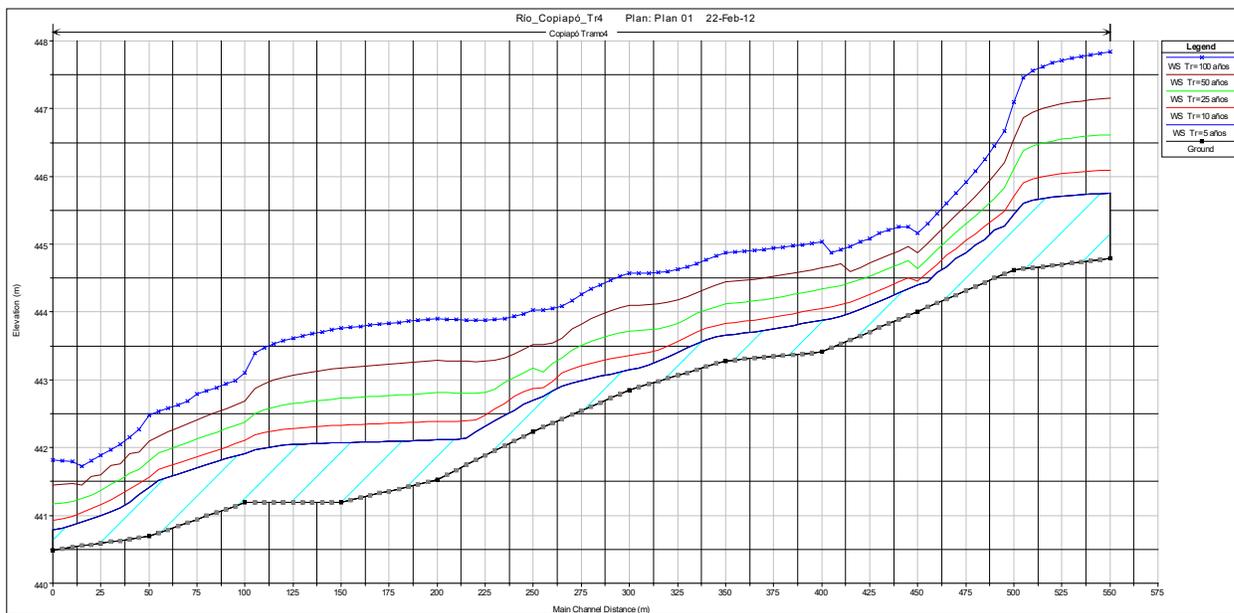
Fuente: elaboración propia

Figura 10.8: Esquema de modelación HEC RAS – Tramo 4



Fuente: elaboración propia

Figura 10.9: Ejes hidráulicos – Tramo 4



Fuente: elaboración propia

10.1.5. Análisis de Resultados

En este ítem se analiza la forma en que podrían influir las crecidas del río Copiapó en la estabilidad y seguridad en el entubamiento del canal Mal Paso, lo anterior basado en la determinación de los ejes hidráulicos de los cuatro tramos del río Copiapó mostrados en los puntos que anteceden.

Para el análisis de esta posible influencia se considera el período de retorno de 100 años por ser el más desfavorable de los casos, para ello se hace una revisión de los perfiles transversales con el fin de identificar zonas de desborde, las conclusiones a las que se llegó se muestran en la Tabla 10.5.

Tabla 10.5: Sub tramos del canal con probable influencia del río y resguardos adoptados

Tramo	Tramos con influencia	Inicio [km]	Fin [km]	Largo tramo [m]	Altura peralte [m]	Borde Río
Tramo 1	Sub Tramo 1-1	0+000	0+200	200	1,0	Izquierdo
	Sub Tramo 1-2	0+900	1+100	200	1,0	Izquierdo
Tramo 2	Sub Tramo 2-1	4+550	4+700	150	1,0	Izquierdo
	Sub Tramo 2-2	4+900	5+200	300	1,0	Izquierdo
Tramo 3	No presenta	-	-	-	-	-
Tramo 4	No presenta	-	-	-	-	-
Total				850		

Fuente: elaboración propia

A continuación, a modo de ejemplo, se muestran algunos de los perfiles transversales analizados, en ellos es posible ver el encauzamiento que se hizo del flujo del río con el fin de modelar el muro que aísla ambos flujos.

Figura 10.10: Perfil transversal Km 0+100

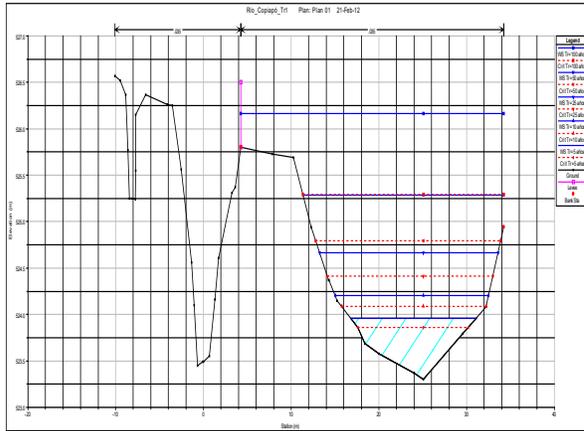


Figura 10.11: Perfil transversal Km 0+150

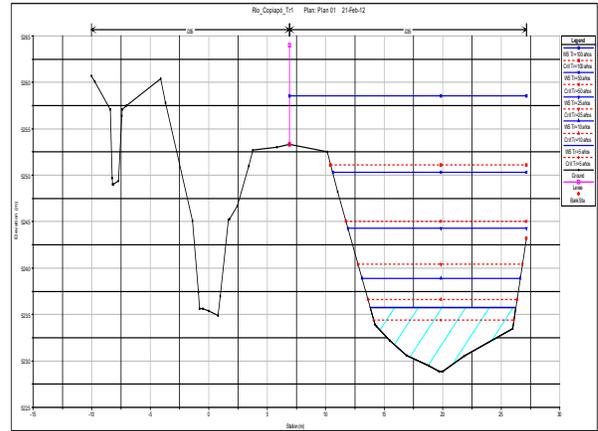


Figura 10.12: Perfil transversal Km 0+950

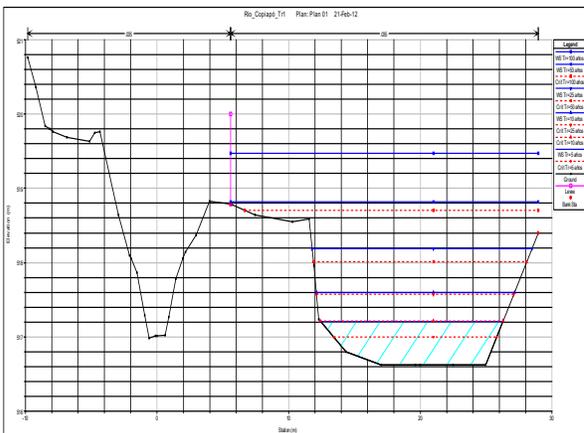


Figura 10.13: Perfil transversal Km 1+000

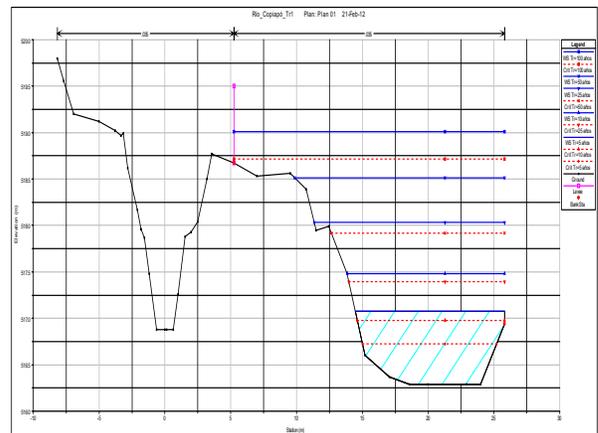


Figura 10.14: Perfil transversal Km 1+050

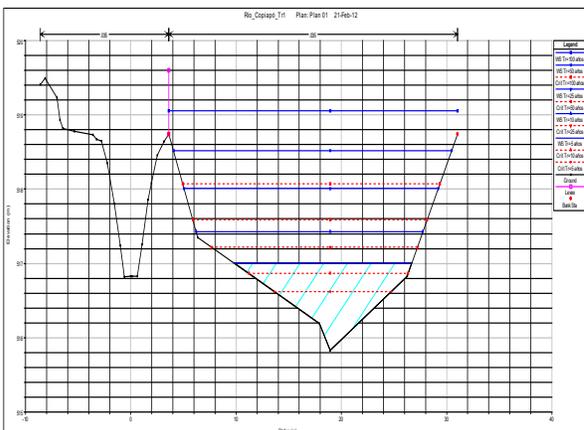
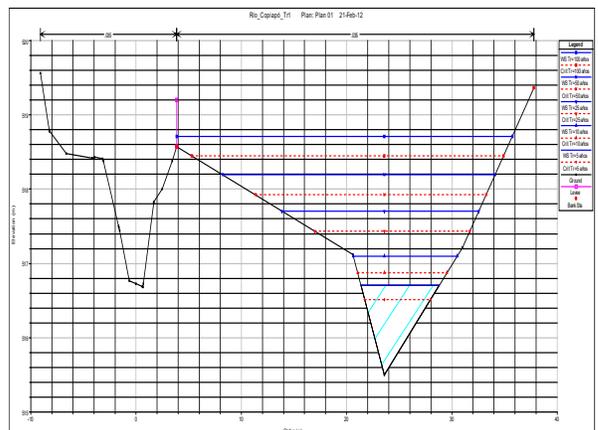


Figura 10.15: Perfil transversal Km 1+100



Fuente: elaboración propia

Figura 10.16: Perfil transversal Km 4+550

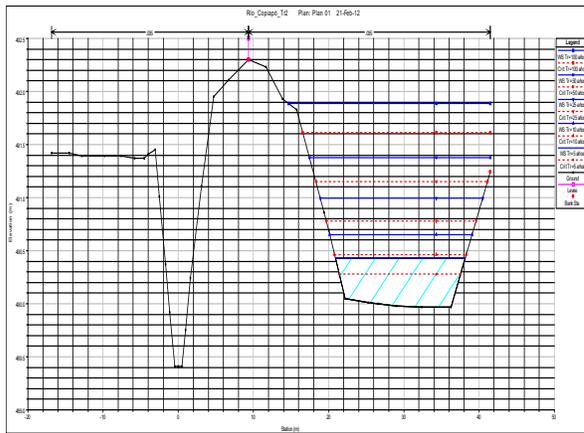


Figura 10.17: Perfil transversal Km 4+650

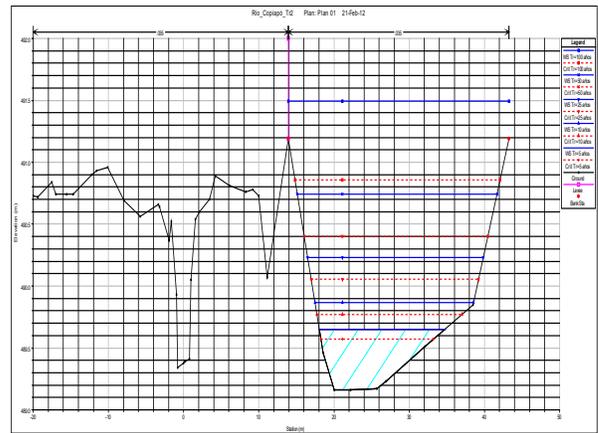


Figura 10.18: Perfil transversal Km 4+900

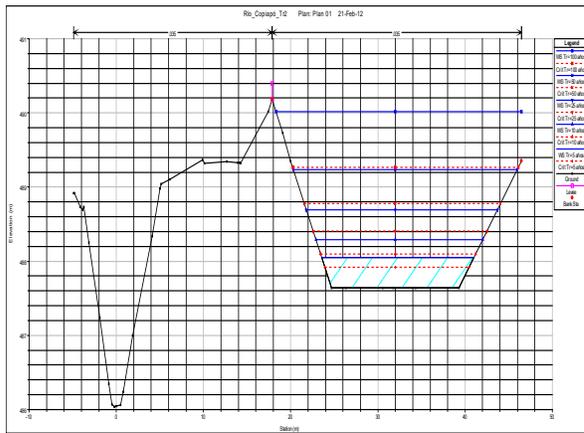


Figura 10.19: Perfil transversal Km 5+000

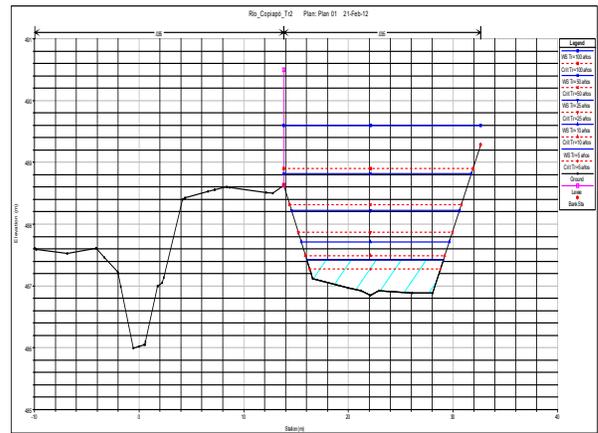


Figura 10.20: Perfil transversal Km 5+100

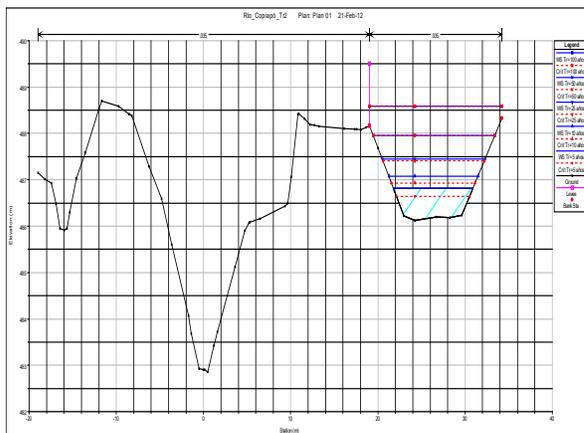
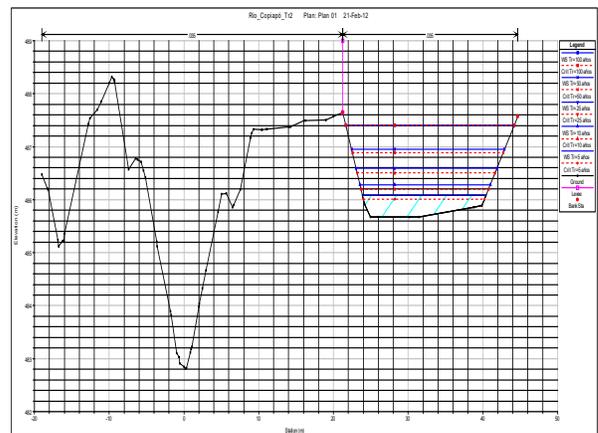


Figura 10.21: Perfil transversal Km 5+200



Fuente: elaboración propia

Figura 10.22: Perfil transversal Km 5+950

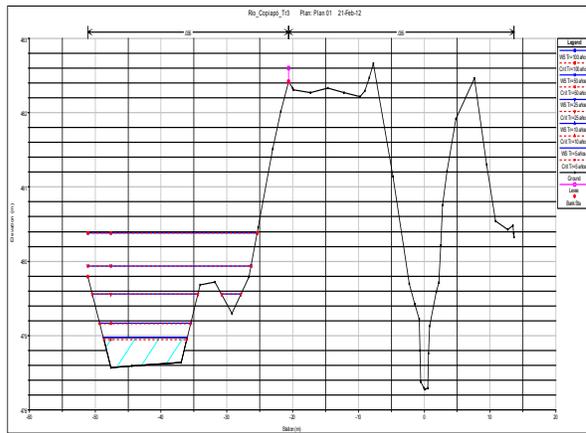


Figura 10.23: Perfil transversal Km 6+150

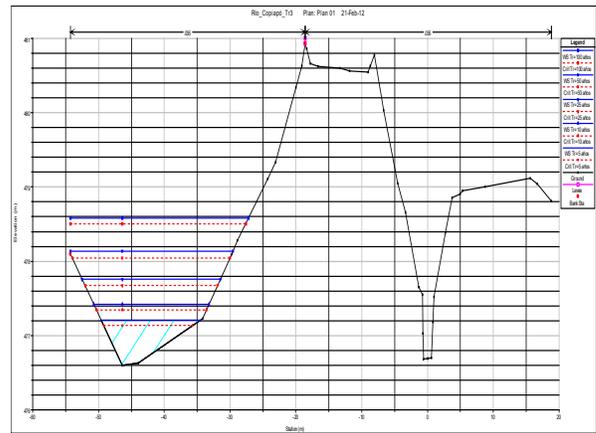


Figura 10.24: Perfil transversal Km 10+100

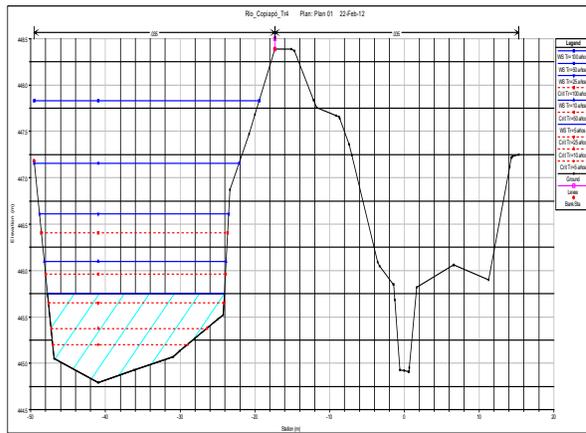


Figura 10.25: Perfil transversal Km 10+300

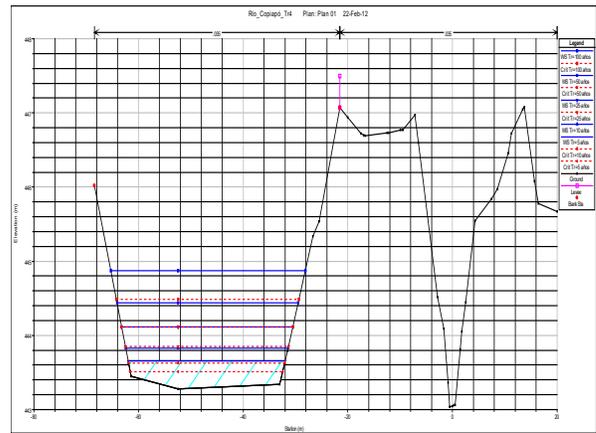


Figura 10.26: Perfil transversal Km 10+500

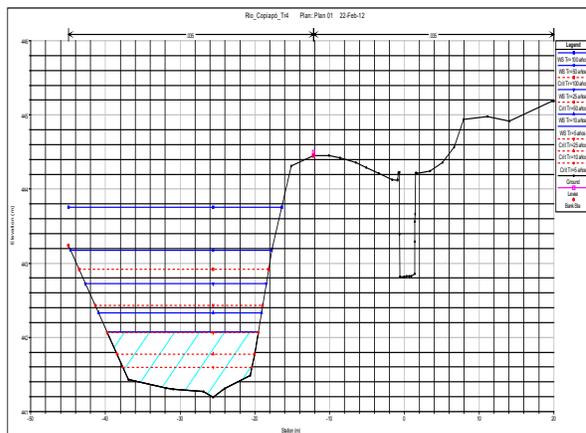
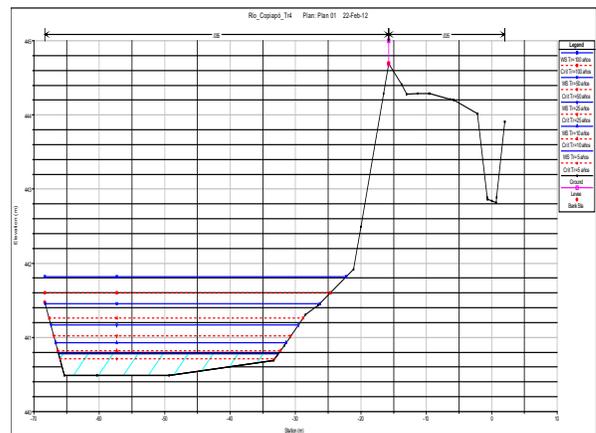


Figura 10.27: Perfil transversal Km 10+650



Fuente: elaboración propia

10.1.6. Peraltes Borde Canal

Se sugiere utilizar un peralte con un muro de contención rígido según lo indicado en la lámina 4.403.001 del volumen 4 del Manual de Carreteras, sin barbacanas.

A continuación se muestra una tabla mediante la cual se estima el valor del precio metro lineal, a precios privados de la construcción del peralte, considerando los mismos precios unitarios y partidas anteriormente utilizados.

Tabla 10.6: Precios peralte a precios privados

Peraltes Borde Canal	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Emplantillado H-5 E=5 Cm	m ²	0,90	5.016	4.514
Hormigón H-20 Con Moldaje	m ³	0,96	156.106	149.862
Malla Acma C-139	m ²	4,86	2.018	9.807
				164.184

Fuente: elaboración propia

Al repetir el cálculo, a precios sociales, se tiene:

Tabla 10.7: Precios peralte a precios sociales

Peraltes Borde Canal	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Emplantillado H-5 e=5 cm	m ²	0,90	4.881	4.393
Hormigón H-20 con Moldaje	m ³	0,96	154.390	148.215
Malla Acma C-139	m ²	4,86	1.899	9.231
				161.839

Fuente: elaboración propia

Con lo que, en definitiva, se tiene que el costo estimado de la construcción de las obras de protección es:

Tabla 10.8: Costo construcción obras de protección

OBRA	Unidad	Cantidad	Precio Total	
			Privado	Social
Peraltes Borde Canal	m	850	139.556.400	137.562.891

Fuente: elaboración propia

Cabe hacer notar que estas obras deberían analizarse bajo el contexto de un proyecto de protección de riberas en el río, lo que escapaba a los alcances de la consultoría y de este trabajo de título.

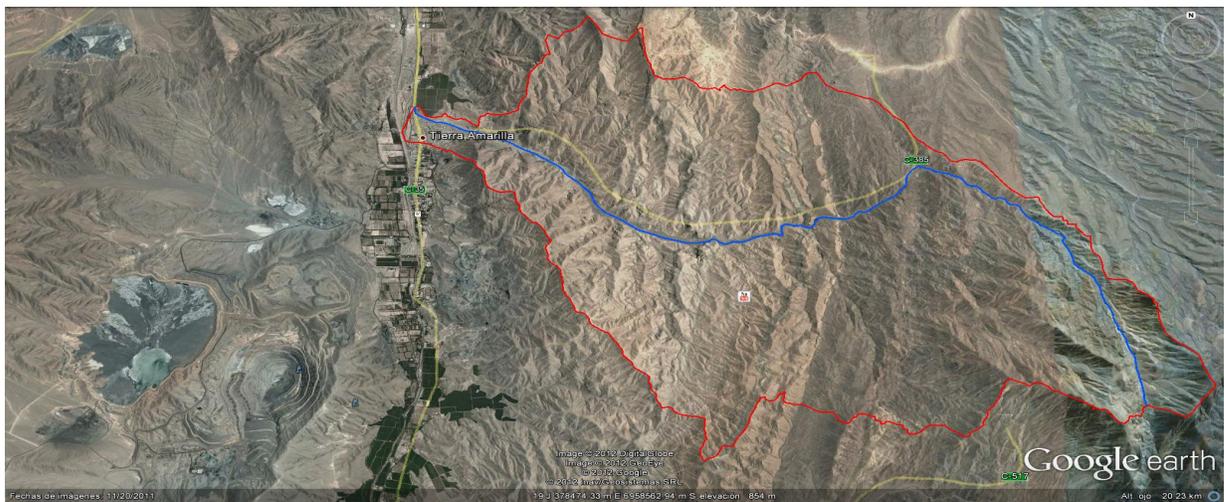
10.2. Análisis Cuenca Meléndez

En este ítem se analiza la influencia de la crecida de la Cuenca Meléndez sobre el Canal Mal Paso, esto debido a que su punto de descarga se encuentra sobre un nudo vial que se encontraba recientemente construido en las proximidades del trazado del Canal.

Para lo anterior se definió la cuenca utilizando para ello el software Google Earth, para luego determinar los parámetros de ésta.

A continuación se muestran dos imágenes captadas del mencionado programa en donde se muestra la cuenca en estudio y su punto de descarga.

Figura 10.28: Cuenca Meléndez y cauce principal orientada hacia el Norte



Fuente: elaboración propia en base a Google Earth, 2012

Figura 10.29: Isométrica Cuenca Meléndez



Fuente: elaboración propia en base a Google Earth, 2012

Como resultado del análisis se obtuvieron los siguientes datos relevantes de la cuenca en estudio:

Tabla 10.9: Parámetros Cuenca Meléndez

Área Total	55.307	[Km ²]
Largo Cauce Principal	16.931	[m]
Cota máxima	1548	[m.s.n.m.]
Cota salida	478	[m.s.n.m.]

Fuente: elaboración propia

10.2.1. Análisis Hidrológico de la Cuenca

El análisis hidrológico de la cuenca se determina en base al estudio del “Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó”, realizado por la consultora Cygsa Chile el año 2009, en donde se determinaron las precipitaciones máximas de diseño y se hizo la estimación de caudales de crecida en río Copiapó y cuencas rurales.

A. Precipitaciones Máximas de Diseño

A continuación se extrae la forma en que se determinó la precipitación de diseño en el estudio del Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó (Consultora Cygsa Chile, 2009).

Para determinar la precipitación máxima de diseño en la zona de estudio se recurrió a las curvas de isoyetas, polígonos de Thiessen y resultados de los análisis de frecuencia de precipitaciones máximas ya presentados.

En primer lugar se consideraron las precipitaciones obtenidas del análisis de frecuencia, ponderadas por el coeficiente 1,1, correspondiente a la corrección de los datos de lluvias calendarios en lluvias continuas, luego con los polígonos de Thiessen se determinaron las respectivas áreas de influencia de cada estación pluviométrica considerada, las que muestran como las zonas urbanas de Copiapó, son representadas fielmente por las estaciones Copiapó DGA y Copiapó Chamonate DMC, pero dada la ubicación de la estación Copiapó DGA, se opta por esta para ser utilizada en la definición de la precipitación de diseño. Estos resultados se presentan en la Tabla 10.10 mostrada a continuación.

Tabla 10.10: Precipitaciones máximas de diseño en 24 horas [mm]

Periodo de Retorno [años]	2	5	10	25	50	100
Copiapó DGA PP24 [mm]	5,89	18,84	31,60	52,22	70,36	90,50

Fuente: “Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó”, Consultora Cygsa Chile, 2009

B. Estimación de caudales de crecida en río Copiapó y cuencas rurales

En el citado Plan Maestro se determinan parámetros y crecidas para las distintas cuencas de la zona.

Se determinaron los caudales máximos instantáneos, mediante un análisis de frecuencia, de las estaciones río Copiapó en Ciudad de Copiapó y río Copiapó en Canal Mal Paso, a continuación, se seleccionaron las cuencas rurales cercanas (“RCO-01 Río Copiapó” y “RCO-02 Río Copiapó y quebrada Paipote”) y se determinaron sus parámetros morfométricos – mediante el método del Hidrograma Unitario – de las áreas rurales sobre 10 km² definidas en el estudio, con ello se obtuvieron los parámetros mostrados en la Tabla 10.11 mostrada a continuación.

Tabla 10.11: Parámetros morfológico de áreas rurales (AR), Método Hidrograma Unitario

Cuenca	A [km ²]	L [km]	Lg [km]	S [%]
AR-2	10,71	6,09	3,13	15,68
AR-32	24,90	10,76	6,42	19,98
AR-37	21,56	8,41	4,25	13,25
AR-39	14,72	6,23	3,95	9,64
AR-51	11,28	7,28	3,42	14,75
AR-55	13,64	7,65	3,68	9,92

Fuente: “Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó”, Consultora Cygsa Chile, 2009

En la Tabla 10.12 se resumen los caudales adoptados por el Plan Maestro, el que corresponde al método de hidrograma Unitario sintético, que arrojo los valores más conservadores.

Tabla 10.12: Caudales máximos instantáneos. Cuencas aportantes al área de estudio

Cuencas	Caudales Máximos Instantáneos (m ³ /s)				
	T = 2	T = 10	T = 25	T = 50	T = 100
AR-2	0,019	0,505	1,307	2,265	3,571
AR-32	0,036	0,958	2,478	4,296	6,772
AR-37	0,033	0,885	2,288	3,967	6,253
AR-39	0,024	0,643	1,662	2,881	4,541
AR-51	0,019	0,505	1,306	2,263	3,568
AR-55	0,022	0,582	1,504	2,607	4,110

Fuente: “Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó”, Consultora Cygsa Chile, 2009

Con lo que, considerando solamente el periodo de retorno de 100 años se obtiene:

Tabla 10.13: Parámetros y crecidas de cuencas sobre 10 km²

Cuenca	A [km ²]	L [km]	Lg [km]	S [%]	Q _{máx} instantáneo. T=100 años [m ³ /s]
AR-2	10,71	6,09	3,13	15,68	3,571
AR-32	24,90	10,76	6,42	19,98	6,772
AR-37	21,56	8,41	4,25	13,25	6,253
AR-39	14,72	6,23	3,95	9,64	4,541
AR-51	11,28	7,28	3,42	14,75	3,568
AR-55	13,64	7,65	3,68	9,92	4,110

Fuente: "Plan Maestro de Aguas Lluvias de Copiapó", Consultora Cygsa Chile, 2009

A continuación, con la tabla recién mostrada, se determinó el rendimiento para las diversas cuencas, y se determinó el caudal máximo Instantáneo ajustado a la Cuenca Meléndez, estos resultados se muestran en la Tabla 10.14.

Tabla 10.14: Rendimiento y Q_{Máx} instantáneo T= 100 años Cuenca Meléndez

Cuenca	Área [km ²]	Rendimiento	Q _{máx} inst. equiv. T=100 años [m ³ /s]
AR-2	10,71	0,333	18,441
AR-32	24,90	0,272	15,042
AR-37	21,56	0,290	16,041
AR-39	14,72	0,308	17,062
AR-51	11,28	0,316	17,494
AR-55	13,64	0,301	16,665
		Promedio	16,791

Fuente: elaboración propia

Con lo que, finalmente, se concluyó que el caudal máximo Instantáneo para un periodo de retorno de 100 años para la cuenca en estudio corresponde al promedio de los 6 caudales relevantes, es decir, a 16,79 m³/s.

10.2.2. Análisis Hidráulico de la Descarga

La Cuenca Meléndez llega por en el costado Este en forma perpendicular al trazado del Canal Mal Paso. Esta cuenca provocó en el pasado embanques y cortes del canal, pero posteriormente se construyó un nudo vial que interrumpe la quebrada a la altura del Km 6+900 del eje proyecto del entubamiento por lo que se hizo indispensable asegurar la estabilidad del canal ante eventos de crecidas.

En la Figura 10.29 se muestra una imagen isométrica de la cuenca en cuestión con el punto de descarga en el mencionado nudo vial, en la Figura 10.30 se presenta la posición del nudo con respecto a Tierra Amarilla y en la Figura 10.31 un acercamiento en donde se puede apreciar de mejor forma el área que se vería influenciada por el punto de descarga.

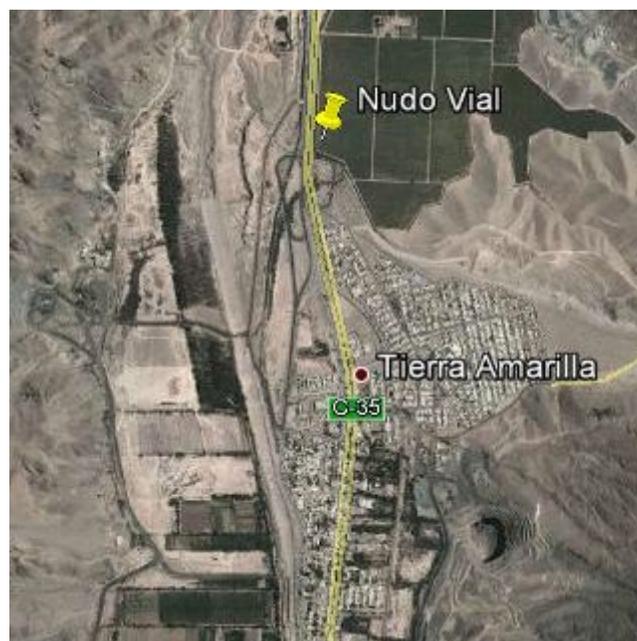
Cabe hacer notar que, el caudal estimado de $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$ para una crecida de $T=100$ años (dadas las condiciones existentes en el momento de la consultoría) no llegaría completamente al canal Mal Paso, por dos factores:

- a. La amortiguación de la crecida que se produciría en el tranque retenedor ubicado aguas arriba del nudo vial
- b. La propia obra de cruce – que interrumpe el flujo de la quebrada – desviando parte del caudal por el costado derecho de la ruta, siendo que, finalmente, sólo una parte del flujo podría cruzar bajo el paso nivel tal como lo indican las flechas de color rojo en la Figura 10.31.

El caudal que eventualmente cruzaría bajo el paso nivel es el que podría desbordar la calzada y afectar al canal Mal Paso. En la Figura 10.32, se muestra tal posibilidad de desborde por el costado derecho de la calzada, se observa que a la salida del paso bajo nivel, existe un “muro alto”, y luego continua un muro más bajo por el borde derecho de la calzada.

En lo que sigue se aborda esta posibilidad y la solución de protección del canal ante esta eventualidad considerando el caso más desfavorable, es decir, que la totalidad del caudal de crecida de 100 años pasa bajo el paso nivel.

Figura 10.30: Ubicación del nudo vial con respecto a Tierra Amarilla



Fuente: Proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 10.31: Acercamiento nudo vial



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 10.32: Detalle paso bajo nivel



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

10.2.3. Antecedentes Para la Modelación Hidráulica

Para la modelación de la zona del nudo vial por donde se debería producir la descarga se utilizó el programa computacional HEC-RAS en su versión 4.1.0, mediante el cual se determinó el eje hidráulico de dicho sector.

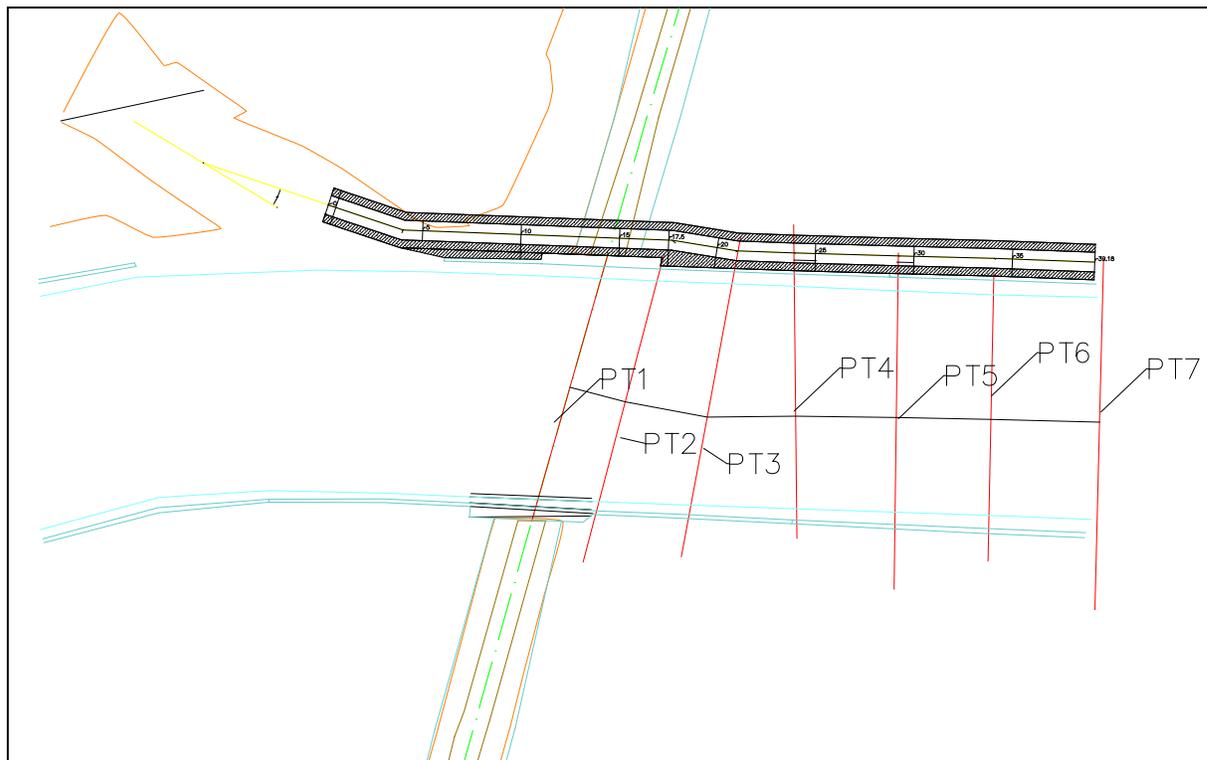
La zona en estudio se modeló como un canal con un vertedero lateral mediante el cual el exceso de caudal es vaciado hacia un canal colector lateral en la ribera norte del paso bajo nivel.

El canal colector, a continuación, vacía el contenido – que no sobrepasó el muro del vertedero lateral – sobre el antiguo cauce de la quebrada Meléndez, que descarga finalmente en el río Copiapó, el cual se encuentra cercano del punto en estudio.

A continuación se muestra una imagen del canal lateral proyectado en donde además es posible ver los perfiles transversales definidos y la descarga hacia los siguientes elementos mencionados.

El diseño del canal lateral paralelo al camino contempló una geometría de 1 m de ancho y 0,6 m de altura, de forma tal que el muro lateral funcionase como vertedero de pared gruesa y que la descarga al antiguo lecho del cauce se hiciera en un ángulo adecuado de modo de no producir alteraciones en el flujo receptor.

Figura 10.33: Zona del estudio, canal lateral y descarga proyectados



Fuente: Proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

10.2.4. Modelación Hidráulica y Resultados

A. Perfiles transversales

Para efectos del cálculo hidráulico del sector se utilizó como base el levantamiento topográfico realizado durante la consultoría. Los perfiles se consideraron a distancia variable, en forma perpendicular al eje de la calzada y fueron definidos en aquellos puntos en que se encontraron discontinuidades geométricas.

Para la modelación del canal proyectado, se consideraron condiciones de borde de altura normal con una pendiente de 1,5 ‰ tanto a la entrada como a la salida.

B. Caudales

Del análisis hidrológico de la Cuenca Meléndez, mostrada en el ítem 10.2.1 del presente capítulo, se concluyó que el caudal máximo Instantáneo para un periodo de retorno de 100 años para la cuenca en estudio corresponde a 16,8 m³/s. Éste caudal ha sido utilizado para determinar el eje hidráulico de la zona en estudio.

C. Cálculo Eje Hidráulico

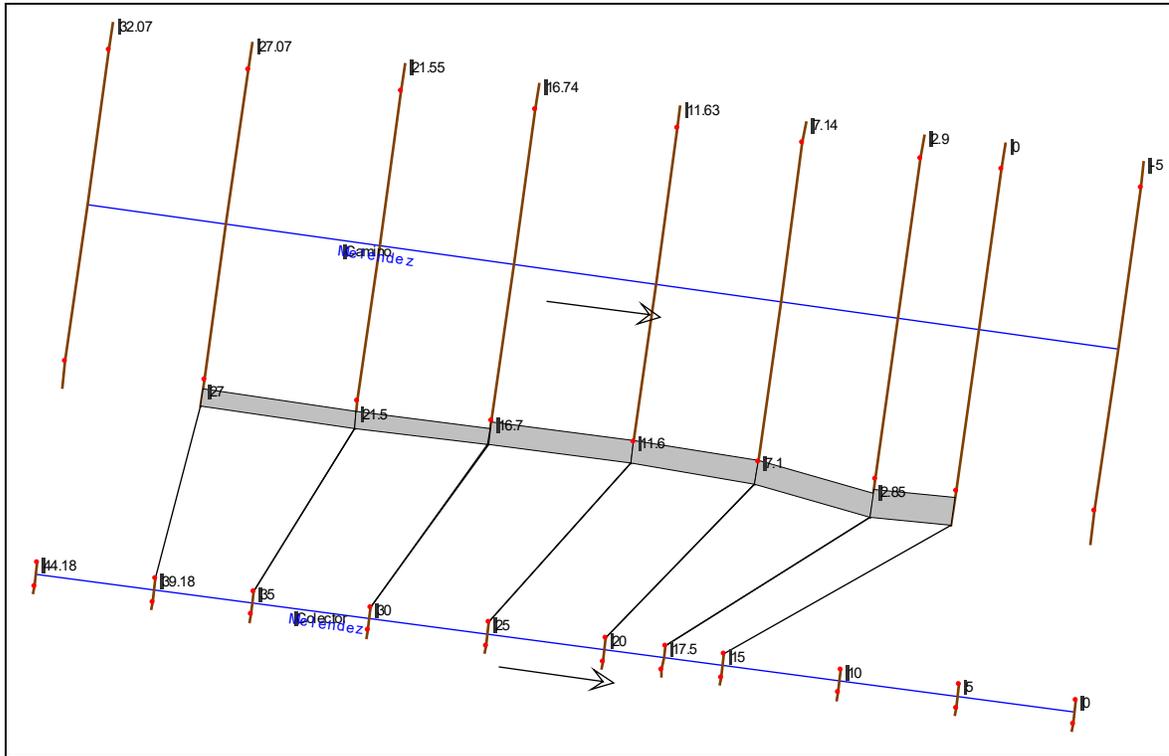
Para la modelación se propuso régimen mixto, por lo tanto, el eje hidráulico se calculó imponiendo condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo asumiendo escurrimiento normal.

Se utilizó un coeficiente de rugosidad de Manning $n=0,025$ de acuerdo con la experiencia del Consultor, el cual corresponde a un muro de hormigón con terminación rugosa.

El procedimiento utilizado para el cálculo del eje hidráulico es idéntico al mostrado en el ítem 10.1.2, por lo que en este punto no se ahonda más en ello.

En la figura a continuación se muestra el esquema de la modelación realizada.

Figura 10.34: Esquema de modelación



Fuente: Proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

D. Resultados

En la Tabla 10.15 se muestran los resultados para el caudal máximo en el camino existente y el vertedero proyectado y en la Tabla 10.16 los del canal colector.

Los resultados muestran que el nivel en el camino supera el muro en aproximadamente 20 cm, esto implica que al canal colector llegan del orden de 400 l/s, este valor puede aumentar si se perfecciona la forma del muro de modo de mejorar el coeficiente de descarga del vertedero.

Según lo anterior es fácil observar que el efecto sobre el Canal Mal Paso es mínimo, aún en esta eventualidad tremendamente conservadora.

De todas formas, se sugirió construir este canal colector como una seguridad adicional del sistema, y como un posible alivio de una eventual inundación del paso bajo nivel, esto favorece tanto a Vialidad como al Canal, ya que normaliza un desagüe de una posible inundación por un cauce controlado, evitando socavaciones que podrían perjudicar la cobertura del entubamiento en esta zona que se encuentra a aproximadamente 1 metro bajo el nivel del terreno.

Tabla 10.15: Resultados hidráulicos $T_r = 100$ años – Camino

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Camino	32.07	Max WS	16,8	470,44	471,225		471,39	0,00111	1,84	9,52	13,11	0,67
Camino	27.07	Max WS	17,03	470,43	471,204		471,38	0,00121	1,90	9,35	13,11	0,7
Camino	27		Lat Struct									
Camino	21.55	Max WS	16,88	470,43	471,200		471,37	0,00121	1,89	9,30	13,11	0,7
Camino	21.5		Lat Struct									
Camino	16.74	Max WS	16,58	470,44	471,170		471,36	0,00146	1,99	8,66	13,03	0,76
Camino	16.7		Lat Struct									
Camino	11.63	Max WS	16,55	470,45	471,135		471,36	0,00186	2,15	7,98	12,87	0,85
Camino	11.6		Lat Struct									
Camino	7.14	Max WS	16,55	470,46	471,149		471,35	0,00153	2,02	8,48	13,02	0,78
Camino	7.1		Lat Struct									
Camino	2.9	Max WS	16,61	470,46	471,138		471,34	0,00161	2,04	8,51	13,75	0,79
Camino	2.85		Lat Struct									
Camino	0	Max WS	16,7	470,45	471,148		471,34	0,00150	1,99	8,74	13,77	0,77
Camino	-5	Max WS	16,71	470,44	471,141	471,04	471,34	0,00149	1,99	8,75	13,77	0,77

Fuente: Proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

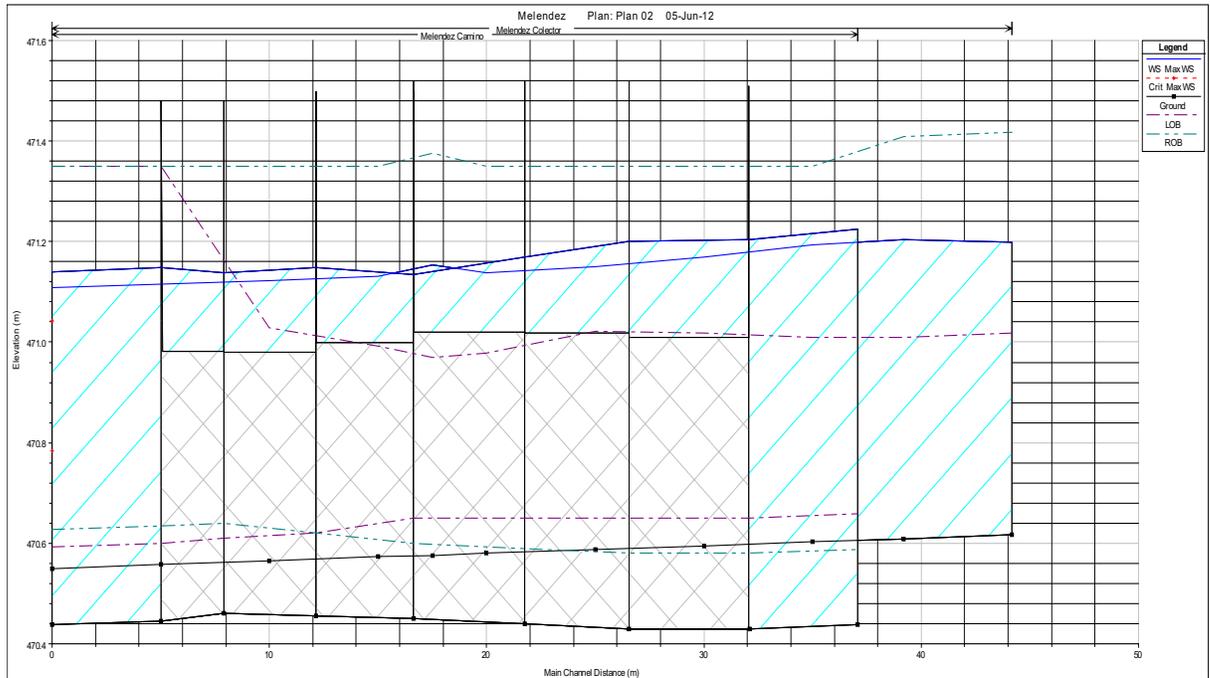
Tabla 10.16: Resultados hidráulicos $T_r = 100$ años – Colector

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Colector	44.18	Max WS	0,1	470,62	471,199		471,20	0,00011	0,17	0,58	1	0,07
Colector	39.18	Max WS	0,00	470,61	471,204		471,20	0,00007	0,00	0,59	1	0,06
Colector	35	Max WS	0,21	470,60	471,194		471,20	0,00045	0,35	0,59	1	0,15
Colector	30	Max WS	0,28	470,60	471,169		471,18	0,00088	0,49	0,57	1	0,21
Colector	25	Max WS	0,32	470,59	471,150		471,17	0,00117	0,56	0,56	1	0,24
Colector	20	Max WS	0,18	470,58	471,139		471,14	0,00038	0,32	0,56	1	0,14
Colector	17.5	Max WS	0,23	470,58	471,154		471,16	0,00055	0,39	0,58	1	0,16
Colector	15	Max WS	0,36	470,57	471,131		471,15	0,00150	0,64	0,56	1	0,27
Colector	10	Max WS	0,36	470,56	471,123		471,14	0,00150	0,64	0,56	1	0,27
Colector	5	Max WS	0,36	470,56	471,116		471,14	0,00150	0,64	0,56	1	0,27
Colector	0	Max WS	0,36	470,55	471,108	470,78	471,13	0,00150	0,64	0,56	1	0,27

Fuente: Proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

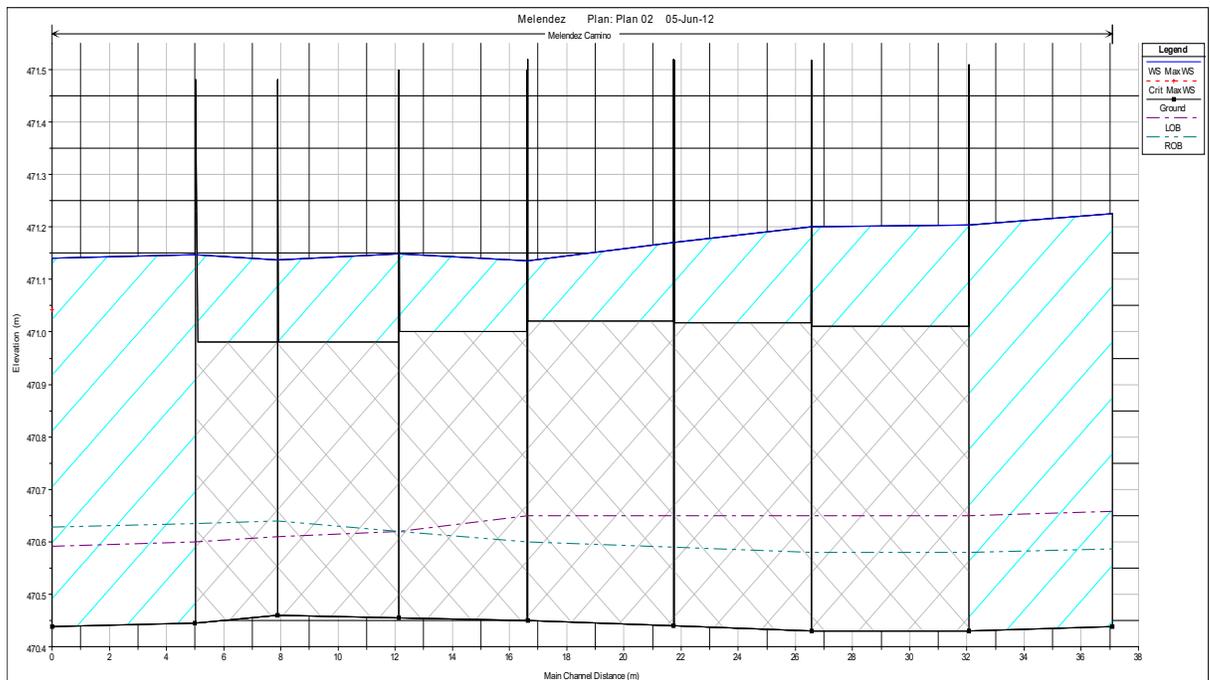
Finalmente, en las Figuras 10.35 a la 10.37 se muestran los resultados de los ejes hidráulicos calculados.

Figura 10.35: Eje hidráulico camino, colector y vertederos



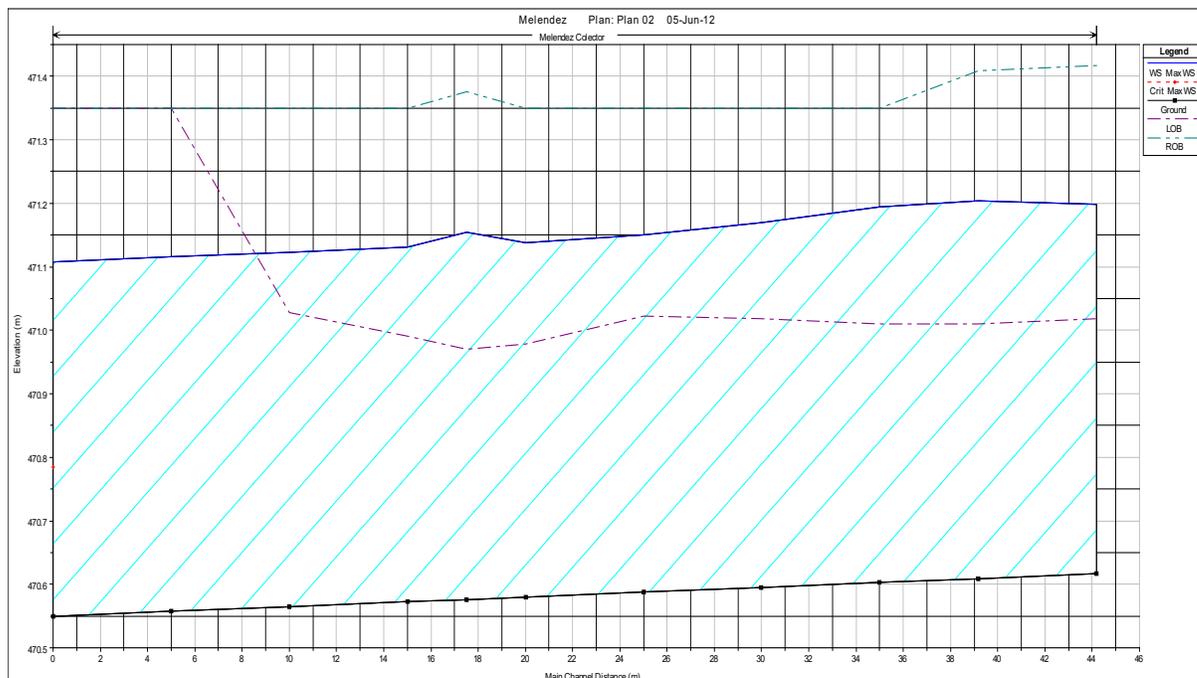
Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 10.36: Eje hidráulico camino y vertederos



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Figura 10.37: Eje hidráulico colector



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

10.2.5. Descripción de la Solución Adoptada

Como ya se ha mencionado y modelado, se proyectó un canal colector lateral paralelo al muro del camino existente en el lugar.

El colector debería ser materializado mediante un canal de hormigón armado con paredes de 15 cm de espesor y fondo de 10 cm. La pared del lado izquierdo sería de la misma altura del muro existente, para de esta forma, dar forma al vertedero de pared gruesa modelado. La pared del lado derecho debería ser de 60 cm. de altura.

En los sectores en que el muro del camino se interrumpía ambas paredes del canal colector deberían ser de 60 cm. de altura.

En las zonas en que el eje del canal se aleja del muro (debido a los quiebres de éste), se proyectó colocar un relleno compactado hasta 10 cm. por debajo de la cota del muro. Los últimos 10 cm. debían ser materializados con un coronamiento de hormigón.

Detalles de la forma, enfierradura, disposición, juntas de dilatación y los demás antecedentes necesarios para su ejecución fueron entregados en los planos del proyecto.

10.2.6. Análisis de los Costos de Construcción

Según la descripción hecha en el ítem precedente y los planos respectivos se procede a realizar la cubicación del canal, los precios unitarios utilizados son los mismos que para el resto del proyecto.

En la Tabla 10.17 se presenta el costo unitario de cada metro de canal colector.

Tabla 10.17: Análisis de precios unitarios canal colector

Ítem	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Valor Privado \$	Factor Social	Valor Social \$
MANO DE OBRA						
Maestro de Primera	HR	0,25	6.989	1.747	0,62	1.188
Ayudante	HR	0,50	3.288	1.644	0,62	1.019
Sub Total				3.391		2.102
% Incidencia C. Directo				4,05%		2,77%
MATERIALES						
Hormigón H-30 con Moldaje	m ³	0,31	175.480	54.399	*	53.835
Emplantillado H-5 e=5 cm	m ²	1,30	5.016	6.521	*	6.345
Enfierradura A63-42H	Kg	3,10	1.232	3.819	*	3.396
Malla Acma C-139	m ²	2,45	2.018	4.944	*	4.654
Junta de Dilatación	M	1,10	9.173	10.090	*	8.731
Relleno Seleccionado	m ³	0,04	14.020	493	*	460
Sub Total				80.266		77.421
% Incidencia C. Directo				95,95%		97,23%
Costo Directo				83.657		79.628
G. Generales 40,00%				33.463		31.851
Utilidades 10,00%				8.366		7.963
Precio Unitario Ítem (PUI)				125.486		119.442
(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente						

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Con lo que finalmente se tiene que el costo directo calculado durante la consultoría para la construcción del canal colector es:

Tabla 10.18: Costo directo de la construcción del canal colector proyectado

Ítem	Unidad	Cantidad	P. Unitario		Valor	
			Privado	Social	Privado	Social
Canal Colector	m	39,22	\$ 83.657	\$ 79.628	\$ 3.281.028	\$ 3.123.015
Costo Directo					\$ 3.281.028	\$ 3.123.015
Gastos Generales (40%)					\$ 1.312.411	\$ 1.249.206
Utilidades (10%)					\$ 328.103	\$ 312.302
Precio Ítem					\$ 4.921.541	\$ 4.684.523

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

10.3. Verificación Estructural Codos y Machones de Anclaje

La presente verificación estructural verifica en primer lugar la estabilidad de los machones de anclaje de los codos del proyecto y luego muestra una verificación de los esfuerzos en cada codo de la tubería.

Las solicitaciones estudiadas son producto de la fuerza resultante por el cambio de dirección del flujo, por lo que se harán las verificaciones para la condición en que la tubería esté llena (Caudal mayor al de diseño).

En el proyecto se consideró el uso de machones de anclaje para aquellos codos que se utilizaron para cambios de dirección mayores a 15° (codos de dos cortes), situación que se repite en 4 casos (ver Tabla 9.2), en particular se muestra el cálculo en la curva con mayor deflexión del trazado, dado que en este punto las solicitaciones por cambio en la dirección del flujo son las más significativas y representa el caso más desfavorable. Dicha curva se encuentra en el km 6+190,91, la cual tiene una deflexión igual a $29,50^\circ$. ($\alpha = 0,224$ rad).

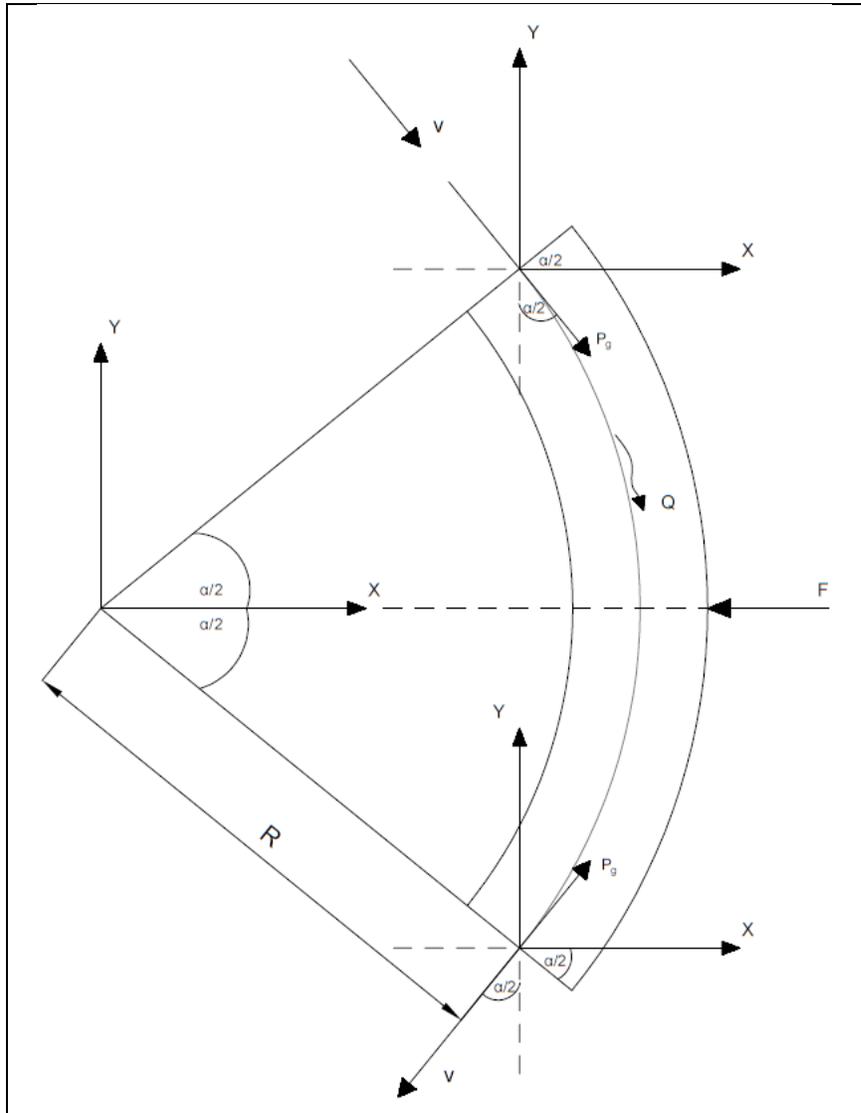
Para el caso de las curvas sin machón, se verificó que el peso propio de éstas sea suficiente para resistir las solicitaciones.

A continuación se presenta el detalle de la verificación de estabilidad del machón mencionado anteriormente, análisis idéntico al realizado para los otros tres y que se resume en la Tabla 10.19 mostrada en la página 99 del presente trabajo.

10.3.1. Determinación de Cargas

Para el cálculo de las solicitaciones sobre cada machón se emplea el teorema de conservación de la cantidad de movimiento TCM (ecuación N°10.2), considerando el desarrollo de curva de cada machón dada la deflexión de los mismos. En la Figura 10.38 se presenta un diagrama con los esfuerzos y parámetros empleados. Las variables son las que se señalan más adelante:

Figura 10.38: Diagrama de esfuerzos en curvas



Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

$$\sum \vec{F} = \rho \cdot Q \cdot \vec{V} \Rightarrow F = 2 \cdot [P_g + V \cdot \rho \cdot Q] \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{Ecuación N}^\circ 10.2$$

En que:

P_g : Fuerza debido a la presión hidrostática en los extremos de la curva, se considera la sección llena de la tubería ($A=1,15 \text{ m}^2$) y que el centro de gravedad se encuentra a una altura $h/2$, con $h = 1,065 \text{ m}$.

V : Velocidad en la sección (m/s), del cálculo del eje hidráulico se tiene que la velocidad media en la sección transversal es igual a 1,48 m/s.

Q : Caudal, igual a 1,274 m^3/s (de Tabla 9.1: Cálculo de escurrimiento para 1.000 [l/s]).

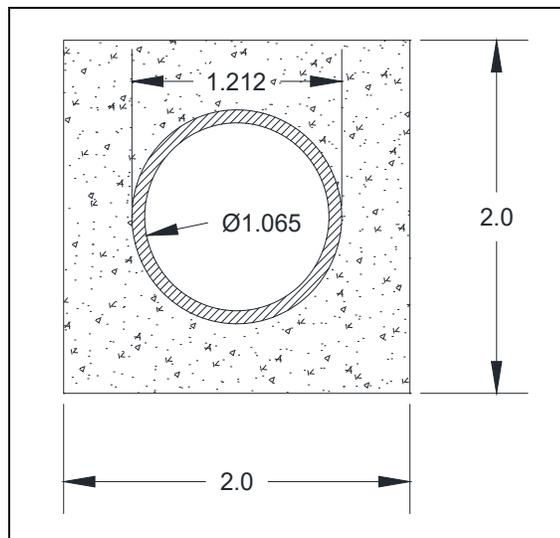
$$P_g = \rho \cdot g \cdot A \cdot \frac{h}{2} = 6.014,6(\vec{n}) \quad \text{Ecuación N}^\circ 10.3$$

Finalmente, de la ecuación N°10.2 se tiene que la fuerza resultante total sobre el machón F es igual a 4.021,81(N), lo cual es equivalente a 0,41 TON.

10.3.2. Verificación de Estabilidad del Machón

La verificación de los machones se realiza para las condiciones de deslizamiento y volcamiento de la estructura, en la figura 10.39 se presenta un esquema de la sección.

Figura 10.39: Machón de anclaje



Fuente: elaboración propia

Se realiza una sumatoria de fuerza en ambos ejes tal como se muestra a continuación:

En la dirección vertical:

$$F_{TV} = F_T + F_V \quad \text{Ecuación N°10.4}$$

$$F_T = \gamma_H \cdot \left(h \cdot b - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot l \quad \text{Ecuación N°10.5}$$

Donde:

- F_{TV} : Peso total en el eje vertical
- F_T : Peso propio del machón
- F_V : Peso del relleno sobre el machón
- γ_H : Densidad hormigón armado (2,5 T/m³)
- h, b y l : Dimensiones Machón
- d : Diámetro exterior tubería

Se ha despreciado el peso del relleno sobre la tubería, lo que constituye un factor de seguridad adicional, con ello se determina:

$$F_{TV} = 3,56 T$$

En la dirección horizontal:

$$F_H = 0,41 T$$

Factor de seguridad al Deslizamiento:

Factor de seguridad al Volcamiento:

$$FS = \frac{0,35 \times 3,56[T]}{0,41[T]} = 3,04 > 1,5 \Rightarrow OK$$

$$FS = \frac{3,56[T] \times 1[m]}{0,41[T] \times 1[m]} = 8,68 \gg 1,5 \Rightarrow OK$$

Se deduce de este análisis que la estructura es estable tanto para las condiciones de volcamiento como de deslizamiento y se encuentra lejos de estados de falla.

A continuación, en la Tabla 10.19 se presentan los resultados calculados para los 4 codos con machón de anclaje.

Tabla 10.19: Factores de seguridad en machones de anclaje

Posición eje [m]	Ángulo	Esfuerzo [Ton]	FS Deslizamiento	FS Volcamiento
3+967,74	18,22°	0,255	4,69	13,40
5+761,31	26,56°	0,370	3,23	9,24
5+779,51	26,96°	0,376	3,19	9,10
6+190,91	29,50°	0,410	3,04	8,68

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Para el caso de las curvas sin machón, se tiene que el peso propio de la tubería, el del flujo y el del terreno sobre está deben resistir las solicitaciones, en este caso tampoco se consideró el peso del relleno.

La Tabla 10.20 muestra los esfuerzos solicitantes y factores de seguridad al deslizamiento de las curvas presentes en el proyecto, considerando sólo aquellas en que se han proyectado codos de un corte y omitiendo aquellas que fueron materializadas mediante cámaras de inspección prefabricadas. (ver Tabla 9.2 en la página 61 del presente trabajo de título y ANEXO 2 mostrado en la página 158).

Tabla 10.20: Factores de Seguridad en curvas con codos sin machones de anclaje

N° Curva	Posición Curva	Ángulo	Esfuerzo [Ton]	FS. Deslizamiento
1	0+058,94	14,40°	0,202	3,86
2	0+071,64	12,87°	0,181	4,31
3	0+191,64	9,18°	0,129	6,04
4	0+209,44	9,88°	0,139	5,61
5	0+552,54	4,33°	0,061	12,79
6	0+688,84	6,53°	0,092	8,49
7	0+700,24	8,08°	0,114	6,86
8	0+714,24	10,33°	0,145	5,37
9	0+900,34	6,88°	0,097	8,05
10	1+143,44	3,92°	0,055	14,13
11	2+410,54	3,70°	0,052	14,97
12	3+525,04	10,50°	0,147	5,28
13	3+533,64	8,84°	0,124	6,27
14	3+991,34	6,10°	0,086	9,08
15	4+869,91	5,06°	0,071	10,95
16	5+221,81	9,04°	0,127	6,13
17	5+239,81	6,23°	0,088	8,89
18	5+343,31	4,56°	0,064	12,15
19	6+973,01	5,98°	0,084	9,27
20	10+473,22	3,75°	0,053	14,77
21	10+654,71	11,85°	0,166	4,68

Fuente: Proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

CAPÍTULO 11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presente capítulo muestra, para la alternativa seleccionada (mostrada en el ítem 9.1), el presupuesto del proyecto definitivo realizado a nivel de ingeniería de detalles.

Lo referente a la forma en que se determinan los precios unitarios y partidas que en este capítulo son utilizadas, es expuesto en el “CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS”.

Los presupuestos fueron determinados tanto a precios privados como sociales y es en el mismo CAPÍTULO 6 en donde se expone y explica aquello. Las cubicaciones fueron desarrolladas en base a los planos del proyecto definitivo, es importante mencionar que el presupuesto considera tanto las obras civiles como el suministro, transporte e instalación de equipos, partes y piezas involucradas en el proyecto.

11.1. Análisis de Partidas Relevantes

En este ítem se realizará una referencia a la forma en que se determinaron los precios unitarios de aquellas partidas que tuvieron mayor repercusión sobre el presupuesto definitivo, en lo siguiente, los porcentajes mostrados son consecuentes con la Tabla 11.1: Presupuesto diseño y mejoramiento del canal Mal Paso – Precios privados”, mostrada en la página 104 más adelante.

El análisis sólo se hará considerando mayoritariamente los precios privados, ya que para el caso social es absolutamente análogo y el peso relativo del precio de cada elemento en la partida casi no se ve modificado.

11.1.1. Suministro e Instalación de Tubo HDPE corrugado $D_{int} = 1065$ mm.

Este ítem alcanzó al 33,29% del costo del proyecto a precios privados (34,36% a precios sociales), para su determinación se han considerado los siguientes cuatro sub ítems: "Mano de Obra", "Materiales", "Equipos y herramientas" y "Transporte"; dentro de ellos, los más influyentes son los "Materiales", los cuales representan un 66,01% del costo del ítem, al analizar éste, se tiene que este costo se justifica por el concepto de adquisición de la tubería, la cual, en definitiva es quien se lleva la mayor parte del presupuesto del proyecto.

El segundo aspecto que más influye en la partida es el referido a "transporte", en este ítem, se tiene que – según recomendación del fabricante – es posible al transportar apilar dos filas de tuberías con una altura máxima de 1,8 metros, lo cual para este caso no se respetaría, esto fue consultado al departamento de post venta y logística quienes aclararon que lo anterior era una recomendación en caso de que no se contara con maquinaria para la manipulación de mayores alturas, en caso contrario se podrían disponer en forma piramidal de hasta 4 filas de altura, en la práctica, para este diámetro de tuberías se está restringido a 2 filas por condiciones de tránsito del camión en la mayor parte de las carreteras del país. Por lo anterior es que cada rampa de 6 metros puede transportar 4 tubos de 5,91 m y una rampa de 12 metros está capacitada para llevar 8 tubos, por lo tanto, cada

camión de 12 metros transporta 47,28 metros; la cotización del costo del camión y de la tubería desarrolladas durante la consultoría dieron cuenta que el transporte desde Santiago a faena representa el 20,76% del costo directo de la partida.

11.1.2. Relleno Seleccionado

Esta partida justifica el 20,28% del presupuesto privado del proyecto, para su determinación se consideran los siguientes sub-ítems: "Mano de obra" (8,84% de la partida), "Materiales" (61,85% de la partida) y "Equipos y herramientas" (29,31% de la partida), dentro del punto "Materiales", el mayor costo está dado por el ítem correspondiente al "Material de relleno seleccionado". El costo de los materiales para la elaboración del material de relleno especificado fue cotizado en la comuna de Copiapó (ver Anexo 1.1 en la página 133). Según recomendaciones del proveedor para la elaboración de este relleno, se requiere ripio de 1 ½" y arena gruesa, los cuales se combinaron en porcentajes de un 60% y 40% respectivamente.

El segundo ítem de mayor valor fue el de "Cargador frontal" (75,54% del punto "Equipos y herramientas" y 22,14% de la partida total), al hacer un estudio de rendimientos se determinó que el tiempo de uso de esta maquinaria, para cada metro cúbico de relleno seleccionado era de 3 minutos (0,05 horas), por otro lado, el costo de la hora de uso de la maquinaria fue determinado mediante cotizaciones realizadas durante la consultoría.

11.1.3. Relleno Común Compactado Bajo y Sobre Tubería

Este ítem alcanza el 15,57% del costo total del proyecto, para su determinación se consideraron los mismos puntos que en la partida anterior, la influencia de cada uno de éstos en el costo directo de la partida fue de un 19,75%, 61,19% y 19,06% respectivamente.

Dentro del punto "Materiales", el mayor gasto está dado por el ítem "Material proveniente de excavación", cabe hacer notar que el valor de este material incluye el manejo dentro de la obra, por tal motivo, no se consideró el uso de cargador frontal en el punto de "Equipos y herramientas".

Entre las 3 partidas recientemente consideradas se concentra más del 69% del costo privado total del proyecto. Al repetir el análisis a precios sociales, el resultado es similar.

11.1.4. Reacondicionamiento obras de entrega existentes

Esta partida concentra el 4,22% del costo total del proyecto, para su determinación se procedió a ubicar cada uno de los elementos necesarios para constituirlos, la mayor parte de estos elementos considerados no forman parte de ítems mostrados en el Anexo 1.1 "Precios Materiales y Maquinarias", si no que de partidas contenidas en el Anexo 1.2 "Listado de Partidas".

Cabe hacer notar, que en este caso se utilizaron completamente las obras de compuerta existentes, y se adosó a estas la estructura nueva, que consiste básicamente en un cajo de hormigón armado de 2,0 x 2,0 m y una caseta metálica para proteger las compuertas.

En este ítem más del 70% de los costos directos se justifican en la colocación de hormigones y enfierraduras.

11.1.5. Confección By Pass

El peso de esta partida en el presupuesto total del proyecto es de un 4,15%, para su determinación se procedió a cubicar cada uno de los elementos necesarios para constituirlos.

El ítem "Excavación cuneta Material Común", parte constitutiva de la partida concentra el 60,51% del costo directo de ésta, mientras que la partida "Relleno común compactado" explica el 18,52% del costo directo, ambos movimientos de tierra fueron determinados mediante cubicación de los planos definitivos del proyecto.

Un 14,16% del costo de la partida está dado por el costo del personal necesario para mantener y operar el by pass durante el periodo de construcción.

Cabe recordar que se postuló como método constructivo del by pass, el de elaborar un entubamiento paralelo al emplazamiento final, a ser realizado en 14 tramos, utilizando las mismas tuberías que se colocarían posteriormente en el eje final del proyecto.

Las tuberías se deberían acoplar de la forma descrita en las ETE del informe de la consultoría y para su posterior traslado se propuso el manipular líneas de 47 metros aproximadamente, para ello era necesario desacoplar cada 8 tuberías, por lo que el sello entre ellas, denominado Gasket, quedaría inservible y debería ser reemplazado (costo incluido en la partida).

Por otro lado, en algunos de los tramos es necesario pasar por sobre caminos existentes, para tal caso planteó el utilizar una plataforma metálica de forma tal que la tubería quede protegida y el tránsito se puede seguir desarrollando sobre la tubería y su respectiva estructura metálica protectora.

Las 5 partidas recién analizadas representan un 77,5% de los costos directos del presupuesto privado del proyecto, mientras que, para el caso del presupuesto social corresponden al 77,4% del total.

Las siguientes partidas en relevancia, con implicancia entre un 3,6% y un 2,7% fueron el suministro e instalación de 122 cámaras de inspección con alturas entre los 2,0 metros y los 3,5 metros de altura, según lo mostrado en el ANEXO 2 del presente trabajo de título.

11.2. Presupuesto Definitivo Proyecto

El presupuesto del estudio de Mejoramiento del canal Mal Paso, se conformó por las siguientes partidas que corresponden a cada una de las partes que fueron parte del proyecto:

- Diseño, mejoramiento y construcción del canal Mal Paso.
- Expropiaciones.
- Costos Ambientales
- Operación y Mantenimiento.

Los Precios Unitarios utilizados no incluyeron Gastos Generales y Utilidades, de modo que se constituyen como costos directos de cada partida.

Se obtiene así el costo total directo del mejoramiento de canal, valor al que se le ha agregado un 40% por concepto de Gastos Generales y de un 10% de Utilidades.

Los precios mostrados son del mes de mayo de 2012.

11.2.1. Diseño, Mejoramiento y Construcción del canal Mal Paso.

En la Tabla 11.1, mostrada en la siguiente página, se presentan los presupuestos del diseño del mejoramiento y construcción del canal Mal Paso a precios privados mientras que en la Tabla 11.2 se encuentra el presupuesto a precios sociales.

Tabla 11.1: Presupuesto diseño y mejoramiento del canal Mal Paso – Precios privados

DISEÑO MEJORAMIENTO CANAL MAL PASO, COMUNA DE TIERRA AMARILLA - PRESUPUESTO PRIVADO				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	PRECIO UNIT.	TOTAL
INSTALACIÓN DE FAENAS	gl	1,00	\$ 55.520.666	\$ 55.520.666
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 1,7-2,0 n	UNIDAD	3,00	\$ 1.828.799	\$ 5.486.397
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,0-2,5 n	UNIDAD	37,00	\$ 1.932.950	\$ 71.519.150
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,5-3,0 n	UNIDAD	44,00	\$ 2.079.426	\$ 91.494.744
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,0-3,5 n	UNIDAD	41,00	\$ 2.324.442	\$ 95.302.122
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,5-4,0 n	UNIDAD	18,00	\$ 2.421.494	\$ 43.586.892
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 4,0-4,2 n	UNIDAD	2,00	\$ 2.504.381	\$ 5.008.762
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 5,0 m	UNIDAD	1,00	\$ 2.689.456	\$ 2.689.456
SUM. E INST. CODO 42 " 1 CORTE	UNIDAD	21,00	\$ 460.970	\$ 9.680.370
SUM. E INST. CODO 42 " 2 CORTES	UNIDAD	4,00	\$ 1.384.181	\$ 5.536.724
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1065 mm	M	9.626,77	\$ 95.749	\$ 921.753.218
MURO DE BOCA	UNIDAD	11,00	\$ 451.294	\$ 4.964.234
CAMA DE APOYO	M ²	4.143,97	\$ 3.583	\$ 14.847.845
DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	M ³	1.617,76	\$ 27.152	\$ 43.925.467
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	16.125,14	\$ 5.317	\$ 85.737.369
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO Y SOBRE TUBERÍA	M ³	71.669,47	\$ 6.014	\$ 431.020.173
RELL. SELECCIONADO	M ³	40.051,01	\$ 14.020	\$ 561.515.216
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.501,77	\$ 12.803	\$ 32.030.161
REACONDICIONAMIENTO OBRAS DE ENTREGA EXISTENTES	UNIDAD	9,00	\$ 12.972.642	\$ 116.753.778
NUEVA OBRA DE ENTREGA BELLAVISTA	UNIDAD	1,00	\$ 21.259.506	\$ 21.259.506
NUEVA OBRA DE ENTREGA VIÑITAS	UNIDAD	1,00	\$ 16.617.804	\$ 16.617.804
CONFECCIÓN BY PASS	gl	1,00	\$ 114.796.317	\$ 114.796.317
OBRAS ENTRADA CRUCE RÍO COPIAPÓ	gl	1,00	\$ 579.086	\$ 579.086
OBRAS SALIDA CRUCE RÍO COPIAPÓ	gl	1,00	\$ 4.156.728	\$ 4.156.728
OBRAS DE PROTECCIÓN DECANTADOR	gl	1,00	\$ 7.864.302	\$ 7.864.302
CANAL TRAPEZOIDAL	M	19,40	\$ 100.117	\$ 1.942.270
CANAL MELENDEZ	M	39,22	\$ 83.657	\$ 3.281.028
Subtotal			\$2.768.869.784	
Costos Directos			\$ 2.768.869.784	
Gastos Generales (40%)			\$ 1.107.547.914	
Utilidades (10%)			\$ 276.886.978	
			\$ 4.153.304.676	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Tabla 11.2: Presupuesto diseño y mejoramiento del canal Mal Paso – Precios sociales

DISEÑO MEJORAMIENTO CANAL MAL PASO, COMUNA DE TIERRA AMARILLA - PRESUPUESTO SOCIAL				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
INSTALACIÓN DE FAENAS	gl	1,00	\$ 54.228.666	\$ 54.228.666
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 1,7-2,0 n	UNIDAD	3,00	\$ 1.800.870	\$ 5.402.610
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,0-2,5 n	UNIDAD	37,00	\$ 1.901.729	\$ 70.363.984
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,5-3,0 n	UNIDAD	44,00	\$ 2.044.091	\$ 89.939.988
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,0-3,5 n	UNIDAD	41,00	\$ 2.284.991	\$ 93.684.630
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,5-4,0 n	UNIDAD	18,00	\$ 2.377.928	\$ 42.802.698
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 4,0-4,2 n	UNIDAD	2,00	\$ 2.457.935	\$ 4.915.869
SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 5,0 m	UNIDAD	1,00	\$ 2.635.602	\$ 2.635.602
SUM. E INST. CODO 42 " 1 CORTE	UNIDAD	21,00	\$ 458.603	\$ 9.630.655
SUM. E INST. CODO 42 " 2 CORTES	UNIDAD	4,00	\$ 1.348.742	\$ 5.394.968
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1065 mm	M	9.626,77	\$ 93.874	\$ 903.700.991
MURO DE BOCA	UNIDAD	11,00	\$ 432.300	\$ 4.755.300
CAMA DE APOYO	M ²	4.143,97	\$ 3.036	\$ 12.581.978
DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	M ³	1.617,76	\$ 22.876	\$ 37.007.849
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	16.125,14	\$ 4.763	\$ 76.796.382
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO Y SOBRE TUBERÍA	M ³	71.669,47	\$ 5.546	\$ 397.510.521
RELL. SELECCIONADO	M ³	40.051,01	\$ 13.073	\$ 523.568.863
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.501,77	\$ 12.221	\$ 30.575.181
RECONDICIONAMIENTO OBRAS DE ENTREGA EXISTENTES	UNIDAD	9,00	\$ 12.428.128	\$ 111.853.152
NUEVA OBRA DE ENTREGA BELLAVISTA	UNIDAD	1,00	\$ 19.921.569	\$ 19.921.569
NUEVA OBRA DE ENTREGA VIÑITAS	UNIDAD	1,00	\$ 15.981.911	\$ 15.981.911
CONFECCIÓN BY PASS	gl	1,00	\$ 99.722.691	\$ 99.722.691
OBRAS ENTRADA CRUCE RÍO COPIAPÓ	gl	1,00	\$ 538.232	\$ 538.232
OBRAS SALIDA CRUCE RÍO COPIAPÓ	gl	1,00	\$ 3.938.880	\$ 3.938.880
OBRAS DE PROTECCIÓN DECANTADOR	gl	1,00	\$ 7.640.181	\$ 7.640.181
CANAL TRAPEZOIDAL	M	19,40	\$ 97.326	\$ 1.888.119
CANAL MELENDEZ	M	39,22	\$ 77.421	\$ 3.036.451
Subtotal				\$2.630.017.922
			Costos Directos	\$ 2.630.017.922
			Gastos Generales (40%)	\$ 1.052.007.169
			Utilidades (10%)	\$ 263.001.792
				\$ 3.945.026.882

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

11.2.2. Presupuesto Expropiaciones

El estudio de expropiaciones estuvo a cargo del departamento legal de la consultora, consistió esencialmente en una recopilación y estudio de antecedentes, análisis del estado jurídico de los terrenos y elaboración de planos de expropiación (en base al estudio de la ocupación de la franja del canal afectado por la modificación del trazado original y la recuperación de terrenos expropiados en el pasado) haciendo distinción entre propietarios particulares afectados y aquellos terrenos de propiedad fiscal.

En un siguiente paso se hizo una valorización de elementos a considerar en la indemnización por expropiación, los cuales se mencionan y se describen brevemente a continuación:

- a. Terreno: Se encuentran regidos por el Plan Regulador Intercomunal Provincia de Copiapó, y en éste se observó que todos los terrenos tenían características similares de uso mayoritariamente agrícola, con una zonificación de extensión urbana de Tierra Amarilla, pero aún no consolidados.
- b. Edificaciones afectadas: Se afectaba una construcción, cuyo valor se estimó en 6 UF/m², valor promedio de reposición de dicha edificación, considerando una construcción menor mixta de material ligero y albañilería.
- c. Plantaciones o Especies Forestales: Para efectos de la consultoría, se estableció un porcentaje que se calculó sobre el valor de los terrenos expropiados y que se estimó que cubriría cualquier elemento valorizable de este ítem que hubiese podido verse afectado, fue fijado en un 5% del valor del terreno.
- d. Otros ítems valorizables afectados: Cualquier elemento a indemnizar que no haya sido considerado anteriormente, como cercos, traslado de portones, pozos u otras instalaciones subterráneas, que pudiesen verse afectadas por el trazado propuesto.

Se estableció un porcentaje calculado sobre el valor de los terrenos expropiados y que sería suficiente para cubrir este ítem, el que se ha fijado en un 5% del valor del terreno.

- e. Costos administrativos de la expropiación: Se estimó que la tramitación, escrituración, inscripción y pago de los terrenos expropiado tiene un costo aproximado de 60 UF por cada lote a expropiar (fuente: Unidad de Expropiaciones de la Coordinación de Concesiones M.O.P.).
- f. Factor de riesgo: Se estableció un factor de riesgo equivalente al 30% calculado sobre la suma de los valores de terreno. Este factor cubre el valor de las plantaciones, construcciones existentes y de otros, las variaciones en el valor del terreno que puedan producirse hasta la fecha que realmente se realicen las expropiaciones de terreno, las demasías que puedan solicitarse así como los juicios que puedan surgir durante la tramitación del proceso expropiatorio.

Para determinar el valor del suelo a expropiar se realizó un catastro que consideró ventas efectivas y ofertas existentes en diversos sitios de internet y en periódicos de circulación local, utilizando finalmente como valor referencial el promedio del valor por hectárea de los antecedentes reunidos, llegando a un precio de 0,09 UF/há.

El estudio de expropiaciones concluyó que las superficies afectas, la valorización y los costos por el ítem fueron:

Tabla 11.3: Superficies afectas a expropiación

Superficie Terreno (m ²)	Superficie Edificada (m ²)	Nº Lotes
42.916	106	15

Fuente: Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Tabla 11.4: Valorizaciones (UF)

Terreno	Edificaciones	Plantaciones	Otros	Subtotal
3.862	636	193	193	4.885

Fuente: elaboración propia

Tabla 11.5: Costo total expropiaciones

Ítem	Valor (UF)
Subtotal Valorización	4.885
30% Riesgo	1.465
Costos administrativos	900
Total	7.250

Fuente: elaboración propia

Considerando que el valor de la UF al momento del estudio legal era de \$ 22.608,96 (mayo 2012) es que se concluye que el costo total por concepto de expropiaciones fue de \$163.914.960.

11.2.3. Costos Ambientales

Los costos ambientales presentados en este ítem corresponden a un costo único por construcción en un plazo de 260 días, para implementar las medidas contempladas en las Especificaciones Ambientales del Proyecto. Para su obtención se recurrió a consulta de precios en Manual de Construcción ONDAC, consultas a proveedores directamente, precios de lista informados en sitios web de proveedores, y cotizaciones específicas solicitadas.

Tabla 11.6: Costos ambientales durante la construcción – Precios privados

	Descripción Actividad/Materiales	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1.1	Encargado ambiental de la obra	mes	9	\$ 720.000	\$ 6.480.000
2.1	Cierre malla Raschel	GL	1	\$ 845.220	\$ 845.220
2.2	Riego superficies	GL	1	\$ 12.103.560	\$ 12.103.560
2.3	Lavado de ruedas	GL	1	\$ 1.924.360	\$ 1.924.360
3.1	Galpón cerrado trabajo	Unid.	1	\$ 669.853	\$ 669.853
3.2	Instrucción operarios	GL	1	\$ 51.171	\$ 51.171
4.0	Control aguas servidas	GL	1	\$ 2.106.885	\$ 2.106.885
5.0	Control de derrames al suelo	GL	1	\$ 27.140	\$ 27.140
6.0	Manejo residuos sólidos	GL	1	\$ 108.450	\$ 108.450
7.0	Gestión flujos peatonales	GL	1	\$ 1.367.900	\$ 1.367.900
8.0	Gestión flujos vehiculares	GL	1	\$ 702.000	\$ 702.000
9.0	Plan difusión a la comunidad	GL	1	\$ 110.000	\$ 110.000
	T O T A L G E N E R A L				\$ 26.496.539

Fuente: Estudio de análisis ambiental del proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Tabla 11.7: Costos ambientales durante la construcción – Precios sociales

	Descripción Actividad/Materiales	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1.1	Encargado ambiental de la obra	mes	9	\$ 670.871	\$ 6.037.837
2.1	Cierre malla Raschel	GL	1	\$ 787.546	\$ 787.546
2.2	Riego superficies	GL	1	\$ 11.277.674	\$ 11.277.674
2.3	Lavado de ruedas	GL	1	\$ 1.793.051	\$ 1.793.051
3.1	Galpón cerrado trabajo	Unid.	1	\$ 624.146	\$ 624.146
3.2	Instrucción operarios	GL	1	\$ 47.679	\$ 47.679
4.0	Control aguas servidas	GL	1	\$ 1.963.122	\$ 1.963.122
5.0	Control de derrames al suelo	GL	1	\$ 25.288	\$ 25.288
6.0	Manejo residuos sólidos	GL	1	\$ 101.050	\$ 101.050
7.0	Gestión flujos peatonales	GL	1	\$ 1.274.561	\$ 1.274.561
8.0	Gestión flujos vehiculares	GL	1	\$ 654.099	\$ 654.099
9.0	Plan difusión a la comunidad	GL	1	\$ 102.494	\$ 102.494
	T O T A L G E N E R A L				\$ 24.688.548

Fuente: Estudio de análisis ambiental del proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

11.2.4. Presupuesto Operación y Mantenición

Como ya ha sido múltiples veces mencionado, el mejoramiento del Canal Mal Paso se compone esencialmente, de una línea de tuberías para la conducción y entrega de agua para riego.

Para resguardar la buena operación y conservación de esta obra, se debe, necesariamente, considerar un programa de operación y mantenimiento integrado, tanto para la red de tuberías como para las obras de entrega y cada uno de los elementos que conforman el sistema.

El mantenimiento de las obras de mejoramiento del Canal Mal Paso corresponde básicamente al empleo de mano de obra no calificada para la recolección y remoción de basura y semi calificada en lo que respecta al uso de camiones, maquinaria de carguío y algunas herramientas especiales (en el caso de usar bombas de fango), los requerimientos de maquinaria pesada sólo son considerados en la poza decantadora.

Los costos de operación y mantenimiento son anuales, no se incluyen en el total del costo directo y son los siguientes:

Tabla 11.8: Costos anuales de operación y mantención – Precios privados

Ítem	Precio	Observación
2 jornales, 12 meses al año	\$ 11.702.880	Incluye leyes sociales
Maestro de primera, 1 mes al año	\$ 945.789	Incluye leyes sociales
Maestro de segunda, 2 meses al año	\$ 1.350.393	Incluye leyes sociales
Camión con chofer, 30 horas al año	\$ 695.700	Incluye combustible y lubricantes
Retroexcavadora, 24 horas al año	\$ 908.760	Incluye combustible y lubricantes
Materiales para mantención anual	\$ 1.200.000	
Total anual	\$ 16.803.522	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Tabla 11.9: Costos anuales de operación y mantención – Precios sociales

Ítem	Precio	Observación
2 jornales, 12 meses al año	\$ 7.255.786	Incluye leyes sociales
Maestro de primera, 1 mes al año	\$ 643.137	Incluye leyes sociales
Maestro de segunda, 2 meses al año	\$ 837.244	Incluye leyes sociales
Camión con chofer, 30 horas al año	\$ 652.939	Incluye combustible y lubricantes
Retroexcavadora, 24 horas al año	\$ 855.084	Incluye combustible y lubricantes
Materiales para mantención anual	\$ 1.200.000	
Total anual	\$ 11.444.190	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

11.2.5. Presupuesto Resumen

Un resumen de los costos asociados al proyecto se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 11.10: Costos del proyecto [\$]

Costos iniciales	Privado [\$]	Social [\$]
Inversión	4.153.304.676	3.945.026.882
Expropiación	163.914.960	163.914.960
Ambiental Durante la Construcción	26.496.539	24.688.548
Total	4.343.716.175	4.133.630.390

	Privado [\$]	Social [\$]
Operación y Mantenimiento Anual	16.803.522	11.444.189

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Se ha considerado prudente – para un mejor entendimiento de los costos involucrados, en cualquier época – expresarlos además en unidades de fomento (UF de mayo 2012).

Tabla 11.11: Costos del proyecto [UF]

Costos iniciales	Privado [UF]	Social [UF]
Inversión	183.701,7	174.489,5
Expropiación	7.250,0	7.250,0
Ambiental Durante la Construcción	1.171,9	1.092,0
Total	192.123,7	182.831,5

	Privado [UF]	Social [UF]
Operación y Mantenimiento Anual	743,2	506,2

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

11.2.6. Resultados Evaluación Económica

Para evaluar económicamente el proyecto se procedió a determinar el flujo de márgenes netos, para ello se consideraron los siguientes puntos:

- Diferencial del beneficio agrícola del proyecto
- Costos indirectos
- Costos del riego tecnificado
- Costo de impulsiones
- Diferencial en costos de operación y mantención
- Costos identificados como “costos iniciales” mostrados en el ítem anterior

La determinación y cuantificación de los costos agrícolas no mencionados en el presente trabajo de título estuvieron a cargo del profesional competente (Ingeniero Agrónomo).

Los indicadores económicos se determinaron considerando una tasa de descuento de 10% para el caso privado y de 6% para el caso social y un horizonte de 3 años, con ello, los resultados obtenidos son:

Tabla 11.12: Indicadores Económicos

	Privado [\$]	Social [\$]	Privado [UF]	Social [UF]
VAN	275.668.356	4.622.551.969	12.192,9	204.456,6
TIR	10,46%	11,27%	10,46%	11,27%
ROI Social				11,83%

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

CAPÍTULO 12. ETAPAS Y PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

Las cantidades de obra estimadas para cada ítem son genéricas y corresponden según la cubicación global de cada ítem. Sin embargo, para efectos de estimar tiempos estas cantidades ayudan a formarse una idea bastante cercana a la realidad.

En relación con la designación de recursos, en esta programación se administraron recursos generales tanto de maquinaria como de mano de obra para cada partida, entregando estos recursos una idea general de las necesidades.

Las obras que se consideraron son esencialmente secuenciales y se ha pensado que éstas se ejecutan desde aguas arriba hacia aguas abajo, aunque esta secuencia podría ser alterada de acuerdo con la programación que adopte finalmente el Contratista. Para la determinación del plazo de construcción, se consideraron los tiempos de fabricación de las tuberías y cámaras prefabricadas.

12.1. Jornada de Trabajo

Para la estimación del plazo probable de construcción se consideró que los trabajos son ejecutados en una jornada diurna solamente. Asimismo, se consideró que la obra se ejecutaba en un régimen semanal de 5 días de trabajo seguidos de 2 días de descanso. Esta consideración significa en la práctica que mensualmente hay 22 días laborales en promedio. Se estima que el rendimiento horario es de un 82%, esto significa que los trabajos consideran un total de 9,84 horas útiles al día asumiendo un turno diario de 12 horas.

La condición de asegurar el abastecimiento continuo de agua a los canales implicó la necesidad de establecer by-pass de construcción. Los turnos que existían implicaban un corte de agua por tres días consecutivos para el sector 2 – que abarca desde el km 8,0 al 10,6 – sin embargo este periodo no era suficiente para evitar la construcción del by-pass en este tramo.

12.2. Movilización del Contratista

Esta partida incluyó todas aquellas actividades que debería realizar el contratista una vez que se le adjudica el contrato. Esta actividad de movilización comprende el diseño de las instalaciones, la negociación de terrenos para explotación de empréstitos si los requiriera, autorización de botaderos, permisos y aprobaciones municipales, contratación de personal, adquisición y arriendo de vehículos y maquinaria, etc. Se consideró que el contratista estaría en condiciones de iniciar la construcción de instalaciones de faena 30 días después de haber recibido la orden de proceder.

12.3. Instalaciones de Faena y Acceso a las Obras

Se consideró la construcción de las edificaciones y la habilitación de los accesos que requeriría el contratista para la ejecución de las obras. Dada la cercanía a la ciudad, se estimó que se podría analizar el que alguna parte de las instalaciones sean arrendadas a terceros.

12.4. Obras de Entubamiento

Las cantidades de cada uno de los ítems considerados es la mostrada en la Tabla 11.1 del presente trabajo de título.

Se ha considerado que las obras de construcción comienzan con el by-pass, el cual podría desarrollarse de acuerdo con diseño preliminar planteado o a otro método sugerido por el contratista.

Para la construcción del by-pass se sugiere realizar excavaciones en una faena continua, diseñada para lograr un rendimiento medio horario de 50 m³/hr. Dada las características de los materiales a excavar, se estima que dicho rendimiento se logra con una retroexcavadora tipo CAT 225, la cual debe contar con apoyo de tres camiones tolva de 12 m³ para el transporte del material a un lugar de acopio para ser usado posteriormente en los rellenos y llevar a botadero la porción que no sea utilizable de la excavación, para lo anterior se considera un botadero ubicado a una distancia no superior a 5 Km.

Se proponen 8 etapas de construcción organizadas entre entregas existentes y estableciendo tramos entre 900 y 1.800 metros, los cuales se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 12.1: Definición de etapas para la construcción

Etapas	Km		Largo [m]	Cámaras [n°]	Codos [n°]
	Inicial	Final			
1	0+000,00	1+824,90	1.824,90	13	10
2	1+824,90	2+158,91	334,01	13	0
3	2+158,91	3+381,86	1.222,95	20	1
4	3+381,86	4+642,31	1.260,45	20	4
5	4+642,31	6+366,93	1.724,62	25	7
6	6+366,93	8+084,87	1.717,94	25	1
7	8+084,87	9+742,52	1.657,65	20	0
8	9+742,52	10+568,00	825,48	10	2
				146	25

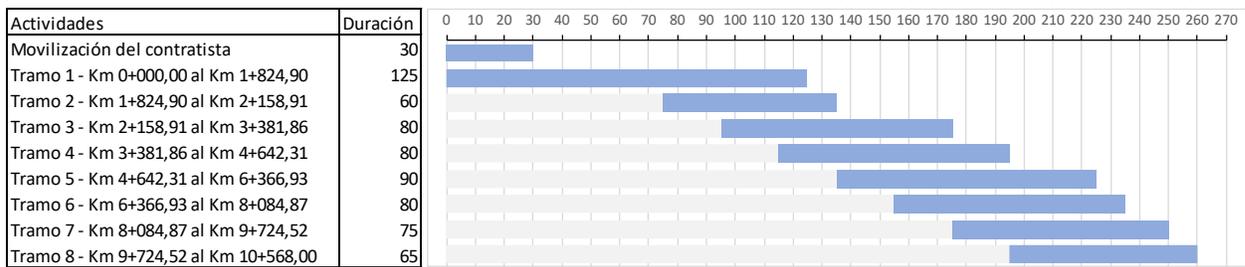
Fuente: elaboración propia

En la Figura 12.1 se presenta un resumen de la carta Gantt propuesta considerando sólo las actividades principales, separadas por tramos del canal, mientras que en las siguientes figuras se muestra el detalle para cada una de estas actividades.

12.5. Plazo de Construcción

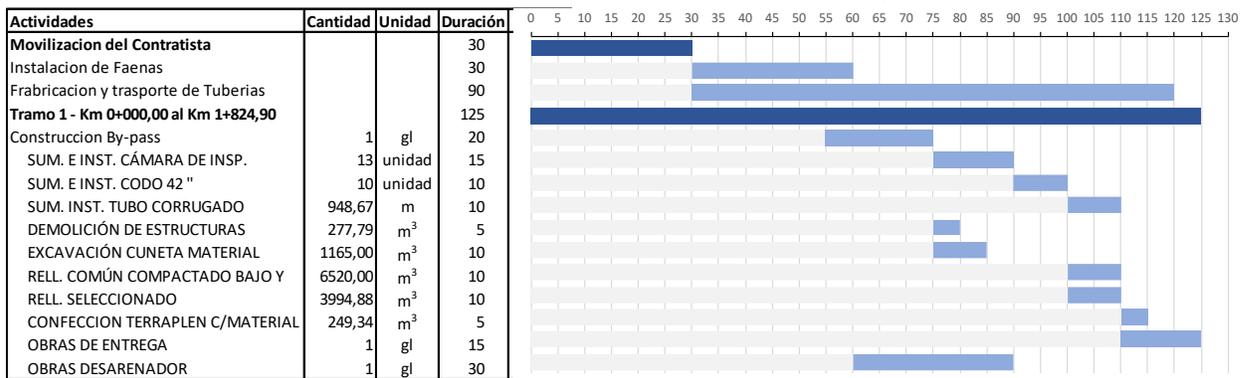
Considerando lo anteriormente indicado, se determinó que el plazo de construcción para las obras fuese de 260 días calendario, considerando el mes inicial de movilización del contratista.

Figura 12.1: Resumen programa de construcción



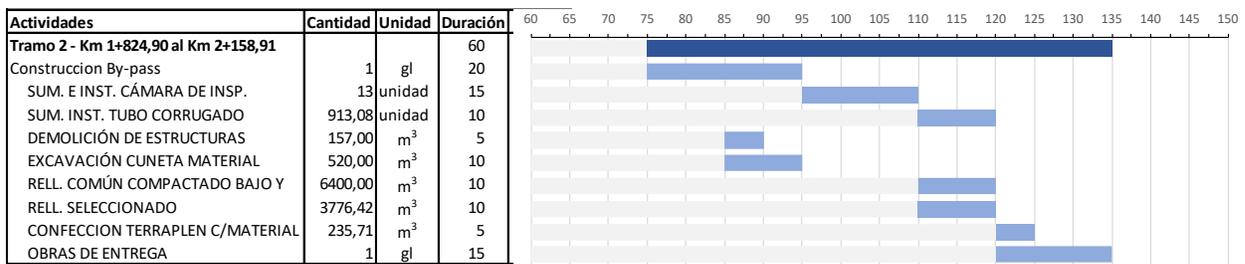
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.2: Programa de construcción – Tramo 1



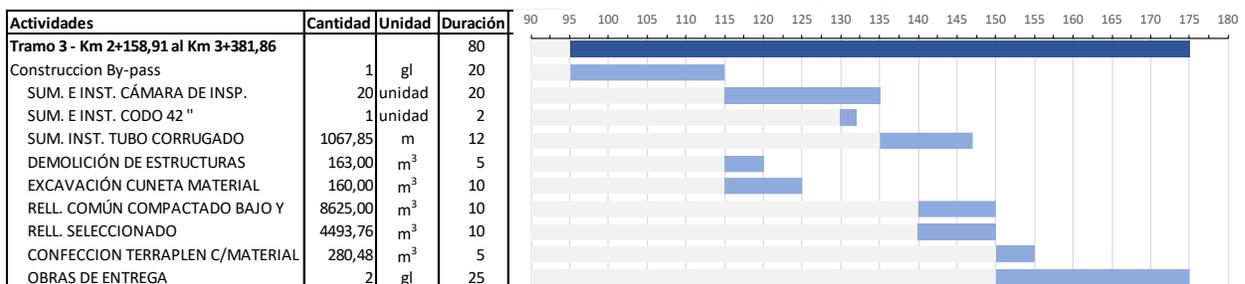
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.3: Programa de construcción – Tramo 2



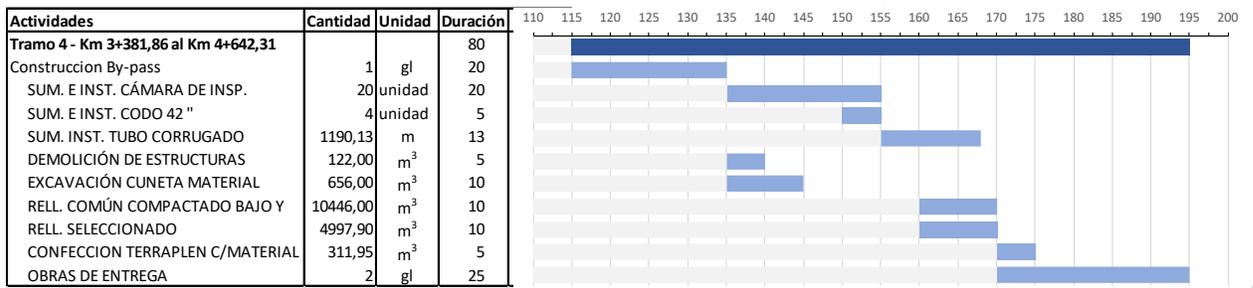
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.4: Programa de construcción – Tramo 3



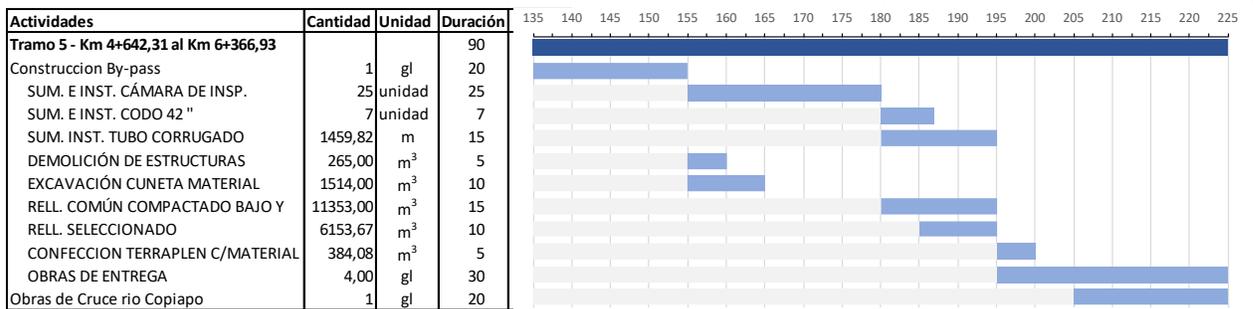
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.5: Programa de construcción – Tramo 4



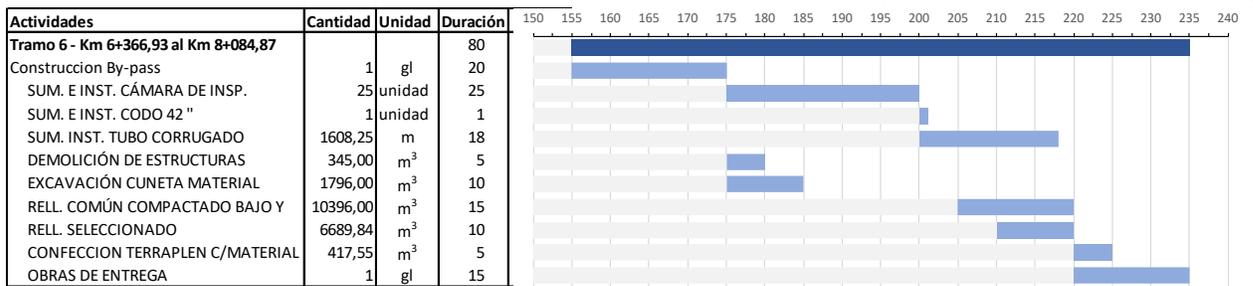
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.6: Programa de construcción – Tramo 5



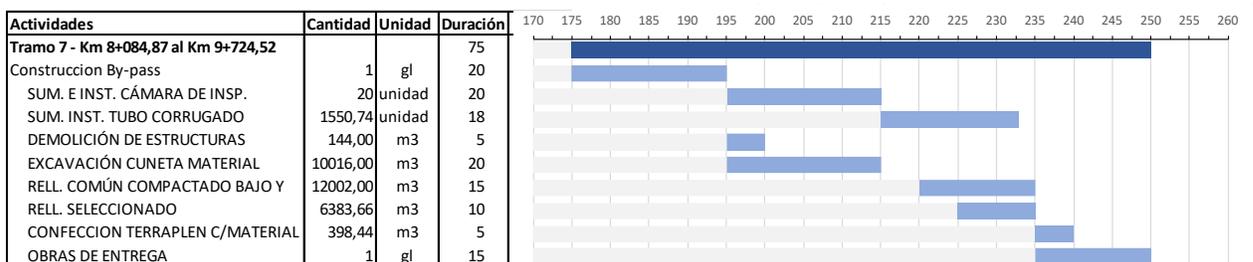
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.7: Programa de construcción – Tramo 6



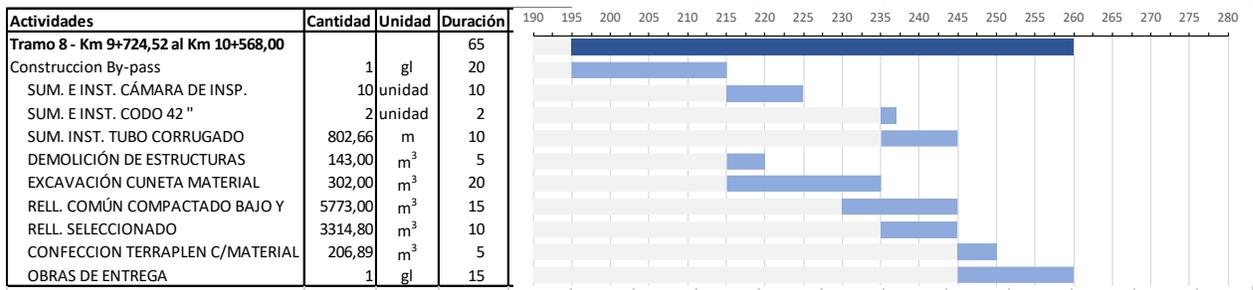
Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Figura 12.8: Programa de construcción – Tramo 7



Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

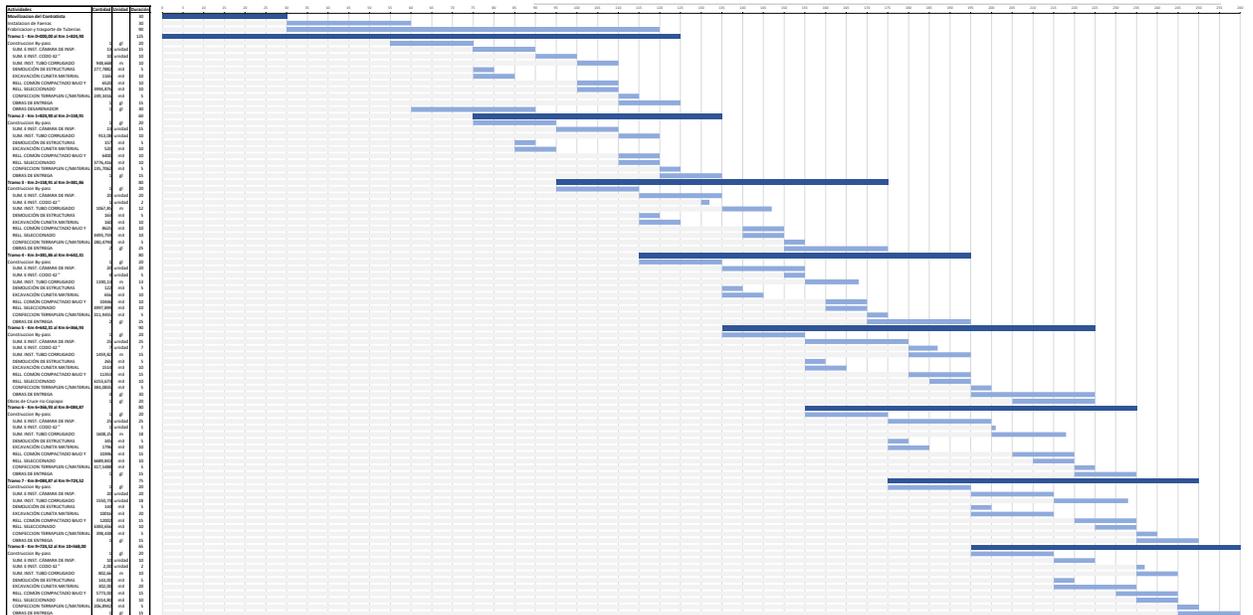
Figura 12.9: Programa de construcción – Tramo 8



Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Finalmente, sólo a modo de ejemplo, se muestra cómo quedaría el programa de construcción completo, el cual reúne las 8 etapas recién mostradas. Para su correcta apreciación en obra debiese ser presentado en una escala que permita ver los detalles, impreso en papel A2 o de mayor tamaño.

Figura 12.10: Programa de construcción completo



Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

Considerando que el trabajo de título estará disponible en forma digital en el repositorio académico de la Universidad de Chile es que se optó por dejar la imagen en una resolución suficiente para que permita ser revisado sin problemas desde cualquier dispositivo y/o copiado en caso de requerir una impresión en vez de poner páginas en formato o tamaño especial que podrían hacer menos eficiente su lectura.

CAPÍTULO 13. RESEÑA DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENCIÓN

Para resguardar la buena operación y conservación de las obras insertas en el proyecto, se debe, necesariamente, considerar un programa de operación y mantenimiento integrado, tanto para la red de tuberías como para las obras de entrega y cada uno de los elementos que conforman la solución diseñada.

El sistema cuenta en algunos de sus elementos con sistemas mecánicos, los cuales requieren de operación y adquisición permanente de insumos, por lo que existen los requerimientos de operación que se describen más adelante.

El presente capítulo, hace referencia a las recomendaciones de operación y mantenimiento de la red de tuberías, cámaras de inspección, poza decantadora y entregas, cada una de ellas con sus recomendaciones de mantención, tanto preventivas como correctivas.

13.1. Operación

La operación del sistema contempló algunas diferencias respecto a las rutinas del canal abierto.

Se mantuvieron las normas de operación que dicen relación con el sistema de turnos y distribución interna de caudales, incluso se mantuvo en el diseño las obras de medición existentes para el control de entregas, por lo tanto en este aspecto no se vieron variadas las rutinas de operación que se realizaban en la situación sin proyecto.

En relación con la operación del nuevo sistema de entubamiento el aspecto más importante fue el procedimiento de operación en situaciones de obstrucción de la línea que pudiesen, eventualmente, hacer que el sistema entrase en carga.

Para aminorar la posible sobrecarga del sistema entran en juego las cámaras de inspección, que mediante sus chimeneas actuarían como amortiguadores de carga de la línea de tuberías y en una segunda etapa las propias tapas, las cuales tienen salida al exterior, por otro lado se cuenta con la zona expuesta en la zona de compuertas, la cual también cumpliría la misma función de amortiguación.

Las consideraciones anteriores dan tiempo para realizar las labores de operación que se requieren para una situación de obstrucción, cuyo procedimiento se describe en el ítem a continuación.

13.2. Obstrucción en la Línea

En este caso, verificada la obstrucción por los rebases en cámaras u otros indicios, se deberá abrir controladamente las compuertas de entrega de los canales aguas arriba de la obstrucción, de modo de aliviar los rebases detectados. Una vez realizado lo anterior, se deberá aislar el tramo en que se encuentra la obstrucción, mediante el cierre de compuertas frontales del canal en la entrega inmediatamente aguas arriba de la obstrucción detectada, para proceder con las labores de limpieza necesarias.

13.3. Mantenimiento de la Red de Tuberías

La red de tuberías debe mantenerse libre de elementos obstructivos para el escurrimiento de las aguas, así como de elementos que perjudiquen el coeficiente de rugosidad teórico de diseño, tales como sedimentos, hojas y basura, los cuales perjudican además la capacidad de conducción de la línea y pueden hacer correr el riesgo de que ésta entre en presión.

Como anteriormente se había mencionado, el manual hace diferencia entre la mantención preventiva, en donde se realizan las labores necesarias para evitar cualquier tipo de falla y la mantención correctiva, cuyo principal objetivo es solucionar inconvenientes que no fueron previstos en la mantención preventiva, o que durante esa etapa fueron detectados, para de esta forma, efectuar las reparaciones pertinentes.

Tabla 13.1: Mantención red de tuberías

Mantención Preventiva	Mantención Correctiva
<p><u>A. Inspecciones</u></p> <p>Inspeccionar el estado de las tuberías, de manera de asegurar que continúa funcionando como se espera, libre de discontinuidades (separación entre elementos) y de materiales obstructivos. Examinar entradas a cada uno de los tramos para detectar basuras embancadas, erosión de los rellenos o en torno a los muros de boca, sedimentación excesiva, integridad de las obras y muros, y cualquier daño estructural de los elementos.</p>	<p>a. <u>Control de uniones y roturas</u></p> <p>Reparar las uniones que potencialmente pudiese haberse separado, como así también hacer las reparaciones en los lugares en que la tubería presente daños. Inspeccionar la existencia de tomas ilícitas.</p> <p>b. <u>Control de erosión</u></p> <p>Reparar y proteger las zonas erosionadas a la entrada y salida de cada uno de los tramos. Reparaciones periódicas de acuerdo con las necesidades detectadas en inspecciones.</p>

Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva
<p>B. Rutina</p> <p>Inspección mensual de los elementos externos que conforman la red, de manera de poder realizar las reparaciones que sean necesarias. También verificar problemas obvios durante las visitas de rutina, especialmente la obstrucción de las entradas y salidas de cada uno de los tramos y embanque en las diversas zonas.</p> <p>Mediante los aforadores existentes verificar la existencia de pérdidas en el desarrollo de la línea.</p> <p>En los mismos periodos que actualmente existen para la limpieza del canal, en los cuales el flujo de agua se interrumpe, se deberá inspeccionar mediante una cámara robótica o por personal (municipal o de la junta de vigilancia) la integridad y limpieza interior de cada uno de los tramos de tubería.</p> <p>C. Remoción de basura y objetos extraños.</p> <p>Remoción de elementos extraños, sedimentos y basura de la línea de tuberías para mantener eficiencia de conducción, para evitar desbordes en sectores entre tramos y aceleraciones del escurrimiento en zonas no deseadas.</p>	<p>c. Control ambiental</p> <p>Indicar la existencia de olores, embanques, descargas ilícitas o insectos asociado con aguas estancadas.</p> <p>d. Control de vegetación</p> <p>Una vez al año, previo a la temporada de lluvias, se deberá rozar y despejar toda la vegetación que pueda haber crecido en el inicio y fin de cada uno de los tramos y en los caminos de borde. Según las características, deberá efectuarse en forma manual o mecánica, teniendo cuidado de no afectar las obras.</p> <p>e. Remoción de sedimentos</p> <p>Remover los sedimentos acumulados en cualquier parte de la línea, y transportarlos a botadero. Debe efectuarse, como mínimo, una vez al año, previo a la temporada de lluvias.</p> <p>f. Estructural</p> <p>Relleno y compactación de zonas en las cuales el relleno haya sido removido o donde las inspecciones periódicas indiquen que es necesario.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

13.4. Mantenimiento de las Cámaras de Inspección

La mantención de cámaras no hace distinción entre el tipo de éstas (sean cámaras de inspección, de desangulación o de caída).

Las tapas de las cámaras de inspección deben mantenerse libres de elementos obstructivos para su correcta utilización, la tubería de entrada y salida a éstas no debe tener elementos que obstaculicen el escurrimiento del flujo, tales como sedimentos, hojas y basura, los cuales hacen correr el riesgo de que algún tramo o subtramo entre en presión.

Todos los tipos de cámaras cuentan con trampas de sedimentación, las cuales no podrán mantener residuos excesivos que pongan en peligro el resto del sistema.

Tabla 13.2: Mantención cámaras de inspección

Mantención Preventiva	Mantención Correctiva
<p><u>A. Inspecciones</u></p> <p>Inspeccionar el estado de las cámaras de manera de asegurar que continúan funcionando de forma correcta, libre de roturas y de materiales obstructivos.</p> <p>Examinar entrada y salida de la tubería, inspeccionar el estado de la tapa de entrada y de los escalones contenidos en ellas. Detectar obstrucciones y nivel de sedimentación en el fondo de las cámaras.</p> <p><u>B. Rutina</u></p> <p>Inspección semanal de cada una de las cámaras, de manera de poder realizar las reparaciones que sean necesarias. En esta inspección se hará un recorrido por la superficie de modo de cerciorarse de que los anillos, tapas y sistema de candado se encuentren operativos, así también como un control del nivel de relleno sobre las cámaras.</p>	<p>a. <u>Control de uniones</u></p> <p>Reparar las uniones entre las cámaras y la línea de tuberías, como así también hacer las reparaciones en los lugares en que las cámaras presenten daños.</p> <p>b. <u>Control de erosión</u></p> <p>Reparar y proteger las zonas erosionadas a la entrada superior de la cámara, en el sector del anillo y la tapa así también como en cualquier otro sector que haya sido detectado durante la mantención preventiva o posterior a ella.</p> <p>c. <u>Control ambiental</u></p> <p>Indicar la existencia de olores, embanques, descargas ilícitas o insectos asociado con aguas estancadas al interior de las cámaras o en su entorno.</p>

Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva
<p>Inspección mensual del interior de las cámaras para cerciorarse de que no se encuentran elementos obstructivos, se comprobará el estado de los escalones de acceso y además se deberá verificar el correcto funcionamiento de la trampa de sedimentación y el nivel de sedimentos que contiene, así como de todo el resto de los elementos que la conforman.</p> <p>Cerciorarse de que no existen tomas ilícitas desde las cámaras de inspección.</p> <p><u>C. Remoción de Sedimentos</u></p> <p>Trimestralmente se deberá realizar la limpieza de las cámaras y de las trampas de sedimentación de cada una de las cámaras de inspección mediante balde o una bomba de fango, dependiendo de la cantidad de sedimento acumulado. En el caso de realizarse mediante bomba de fango, se deberá succionar el fondo de las cámaras hasta que el fluido bombeado sea de transparencia similar a la del agua contenida en el canal entubado, similar criterio debe utilizarse para el caso de limpieza mediante baldes.</p> <p>Los sedimentos extraídos deben ser transportados a botadero.</p> <p><u>D. Remoción de basura y objetos extraños</u></p> <p>Remoción de elementos extraños, sedimentos y basura de las tuberías de entrada y salida, como así también en el cuerpo de las cámaras.</p>	<p>d. <u>Control de vegetación</u></p> <p>En forma trimestral se deberá rozar y despejar toda la vegetación que pueda haber crecido en el entorno de la entrada a la chimenea de las cámaras de inspección.</p> <p>e. <u>Remoción de sedimentos</u></p> <p>En caso de que la mantención preventiva haya concluido que el nivel de sedimentos es mayor al 50% de la capacidad de la trampa de sedimentación, se deberá realizar una remoción antes de cumplirse el plazo de tres meses según los términos expuestos anteriormente.</p> <p>f. <u>Estructural</u></p> <p>Reparación de unión entre tuberías, en lugares en donde esta se encuentre en mal estado o donde las inspecciones concluyan que es necesario.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

13.5. Mantenimiento de la Poza Decantadora

La mantención de la poza decantadora ubicada al costado derecho de la toma “7 compuertas” deberá realizarse según procedimiento que se indica en este ítem.

El correcto mantenimiento de la poza decantadora evitará que la línea de tuberías se contamine con sedimentos, basuras o escombros que desencadenen un funcionamiento no deseado de ésta.

Además de lo anterior, debido al riesgo existente, se debe evitar el ingreso de personas no autorizadas a esta zona.

Tabla 13.3: Mantención poza decantadora

Mantención Preventiva	Mantención Correctiva
<p><u>A. Inspecciones</u></p> <p>Se deberá inspeccionar la poza de manera de asegurar que continúa funcionando de forma correcta.</p> <p>Se deben examinar las descargas para detectar obstrucciones, sedimentación excesiva, mucho crecimiento de plantas y el estado de la reja perimetral y de las puertas de acceso.</p> <p><u>B. Rutina</u></p> <p>Inspección semanal de cada uno de los elementos constitutivos de la reja perimetral, verificando además el estado de la pintura de ésta, el correcto funcionamiento del portón de acceso, la cantidad de sedimento contenida en la poza y la basura que pudiese existir.</p> <p>Cerciorarse de que no existen tomas ilícitas ni descargas a la poza decantadora.</p>	<p>a. <u>Control ambiental</u></p> <p>Indicar la existencia de olores, embanques, descargas ilícitas o insectos asociado con aguas estancadas al interior de la poza.</p> <p>b. <u>Control de vegetación</u></p> <p>Si con la mantención preventiva, y fruto de la inspección semanal de concluye que la vegetación presente es abundante, entonces se deberá rozar y despejar la ribera de la poza decantadora.</p> <p>c. <u>Remoción de sedimentos</u></p> <p>En caso de que la mantención preventiva haya concluido que el nivel de sedimentos es mayor al 20% de la profundidad de la poza, entonces se deberá realizar una remoción antes de cumplirse el plazo de tres meses según los términos anteriormente expuestos.</p>

Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva
<p data-bbox="237 254 610 289"><u>C. Remoción de Sedimentos</u></p> <p data-bbox="250 338 831 594">Trimestralmente se deberá realizar la limpieza del fondo de la poza decantadora, para esto, se deberá abrir el portón de entrada para permitir el acceso de una máquina retroexcavadora, la cual mediante su pala procederá a retirar el sedimento depositado en el fondo.</p> <p data-bbox="250 642 831 716">Los sedimentos extraídos deben ser transportados a botadero.</p> <p data-bbox="237 779 789 814"><u>D. Remoción de basura y objetos extraños</u></p> <p data-bbox="250 863 831 1157">Bimensualmente se deberá realizar una remoción de elementos extraños, que se encuentren en la poza o en los bordes para evitar que se tapen las entregas, además de esto se deberá despejar la vegetación que se encuentre creciendo en las riberas. Considerar hacerlo además, después de lluvias importantes.</p> <p data-bbox="237 1220 448 1255"><u>E. Reja exterior</u></p> <p data-bbox="250 1304 831 1482">Una vez al año se deberán engrasar las bisagras y elementos mecánicos de la reja perimetral, además de lo anterior, se deberá lijar y pintar la reja de contorno con una pintura antioxidante.</p>	<p data-bbox="859 254 1070 289"><u>d. Reja exterior</u></p> <p data-bbox="872 338 1453 594">Si la mantención preventiva ha encontrado ausencia de algún tramo de la reja perimetral, entonces ésta deberá ser repuesta, además de lo anterior, si se detectó óxido o pintura en mal estado, entonces se deberá remediar esto mediante el lijado y pintura del sector deteriorado.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

13.6. Mantenimiento de las Obras de Entrega

La mantención de las obras de entrega considera los hormigones, rellenos, elementos mecánicos, caseta de maniobras y demás elementos que la conformen.

Se deberá resguardar cada uno de los elementos constituyentes de la entrega de modo tal que éstas funcionen en óptimas condiciones.

Las obras de entrega están conformadas por las obras civiles existentes entre los muros de boca que ponen fin un tramo de tuberías y el que da por inicio al siguiente.

Tabla 13.4: Mantención obras de entrega

Mantención Preventiva	Mantención Correctiva
<p>A. <u>Inspección</u></p> <p>Inspeccionar el estado de las obras de hormigón, rellenos, elementos mecánicos y caseta de maniobras de cada una de las entregas, de manera de asegurar que continúan funcionando correctamente, libre de roturas, grietas, vegetación y de materiales obstructivos, además de lo anterior se debe inspeccionar el estado de las compuertas, tornillos y volantes de maniobra y el estado general de la caseta.</p> <p>Se debe examinar entrada y salida a la obra y la hoja de la compuerta para liberar de elementos extraños que obstruyan el libre flujo.</p> <p>B. <u>Rutina</u></p> <p>Inspección semanal de cada una de las entregas, de manera de poder realizar las reparaciones que sean necesarias. En esta inspección se hará un recorrido por las obras, de modo de cerciorarse de que cada uno de los elementos que la componen se encuentre en óptimas condiciones.</p>	<p>a. <u>Vegetación y sedimentos</u></p> <p>En caso de encontrarse vegetación en las obras de hormigón, estas deben ser removidas.</p> <p>Si el sedimento acumulado, a pesar de haber hecho el mantenimiento preventivo, es mayor a lo permitido, deberá retirarse mediante uno de los elementos mencionados anteriormente.</p> <p>b. <u>Control de uniones</u></p> <p>Reparar las uniones entre las entregas y la línea de tubería si existiesen fugas.</p> <p>c. <u>Elementos estructurales</u></p> <p>Se deberán reparar las grietas que presenten las estructuras existentes mediante los métodos comúnmente adoptados para este tipo de reparaciones.</p>

Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva
<p>Se debe verificar la existencia de sedimentos, la altura de éstos no puede ser mayor a 10 centímetros. Además de lo anterior, será necesario cerciorarse de que no existen tomas ni descargas ilícitas desde las obras.</p> <p>Se deberá verificar que no existen fugas entre las uniones de tubería con hormigón y la eficiencia del cierre de compuertas.</p> <p>Inspección mensual detallada de cada uno de los elementos recientemente mencionados, ésta, necesariamente, deberá ser realizada por el interior de las obras de entrega.</p> <p>Inspección mensual del relleno de las obras.</p> <p>Inspección mensual de ambas cámaras de inspección presentes en las entregas, en ellas se deberá verificar el estado de escalones, de tapas de entrada a las cámaras, detectar obstrucciones y nivel de sedimentos, el cual no puede ser mayor a 10 cm.</p> <p>Examinar que la entrada y salida de las obras de entrega se encuentran libres de elementos extraños.</p> <p>Inspección mensual de la estructura de la caseta, cerciorarse de que no existen nidos de animales o aves, verificar la no existencia de óxido o de deformaciones en los elementos y verificar el buen comportamiento y estado de pinturas de paredes y techumbre.</p> <p>Una vez al año se le deberá aplicar una nueva capa de pintura antioxidante.</p>	<p>d. <u>Control de erosión</u></p> <p>Reparar y proteger las zonas erosionadas en cualquier parte en que el relleno haya sido extraído, independiente si esto es debido a acción humana o natural.</p> <p>e. <u>Control ambiental</u></p> <p>Indicar la existencia de olores, embanques, descargas ilícitas o insectos asociado con aguas estancadas al interior de las cámaras.</p> <p>f. <u>Estructural</u></p> <p>Reparación de unión entre tuberías, en lugares en donde esta se encuentre en mal estado o donde las inspecciones concluyan que es necesario.</p> <p>g. <u>Elementos mecánicos</u></p> <p>Se deberá reparar o reemplazar cualquier elemento mecánico que se encuentre con óxido, deflexiones excesivas que no permitan el correcto funcionamiento del sistema.</p> <p>h. <u>Reposición de elementos</u></p> <p>Se deberá reponer a la brevedad cualquier elemento que haya sido extraído de las obras de entrega, ya sea por acción vandálica, accidentes no previstos o por fenómenos naturales.</p>

Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva
<p>Cada 6 meses deberán engrasarse los elementos mecánicos que conforman las entregas.</p> <p>Una vez al año deberán lijarse las compuertas y volver a aplicar sobre ella pintura antioxidante de forma de asegurar su vida útil, lo mismo deberá hacerse en marcos y volante.</p> <p><u>C. Remoción de Sedimentos</u></p> <p>Trimestralmente se deberá realizar la limpieza del fondo de las obras de entrega y de las cámaras de inspección contenidas en ellas mediante balde o una bomba de fango, dependiendo de la cantidad de sedimento acumulado. En el caso de realizarse mediante bomba de fango, se deberá succionar el fondo de las cámaras hasta que el fluido bombeado sea de transparencia similar a la del agua contenida en el canal entubado, similar criterio debe utilizarse para el caso de limpieza mediante baldes.</p> <p>Los sedimentos extraídos deben ser transportados a botadero.</p> <p><u>D. Remoción de basura y objetos extraños</u></p> <p>Remoción de elementos extraños y basura de las obras de entrega.</p>	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

13.7. Costos de Operación y Mantención

Como ya fue mencionado en el ítem 11.2.4 “Presupuesto Operación y Mantención” El mantenimiento de las obras corresponde básicamente al empleo de mano de obra no calificada para la recolección y remoción de basura y semi-calificada en lo que respecta al uso de camiones, maquinaria de carguío y algunas herramientas especiales.

La estimación del costo de mantenimiento normal en este escenario se efectuó suponiendo que en 1 mes se recorrerá y limpiará el canal con una cuadrilla de 2 jornales, dirigida por un capataz y con el apoyo de 1 camión tolva para el transporte a botadero de los elementos extraídos. En un segundo mes, la misma cuadrilla reparará los elementos que lo requieran. 2 veces al año se necesitará personal para el mantenimiento de las compuertas y una vez al año personal para mantenimiento mayor. Cabe hacer notar que, un integrante de la cuadrilla trabajará a tiempo completo todo el año, integrando la cuadrilla de operación y mantención eventual cuando sea requerido. Bajo el supuesto anterior se tiene que la misma cuadrilla estará en condiciones de realizar todas las labores involucradas en el lapso de un año.

Esta hipótesis de trabajo se considera como un promedio en el largo plazo, ya que habrá años en que los trabajos serán menores y eventualmente otros años en que podrán ser mayores. En general, estará por el lado de la seguridad, ya que las características de las obras permiten suponer que los embanques serán menores.

A continuación se presenta una tabla con el requerimiento promedio por año de personal y maquinaria para la mantención (inspección, limpieza, reparación menor y mantenimientos) de los elementos del entubamiento.

Tabla 13.5: Requerimientos mantención canal

	Personal				Maquinaria		Materiales para mantenimiento
	Jornal 1	Jornal 2	Mantenimiento		Camión	Retroexcav.	
			Menor	Mayor			
mes 1	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 2	x	x					\$ 100.000
mes 3	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 4	x	x	x				\$ 100.000
mes 5	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 6	x	x					\$ 100.000
mes 7	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 8	x	x	x				\$ 100.000
mes 9	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 10	x	x					\$ 100.000
mes 11	x	x			5 horas	4 horas	\$ 100.000
mes 12	x	x		x			\$ 100.000
TOTAL	12 meses	12 meses	2 meses	1 mes	30 horas	24 horas	\$ 1.200.000

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto “Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso”, Conic BF – DOH, 2012

En base a lo anterior, se tiene que los costos anuales, sin IVA, a precios privados y sociales, serán entonces:

Tabla 13.6: Costos anuales de operación y mantención

Ítem	Privado [\$]	Social [\$]	Observación
2 jornales, 12 meses al año	11.702.880	7.255.786	Incluye leyes sociales
Maestro de 1°, 1 mes al año	945.789	643.137	Incluye leyes sociales
Maestro de 2°, 2 meses al año	1.350.393	837.243	Incluye leyes sociales
Camión c/chofer, 30 horas/año	695.700	652.939	Incluye combustible y lubricante
Retroexcavadora, 24 horas/año	908.760	855.084	Incluye combustible y lubricante
Materiales para mantención anual	1.200.000	1.200.000	
Total Anual	16.803.522	11.444.189	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

Para la determinación de los costos anuales de operación y mantención a precios sociales, tal como en el resto de los casos presentados, se han aplicado los factores de MIDEPLAN vigentes el año 2012.

CAPÍTULO 14. DOCUMENTOS DE LICITACIÓN

Los documentos de licitación emanados durante la consultoría fueron parte integral de ésta y estaban expresamente solicitados en las bases del proyecto, estos quedaron a disposición de las Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas para la siguiente etapa del canal en la cual, mediante el presupuesto oficial elaborado y las bases generadas se llamaría a licitación para la construcción del entubamiento diseñado y sus mejoras.

Estos documentos, por sí solos, se presentaron en una carpeta para mayor facilidad y rapidez en el llamado, además de un empaste anexo dada la envergadura de éstos (aproximadamente 250 páginas adicionales al informe final).

Los documentos se organizaron en base a cuatro puntos principales, cada uno de ellos con subpuntos, estos se muestran en la Tabla 14.1 mostrada a continuación.

Tabla 14.1: Documentos contenidos en las bases de licitación para la construcción

Ítem	Documentos	Identificación
1.	Especificaciones Técnicas	
1.1	Disposiciones Generales	ETG
1.2	Especificaciones Técnicas Especiales	ETE
2.	Bases Ambientales	
2.1	Especificaciones Ambientales Generales	EAG
2.2	Especificaciones Ambientales Especiales	EAE
3.	Bases Administrativas	
3.1	Bases Administrativas Generales	BAG
3.2	Bases Administrativas Especiales	BAE
4.	Bases de Medición y Pagos	BMP
Anexos BAE		
Anexo 1	Descripción de las Principales Obras	
Anexo 2	Modelo de Programa de Inversiones	
Anexo 3	Letrero de Obra y Normativas	
Anexo 4	Listado de Planos	
Anexo 5	Precios Unitarios	
Anexo 6	Instructivo y Procedimiento sobre Seguridad e Higiene	
Anexo 7	Listado de Maquinarias y Equipos	

Fuente: Elaboración propia en base a proyecto "Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso", Conic BF – DOH, 2012

CAPÍTULO 15. CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE TÍTULO

El objetivo general planteado al inicio del trabajo de título fue el de presentar y describir el trabajo realizado durante el desarrollo de la ingeniería de detalles del proyecto “Mejoramiento de la Conducción de Aguas del Canal Mal Paso”, y los resultados de ésta, objetivo que se cumplió con el desarrollo del informe elaborado.

Dentro de los objetivos específicos se planteó el de mostrar cada una de las actividades en las que el alumno estuvo involucrado profesionalmente como así también las conclusiones, diseños y documentos generados a lo largo de la consultoría, lo anterior mediante 5 etapas de trabajo, las cuales fueron presentadas en formato de informe de trabajo de título con 14 capítulos en los cuales se dio cuenta de cada uno de las actividades que conformaron la consultoría, siendo necesario, para el correcto entendimiento del proceso, el agregar algunas de las cuales en las que no se participó en forma directa, tales como las descripciones del levantamiento topográfico y de la mecánica de suelos.

Se plantearon cinco objetivos específicos, los cuales se analizan a continuación:

El primero de los objetivos específicos se daba en torno a la recopilación de antecedentes, la cual se cumplió y fue presentada en los capítulos iniciales del trabajo de título, esta recopilación fue fundamental y sentó los cimientos para el resto del desarrollo mostrado.

En lo referente al diseño preliminar – el segundo objetivo planteado – se presentaron las diversas alternativas que fueron consideradas, las características de cada una de ellas, su consiguiente análisis y posterior presupuesto, todo lo que en conjunto, en un siguiente paso, fueron fundamentales para la elección de la alternativa de solución elegida, esto se presentó en los capítulos 6 y 7 fueron antecedido por las consideraciones para el diseño preliminar y la descripción de los criterios y caudales de diseño, elementos primordiales para la configuración del mencionado diseño preliminar y del lógico desarrollo de la consultoría y el actual trabajo de título.

El tercer objetivo daba cuenta sobre la necesidad de realizar una descripción de los trabajos de topografía y mecánica de suelos ya que son estos antecedentes parte del input necesario para la materialización del diseño de la solución, esto fue mostrado, explicado y desarrollado en los capítulos 8 y 9 respectivamente.

El siguiente objetivo planteado fue el de mostrar la evaluación de alternativas técnico – económicas, la selección y a continuación el diseño, a nivel de ingeniería de detalle, de las obras de la alternativa seleccionada y la presentación de las memorias de cálculo hidráulicas y estructurales desarrolladas durante la consultoría, esto fue mostrado en extenso en los capítulos 10 y 11 del presente trabajo de título. Sumado a lo anterior se buscaba mostrar las especificaciones técnicas de construcción, presupuestos detallados, etapas y programa de construcción y el manual de operación y mantenimiento de las obras diseñadas además de una reseña a la documentación necesaria para el llamado a Licitación de la construcción, objetivo que se cumplió completamente con el desarrollo de los capítulos finales confeccionados.

Finalmente, con el trabajo desarrollado, el cual fue presentado en estructura de capítulos se confeccionó un resumen ejecutivo el cual es presentado al inicio del trabajo de título.

Los indicadores económicos del proyecto, determinados según el beneficio agrario asociado, fueron de \$275,67 millones a precios privados, con una TIR de 10,46% y de \$4.622,55 millones a precios sociales, con una tasa interna de retorno de 11,27%, lo cual finalmente justificó la inversión.

Por último es menester agregar que el “Mejoramiento de la Conducción de Aguas del Canal Mal Paso” diseñado y sobre el cual da cuenta el presente trabajo de título se ejecutó en etapas, comenzando aproximadamente en el mes de febrero de 2014 concretando la construcción hasta la caída 3 el primer mes (900 metros) y hasta la toma 5 el segundo mes de trabajos (2.150 metros adicionales). En la actualidad un 81% del canal se encuentra entubado, restando sólo la parte final, que por diversos motivos aún no se ha concretado.

Si bien el presente trabajo de título no busca ser un manual de diseño de canalizaciones ni de consultorías de diseño, sí logra entregar una secuencia lógica de trabajo, muestra labores interdisciplinarias que exige un proyecto de esta envergadura y que un alumno podría encontrar al inicio de sus actividades laborales y da cuenta de antecedentes que podrían ser de gran ayuda a quien esté involucrado en este tipo de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES. 2012. Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso, Comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, Informe Final. Santiago. 313p.
- [2] CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES. 2012. Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso, Comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, Anexo 1: Catastros. Santiago. 273p.
- [3] CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES. 2012. Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso, Comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, Anexo 4: Topografía. Santiago. 183p
- [4] BRAC INGENIERÍA. 2011. Informe Mecánica de Suelos Mejoramiento Canal Mal Paso, Copiapó, III Región. Santiago. 49p
- [5] CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES. 2012. Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso, Comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, Anexo 10: Planos. Santiago. 64p
- [6] CONIC BF INGENIEROS CIVILES CONSULTORES. 2012. Diseño Mejoramiento Canal Mal Paso, Comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, Documentos de Licitación. Santiago. 159p
- [7] CONSULTORA LUIS SAN MARTÍN. 2008. Estudio Mejoramiento Embalse Lautaro. 386p
- [8] UNIVERSIDAD DE CHILE, SISTEMA DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN Y BIBLIOTECAS (SISIB). 2009. Redacción de Citas Bibliográficas, Guía y Ejemplos. 16p

ANEXO 1. PRESUPUESTOS

Anexo 1.1. Precios Materiales y Maquinarias

DISEÑO MEJORAMIENTO CANAL MAL PASO, COMUNA DE TIERRA AMARILLA				
PRECIOS MATERIALES Y MAQUINARIAS				
Moneda:	Peso Chileno (\$)			
Valor Dólar:	\$ 490,17 (Observado 10 de Mayo de 2012)			
Valor UF:	\$ 22.605,49 (10 de Mayo de 2012)			
Precios de Mano de Obra	\$/h	\$/mes	Lugar	Fuente
Capataz	6.989,37	\$ 1.258.087	En Faena	Información Propia
Maestro de 1ª	5.254,38	\$ 945.789	En Faena	Información Propia
Maestro de 2ª	3.751,09	\$ 675.197	En Faena	Información Propia
Concretero	3.287,70	\$ 591.785	En Faena	Información Propia
Ayudante	3.176,79	\$ 571.822	En Faena	Información Propia
Jornal	2.709,00	\$ 487.620	En Faena	Información Propia
Albañil	4.530,74	\$ 815.533	En Faena	Información Propia
Precios de Materiales	Unid	\$/un	Lugar	Fuente
Cemento especial	saco	\$ 3.867	Copiapó	Proveedores
Arena C/flete 15 km	m³	\$ 6.250	Copiapó	Proveedores
Ripio (flete 15 km)	m³	\$ 4.250	Copiapó	Proveedores
Piedra 10 cm Bolón esp 15 k	m³	\$ 7.000	Copiapó	Proveedores
Material para relleno seleccionado (60% Ripio - 40% Arena)	m³	\$ 7.540	Copiapó	Cotización
Material Proveniente de la excavación	m³	\$ 3.200	Copiapó	Información Propia
Hormigón H-5 Para Emplantillado	m³	\$ 58.410	Copiapó	Proveedores
Hormigón H-20	m³	\$ 68.414	Copiapó	Proveedores
Hormigón H-25	m³	\$ 73.440	Copiapó	Proveedores
Hormigón H-30	m³	\$ 83.119	Copiapó	Proveedores
Moldaje (3 Usos)	m²	\$ 8.376	Copiapó	Proveedores
Pino bruto	plg	\$ 3.266	Copiapó	Proveedores
Moldaje Metálico	m²	\$ 15.600	Copiapó	Proveedores
Paño Malla Acmafor 2 x 2.5	Uni	\$ 26.000	Copiapó	Proveedores
Postes Malla acmafor 75 x 75 x 3	Uni	\$ 10.000	Copiapó	Proveedores
Abrazaderas	Uni	\$ 850	Copiapó	Proveedores
Adilist	Uni	\$ 3.190	Copiapó	Proveedores
Parrillas de Piso	m²	\$ 7.754	Copiapó	Proveedores
Fierro A63-42H	kg	\$ 797	Copiapó	Proveedores
Fierro A44-28H	kg	\$ 757	Copiapó	Proveedores
Estructura Metálica	kg	\$ 1.800	Copiapó	Proveedores
Alambre #18 109 m/kg	kg	\$ 624	Copiapó	Proveedores
Sigunit P. Adit.Shocrete PVO	Kg	\$ 1.500	Copiapó	Proveedores
Malla ACMA C-139	m²	\$ 1.551	Copiapó	Proveedores
Geotextil	m²	\$ 555	Copiapó	Proveedores
Zincalum	m²	\$ 2.215	Copiapó	Proveedores
Mortero 400 kg/cem/m³	lt	\$ 55	Copiapó	Proveedores
Grouting	lt	\$ 68	Copiapó	Proveedores
Igol Denso	kg	\$ 690	Copiapó	Proveedores
Cinta Pvc Sika 0-22	ml	\$ 4.200	Copiapó	Proveedores
Tubo Corrugado D=774 mm	ml	\$ 39.861	Santiago	Proveedores
Tubo Corrugado D=915 mm	ml	\$ 47.056	Santiago	Cotización
Tubo Corrugado D=1000 mm	ml	\$ 54.066	Santiago	Cotización
Tubo Corrugado D=1065 mm	ml	\$ 61.967	Santiago	Cotización
Tubo Corrugado D=1204 mm	ml	\$ 75.908	Santiago	Cotización
Tubo Acero D=32" 6 mm Revestimiento Exterior. 12 Mils	ml	\$ 127.008	Santiago	Cotización
Tubo Acero D=32" 8 mm Revestimiento Exterior. 12 Mils	ml	\$ 159.835	Santiago	Cotización
Tubo Acero D=40" 8 mm Revestimiento Exterior. 12 Mils	ml	\$ 249.742	Santiago	Proveedores

Precios de Materiales	Unid	\$/un	Lugar	Fuente
Tubo HDPE PN-4 D=500 mm PE100	ml	\$ 47.841	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-4 D=600 mm PE100	ml	\$ 69.600	Santiago	Información Propia
Tubo HDPE PN-4 D=710 mm PE100	ml	\$ 97.887	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-4 D=800 mm PE100	ml	\$ 124.454	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-6 D=400 mm	ml	\$ 47.827	Santiago	Información Propia
Tubo HDPE PN-6 D=500 mm PE100	ml	\$ 74.623	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-6 D=600 mm PE100	ml	\$ 107.601	Santiago	Información Propia
Tubo HDPE PN-6 D=710 mm PE100	ml	\$ 150.860	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-6 D=800 mm PE100	ml	\$ 191.308	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-8 D=500 mm PE100	ml	\$ 92.265	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-8 D=600 mm PE100	ml	\$ 132.731	Santiago	Información Propia
Tubo HDPE PN-8 D=710 mm PE100	ml	\$ 185.921	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-8 D=800 mm PE100	ml	\$ 235.659	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-10 D=500 mm PE100	ml	\$ 113.215	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-10 D=600 mm PE100	ml	\$ 162.824	Santiago	Información Propia
Tubo HDPE PN-10 D=710 mm PE100	ml	\$ 227.998	Santiago	Cotización
Tubo HDPE PN-10 D=800 mm PE100	ml	\$ 289.102	Santiago	Cotización
Petroleo Diesel	lt	\$ 638	Copiapó	Proveedores
Bencina especial 93	lt	\$ 816	Copiapó	Proveedores
Lubricante	lt	\$ 2.048	Copiapó	Proveedores
Instalación tuberías de acero	Kg	\$ 407	Copiapó	Proveedores
Transporte desde Santiago a Copiapó, camión de 12 metros	uni	\$ 940.000	Santiago	Cotización
Precios de Materiales	Unid	\$/un	Lugar	Fuente
Tapa tipo calzada	uni	\$ 39.800	Copiapó	Proveedores
Escalines Fe. Camara Galv.	uni	\$ 2.145	Copiapó	Información Propia
Tapa cámara Especial D=0.60 m	uni	\$ 38.363	Copiapó	Información Propia
Tapa cámara Especial D=0.80 m	uni	\$ 68.200	Copiapó	Información Propia
Tapa cámara D=24" con llave	uni	\$ 158.000	Santiago	Cotización
Llave para tapa de Cámara	uni	\$ 15.500	Santiago	Cotización
Derecho Botadero	m ³	\$ 637	Copiapó	Información Propia
Cámara tipo Cruceta D=1000 mm, con tapa y fondo salida 24" HDPE	uni	\$ 769.567	Copiapó	Proveedores
Cámara tipo Cruceta D=1200 mm, con tapa y fondo salida 24" HDPE	uni	\$ 1.023.475	Copiapó	Proveedores
Cámara de Inspección 1,7 - 2,0 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.027.676	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 2,0 - 2,5 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.093.231	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 2,5 - 3,0 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.191.461	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 3,0 - 3,5 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.388.230	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 3,5 - 4,0 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.437.036	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 4,0 - 4,2 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.486.151	Santiago	Proveedores
Cámara de Inspección 5,0 m., D=1500 mm, Salida 42"	uni	\$ 1.584.381	Santiago	Proveedores
Codo 42" 1 Corte	uni	\$ 368.505	Santiago	Proveedores
Codo 42" 2 Cortes	uni	\$ 535.506	Santiago	Proveedores
Caseta para vigilancia acero galvanizado	uni	\$ 755.000	Santiago	Proveedores
Gasket 1050 mm	uni	\$ 24.018	Santiago	Proveedores
Waterstop Gasket 42"	uni	\$ 92.730	Santiago	Proveedores
Platacho	uni	\$ 3.990	Copiapó	Información Propia
Ventosa D=250 mm	uni	\$ 556.469	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 200 mm	uni	\$ 1.266.275	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 300 mm	uni	\$ 2.849.119	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 400 mm	uni	\$ 5.065.100	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 500 mm	uni	\$ 7.914.219	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 600 mm	uni	\$ 11.396.475	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 700 mm	uni	\$ 15.511.869	Copiapó	Información Propia
Válvula de Compuerta D= 800 mm	uni	\$ 20.260.401	Copiapó	Información Propia
Cuñas Punta Lapiz Inglesas	uni	\$ 9.000	Copiapó	Información Propia

Precios de maquinaria			
Para efectos de cálculo de Precios Unitarios se considerará una eficiencia de 0,8 por lo tanto la Maquinaria se considerará 8 horas efectivas diarias			
Bulldozer, CAT D8R	\$	44.227	Copiapó Proveedores
Cargador frontal, CAT 950	\$	39.334	Copiapó Cotización
Retroexcavadora, CAT 416	\$	20.119	Copiapó Cotización
Motoniveladora	\$	40.012	Copiapó Cotización
Camión tolva 12 m ³	\$	12.426	Copiapó Información Propia
Camión tolva 24 m ³	\$	18.888	Copiapó Información Propia
Camión MACK Aljibe	\$	6.107	Copiapó Información Propia
Camión Plano	\$	14.365	Copiapó Información Propia
Autohormigonera 2m ³ c/operador, combustible y lubricante	\$	19.500	Copiapó Información Propia
Vibradores de inmersión c/operador, combustible y lubricante	\$	3.831	Copiapó Información Propia
Shocretera	\$	8.346	Copiapó Información Propia
Compresor Diesel 750 PCM	\$	6.370	Copiapó Información Propia
Equipos Suministro de arena	\$	2.210	Copiapó Información Propia
Equipo Motosierra	\$	13.000	Copiapó Información Propia
Rodillo liso	\$	22.605	Copiapó Cotización
Placa compactadora	\$	3.991	Copiapó Información Propia
Grúa Pluma 15T	\$	9.958	Copiapó Información Propia
Excavadora Hid. 1.3 M ³ (20T)	\$	33.987	Copiapó Información Propia
Excavadora con martillo con operador, combustible y lubricante	\$	39.935	Copiapó Información Propia
Rompepavimento Hidráulico con operador, combustible y lubricante	\$	14.365	Copiapó Información Propia
Perforadora	\$	1.625	Copiapó Información Propia
Soldadora Tubería HDPE	\$	14.365	Copiapó Información Propia

Precios actualizados a Mayo de 2012

Anexo 1.2. Listado de Partidas

DISEÑO MEJORAMIENTO CANAL MAL PASO, COMUNA DE TIERRA AMARILLA				
PRECIOS MATERIALES Y MAQUINARIAS				
Moneda:		Peso Chileno (\$)		
Valor Dólar:		\$ 490,17 (Observado 10 de Mayo de 2012)		
Valor UF:		\$ 22.605,49 (10 de Mayo de 2012)		
		Precio Unitario \$		
1.	GENERALES	Unidad	Privado	Social
1.1	INSTALACIÓN DE FAENAS	gl	\$ 55.520.666	\$ 54.228.666
1.2	CIERRE PERIMETRAL MALLA ACMAFOR	m	\$ 23.305	\$ 21.346
2.	ROCE	Unidad	Privado	Social
2.1	ROCE	m ²	\$ 161	\$ 112
3.	DEMOLICIÓN	Unidad	Privado	Social
3.1	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	m ³	\$ 27.152	\$ 22.876
3.2	ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	m ²	\$ 9.585	\$ 7.938
3.3	RETIRO DE EXCEDENTES	m ³	\$ 9.252	\$ 8.692
4.	MOVIMIENTO DE TIERRA	Unidad	Privado	Social
4.1	EXCAVACIÓN OBRA DE ARTE MATERIAL COMÚN	m ³	\$ 2.893	\$ 2.590
4.2	EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	m ³	\$ 5.317	\$ 4.763
4.3	CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	m ³	\$ 12.803	\$ 12.221
5.	MOVIMIENTO DE TIERRA - RELLENOS	Unidad	Privado	Social
5.1	RELL. COMÚN COMPACTADO	m ³	\$ 6.014	\$ 5.546
5.2	RELL. SELECCIONADO	m ³	\$ 14.020	\$ 13.073
5.3	RELL. ESTRUCTURAL	m ³	\$ 6.009	\$ 5.188
5.4	CAMA DE APOYO E= 15 CM.	m ²	\$ 3.583	\$ 3.036
5.5	CAMA DE APOYO	m ³	\$ 15.231	\$ -
5.6	EXCAVACION DE ZANJA (2-4MTS)	m ³	\$ 9.087	\$ -
5.7	RETIRO DE EXCEDENTES	m ³	\$ 8.486	\$ -

6.	SUM., TRANSP, COLOC Y PRUEBA DE TUBERÍAS	Unidad	Privado	Social
6.1.	TUBERÍAS HDPE CORRUGADAS			
6.1.1	SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=774 mm	ml	\$ 72.853	\$ -
6.1.2	SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=915 mm	ml	\$ 82.436	\$ -
6.1.3	SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1000 mm	ml	\$ 90.937	\$ -
6.1.4	SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1065 mm	ml	\$ 95.749	\$ 93.874
6.1.5	SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1204 mm	ml	\$ 116.399	\$ -
6.2.	TUBERÍAS DE HDPE	Unidad	Privado	Social
6.2.1	SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=500 mm	ml	\$ 76.736	\$ -
6.2.2	SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=600 mm	ml	\$ 103.613	\$ -
6.2.3	SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=710 mm	ml	\$ 124.866	\$ -
6.2.4	SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=800 mm	ml	\$ 160.996	\$ 158.688
6.2.5	SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=400 mm	ml	\$ 98.994	\$ -
6.2.6	SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=500 mm	ml	\$ 104.055	\$ -
6.2.7	SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=600 mm	ml	\$ 142.374	\$ -
6.2.8	SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=710 mm	ml	\$ 185.036	\$ -
6.2.9	SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=800 mm	ml	\$ 229.188	\$ 226.880
6.2.10	SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=500 mm	ml	\$ 122.528	\$ -
6.2.11	SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=600 mm	ml	\$ 168.007	\$ -
6.2.12	SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=710 mm	ml	\$ 225.640	\$ -
6.2.13	SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=800 mm	ml	\$ 278.548	\$ 276.591
6.2.14	SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=500 mm PE100	ml	\$ 143.897	\$ -
6.2.15	SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=600 mm PE100	ml	\$ 200.833	\$ -
6.2.16	SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=710 mm PE100	ml	\$ 264.897	\$ -
6.2.17	SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=800 mm PE100	ml	\$ 337.182	\$ 333.335
6.2.18	SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=1000 mm PE100	ml	\$ 355.555	\$ -
6.3.	TUBERÍAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO	Unidad	Privado	Social
6.3.1	SUM. INST. TUBO ACERO D=150 mm	ml	\$ 35.308	\$ -
6.3.2	SUM. INST. TUBO ACERO D=200 mm	ml	\$ 41.622	\$ -
6.3.3	SUM. INST. TUBO ACERO D=400 mm	ml	\$ 97.258	\$ -
6.3.4	SUM. INST. TUBO ACERO D=600 mm	ml	\$ 176.330	\$ -
6.3.5	SUM. INST. TUBO ACERO D=22" 5,6 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 156.649	\$ -
6.3.6	SUM. INST. TUBO ACERO D=26" 6,0 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 198.448	\$ -
6.3.7	SUM. INST. TUBO ACERO D=28" 6,4 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 227.971	\$ -
6.3.8	SUM. INST. TUBO ACERO D=32" 6,0 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 244.452	\$ -
6.3.9	SUM. INST. TUBO ACERO D=32" 6,4 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 260.686	\$ -
6.3.10	SUM. INST. TUBO ACERO D=32" 8,0 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 316.134	\$ -
6.3.11	SUM. INST. TUBO ACERO D=34" 7,9 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 331.809	\$ -
6.3.12	SUM. INST. TUBO ACERO D=40" 8,0 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	ml	\$ 447.432	\$ -
7.	CÁMARAS DE INSPECCIÓN Y ELEMENTOS PREFABRICADOS	Unidad	Privado	Social
7.1	CÁMARAS DE INSPECCIÓN			
7.1.1	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 1,7-2,0 m	uni	\$ 1.828.799	\$ 1.800.870
7.1.2	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,0-2,5 m	uni	\$ 1.932.950	\$ 1.901.729
7.1.3	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 2,5-3,0 m	uni	\$ 2.079.426	\$ 2.044.091
7.1.4	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,0-3,5 m	uni	\$ 2.324.442	\$ 2.284.991
7.1.5	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 3,5-4,0 m	uni	\$ 2.421.494	\$ 2.377.928
7.1.6	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 4,0-4,2 m	uni	\$ 2.504.381	\$ 2.457.935
7.1.7	SUM. E INST. CÁMARA DE INSP. D=1500 mm, SALIDAS 42" HDPE h = 5,0 m	uni	\$ 2.689.456	\$ 2.635.602
7.2	ELEMENTOS PREFABRICADOS	Unidad	Privado	Social
7.2.1	SUM. E INST. TAPA ESPECIAL CAMARA D=24"	uni	\$ 174.302	\$ 171.047
7.2.2	SUM. E INST. DE ESCALINES	uni	\$ 3.830	\$ 3.326
7.2.3	SUM. E INST. CODO 42 " 1 CORTE	uni	\$ 460.970	\$ 458.603
7.2.4	SUM. E INST. CODO 42 " 2 CORTES	uni	\$ 1.384.181	\$ 1.348.742
7.2.5	SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	uni	\$ 1.127.791	\$ -
8.	HORMIGONES Y REVESTIMIENTOS	Unidad	Privado	Social
8.1	EMPLANTILLADO H-5 e=5 cm	m ²	\$ 5.016	\$ 4.881
8.2	JUNTA DE DILATACIÓN	m	\$ 9.173	\$ 7.938
8.3	HORMIGÓN H-25 Con Moldaje	m ³	\$ 165.510	\$ 163.691
8.4	HORMIGÓN H-30 con Moldaje	m ³	\$ 175.480	\$ 173.661
9.	ENFIERRADAS	Unidad	Privado	Social
9.1	MALLA ACMA C-139	m ²	\$ 2.018	\$ 1.899
9.2	ENFIERRADURA A63-42H	kg	\$ 1.232	\$ 1.096

10.	OBRAS ESPECIALES	Unidad	Privado	Social
10.1	MURO DE BOCA	uni	\$ 451.294	\$ 432.300
10.2	REACONDICIONAMIENTO OBRAS DE ENTREGA EXISTENTES	uni	\$ 12.972.642	\$ 12.428.128
10.3	NUEVA OBRA DE ENTREGA BELLAVISTA	uni	\$ 21.259.506	\$ 19.921.569
10.4	NUEVA OBRA DE ENTREGA VIÑITA	uni	\$ 16.617.804	\$ 15.981.911
10.5	OBRA DE ENTRADA CRUCE RÍO COPIAPO	uni	\$ 579.086	\$ 538.232
10.6	OBRA DE SALIDA CRUCE RÍO COPIAPO	uni	\$ 4.156.728	\$ 3.938.880
10.7	OBRAS DE PROTECCIÓN DECANTADOR	uni	\$ 7.864.302	\$ 7.640.181
10.8	CANAL TRAPEZOIDAL	m	\$ 100.117	\$ 97.326
10.9	CANAL MELENDEZ	m	\$ 83.657	\$ 77.421
11.	BY PASS	Unidad	Privado	Social
11.1	BY PASS	Global	\$ 114.796.317	\$ 99.722.691
12.	OBRAS DE ENTREGA	Unidad	Privado	Social
12.1	OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	uni	\$ 7.742.518	\$ -
12.2	OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	uni	\$ 9.325.362	\$ -
12.3	OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	uni	\$ 11.687.229	\$ -
12.4	OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	uni	\$ 7.289.067	\$ 7.131.696
12.5	OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	uni	\$ 8.911.424	\$ 8.753.603
12.6	OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	uni	\$ 11.182.724	\$ 11.024.272
12.7	OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	uni	\$ 6.251.025	\$ -
12.8	OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	uni	\$ 7.865.086	\$ -
12.9	OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	uni	\$ 10.180.960	\$ -
13.	OBRAS DE CAÍDA	Unidad	Privado	Social
13.1	OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	uni	\$ 5.340.125	\$ -
13.2	OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	uni	\$ 5.976.100	\$ -
13.3	OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	uni	\$ 6.648.812	\$ -
13.4	OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	uni	\$ 6.922.740	\$ 6.735.563
13.5	OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	uni	\$ 5.014.460	\$ -
14.	CÁMARA DE CARGA	Unidad	Privado	Social
14.1	CÁMARA DE CARGA	uni	\$ 18.056.254	\$ 17.283.279
15.	MAQUINARIAS	Unidad	Privado	Social
15.1	BULLDOZER, CAT D8R	Hr	\$ 67.211	\$ 64.975
15.2	CARGADOR FRONTAL, CAT 950	Hr	\$ 62.074	\$ 59.838
15.3	RETROEXCAVADORA, CAT 416	Hr	\$ 37.865	\$ 35.629
15.4	MOTONIVELADORA	Hr	\$ 61.407	\$ 59.171
15.5	CAMIÓN TOLVA 12 M3	Hr	\$ 23.190	\$ 21.990
15.6	CAMIÓN MACK ALJIBE	Hr	\$ 16.555	\$ 15.355
15.7	RODILLO LISO	Hr	\$ 43.496	\$ 41.260
15.8	GRÚA PLUMA 15T	Hr	\$ 20.647	\$ 18.411
16.	INTERFERENCIAS	Unidad	Privado	Social
16.1	INTERFERENCIAS EN PRESIÓN			
16.1.1	INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	uni	\$ 8.126.571	\$ 7.494.330
16.1.2	INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	uni	\$ 4.674.775	\$ 4.249.602
16.1.3	INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	uni	\$ 13.986.600	\$ 12.504.042
16.2	INTERFERENCIAS EN ACUEDUCTO			
16.2.1	INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	uni	\$ 3.668.951	\$ -
16.2.2	INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	uni	\$ 11.455	\$ -
16.2.3	INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	uni	\$ 5.237.469	\$ -
16.2.4	INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	uni	\$ 6.011.509	\$ -
16.2.5	INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	uni	\$ 22.303.098	\$ -
16.2.6	INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	uni	\$ 3.147.304	\$ -
16.2.7	INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	uni	\$ 690.232	\$ -
Precios actualizados a Mayo de 2012, en Faena				
Aquellas partidas sin precio social sólo fueron utilizadas en la evaluación de alternativas				

Anexo 1.3. Precios Unitarios

Nº Item
Nombre ítem
Unidad ítem

1.1
Instalación de Faenas
Gl

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
Ítem						
Instalaciones provisionas	Gl	1,00	\$5.000.000	\$ 5.000.000	*	\$ 4.620.000
Flete Instalaciones	Uni	6,00	\$940.000	\$ 5.640.000	1	\$ 5.640.000
Flete Maquinaria	Uni	8,00	\$538.676	\$ 4.309.406	1	\$ 4.309.406
Despeje del área	Gl	1,00	\$500.000	\$ 500.000	*	\$ 348.000
Señalizaciones	Gl	1,00	\$1.000.000	\$ 1.000.000	*	\$ 962.000
Limpieza final de las obras	Gl	1,00	\$2.000.000	\$ 2.000.000	*	\$ 1.392.000
Derechos y permisos	Gl	1,00	\$2.000.000	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000
Cierres perimetrales	Gl	1,00	\$1.500.000	\$ 1.500.000	*	\$ 1.386.000
Vehículo 1	Mes	9,00	\$1.865.070	\$ 16.785.630	1	\$ 16.785.630
Vehículo 2	Mes	9,00	\$1.865.070	\$ 16.785.630	1	\$ 16.785.630
Sub Total				\$ 55.520.666		\$ 54.228.666
% Incidencia Costo Directo				100,00%		100,00%

Costo Directo		\$ 55.520.666	\$ 54.228.666
G. Generales	40,00%	\$ 22.208.266	\$ 21.691.467
Utilidades	10,00%	\$ 5.552.067	\$ 5.422.867
Precio Unitario Ítem (PUI)		\$ 83.280.999	\$ 81.343.000

(*) Se asumió que un porcentaje de los precios globales privados es usado en mano de obra, a este porcentaje se le aplicó un factor social medio para llevarlo a costo social

Nº Item
Nombre ítem
Unidad Ítem

5.3
Relleno Estructural
m³

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
MANO DE OBRA						
Capataz	HR	0,120	\$6.989	\$ 839	0,68	\$ 571
Jornal	HR	0,320	\$2.709	\$ 867	0,62	\$ 538
Operador Bulldozer	HR	0,0059	\$6.989	\$ 41	0,68	\$ 28
Sub Total				\$ 1.747		\$ 1.136
% Incidencia Costo Directo				29,07%		21,90%
MATERIALES						
Sub Total				\$ -		\$ -
% Incidencia Costo Directo				0,00%		0,00%
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Motoniveladora	HR	0,0125	\$61.407	\$ 768	*	\$ 740
Bulldozer	HR	0,0059	\$67.211	\$ 397	*	\$ 383
Camión Aljibe Tipo Mack	HR	0,0125	\$16.555	\$ 207	*	\$ 192
Rodillo liso	HR	0,0200	\$43.496	\$ 870	*	\$ 825
Retroexcavadora Cat 416	HR	0,0125	\$37.865	\$ 473	*	\$ 445
Camión Tolva 12 m ³	HR	0,0667	\$23.190	\$ 1.547	*	\$ 1.467
Sub Total				\$ 4.262		\$ 4.052
% Incidencia Costo Directo				70,93%		78,10%
Costo Directo				\$ 6.009		\$ 5.188
G. Generales			40,00%	\$ 2.404		\$ 2.075
Utilidades			10,00%	\$ 601		\$ 519
Precio Unitario Ítem (PUI)				\$ 9.014		\$ 7.782

(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente a la presente

Nº Item
Nombre ítem
Unidad Item

6.1.4
Suministro e Instalación
Tubería Corrugada D_{int}=1065 mm
m

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
MANO DE OBRA						
Capataz	HR	0,03	\$6.989	\$ 210	0,68	\$ 143
Maestro de Primera	HR	0,08	\$5.254	\$ 420	0,68	\$ 286
Jornalero	HR	0,17	\$2.709	\$ 461	0,62	\$ 286
Ayudante	HR	0,50	\$3.177	\$ 1.588	0,62	\$ 985
Sub Total				\$ 2.679		\$ 1.699
% Incidencia Costo Directo				2,80%		1,81%
MATERIALES						
Tubería Corrugada D=42"	ml	1,02	\$61.967	\$ 63.207	1	\$ 63.207
Sub Total				\$ 63.207		\$ 63.207
% Incidencia Costo Directo				66,01%		67,33%
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Grúa Pluma 15T	HR	0,30	\$20.647	\$ 6.194	*	\$ 5.523
Retroexcavadora Cat 416	HR	0,10	\$37.865	\$ 3.787	*	\$ 3.563
Sub Total				\$ 9.981		\$ 9.086
% Incidencia Costo Directo				10,42%		9,68%
TRANSPORTE						
Camión 12 m desde Planta	Un	0,0212	\$940.000	\$ 19.882	1	\$ 19.882
Sub Total				\$ 19.882		\$ 19.882
% Incidencia Costo Directo				20,76%		21,18%
Costo Directo				\$ 95.749		\$ 93.874
G. Generales			40,00%	\$ 38.300		\$ 37.550
Utilidades			10,00%	\$ 9.575		\$ 9.387
Precio Unitario Ítem (PUI)				\$ 143.624		\$ 46.937

(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente a la presente

Nº Item
Nombre ítem
Unidad ítem

7.1.2
Sum e Inst. Cámara De Inspección
D=1500 mm, Salidas 42" h=2,0-2,5 m
Unidad

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
MANO DE OBRA						
Capataz	HR	0,04	\$6.989	\$ 255	0,68	\$ 173
Maestro de Primera	HR	0,15	\$5.254	\$ 767	0,68	\$ 522
Jornalero	HR	0,39	\$2.709	\$ 1.054	0,62	\$ 653
Ayudante	HR	1,22	\$3.177	\$ 3.864	0,62	\$ 2.396
Sub Total				\$ 5.940		\$ 3.744
% Incidencia Costo Directo					0,31%	0,20%
MATERIALES						
Hormigón H30	m ³	0,86	\$175.480	\$ 151.615	*	\$ 150.043
Hormigón H30 Satélite	m ³	0,06	\$175.480	\$ 11.026	*	\$ 9.427
Enfierradura A63-42H	Kg	51,84	\$1.232	\$ 63.867	*	\$ 56.795
Pernos de Anclaje	Kg	1,83	\$1.232	\$ 2.250	*	\$ 2.001
Excavación Obra de Arte Material Común	m ³	14,06	\$2.893	\$ 40.683	*	\$ 36.417
Relleno Seleccionado	m ³	9,33	\$14.020	\$ 130.759	*	\$ 121.923
Sub Total				\$ 400.200		\$ 376.606
% Incidencia Costo Directo					20,70%	19,80%
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Grúa Pluma 15T	HR	0,73	\$20.647	\$ 15.067	*	\$ 13.435
Retroexcavadora Cat 416	HR	0,24	\$37.865	\$ 9.210	*	\$ 8.666
Sub Total				\$ 24.277		\$ 22.101
% Incidencia Costo Directo					1,26%	1,16%
OTROS						
Cámara de Inspección h = 2,0 - 2,5 m	Unidad	1,00	\$1.093.231	\$ 1.093.231	1	\$ 1.093.231
Sum. e Inst. Tapa Esp. Cámara D=24"	Unidad	1,00	\$174.302	\$ 174.302	*	\$ 171.047
Sub Total				\$ 1.267.533		\$ 1.264.278
% Incidencia Costo Directo					65,58%	66,48%
TRANSPORTE						
Camión 12 m desde Planta	Un	0,25	\$940.000	\$ 235.000	1	\$ 235.000
Sub Total				\$ 235.000		\$ 235.000
% Incidencia Costo Directo					12,16%	12,36%
Costo Directo				\$ 1.932.950		\$ 1.901.729
G. Generales				40,00%	\$ 773.180	\$ 760.692
Utilidades				10,00%	\$ 193.295	\$ 190.173
Precio Unitario Ítem (PUI)				\$ 2.899.425		\$ 2.852.594
(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente a la presente						

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
MANO DE OBRA						
Maestro de Primera	HR	2,00	\$ 6.989	\$ 13.979	0,68	\$ 9.506
Ayudante	HR	4,00	\$ 3.288	\$ 13.151	0,62	\$ 8.154
Sub Total				\$ 27.130		\$ 17.659
% Incidencia Costo Directo					0,13%	0,09%

MATERIALES						
Hormigón H-30 con Moldaje	m ³	40,77	\$ 175.480	\$ 7.153.861	*	\$ 7.079.687
Hormigón H-25 con Moldaje	m ³	12,25	\$ 165.510	\$ 2.027.704	*	\$ 2.005.414
Emplantillado H-5 e=5 cm	m ²	54,78	\$ 5.016	\$ 274.751	*	\$ 267.341
Enfierradura A63-42H	kg	4.211,09	\$ 1.232	\$ 5.188.058	*	\$ 4.613.581
Escalines	uni	12,00	\$ 3.830	\$ 45.960	*	\$ 39.908
Malla Acma C-139	m ²	109,55	\$ 2.018	\$ 221.072	*	\$ 208.084
Demolición de Estructuras	m ³	8,03	\$ 27.152	\$ 217.963	*	\$ 183.637
Muro de Boca	Unidad	2,00	\$ 451.294	\$ 902.588	*	\$ 864.600
Estructura Metálica Cámaras	kg	67,16	\$ 1.800	\$ 120.896	1	\$ 120.896
Zincalum Caseta	m ²	43,80	\$ 11.073	\$ 485.047	1	\$ 485.047
Estructura Metálica Caseta	kg	690,74	\$ 1.800	\$ 1.243.340	*	\$ 756.766
Pernos de Anclaje Caseta	uni	28,00	\$ 5.800	\$ 162.400	1	\$ 162.400
Hormigón estructuras compuerta	m ³	2,58	\$ 175.480	\$ 453.089	*	\$ 448.392
Enfierradura A63-42H	kg	258,20	\$ 1.232	\$ 318.102	*	\$ 282.879
Acero estructura compuertas	kg	1.014,67	\$ 1.800	\$ 1.826.413	1	\$ 1.826.413
Junta de Dilatación	m	8,00	\$ 9.173	\$ 73.384	*	\$ 63.501
Hormigón H-30 canal lateral	m ³	1,81	\$ 175.480	\$ 316.847	*	\$ 313.562
Emplantillado canal lateral	m ²	6,99	\$ 5.016	\$ 35.082	*	\$ 34.136
Enfierradura A63-42H canal lateral	kg	108,34	\$ 1.232	\$ 133.470	*	\$ 118.691
Excavación material común	m ³	6,08	\$ 5.317	\$ 32.349	*	\$ 28.975
Sub Total				\$ 21.232.376		\$ 19.903.909
% Incidencia Costo Directo					99,87%	99,91%
Costo Directo				\$ 21.259.506		\$ 19.921.569
G. Generales				40,00%	\$ 8.503.802	\$ 7.968.627
Utilidades				10,00%	\$ 2.125.951	\$ 1.992.157
Precio Unitario Ítem (PUI)				\$ 31.889.259		\$ 29.882.353

(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente a la presente

Nº Item
Nombre ítem
Unidad ítem

11.1
By Pass
Unidad

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	VALOR PRIVADO (c)=(a)x(b)	FACTOR SOCIAL (d)	VALOR SOCIAL (c)x(d)
MANO DE OBRA						
Jornal Turno 1	HR	2160,000	\$ 2.709	\$ 5.851.440	0,62	\$ 3.627.893
Jornal Turno 2	HR	1920,000	\$ 2.709	\$ 5.201.280	0,62	\$ 3.224.794
Jornal Turno 3	HR	1920,000	\$ 2.709	\$ 5.201.280	0,62	\$ 3.224.794
Sub Total				\$ 16.254.000		\$ 10.077.480
% Incidencia Costo Directo				14,16%		10,11%

MATERIALES						
Excavación Cuneta Material Común	M ³	13.064,69	\$5.317	\$ 69.464.971	*	\$ 62.220.925
Relleno Común Compactado	M ³	3.535,52	\$6.014	\$ 21.262.607	*	\$ 19.609.546
Estructura Metálica	Kg	1.200,00	\$1.800	\$ 2.160.000	1	\$ 2.160.000
Gasket 1050 mm	Unidad	204,00	\$24.018	\$ 4.899.739	1	\$ 4.899.739
Caseta para vigilancia acero galvanizado	Unidad	1,00	\$755.000	\$ 755.000	1	\$ 755.000
Sub Total				\$ 98.542.317		\$ 89.645.211
% Incidencia Costo Directo				85,84%		89,89%

Costo Directo		\$ 114.796.317	\$ 99.722.691
G. Generales	40,00%	\$ 45.918.527	\$ 39.889.076
Utilidades	10,00%	\$ 11.479.632	\$ 9.972.269
Precio Unitario Ítem (PUÍ)		\$ 172.194.476	\$ 149.584.036

(*) Aquellos ítem que no muestran "factor social" es debido a que son partidas y su precio social fue calculado en forma independiente a la presente

Anexo 1.4. Presupuesto Interferencias

Tabla A.1.4-1. Resumen presupuesto interferencias

16.	INTERFERENCIAS	Unidad	Privado
16.1	INTERFERENCIAS EN PRESIÓN		
16.1.1	INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	uni	\$ 8.126.571
16.1.2	INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	uni	\$ 4.674.775
16.1.3	INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	uni	\$ 13.986.600
16.2	INTERFERENCIAS EN A CUEDUCTO	Unidad	Privado
16.2.1	INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	uni	\$ 3.668.951
16.2.2	INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	uni	\$ 11.455
16.2.3	INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	uni	\$ 5.237.469
16.2.4	INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	uni	\$ 6.011.509
16.2.5	INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	uni	\$ 22.303.098
16.2.6	INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	uni	\$ 3.147.304
16.2.7	INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	uni	\$ 690.232

Tabla A.1.4-2. Interferencia 1 – Presión – Ítem 16.1.1

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MANO DE OBRA				
Maestro de Primera	HR	0,25	\$5.254	\$ 1.314
Ayudante	HR	0,50	\$3.177	\$ 1.588
				\$ -
Sub Total				\$ 2.902
% Incidencia Costo Directo				0,04%
MATERIALES				
Excavación	m ³	486	\$5.317	\$ 2.584.062
Rotura de Pavimento	m ²	43	\$9.585	\$ 412.155
Extensión entrega 400 mm	m	17	\$97.258	\$ 1.653.386
Relleno Común Compactado	m ³	388,80	\$6.014	\$ 2.338.243
Relleno Seleccionado	m ³	81,01	\$14.020	\$ 1.135.823
Sub Total				\$ 8.123.669
% Incidencia Costo Directo				99,96%
Costo Directo				\$ 8.126.571
G. Generales			40,00%	\$ 3.250.628
Utilidades			10,00%	\$ 812.657
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 12.189.857

Tabla A.1.4-3. Interferencia 2 – Presión – Ítem 16.1.2

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MANO DE OBRA				
Maestro de Primera	HR	0,25	\$5.254	\$ 1.314
Ayudante	HR	0,50	\$3.177	\$ 1.588
				\$ -
Sub Total				\$ 2.902
% Incidencia Costo Directo				0,06%
MATERIALES				
Excavación	m ³	358,4	\$5.317	\$ 1.905.613
Rotura de Pavimento	m ²	20,85	\$9.585	\$ 199.847
Relleno Común Compactado	m ³	288,71	\$6.014	\$ 1.736.309
Relleno Seleccionado	m ³	59,21	\$14.020	\$ 830.104
Sub Total				\$ 4.671.873
% Incidencia Costo Directo				99,94%
Costo Directo				\$ 4.674.775
				\$ 2.903
G. Generales			40,00%	\$ 1.869.910
Utilidades			10,00%	\$ 467.478
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 7.012.163

Tabla A.1.4-4. Interferencia 3 – Presión – Ítem 16.1.3

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MANO DE OBRA				
Maestro de Primera	HR	0,25	\$5.254	\$ 1.314
Ayudante	HR	0,50	\$3.177	\$ 1.588
				\$ -
Sub Total				\$ 2.902
% Incidencia Costo Directo				0,02%
MATERIALES				
Piezas Especiales	m	16	\$682.479	\$ 10.919.670
Rotura de Pavimento	m ²	66,54	\$9.585	\$ 637.786
Excavación	m ³	354,8	\$5.317	\$ 1.886.472
Relleno	m ³	38,5	\$14.020	\$ 539.770
Sub Total				\$ 13.983.698
% Incidencia Costo Directo				99,98%
Costo Directo				\$ 13.986.600
				\$ 2.903
G. Generales		40,00%	\$	5.594.640
Utilidades		10,00%	\$	1.398.660
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 20.979.900

Tabla A.1.4-5. Interferencia 1 – Acueducto – Ítem 16.2.1

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	10,8	\$27.152	\$ 293.242
Reconstruir Hormigón	m ³	10,8	\$175.480	\$ 1.895.184
Acero	Kg	972	\$1.232	\$ 1.197.504
Retiro excedentes	m ³	14,04	\$8.486	\$ 119.143
Confec. de Terraplen c/ Mater. de Empr.	m ³	12,8	\$12.803	\$ 163.878
Sub Total				\$ 3.668.951
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 3.668.951
G. Generales		40,00%	\$	1.467.581
Utilidades		10,00%	\$	366.895
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 5.503.427

Tabla A.1.4-6. Interferencia 2 – Acueducto – Ítem 16.2.2

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	0,3	\$27.152	\$ 8.146
Retiro excedentes	m ³	0,39	\$8.486	\$ 3.310
Sub Total				\$ 11.455
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 11.455
G. Generales			40,00%	\$ 4.582
Utilidades			10,00%	\$ 1.146
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 17.183

Tabla A.1.4-7. Interferencia 3 – Acueducto – Ítem 16.2.3

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	15,12	\$27.152	\$ 410.538
Reconstruir Hormigón	m ³	15,12	\$175.480	\$ 2.653.258
Acero	Kg	1360,8	\$1.232	\$ 1.676.506
Retiro excedentes	m ³	19,656	\$8.486	\$ 166.801
Terraplén	m ³	12,8	\$12.803	\$ 163.878
Tubería	m	4	\$41.622	\$ 166.488
Sub Total				\$ 5.237.469
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 5.237.469
G. Generales			40,00%	\$ 2.094.987
Utilidades			10,00%	\$ 523.747
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 7.856.203

Tabla A.1.4-8. Interferencia 4 – Acueducto – Ítem 16.2.4

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	18,018	\$27.152	\$ 489.225
Reconstruir Hormigón	m ³	18,018	\$175.480	\$ 3.161.799
Acero	Kg	1621,62	\$1.232	\$ 1.997.836
Retiro excedentes	m ³	23,4234	\$8.486	\$ 198.771
Terraplén	m ³	12,8	\$12.803	\$ 163.878
Sub Total				\$ 6.011.509
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 6.011.509
G. Generales			40,00%	\$ 2.404.603
Utilidades			10,00%	\$ 601.151
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 9.017.263

Tabla A.1.4-9. Interferencia 5 – Acueducto – Ítem 16.2.5

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	129,456	\$27.152	\$ 3.514.989
Reconstruir Hormigón	m ³	57,536	\$175.480	\$ 10.096.417
Acero	Kg	5178,24	\$1.232	\$ 6.379.592
Retiro excedentes	m ³	168,2928	\$8.486	\$ 1.428.133
Terraplén	m ³	39	\$12.803	\$ 499.317
Tubería 200 mm	m	5	\$41.622	\$ 208.110
Tubería 150 mm	m	5	\$35.308	\$ 176.540
Sub Total				\$ 22.303.098
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 22.303.098
G. Generales			40,00%	\$ 8.921.239
Utilidades			10,00%	\$ 2.230.310
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 33.454.647

Tabla A.1.4-10. Interferencia 6 – Acueducto – Ítem 16.2.6

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	6,5	\$27.152	\$ 176.488
Reconstruir Hormigón	m ³	6,5	\$175.480	\$ 1.140.620
Acero	Kg	585	\$1.232	\$ 720.720
Retiro excedentes	m ³	8,45	\$8.486	\$ 71.707
Terraplén	m ³	19,2	\$12.803	\$ 245.818
Tubería 200 mm	m	8	\$98.994	\$ 791.952
Sub Total				\$ 3.147.304
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 3.147.304
G. Generales			40,00%	\$ 1.258.922
Utilidades			10,00%	\$ 314.730
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 4.720.956

Tabla A.1.4-11. Interferencia 7 – Acueducto – Ítem 16.2.7

NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD POR UNIDAD ITEM (a)	P. UNITARIO (b)	COSTO UNITARIO (a)x(b)
MATERIALES				
Demolición Estructuras	m ³	0,6	\$27.152	\$ 16.291
Reconstruir Hormigón	m ³	0,6	\$175.480	\$ 105.288
Acero	Kg	54	\$1.232	\$ 66.528
Retiro excedentes	m ³	0,78	\$8.486	\$ 6.619
Terraplén	m ³	16,64	\$12.803	\$ 213.042
Tubería 120 mm	m	8	\$35.308	\$ 282.464
Sub Total				\$ 690.232
% Incidencia Costo Directo				100,00%
Costo Directo				\$ 690.232
G. Generales			40,00%	\$ 276.093
Utilidades			10,00%	\$ 69.023
Precio Unitario Item (PUI)				\$ 1.035.348

Anexo 1.5. Presupuesto Alternativas – Presión

Tabla A.1.5-1. Resumen presupuesto presión

ALTERNATIVA	Costos Direct.	GG (40%)	U (10%)	Total
TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 34" 7.9 mm - 1200 l/s	\$ 5.095.912.546	\$ 2.038.365.018	\$ 509.591.255	\$ 7.643.868.819
TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 32" 6.4 mm - 1000 l/s	\$ 4.346.800.245	\$ 1.738.720.098	\$ 434.680.025	\$ 6.520.200.368
TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 28" 6.4 mm - 800 l/s	\$ 3.959.870.349	\$ 1.583.948.139	\$ 395.987.035	\$ 5.939.805.523
TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 26" 6.0 mm - 600 l/s	\$ 3.623.303.698	\$ 1.449.321.479	\$ 362.330.370	\$ 5.434.955.547
TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 22" 5.6 mm - 400 l/s	\$ 3.192.556.225	\$ 1.277.022.490	\$ 319.255.623	\$ 4.788.834.338
TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 800 mm - 1200 l/s	\$ 3.896.923.083	\$ 1.558.769.233	\$ 389.692.308	\$ 5.845.384.625
TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 800 mm - 1000 l/s	\$ 3.896.923.083	\$ 1.558.769.233	\$ 389.692.308	\$ 5.845.384.625
TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 710 mm - 800 l/s	\$ 3.489.848.627	\$ 1.395.939.451	\$ 348.984.863	\$ 5.234.772.941
TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 600 mm - 600 l/s	\$ 2.952.940.567	\$ 1.181.176.227	\$ 295.294.057	\$ 4.429.410.850
TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 500 mm - 400 l/s	\$ 2.265.258.165	\$ 906.103.266	\$ 226.525.817	\$ 3.397.887.248

Tabla A.1.5-2. Presupuesto tubería en presión – Acero – 1.200 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 34" 7.9 mm - 1200 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	UNIDAD	10,00	\$ 5.340.125	\$ 53.401.250
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	UNIDAD	6,00	\$ 5.976.100	\$ 35.856.600
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	UNIDAD	6,00	\$ 6.648.812	\$ 39.892.872
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	6,00	\$ 7.742.518	\$ 46.455.108
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	2,00	\$ 9.325.362	\$ 18.650.724
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	3,00	\$ 11.687.229	\$ 35.061.687
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO ACERO D=34" 7,9 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	M	10.305,21	\$ 331.809	\$ 3.419.361.425
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	124.080,82	\$ 6.014	\$ 746.222.071
RELL. SELECCIONADO	M ³	28.307,13	\$ 14.020	\$ 396.865.949
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 800 mm	UNIDAD	3,00	\$ 20.260.401	\$ 60.781.202
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 5.095.912.546
Costos Directos				\$ 5.095.912.546
Gastos Generales (40%)				\$ 2.038.365.018
Utilidades (10%)				\$ 509.591.255
				\$ 7.643.868.819

Tabla A.1.5-3. Presupuesto tubería en presión – Acero – 1.000 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 32" 6.4 mm - 1000 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	UNIDAD	10,00	\$ 5.340.125	\$ 53.401.250
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	UNIDAD	6,00	\$ 5.976.100	\$ 35.856.600
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	UNIDAD	6,00	\$ 6.648.812	\$ 39.892.872
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	6,00	\$ 7.742.518	\$ 46.455.108
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	2,00	\$ 9.325.362	\$ 18.650.724
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	3,00	\$ 11.687.229	\$ 35.061.687
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO ACERO D=32" 6,4 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	M	10.305,21	\$ 260.686	\$ 2.686.423.974
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	122.061,04	\$ 6.014	\$ 734.075.073
RELL. SELECCIONADO	M ³	28.019,84	\$ 14.020	\$ 392.838.096
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 800 mm	UNIDAD	3,00	\$ 20.260.401	\$ 60.781.202
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 4.346.800.245
Costos Directos				\$ 4.346.800.245
Gastos Generales (40%)				\$ 1.738.720.098
Utilidades (10%)				\$ 434.680.025
				\$ 6.520.200.368

Tabla A.1.5-4. Presupuesto tubería en presión – Acero – 800 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 28" 6.4 mm - 800 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	UNIDAD	10,00	\$ 5.340.125	\$ 53.401.250
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	UNIDAD	6,00	\$ 5.976.100	\$ 35.856.600
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	UNIDAD	6,00	\$ 6.648.812	\$ 39.892.872
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	6,00	\$ 7.742.518	\$ 46.455.108
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	2,00	\$ 9.325.362	\$ 18.650.724
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	3,00	\$ 11.687.229	\$ 35.061.687
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO ACERO D=28" 6,4 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	M	10.305,21	\$ 227.971	\$ 2.349.289.029
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	118.137,32	\$ 6.014	\$ 710.477.847
RELL. SELECCIONADO	M ³	27.167,33	\$ 14.020	\$ 380.885.965
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 700 mm	UNIDAD	3,00	\$ 15.511.869	\$ 46.535.607
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.959.870.349
Costos Directos				\$ 3.959.870.349
Gastos Generales (40%)				\$ 1.583.948.139
Utilidades (10%)				\$ 395.987.035
				\$ 5.939.805.523

Tabla A.1.5-5. Presupuesto tubería en presión – Acero – 600 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 26" 6.0 mm - 600 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	UNIDAD	10,00	\$ 5.340.125	\$ 53.401.250
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	UNIDAD	6,00	\$ 5.976.100	\$ 35.856.600
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	UNIDAD	6,00	\$ 6.648.812	\$ 39.892.872
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	6,00	\$ 7.742.518	\$ 46.455.108
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	2,00	\$ 9.325.362	\$ 18.650.724
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	3,00	\$ 11.687.229	\$ 35.061.687
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO ACERO D=26" 6,0 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	M	10.305,21	\$ 198.448	\$ 2.045.048.314
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	116.160,02	\$ 6.014	\$ 698.586.331
RELL. SELECCIONADO	M ³	26.590,42	\$ 14.020	\$ 372.797.727
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 600 mm	UNIDAD	3,00	\$ 11.396.475	\$ 34.189.426
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.623.303.698
Costos Directos				\$ 3.623.303.698
Gastos Generales (40%)				\$ 1.449.321.479
Utilidades (10%)				\$ 362.330.370
				\$ 5.434.955.547

Tabla A.1.5-6. Presupuesto tubería en presión – Acero – 400 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - ACERO 22" 5.6 mm - 400 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 2,8 A 3,6 M	UNIDAD	10,00	\$ 5.340.125	\$ 53.401.250
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 3,6 A 4,5 M	UNIDAD	6,00	\$ 5.976.100	\$ 35.856.600
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - ACERO DE 4,5 A 5,4 M	UNIDAD	6,00	\$ 6.648.812	\$ 39.892.872
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	6,00	\$ 7.742.518	\$ 46.455.108
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	2,00	\$ 9.325.362	\$ 18.650.724
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - ACERO	UNIDAD	3,00	\$ 11.687.229	\$ 35.061.687
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO ACERO D=22" 5,6 mm REVESTIMIENTO EXT. 12 MILS	M	10.305,21	156.649,00	\$ 1.614.300.841
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	116.160,02	\$ 6.014	\$ 698.586.331
RELL. SELECCIONADO	M ³	26.590,42	\$ 14.020	\$ 372.797.727
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 600 mm	UNIDAD	3,00	11.396.475,29	\$ 34.189.426
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.192.556.225
Costos Directos				\$ 3.192.556.225
Gastos Generales (40%)				\$ 1.277.022.490
Utilidades (10%)				\$ 319.255.623
				\$ 4.788.834.338

Tabla A.1.5-7. Presupuesto tubería en presión – HDPE – 1.200 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 800 mm - 1200 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	22,00	\$ 6.922.740	\$ 152.300.280
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	6,00	\$ 7.289.067	\$ 43.734.402
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	2,00	\$ 8.911.424	\$ 17.822.848
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	3,00	\$ 11.182.724	\$ 33.548.172
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=800 mm	M	4.682,13	\$ 160.996	\$ 753.804.201
SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=800 mm	M	2.526,80	\$ 229.188	\$ 579.112.238
SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=800 mm	M	2.679,13	\$ 278.548	\$ 746.266.303
SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=800 mm PE100	M	420,00	\$ 337.182	\$ 141.616.440
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	121.782,98	\$ 6.014	\$ 732.402.829
RELL. SELECCIONADO	M ³	27.972,22	\$ 14.020	\$ 392.170.508
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 800 mm	UNIDAD	3,00	\$ 20.260.401	\$ 60.781.202
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.896.923.083
Costos Directos				\$ 3.896.923.083
Gastos Generales (40%)				\$ 1.558.769.233
Utilidades (10%)				\$ 389.692.308
				\$ 5.845.384.625

Tabla A.1.5-8. Presupuesto tubería en presión – HDPE – 1.000 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 800 mm - 1000 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	22,00	\$ 6.922.740	\$ 152.300.280
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	6,00	\$ 7.289.067	\$ 43.734.402
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	2,00	\$ 8.911.424	\$ 17.822.848
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	3,00	\$ 11.182.724	\$ 33.548.172
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=800 mm	M	4.682,13	\$ 160.996	\$ 753.804.201
SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=800 mm	M	2.526,80	\$ 229.188	\$ 579.112.238
SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=800 mm	M	2.679,13	\$ 278.548	\$ 746.266.303
SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=800 mm PE100	M	420,00	\$ 337.182	\$ 141.616.440
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	121.782,98	\$ 6.014	\$ 732.402.829
RELL. SELECCIONADO	M ³	27.972,22	\$ 14.020	\$ 392.170.508
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 800 mm	UNIDAD	3,00	\$ 20.260.401	\$ 60.781.202
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.896.923.083
Costos Directos				\$ 3.896.923.083
Gastos Generales (40%)				\$ 1.558.769.233
Utilidades (10%)				\$ 389.692.308
				\$ 5.845.384.625

Tabla A.1.5-9. Presupuesto tubería en presión – HDPE – 800 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 710 mm - 800 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	22,00	\$ 6.922.740	\$ 152.300.280
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	6,00	\$ 7.289.067	\$ 43.734.402
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	2,00	\$ 8.911.424	\$ 17.822.848
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	3,00	\$ 11.182.724	\$ 33.548.172
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=710 mm	M	4.682,13	\$ 124.866	\$ 584.638.845
SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=710 mm	M	2.526,80	\$ 185.036	\$ 467.548.965
SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=710 mm	M	2.679,13	\$ 225.640	\$ 604.518.893
SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=710 mm PE100	M	420,00	\$ 264.897	\$ 111.256.740
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	133.773,11	\$ 6.014	\$ 804.511.495
RELL. SELECCIONADO	M ³	27.109,04	\$ 14.020	\$ 380.068.721
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 700 mm	UNIDAD	3,00	\$ 15.511.869	\$ 46.535.607
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 3.489.848.627
Costos Directos				\$ 3.489.848.627
Gastos Generales (40%)				\$ 1.395.939.451
Utilidades (10%)				\$ 348.984.863
				\$ 5.234.772.941

Tabla A.1.5-10. Presupuesto tubería en presión – HDPE – 600 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 600 mm - 600 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	22,00	\$ 6.922.740	\$ 152.300.280
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	6,00	\$ 7.289.067	\$ 43.734.402
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	2,00	\$ 8.911.424	\$ 17.822.848
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	3,00	\$ 11.182.724	\$ 33.548.172
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=600 mm	M	4.682,13	\$ 103.613	\$ 485.129.536
SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=600 mm	M	2.526,80	\$ 142.374	\$ 359.750.623
SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=600 mm	M	2.679,13	\$ 168.007	\$ 450.112.594
SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=600 mm PE100	M	420,00	\$ 200.833	\$ 84.349.860
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	114.059,13	\$ 6.014	\$ 685.951.595
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.869,30	\$ 14.020	\$ 362.687.572
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 600 mm	UNIDAD	3,00	\$ 11.396.475	\$ 34.189.426
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 2.952.940.567
Costos Directos				\$ 2.952.940.567
Gastos Generales (40%)				\$ 1.181.176.227
Utilidades (10%)				\$ 295.294.057
				\$ 4.429.410.850

Tabla A.1.5-11. Presupuesto tubería en presión – HDPE – 400 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN PRESIÓN - HDPE 500 mm - 400 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
OBRA DE CAIDA EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	22,00	\$ 6.922.740	\$ 152.300.280
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	6,00	\$ 7.289.067	\$ 43.734.402
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	2,00	\$ 8.911.424	\$ 17.822.848
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN PRESIÓN - HDPE	UNIDAD	3,00	\$ 11.182.724	\$ 33.548.172
CAMA DE APOYO	M ³	3.091,56	\$ 15.231	\$ 47.087.596
SUM. INST. TUBO HDPE PN4 D=500 mm	M	4.682,13	\$ 76.736	\$ 359.287.928
SUM. INST. TUBO HDPE PN6 D=500 mm	M	2.526,80	\$ 104.055	
SUM. INST. TUBO HDPE PN8 D=500 mm	M	2.679,13	\$ 122.528	\$ 328.268.441
SUM. INST. TUBO HDPE PN10 D=500 mm PE100	M	420,00	\$ 143.897	\$ 60.436.740
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	1.309,50	\$ 9.585	\$ 12.551.558
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	1.047,60	\$ 5.317	\$ 5.570.089
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	8.345,40	\$ 6.014	\$ 50.189.236
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	110.197,20	\$ 6.014	\$ 662.725.978
RELL. SELECCIONADO	M ³	24.253,00	\$ 14.020	\$ 340.027.061
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	6.492,31	\$ 12.803	\$ 83.120.981
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 500 mm	UNIDAD	3,00	\$ 7.914.219	\$ 23.742.657
CÁMARA DE CARGA	UNIDAD	1,00	\$ 18.056.254	\$ 18.056.254
INTERFERENCIA 1 - 2.895,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 8.126.571	\$ 8.126.571
INTERFERENCIA 2 - 3.793,2 km	UNIDAD	1,00	\$ 4.674.775	\$ 4.674.775
INTERFERENCIA 3 - 6.172,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 13.986.600	\$ 13.986.600
Subtotal				\$ 2.265.258.165
Costos Directos				\$ 2.265.258.165
Gastos Generales (40%)				\$ 906.103.266
Utilidades (10%)				\$ 226.525.817
				\$ 3.397.887.248

Anexo 1.6. Presupuesto Alternativas – Acueducto

Tabla A.1.6-1. Resumen presupuestos acueducto

ALTERNATIVA	Costos Direct.	GG (40%)	U (10%)	Total
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1204 mm - 1200 l/s	\$ 3.057.325.134	\$ 1.222.930.054	\$ 305.732.513	\$ 4.585.987.701
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1065 mm - 1000 l/s	\$ 2.829.090.995	\$ 1.131.636.398	\$ 282.909.099	\$ 4.243.636.492
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1000 mm - 800 l/s	\$ 2.770.574.624	\$ 1.108.229.850	\$ 277.057.462	\$ 4.155.861.936
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 915 mm - 600 l/s	\$ 2.667.557.505	\$ 1.067.023.002	\$ 266.755.751	\$ 4.001.336.258
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 774 mm - 400 l/s	\$ 2.536.952.540	\$ 1.014.781.016	\$ 253.695.254	\$ 3.805.428.811
TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA - VARIOS DIÁMETROS	\$ 2.793.661.082	\$ 1.117.464.433	\$ 279.366.108	\$ 4.190.491.623

Tabla A.1.6-2. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – 1.200 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1204 mm - 1200 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1204 mm	M	10.609,90	\$ 116.399	\$ 1.234.981.750
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	75.570,78	\$ 6.014	\$ 454.482.646
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.248,22	\$ 14.020	\$ 353.980.011
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 3.057.325.134
Costos Directos				\$ 3.057.325.134
Gastos Generales (40%)				\$ 1.222.930.054
Utilidades (10%)				\$ 305.732.513
				\$ 4.585.987.701

Tabla A.1.6-3. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – 1.000 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1065 mm - 1000 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1065 mm	M	10.609,90	\$ 95.749	\$ 1.015.887.315
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	72.458,98	\$ 6.014	\$ 435.768.320
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.931,14	\$ 14.020	\$ 363.554.633
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 2.829.090.995
Costos Directos				\$ 2.829.090.995
Gastos Generales (40%)				\$ 1.131.636.398
Utilidades (10%)				\$ 282.909.099
				\$ 4.243.636.492

Tabla A.1.6-4. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – 800 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 1000 mm - 800 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1000 mm	M	10.609,90	\$ 90.937	\$ 964.832.476
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	71.003,83	\$ 6.014	\$ 427.017.017
RELL. SELECCIONADO	M ³	26.023,14	\$ 14.020	\$ 364.844.404
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 2.770.574.624
Costos Directos				\$ 2.770.574.624
Gastos Generales (40%)				\$ 1.108.229.850
Utilidades (10%)				\$ 277.057.462
				\$ 4.155.861.936

Tabla A.1.6-5. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – 600 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 915 mm - 600 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=915 mm	M	10.609,90	\$ 82.436	\$ 874.637.716
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETA MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	69.100,93	\$ 6.014	\$ 415.573.004
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.924,83	\$ 14.020	\$ 363.466.058
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 2.667.557.505
Costos Directos				\$ 2.667.557.505
Gastos Generales (40%)				\$ 1.067.023.002
Utilidades (10%)				\$ 266.755.751
				\$ 4.001.336.258

Tabla A.1.6-6. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – 400 l/s

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA 774 mm - 400 l/s				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=774 mm	M	10.609,90	\$ 72.853	\$ 772.963.045
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	65.944,36	\$ 6.014	\$ 396.589.408
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.215,36	\$ 14.020	\$ 353.519.362
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 2.536.952.540
Costos Directos				\$ 2.536.952.540
Gastos Generales (40%)				\$ 1.014.781.016
Utilidades (10%)				\$ 253.695.254
				\$ 3.805.428.811

Tabla A.1.6-7. Presupuesto tubería en acueducto – HDPE corrugada – Caudal variable

PRESUPUESTO TUBERÍA EN ACUEDUCTO - CORRUGADA - VARIOS DIÁMETROS				
ITEM	UNIDAD	CANT. TOTAL	P.UNIT.\$	TOTAL\$
SUM. E INST. CÁMARA TIPO CRUCETA D=1200 mm, SALIDA 24" HDPE	UNIDAD	140,00	\$ 1.127.791	\$ 157.890.740
OBRA DE CAIDA EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	78,00	\$ 5.014.460	\$ 391.127.880
OBRA DE ENTREGA D=200 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	6,00	\$ 6.251.025	\$ 37.506.150
OBRA DE ENTREGA D=300 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 7.865.086	\$ 23.595.258
OBRA DE ENTREGA D=400 mm. EN ACUEDUCTO - CORRUGADO	UNIDAD	3,00	\$ 10.180.960	\$ 30.542.880
CAMA DE APOYO	M ³	3.182,97	\$ 15.231	\$ 48.479.816
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1204 mm	M	2.095,80	\$ 116.399	\$ 243.949.024
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1065 mm	M	1.609,00	\$ 95.749	\$ 154.060.141
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=1000 mm	M	2.642,97	\$ 90.937	\$ 240.343.763
SUM. INST. TUBO CORRUGADO Dint=915 mm	M	4.262,13	\$ 82.436	\$ 351.352.949
ROTURA Y REMOCIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	M ²	9.586,02	\$ 9.585	\$ 91.882.002
EXCAVACIÓN CUNETAS MATERIAL COMÚN	M ³	6.120,19	\$ 5.317	\$ 32.541.029
RELL. COMÚN COMPACTADO BAJO TUBERÍA	M ³	21.694,83	\$ 6.014	\$ 130.472.708
RELL. COMÚN COMPACTADO SOBRE TUBERÍA	M ³	70.854,58	\$ 6.014	\$ 426.119.447
RELL. SELECCIONADO	M ³	25.959,70	\$ 14.020	\$ 363.955.032
CONFECCIÓN TERRAPLÉN C/MATERIAL DE EMPRÉSTITO	M ³	2.247,31	\$ 12.803	\$ 28.772.246
INTERFERENCIA 1 - 0,960 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.668.951	\$ 3.668.951
INTERFERENCIA 2 - 1.013,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 11.455	\$ 11.455
INTERFERENCIA 3 - 1.988 km	UNIDAD	1,00	\$ 5.237.469	\$ 5.237.469
INTERFERENCIA 4 - 2.670,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 6.011.509	\$ 6.011.509
INTERFERENCIA 5 - 5.201,5 km	UNIDAD	1,00	\$ 22.303.098	\$ 22.303.098
INTERFERENCIA 6 - 5.942,9 km	UNIDAD	1,00	\$ 3.147.304	\$ 3.147.304
INTERFERENCIA 7 - 7.977,3 km	UNIDAD	1,00	\$ 690.232	\$ 690.232
Subtotal				\$ 2.793.661.082
Costos Directos				\$ 2.793.661.082
Gastos Generales (40%)				\$ 1.117.464.433
Utilidades (10%)				\$ 279.366.108
				\$ 4.190.491.623

ANEXO 2. CUADRO DESCRIPTIVO DEL CANAL PROYECTADO

Tabla A.2-1. Descripción del canal

Identificación	Posición eje (m)	Cota Entrada (msnm)	Cota Salida (msnm)	Ángulo	Altura Caída (m)	Altura cámara (m)	Obs	Tipo de Cámara	Largo (m)	N° Cámara	N° Codos
Inicio Tubería	49,35										
	58,94	523,789	523,789	14,40°	0		Codo 1 corte				
	71,64	523,773	523,773	12,87°	0		Codo 1 corte				
C-1	178,54	523,639	523,639	8,86°	0	2,586		Cámara Tipo 3			
	191,64	523,623	523,623	9,18°	0		Codo 1 corte				
	209,44	523,601	523,601	9,88°	0		Codo 1 corte				
Fin Tubería	274,04						Aforador JVRC2		224,69	1	4
Inicio Tubería	322,78										
C-2	327,78	523,392	522,792	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-3	367,34	522,743	522,043	8,99°	0,7	2,594		Cámara Tipo 3			
C-4	379,04	522,027	521,327	7,76°	0,7	3,307		Cámara Tipo 4			
C-5	436,74	521,255	520,555	1,88°	0,7	3,475		Cámara Tipo 4			
C-6	476,04	520,506	519,906	10,90°	0,6	3,826		Cámara Tipo 5			
	552,54	519,81	519,81	4,33°	0		Codo 1 corte				
C-7	573,84	519,783	519,183	6,76°	0,6	4,181		Cámara Tipo 6			
	648,84	519,089	519,089	0,27°	0		Eliminada				
C-8	678,04	519,052	518,452	2,40°	0,6	3,97		Cámara Tipo 5			
	688,84	518,438	518,438	6,53°	0		Codo 1 corte				
	700,24	518,424	518,424	8,08°	0		Codo 1 corte				
	714,24	518,407	518,407	10,33°	0		Codo 1 corte				
C-9	735,04	518,381	517,781	5,24°	0,6	3,855		Cámara Tipo 5			
C-10	818,34	517,676	517,076	0,65°	0,6	3,847		Cámara Tipo 5			
	900,34	516,974	516,974	6,88°	0		Codo 1 corte				
C-11	916,34	516,954	516,954	5,10°	0	3,228		Cámara Tipo 4			
C-12	1034,44	516,806	516,806	0,37°	0	2,443		Cámara Tipo 2			
C-13	1122,94	516,695	516,695	4,71°	0	2,05		Cámara Tipo 2			
	1143,44	516,67	516,67	3,92°	0		Codo 1 corte				
	1175,44	516,63	516,63	1,91°	0		Eliminada				
Fin Tubería	1182,49						Toma 2 - San Ramón		859,71	12	6
Inicio Tubería	1197,99										
C-14	1207,99	516,547	515,947	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-15	1252,44	515,891	515,291	0,50°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-16	1301,44	515,23	514,63	0,00°	0,6	2,775		Cámara Tipo 3			
C-17	1372,44	514,541	513,941	0,64°	0,6	2,555		Cámara Tipo 3			
C-18	1432,44	513,866	513,866	0,59°	0	2,473		Cámara Tipo 2			
C-19	1492,44	513,791	513,191	0,14°	0,6	3,04		Cámara Tipo 4			
C-20	1592,44	513,066	512,466	0,00°	0,6	3,163		Cámara Tipo 4			
C-21	1692,44	512,341	511,741	0,00°	0,6	3,247		Cámara Tipo 4			
C-22	1784,54	511,626	511,026	1,49°	0,6	3,191		Cámara Tipo 4			
C-23	1844,54	510,951	510,501	0,00°	0,45	3,91		Cámara Tipo 5			
C-24	1904,54	510,426	510,059	0,12°	0,367	3,849		Cámara Tipo 5			
C-25	1997,14	509,943	509,943	1,80°	0	3,217		Cámara Tipo 4			
C-25A	2080,00	509,839	509,839	0,00°	0	2,174		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	2158,91						Toma 3 - Palermo		960,92	13	0
Inicio Tubería	2174,41										
C-26	2187,14	509,663	509,063	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-27	2212,14	509,032	508,432	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-28	2237,14	508,401	507,801	0,00°	0,6	2,526		Cámara Tipo 3			
C-29	2282,14	507,744	507,144	0,00°	0,6	2,512		Cámara Tipo 3			
C-30	2356,14	507,052	506,452	1,81°	0,6	2,784		Cámara Tipo 3			
	2410,54	506,384	506,384	3,70°	0		Codo 1 corte				
C-31	2453,44	506,33	506,33	3,01°	0	2,725		Cámara Tipo 3			
C-32	2548,44	506,211	505,611	0,00°	0,6	2,765		Cámara Tipo 3			
C-33	2573,44	505,58	504,98	0,31°	0,6	2,907		Cámara Tipo 3			
C-34	2607,44	504,938	504,338	0,00°	0,6	2,969		Cámara Tipo 3			
C-35	2642,44	504,294	503,694	0,00°	0,6	3,459		Cámara Tipo 4			
C-36	2677,44	503,65	503,279	0,09°	0,371	3,511		Cámara Tipo 5			
C-37	2727,44	503,217	503,217	0,00°	0	3,138		Cámara Tipo 4			
C-38	2797,44	503,129	503,129	0,15°	0	2,614		Cámara Tipo 3			
C-39	2873,44	503,034	503,034	0,11°	0	2,214		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	2916,13				0		Toma 4 - Pedregal		741,72	14	1

Tramo 1

Tramo 2

Tramo 3

Tramo 4

Identificación	Posición eje (m)	Cota Entrada (msnm)	Cota Salida (msnm)	Ángulo	Altura Caída (m)	Altura cámara (m)	Obs	Tipo de Cámara	Largo [m]	N° Cámara	N° Codos
Inicio Tubería	2931,63					0					
C-40	2950,78	502,895	502,295	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-41	2999,44	502,234	501,634	2,36°	0,6	3,361		Cámara Tipo 4			
C-42	3039,44	501,584	500,984	6,54°	0,6	3,866		Cámara Tipo 5			
C-43	3126,44	500,875	500,275	0,00°	0,6	2,992		Cámara Tipo 3			
C-44	3214,44	500,165	499,758	1,06°	0,407	2,771		Cámara Tipo 3			
C-45	3259,44	499,701	499,701	2,05°	0	2,602		Cámara Tipo 3			
Fin Tubería	3331,86						Tomas 5, 6 y 7		400,23	6	0
Inicio Tubería	3347,36										
C-46	3379,44	499,509	499,073	0,13°	0,436	2,175		Cámara Tipo 2			
C-47	3439,44	498,998	498,398	0,00°	0,6	2,565		Cámara Tipo 3			
C-48	3507,44	498,313	497,713	3,21°	0,6	2,574		Cámara Tipo 3			
	3525,04	497,691	497,691	10,50°	0		Codo 1 corte				
	3533,64	497,68	497,68	8,84°	0		Codo 1 corte				
C-49	3542,94	497,668	497,218	10,60°	0,45	2,671		Cámara Tipo 3			
C-50	3629,34	497,11	497,11	6,29°	0	2,21		Cámara Tipo 2			
C-51	3655,34	497,078	496,67	5,02°	0,408	2,504		Cámara Tipo 3			
Fin Tubería	3735,11						Toma 8 - Bellavista		387,75	6	2
Inicio Tubería	3758,33										
C-52	3775,34	496,478	496,102	0,11°	0,376	2,523		Cámara Tipo 3			
C-53	3800,34	496,071	495,471	0,00°	0,6	3,114		Cámara Tipo 4			
C-54	3830,34	495,433	494,833	0,00°	0,6	3,271		Cámara Tipo 4			
C-55	3860,34	494,796	494,196	0,00°	0,6	3,48		Cámara Tipo 4			
C-56	3895,34	494,152	493,552	0,25°	0,6	3,739		Cámara Tipo 5			
C-57	3934,44	493,503	492,903	16,52°	0,6	3,947		Cámara Tipo 5			
	3967,74	492,862	492,862	18,22°	0		Codo 2 cortes				
	3991,34	492,832	492,832	6,10°	0		Codo 1 corte				
C-58	4051,34	492,757	492,757	0,00°	0	2,74		Cámara Tipo 3			
C-59	4111,34	492,682	492,232	0,84°	0,45	3,091		Cámara Tipo 4			
C-60	4186,14	492,139	491,689	10,58°	0,45	3,188		Cámara Tipo 4			
C-61	4224,14	491,641	491,191	0,00°	0,45	3,347		Cámara Tipo 4			
C-62	4324,14	491,066	490,616	0,00°	0,45	2,952		Cámara Tipo 3			
C-63	4424,14	490,491	490,041	5,89°	0,45	3,045		Cámara Tipo 4			
C-64	4456,74	490	489,593	3,83°	0,407	3,497		Cámara Tipo 4			
C-65	4556,74	489,468	489,468	0,00°	0	2,251		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	4642,31						Toma 9 - Terawaki		883,98	14	2
Inicio Tubería	4657,81										
C-66	4667,81	489,287	488,687	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-67	4690,78	488,658	488,058	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-68	4720,78	488,021	487,421	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-69	4745,78	487,389	486,789	0,00°	0,6	2,973		Cámara Tipo 3			
C-70	4816,91	486,7	486,7	0,00°	0	3,42		Cámara Tipo 4			
	4869,91	486,634	486,634	5,06°	0		Codo 1 corte				
C-71	4899,41	486,597	486,597	10,80°	0	2,747		Cámara Tipo 3			
C-72	4931,81	486,557	486,119	4,49°	0,438	2,776		Cámara Tipo 3			
Fin Tubería	5002,54						Toma 10 - Zabala		344,73	7	1
Inicio Tubería	5018,04										
C-73	5028,04	485,957	485,357	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-74	5065,78	485,309	484,709	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-75	5110,78	484,653	484,053	0,00°	0,6	2,378		Cámara Tipo 2			
C-76	5155,78	483,997	483,397	0,00°	0,6	3,164		Cámara Tipo 4			
C-77	5195,78	483,347	482,837	0,00°	0,51	3,588		Cámara Tipo 5			
	5221,81	482,805	482,805	9,04°	0		Codo 1 corte				
	5239,81	482,782	482,782	6,23°	0		Codo 1 corte				
C-78	5299,81	482,707	482,707	0,76°	0	3,374		Cámara Tipo 4			
	5343,31	482,653	482,653	4,56°	0		Codo 1 corte				
C-79	5371,31	482,618	482,618	6,81°	0	2,894		Cámara Tipo 3			
C-80	5459,01	482,508	482,508	7,28°	0	2,118		Cámara Tipo 2			
C-81	5483,51	482,477	482,477	7,04°	0	2,492		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	5504,71						Toma 11 - Alcaparrosa		486,67	9	3

Tramo 5

Tramo 6

Tramo 7

Tramo 8

Tramo 9

Identificación	Posición eje (m)	Cota Entrada (msnm)	Cota Salida (msnm)	Ángulo	Altura Caída (m)	Altura cámara (m)	Obs	Tipo de Cámara	Largo [m]	N° Cámara	N° Codos
Inicio Tubería	5520,21										
C-82	5525,78	482,382	481,782	0,00°	0,6	2,815		Cámara Tipo 3			
C-83	5575,78	481,719	481,119	0,00°	0,6	3,04		Cámara Tipo 4			
C-84	5625,78	481,057	480,457	0,00°	0,6	3,23		Cámara Tipo 4			
C-85	5675,78	480,394	479,794	0,00°	0,6	2,433		Cámara Tipo 2			
C-86	5725,78	479,732	479,267	0,00°	0,465	2,204		Cámara Tipo 2			
	5761,31	479,222	479,222	26,56°	0		Codo 2 cortes				
	5779,51	479,2	479,2	26,96°	0		Codo 2 cortes				
Fin Tubería	5830,01						Alcantarilla		309,8	5	2
Inicio Alcantarilla	5837,71										
Fin Alcantarilla	5927,31										
Fin Ext. Alcant.	5934,81										
Fin Cajón Hgón	5939,81										
Inicio Tubería	5942,31										
C-87	5962,11	477,884	477,284	4,34°	0,6	3,046		Cámara Tipo 4			
C-88	6067,16	477,153	476,553	0,00°	0,6	3,256		Cámara Tipo 4			
C-89	6172,21	476,422	475,865	11,83°	0,557	2,521		Cámara Tipo 3			
	6190,91	475,841	475,841	29,50°	0		Codo 2 cortes				
C-90	6290,91	475,716	475,716	0,00°	0	1,739		Cámara Tipo 1			
Fin Tubería	6366,93						Toma 12 - Buitrón		424,62	4	1
Inicio Tubería	6382,43										
C-91	6392,43	475,547	474,93	0,00°	0,617	2,356		Cámara Tipo 2			
C-92	6435,26	474,876	474,176	0,00°	0,7	2,439		Cámara Tipo 2			
C-93	6498,81	474,096	473,496	0,95°	0,6	2,827		Cámara Tipo 3			
C-94	6565,21	473,413	472,813	3,82°	0,6	2,868		Cámara Tipo 3			
C-95	6645,21	472,713	472,113	0,00°	0,6	3,297		Cámara Tipo 4			
C-96	6695,21	472,051	471,451	2,91°	0,6	2,711		Cámara Tipo 3			
C-97	6719,51	471,42	470,82	4,64°	0,6	3,682		Cámara Tipo 5			
C-98	6753,01	470,779	470,179	0,00°	0,6	4,976		Cámara Tipo 7			
C-99	6820	470,095	469,495	0,00°	0,6	3,771		Cámara Tipo 5			
C-100	6858,01	469,447	468,847	0,00°	0,6	3,561		Cámara Tipo 5			
C-101	6893,01	468,804	468,204	0,00°	0,6	4,156		Cámara Tipo 6			
	6973,01	468,104	468,104	5,98°	0		Codo 1 corte				
C-102	6996,52	468,074	468,074	7,56°	0	3,395		Cámara Tipo 4			
C-103	7069,02	467,984	467,384	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-104	7141,02	467,294	466,694	0,00°	0,6	3,344		Cámara Tipo 4			
C-105	7213,02	466,604	466,004	0,00°	0,6	2,873		Cámara Tipo 3			
C-106	7313,02	465,879	465,879	0,00°	0	3,391		Cámara Tipo 4			
C-107	7413,02	465,754	465,154	0,36°	0,6	3,154		Cámara Tipo 4			
C-108	7463,01	465,091	464,491	0,00°	0,6	3,511		Cámara Tipo 5			
C-109	7513,01	464,429	463,829	0,00°	0,6	3,712		Cámara Tipo 5			
C-110	7563,01	463,766	463,166	0,00°	0,6	3,696		Cámara Tipo 5			
C-111	7613,01	463,104	462,547	0,00°	0,557	3,139		Cámara Tipo 4			
C-112	7713,01	462,421	462,421	0,00°	0	3,044		Cámara Tipo 4			
C-113	7813,01	462,296	462,296	0,00°	0	3,25		Cámara Tipo 4			
C-114	7913,01	462,171	462,171	0,00°	0	2,502		Cámara Tipo 3			
C-115	8008,01	462,053	462,053	0,00°	0	1,953		Cámara Tipo 1			
Fin Tubería	8084,68						Toma 13 - La Florida		1702,25	25	1

Tramo 10

Tramo 11

Tramo 12

Identificación	Posición eje (m)	Cota Entrada (msnm)	Cota Salida (msnm)	Ángulo	Altura Caída (m)	Altura cámara (m)	Obs	Tipo de Cámara	Largo [m]	N° Cámara	N° Codos
Inicio Tubería	8100,18										
C-116	8112,42	461,879	461,242	0,00°	0,637	2,376		Cámara Tipo 2			
C-117	8162,42	461,18	460,58	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-118	8212,42	460,517	459,917	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-119	8262,42	459,855	459,255	0,00°	0,6	2,686		Cámara Tipo 3			
C-120	8312,42	459,192	458,592	4,34°	0,6	3,01		Cámara Tipo 4			
C-121	8347,02	458,549	457,949	2,81°	0,6	3,467		Cámara Tipo 4			
C-122	8423,72	457,853	457,253	0,25°	0,6	3,186		Cámara Tipo 4			
C-123	8486,72	457,175	456,575	0,00°	0,6	2,395		Cámara Tipo 2			
	8523,72	456,528	456,528	0,49°	0		Eliminada				
C-124	8580,72	456,457	455,857	0,00°	0,6	3,003		Cámara Tipo 4			
C-125	8636,72	455,787	455,187	0,00°	0,6	3,345		Cámara Tipo 4			
C-126	8736,72	455,062	455,062	0,00°	0	2,903		Cámara Tipo 3			
C-127	8836,72	454,937	454,337	0,00°	0,6	3,014		Cámara Tipo 4			
C-128	8936,72	454,212	453,612	0,00°	0,6	2,987		Cámara Tipo 3			
C-129	9036,72	453,487	452,887	0,00°	0,6	2,756		Cámara Tipo 3			
C-130	9136,72	452,762	452,162	0,00°	0,6	2,534		Cámara Tipo 3			
C-131	9236,72	452,037	451,437	0,00°	0,6	2,825		Cámara Tipo 3			
C-132	9336,72	451,312	450,712	0,75°	0,6	2,53		Cámara Tipo 3			
C-133	9424,52	450,602	450,002	0,00°	0,6	2,567		Cámara Tipo 3			
C-134	9524,52	449,877	449,277	0,00°	0,6	3,14		Cámara Tipo 4			
C-135	9624,52	449,152	448,552	0,00°	0,6	2,344		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	9724,52			0,00°			Aforador JVRC1		1624,34	20	0
Inicio Tubería	9741,41			0,00°							
C-136	9788,02	448,206	447,832	0,00°	0,374	2,113		Cámara Tipo 2			
C-137	9833,02	447,776	447,176	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-138	9878,02	447,119	446,519	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-139	9938,02	446,444	445,844	0,00°	0,6	2,846		Cámara Tipo 3			
C-140	10038,02	445,719	445,119	3,75°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
Fin Tubería	10072,18			0,00°			Toma 14 - La Viñita		330,77	5	0
Inicio Tubería	10087,68			0,00°							
C-141	10138,02	444,952	444,352	0,00°	0,6	2,339		Cámara Tipo 2			
C-142	10238,02	444,227	443,627	0,00°	0,6	3,523		Cámara Tipo 5			
C-143	10338,02	443,502	443,102	0,00°	0,4	2,769		Cámara Tipo 3			
C-144	10403,02	443,021	443,021	0,00°	0	2,589		Cámara Tipo 3			
	10473,22	442,933	442,933	3,75°	0		Codo 1 corte				
Fin Tubería	10512,96			0,00°			Aforador Unificado		425,28	4	1
Inicio Tubería	10568,51			0,00°							
C-145	10654,71	442,756	442,756	11,85°	0	1,739		Cámara Tipo 1			
	10664,01	442,745	442,745		0		Codo 1 corte				
Fin Tubería	10675,68			0,00°	0		Final		107,17	1	1

Tramo 13

Tramo 14

Tramo 15

Tramo 16

ANEXO 3. RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA

Anexo 3.1. Resultados HEC RAS tramo 1

Tabla A.3.1-1. Resultados hidráulicos Tr=5 años – Tramo 1

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-50	523,52	524,2174	523,99	524,25	0,002164	0,79	8,90	19,40	0,37
-100	523,30	523,9585	523,86	524,05	0,008193	1,33	5,27	14,28	0,70
-150	522,89	523,5762	523,44	523,66	0,005681	1,25	5,59	12,46	0,60
-200	522,51	523,3171	523,06	523,39	0,003419	1,17	5,98	9,94	0,48
-250	522,30	523,1404	522,86	523,20	0,002997	1,07	6,57	11,44	0,45
-300	521,99	522,8149	522,74	522,96	0,010277	1,68	4,17	9,28	0,80
-350	521,61	522,2626	522,21	522,41	0,011184	1,68	4,16	9,88	0,83
-400	521,23	521,8494	521,68	521,92	0,004704	1,14	6,15	13,77	0,54
-450	520,95	521,4492	521,41	521,57	0,013192	1,55	4,52	13,88	0,87
-500	520,69	520,9885	520,92	521,04	0,007645	1,04	6,71	24,79	0,64
-550	520,28	520,5834	520,52	520,64	0,008215	1,06	6,63	25,47	0,66
-600	519,78	520,2618	520,08	520,29	0,002833	0,78	8,99	24,51	0,41
-650	519,32	519,8351	519,80	519,97	0,012637	1,64	4,27	11,55	0,86
-700	518,93	519,2986	519,25	519,39	0,011024	1,34	5,22	17,38	0,78
-750	518,39	518,7455	518,65	518,80	0,006431	1,07	6,56	20,60	0,60
-800	517,89	518,4026	518,34	518,50	0,010485	1,41	4,96	14,75	0,78
-850	517,26	517,8516	517,72	517,93	0,006060	1,25	5,60	13,15	0,61
-900	516,95	517,5304	517,41	517,63	0,006850	1,36	5,14	11,59	0,65
-950	516,62	517,2028	517,00	517,26	0,003566	1,04	6,70	13,82	0,48
-1000	516,29	517,0742	516,73	517,12	0,001959	0,94	7,48	11,33	0,37
-1050	515,83	517,0023	516,62	517,03	0,001592	0,76	9,24	16,85	0,33
-1100	515,50	516,7012	516,51	516,83	0,006436	1,57	4,46	7,42	0,65

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.1-2. Resultados hidráulicos Tr= 10 años – Tramo 1

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-50	523,52	524,4842	524,15	524,54	0,002248	1,06	14,20	20,30	0,40
-100	523,30	524,2029	524,09	524,34	0,007659	1,63	9,23	17,48	0,71
-150	522,89	523,8875	523,66	524,01	0,004822	1,56	9,64	13,54	0,59
-200	522,51	523,6542	523,33	523,78	0,003950	1,57	9,56	11,27	0,54
-250	522,30	523,4684	523,13	523,57	0,003356	1,43	10,48	12,41	0,50
-300	521,99	523,0902	523,03	523,32	0,011091	2,12	7,08	11,74	0,87
-350	521,61	522,5157	522,48	522,75	0,012380	2,15	6,98	12,36	0,91

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-400	521,23	522,0984	521,90	522,22	0,005394	1,53	9,79	15,50	0,62
-450	520,95	521,6505	521,63	521,85	0,013489	1,97	7,62	16,61	0,93
-500	520,69	521,1578	521,06	521,25	0,007446	1,35	11,13	27,39	0,67
-550	520,28	520,7474	520,65	520,84	0,007544	1,38	10,89	26,10	0,68
-600	519,78	520,5215	520,23	520,57	0,002346	0,95	15,73	27,40	0,40
-650	519,32	520,0530	520,03	520,29	0,013933	2,14	7,02	13,68	0,95
-700	518,93	519,4788	519,42	519,64	0,011109	1,77	8,45	18,56	0,84
-750	518,39	518,9709	518,81	519,06	0,005119	1,32	11,35	21,58	0,58
-800	517,89	518,6189	518,54	518,78	0,009982	1,80	8,33	16,50	0,81
-850	517,26	518,1312	517,94	518,26	0,005740	1,56	9,59	15,43	0,63
-900	516,95	517,8051	517,65	517,96	0,006871	1,76	8,52	13,04	0,70
-950	516,62	517,5950	517,21	517,67	0,002426	1,21	12,39	15,05	0,43
-1000	516,29	517,4816	516,98	517,56	0,001981	1,23	12,22	11,96	0,39
-1050	515,83	517,4280	516,86	517,47	0,001206	0,86	17,52	21,55	0,30
-1100	515,50	517,0991	516,87	517,28	0,006425	1,90	7,90	9,88	0,68

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.1-3. Resultados hidráulicos Tr= 25 años – Tramo 1

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-50	523,52	524,9250	524,44	525,03	0,002406	1,45	23,48	21,79	0,45
-100	523,30	524,6656	524,41	524,85	0,005239	1,89	17,99	20,32	0,64
-150	522,89	524,4285	524,04	524,62	0,004131	1,95	17,46	15,28	0,58
-200	522,51	524,1560	523,79	524,40	0,004876	2,17	15,69	13,18	0,63
-250	522,30	523,9401	523,55	524,15	0,004422	2,04	16,67	13,81	0,59
-300	521,99	523,5016	523,47	523,87	0,011753	2,69	12,62	15,16	0,94
-350	521,61	522,9065	522,90	523,28	0,012882	2,71	12,55	16,19	0,98
-400	521,23	522,4779	522,27	522,70	0,006456	2,10	16,18	18,14	0,71
-450	520,95	521,9600	521,96	522,29	0,013945	2,56	13,28	19,93	1,00
-500	520,69	521,4330	521,30	521,59	0,007103	1,78	19,13	29,81	0,71
-550	520,28	521,0857	520,89	521,24	0,005529	1,72	19,80	26,58	0,64
-600	519,78	520,9671	520,49	521,04	0,001954	1,17	29,05	32,37	0,39
-650	519,32	520,4211	520,42	520,79	0,013552	2,67	12,71	17,26	0,99
-700	518,93	519,6784	519,73	520,07	0,018039	2,77	12,29	19,88	1,12
-750	518,39	519,3612	519,08	519,51	0,004358	1,70	19,95	22,50	0,58
-800	517,89	518,9678	518,89	519,24	0,009941	2,32	14,64	19,69	0,86
-850	517,26	518,6204	518,31	518,80	0,004837	1,88	18,12	19,43	0,62
-900	516,95	518,3271	518,05	518,56	0,005536	2,12	16,04	15,60	0,67
-950	516,62	518,1910	517,58	518,31	0,002235	1,56	21,85	16,71	0,43
-1000	516,29	518,0364	517,39	518,19	0,002954	1,76	19,34	14,46	0,49

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-1050	515,83	518,0070	517,22	518,07	0,001119	1,11	30,75	24,14	0,31
-1100	515,50	517,7043	517,43	517,92	0,006427	2,06	16,52	18,70	0,70

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.1-4. Resultados hidráulicos Tr= 50 años – Tramo 1

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-50	523,52	525,4864	524,80	525,65	0,002273	1,77	36,19	23,56	0,46
-100	523,30	525,2878	524,79	525,50	0,003422	2,03	31,58	22,87	0,55
-150	522,89	525,0292	524,50	525,31	0,003997	2,37	27,04	16,57	0,59
-200	522,51	524,6954	524,32	525,08	0,005548	2,75	23,31	14,78	0,70
-250	522,30	524,4413	524,04	524,80	0,005967	2,65	24,15	16,63	0,70
-300	521,99	523,9136	523,90	524,47	0,011921	3,30	19,40	17,09	0,99
-350	521,61	523,3047	523,30	523,87	0,012258	3,33	19,20	17,00	1,00
-400	521,23	522,8561	522,69	523,24	0,007574	2,73	23,41	19,64	0,80
-450	520,95	522,3267	522,33	522,79	0,012419	3,02	21,20	22,57	0,99
-500	520,69	521,7879	521,57	522,02	0,006005	2,15	29,81	30,43	0,69
-550	520,28	521,5259	521,18	521,73	0,004351	2,02	31,63	27,20	0,60
-600	519,78	521,4631	520,78	521,56	0,001716	1,38	46,23	36,01	0,39
-650	519,32	520,8341	520,83	521,32	0,012610	3,10	20,67	21,28	1,00
-700	518,93	520,0673	520,10	520,56	0,013704	3,12	20,52	22,43	1,04
-750	518,39	519,7983	519,41	520,03	0,004317	2,13	30,02	23,53	0,60
-800	517,89	519,4076	519,27	519,77	0,008342	2,66	24,03	22,96	0,83
-850	517,26	519,2012	518,73	519,43	0,003796	2,13	30,05	21,62	0,58
-900	516,95	518,9326	518,52	519,23	0,004682	2,41	26,53	18,12	0,64
-950	516,62	518,8190	518,01	519,00	0,002938	1,89	33,83	23,37	0,50
-1000	516,29	518,5110	517,92	518,81	0,004337	2,42	26,43	15,93	0,60
-1050	515,83	518,5139	517,58	518,62	0,001412	1,47	43,56	26,42	0,37
-1100	515,50	518,1938	517,92	518,47	0,006426	2,33	27,44	25,89	0,72

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.1-5. Resultados hidráulicos Tr= 100 años – Tramo 1

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-50	523,52	526,3002	525,29	526,51	0,002079	2,03	57,26	28,18	0,45
-100	523,30	526,1658	525,29	526,39	0,002663	2,11	54,92	29,93	0,50
-150	522,89	525,8522	525,11	526,23	0,003951	2,71	42,82	20,26	0,59
-200	522,51	525,3467	524,98	525,97	0,006459	3,49	33,27	15,82	0,77
-250	522,30	525,1319	524,73	525,64	0,006123	3,15	36,78	19,44	0,73

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-300	521,99	524,4741	524,47	525,27	0,011264	3,96	29,27	18,15	1,00
-350	521,61	523,8725	523,87	524,68	0,011307	3,99	29,10	17,88	1,00
-400	521,23	523,3254	523,21	523,96	0,008855	3,53	32,84	20,56	0,89
-450	520,95	522,7966	522,80	523,46	0,011368	3,61	32,13	23,96	1,00
-500	520,69	522,3123	521,96	522,64	0,004960	2,52	46,02	31,36	0,66
-550	520,28	522,0879	521,59	522,40	0,004055	2,46	47,14	27,99	0,61
-600	519,78	522,0680	521,18	522,21	0,001667	1,69	68,72	38,26	0,40
-650	519,32	521,3566	521,36	521,98	0,011497	3,50	33,12	26,38	1,00
-700	518,93	520,5361	520,57	521,22	0,012387	3,65	31,75	25,18	1,04
-750	518,39	520,4039	519,88	520,74	0,004674	2,57	45,15	27,87	0,64
-800	517,89	520,0817	519,77	520,49	0,005832	2,82	41,10	27,22	0,73
-850	517,26	519,9243	519,25	520,24	0,003509	2,48	46,74	24,56	0,57
-900	516,95	519,5443	519,09	520,02	0,005264	3,06	37,93	19,16	0,69
-950	516,62	519,4685	518,70	519,75	0,003002	2,37	49,01	23,37	0,52
-1000	516,29	519,0078	518,72	519,53	0,006975	3,19	36,39	20,55	0,76
-1050	515,83	519,0571	518,07	519,26	0,001902	1,99	58,35	27,43	0,44
-1100	515,50	518,7090	518,45	519,09	0,006427	2,72	42,62	31,86	0,75

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Anexo 3.2. Resultados HEC RAS tramo 2

Tabla A.3.2-1. Resultados hidráulicos Tr=5 años – Tramo 2

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-4000	493,33	493,8601	493,71	493,91	0,004351	1,03	6,77	16,47	0,52
-4050	493,13	493,6344	493,47	493,68	0,003957	0,97	7,24	18,27	0,49
-4100	492,87	493,3310	493,21	493,39	0,005474	1,08	6,46	17,45	0,57
-4150	492,51	493,0597	492,89	493,10	0,003375	0,87	8,06	21,22	0,45
-4200	492,28	492,7385	492,62	492,79	0,005351	1,02	6,83	19,70	0,56
-4250	491,97	492,4150	492,26	492,45	0,003650	0,88	8,00	22,03	0,46
-4300	491,57	492,0499	491,95	492,11	0,006461	1,12	6,25	18,18	0,61
-4350	491,22	491,7574	491,60	491,81	0,004231	0,98	7,12	18,36	0,50
-4400	490,91	491,4053	491,28	491,46	0,005397	1,08	6,48	17,44	0,57
-4450	490,55	491,0620	490,92	491,12	0,004782	1,06	6,58	16,49	0,54
-4500	490,25	490,7310	490,57	490,79	0,004323	1,04	6,76	16,39	0,52
-4550	489,97	490,4305	490,28	490,48	0,004386	1,02	6,87	17,27	0,52
-4600	489,64	490,0063	489,89	490,06	0,005577	1,05	6,69	19,37	0,57
-4650	489,16	489,6509	489,57	489,73	0,008737	1,27	5,51	16,69	0,71
-4700	488,74	489,2455	489,11	489,31	0,005165	1,10	6,37	16,08	0,56
-4750	488,40	488,8941	488,83	489,00	0,010162	1,47	4,75	12,70	0,77
-4800	487,98	488,4906	488,29	488,54	0,003417	1,01	6,93	14,46	0,47
-4850	487,81	488,3362	488,11	488,37	0,002445	0,83	8,39	18,26	0,39
-4900	487,64	488,0489	487,92	488,11	0,005200	1,07	6,56	17,45	0,56
-4950	487,20	487,7183	487,58	487,78	0,004765	1,06	6,61	16,67	0,54
-5000	486,85	487,4214	487,28	487,50	0,005320	1,20	5,82	13,06	0,58
-5050	486,54	487,1506	487,00	487,23	0,005247	1,24	5,67	12,09	0,58
-5100	486,12	486,8211	486,65	486,92	0,005600	1,40	4,99	9,13	0,61
-5150	485,88	486,4989	486,33	486,56	0,004716	1,10	6,37	14,64	0,53
-5200	485,67	486,0868	486,01	486,17	0,008193	1,25	5,60	16,55	0,69
-5250	485,12	485,4784	485,41	485,55	0,008551	1,20	5,85	19,07	0,69
-5300	484,47	485,0392	484,95	485,14	0,008791	1,43	4,89	12,39	0,73
-5350	483,83	484,4021	484,35	484,55	0,011397	1,68	4,16	10,01	0,83
-5400	483,22	483,6784	483,53	483,74	0,004887	1,14	6,15	13,94	0,55
-5450	482,95	483,4562	483,27	483,51	0,003966	1,07	6,53	13,96	0,50
-5500	482,47	483,0161	482,98	483,13	0,012025	1,48	4,73	14,46	0,83
-5550	481,95	482,4318	482,34	482,50	0,007428	1,14	6,13	19,34	0,65
-5600	481,43	482,0847	481,92	482,13	0,004073	0,90	7,78	22,42	0,49
-5650	481,13	481,7569	481,70	481,85	0,010716	1,36	5,14	16,39	0,78
-5700	480,84	481,2615	481,09	481,28	0,002428	0,67	10,40	31,38	0,37
-5750	480,46	481,0313	480,94	481,09	0,007608	1,09	6,43	22,19	0,65

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.2-2. Resultados hidráulicos Tr=10 años – Tramo 2

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-4000	493,33	494,0945	493,89	494,19	0,004683	1,39	10,76	17,63	0,57
-4050	493,13	493,8626	493,65	493,95	0,004228	1,30	11,58	19,70	0,54
-4100	492,87	493,5576	493,38	493,66	0,005417	1,42	10,58	18,91	0,61
-4150	492,51	493,2944	493,05	493,36	0,003270	1,14	13,20	22,60	0,47
-4200	492,28	492,9355	492,78	493,03	0,005674	1,39	10,79	20,32	0,61
-4250	491,97	492,6311	492,41	492,70	0,003674	1,16	12,88	23,14	0,50
-4300	491,57	492,2576	492,12	492,37	0,006400	1,48	10,13	19,19	0,65
-4350	491,22	491,9827	491,78	492,07	0,004430	1,32	11,39	19,56	0,55
-4400	490,91	491,6229	491,46	491,73	0,005695	1,44	10,45	19,10	0,62
-4450	490,55	491,2871	491,11	491,39	0,005273	1,43	10,46	17,98	0,60
-4500	490,25	490,9632	490,76	491,06	0,004818	1,39	10,76	18,09	0,58
-4550	489,97	490,6481	490,46	490,75	0,005036	1,39	10,81	18,91	0,59
-4600	489,64	490,2365	490,06	490,33	0,004896	1,33	11,31	20,73	0,57
-4650	489,16	489,8645	489,77	489,99	0,008708	1,57	9,56	21,05	0,74
-4700	488,74	489,5024	489,30	489,60	0,004697	1,41	10,62	17,06	0,57
-4750	488,40	489,1149	489,05	489,31	0,010463	1,96	7,64	13,46	0,83
-4800	487,98	488,7460	488,49	488,85	0,003980	1,40	10,73	15,27	0,53
-4850	487,81	488,5757	488,29	488,64	0,002909	1,16	12,88	19,29	0,45
-4900	487,64	488,2895	488,10	488,39	0,004889	1,37	10,96	19,12	0,58
-4950	487,20	487,9860	487,76	488,08	0,004187	1,33	11,29	18,33	0,54
-5000	486,85	487,7112	487,49	487,83	0,004902	1,54	9,76	14,14	0,59
-5050	486,54	487,4668	487,23	487,59	0,004692	1,54	9,72	13,54	0,58
-5100	486,12	487,0789	486,93	487,28	0,007827	2,00	7,49	10,22	0,75
-5150	485,88	486,7328	486,54	486,85	0,005726	1,50	10,02	16,59	0,61
-5200	485,67	486,2804	486,19	486,43	0,008695	1,69	8,89	17,42	0,75
-5250	485,12	485,6986	485,57	485,81	0,006742	1,47	10,18	20,28	0,66
-5300	484,47	485,2809	485,18	485,45	0,009237	1,84	8,14	14,57	0,79
-5350	483,83	484,6603	484,61	484,90	0,011577	2,16	6,94	11,55	0,89
-5400	483,22	483,9536	483,73	484,07	0,004675	1,49	10,07	14,59	0,57
-5450	482,95	483,7440	483,48	483,84	0,003932	1,40	10,72	15,16	0,53
-5500	482,47	483,1964	483,17	483,40	0,013443	2,02	7,42	15,38	0,93
-5550	481,95	482,6203	482,51	482,74	0,007716	1,50	9,97	21,38	0,70
-5600	481,43	482,3018	482,09	482,37	0,003968	1,16	12,91	24,82	0,51
-5650	481,13	481,9432	481,90	482,10	0,012288	1,73	8,65	21,26	0,87
-5700	480,84	481,4749	481,21	481,51	0,002174	0,87	17,22	32,34	0,38
-5750	480,46	481,2072	481,11	481,31	0,007611	1,42	10,54	24,34	0,69

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.2-3. Resultados hidráulicos Tr=25 años – Tramo 2

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-4000	493,33	494,4741	494,21	494,66	0,005175	1,91	17,81	19,51	0,64
-4050	493,13	494,2344	493,95	494,39	0,004549	1,76	19,33	21,83	0,60
-4100	492,87	493,9159	493,70	494,10	0,005792	1,91	17,76	21,21	0,67
-4150	492,51	493,6575	493,32	493,78	0,003586	1,56	21,80	24,75	0,53
-4200	492,28	493,2530	493,07	493,45	0,006419	1,96	17,37	21,14	0,69
-4250	491,97	492,9937	492,68	493,12	0,003755	1,57	21,61	25,02	0,54
-4300	491,57	492,6111	492,42	492,81	0,006341	1,98	17,21	20,90	0,69
-4350	491,22	492,3346	492,08	492,51	0,005017	1,83	18,57	21,22	0,62
-4400	490,91	491,9886	491,77	492,17	0,005851	1,89	17,97	22,07	0,67
-4450	490,55	491,6503	491,43	491,84	0,005869	1,95	17,42	20,38	0,67
-4500	490,25	491,3357	491,10	491,51	0,005472	1,85	18,36	22,14	0,65
-4550	489,97	490,9951	490,78	491,18	0,005843	1,91	17,83	21,59	0,67
-4600	489,64	490,5970	490,34	490,76	0,004967	1,77	19,16	22,85	0,62
-4650	489,16	490,2285	490,06	490,42	0,006703	1,93	17,63	23,33	0,71
-4700	488,74	489,9641	489,63	490,13	0,004083	1,80	18,90	18,81	0,57
-4750	488,40	489,4857	489,42	489,84	0,010773	2,65	12,83	14,54	0,90
-4800	487,98	489,1479	488,84	489,35	0,004876	1,98	17,13	16,60	0,62
-4850	487,81	488,9637	488,59	489,10	0,003471	1,64	20,70	20,98	0,53
-4900	487,64	488,6956	488,41	488,85	0,004602	1,76	19,29	21,93	0,60
-4950	487,20	488,4754	488,08	488,61	0,003359	1,62	21,01	21,37	0,52
-5000	486,85	488,2195	487,87	488,41	0,004384	1,95	17,43	16,04	0,60
-5050	486,54	488,0101	487,62	488,20	0,004097	1,92	17,73	15,95	0,58
-5100	486,12	487,4497	487,41	487,89	0,011539	2,94	11,57	11,80	0,95
-5150	485,88	487,0984	486,89	487,31	0,006770	2,04	16,64	19,36	0,70
-5200	485,67	486,598	486,50	486,87	0,009467	2,32	14,65	18,86	0,84
-5250	485,12	486,0913	485,86	486,26	0,005367	1,83	18,57	22,38	0,64
-5300	484,47	485,6674	485,56	485,95	0,008972	2,36	14,44	17,40	0,83
-5350	483,83	485,1129	485,04	485,47	0,010384	2,66	12,79	14,26	0,90
-5400	483,22	484,4013	484,09	484,61	0,004868	2,02	16,84	15,63	0,62
-5450	482,95	484,1794	483,85	484,37	0,004454	1,92	17,71	16,98	0,60
-5500	482,47	483,4829	483,51	483,89	0,015674	2,83	12,03	16,84	1,07
-5550	481,95	482,9264	482,80	483,13	0,008017	2,00	17,00	24,44	0,77
-5600	481,43	482,6347	482,36	482,76	0,004283	1,56	21,80	28,48	0,57
-5650	481,13	482,1993	482,19	482,46	0,014308	2,28	14,92	27,31	0,98
-5700	480,84	481,8184	481,42	481,89	0,002197	1,19	28,56	33,70	0,41
-5750	480,46	481,4989	481,37	481,68	0,007603	1,88	18,10	27,53	0,74

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.2-4. Resultados hidráulicos Tr=50 años – Tramo 2

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-4000	493,33	494,8893	494,60	495,19	0,005731	2,43	26,34	21,57	0,70
-4050	493,13	494,6362	494,31	494,90	0,004928	2,26	28,30	22,82	0,65
-4100	492,87	494,3030	494,06	494,60	0,006334	2,42	26,45	23,69	0,73
-4150	492,51	494,0683	493,66	494,27	0,003794	1,97	32,45	26,83	0,57
-4200	492,28	493,6266	493,41	493,95	0,006930	2,52	25,45	22,14	0,75
-4250	491,97	493,4206	493,01	493,62	0,003744	1,95	32,76	27,22	0,57
-4300	491,57	493,0167	492,78	493,32	0,006379	2,45	26,09	22,86	0,73
-4350	491,22	492,7294	492,44	493,01	0,005508	2,34	27,31	22,95	0,69
-4400	490,91	492,4061	492,14	492,67	0,005826	2,29	27,91	25,55	0,70
-4450	490,55	492,0417	491,81	492,35	0,006537	2,48	25,82	22,59	0,74
-4500	490,25	491,7260	491,46	492,01	0,005672	2,34	27,34	23,43	0,69
-4550	489,97	491,3774	491,15	491,67	0,006345	2,40	26,62	24,05	0,73
-4600	489,64	491,0081	490,70	491,26	0,005053	2,20	29,05	25,27	0,66
-4650	489,16	490,7428	490,40	490,97	0,004593	2,10	30,46	26,55	0,63
-4700	488,74	490,5278	490,02	490,76	0,003587	2,13	30,11	20,94	0,57
-4750	488,40	489,9127	489,88	490,47	0,011177	3,31	19,31	15,89	0,96
-4800	487,98	489,6011	489,28	489,94	0,005585	2,56	24,99	18,10	0,70
-4850	487,81	489,4392	488,96	489,65	0,003595	2,05	31,16	23,04	0,56
-4900	487,64	489,2376	488,78	489,44	0,003670	1,99	32,19	25,68	0,57
-4950	487,20	489,0910	488,47	489,26	0,002590	1,82	35,24	24,47	0,48
-5000	486,85	488,8143	488,32	489,09	0,003996	2,32	27,60	17,92	0,60
-5050	486,54	488,6304	488,09	488,89	0,003678	2,26	28,26	17,71	0,57
-5100	486,12	487,9522	487,95	488,59	0,011756	3,55	18,03	13,93	1,00
-5150	485,88	487,5112	487,29	487,84	0,007024	2,56	25,04	21,37	0,75
-5200	485,67	486,9508	486,89	487,40	0,010355	2,96	21,59	20,46	0,92
-5250	485,12	486,5717	486,21	486,81	0,004473	2,14	29,85	24,59	0,62
-5300	484,47	486,1031	485,97	486,52	0,008382	2,86	22,35	18,87	0,84
-5350	483,83	485,5853	485,52	486,10	0,010275	3,17	20,19	17,09	0,93
-5400	483,22	484,8836	484,52	485,23	0,005431	2,60	24,65	16,76	0,68
-5450	482,95	484,6416	484,28	484,95	0,005114	2,46	26,01	18,92	0,67
-5500	482,47	483,8543	483,91	484,45	0,015022	3,43	18,64	18,74	1,10
-5550	481,95	483,2625	483,14	483,58	0,008372	2,49	25,73	27,50	0,82
-5600	481,43	482,9813	482,68	483,18	0,004787	1,98	32,26	31,87	0,63
-5650	481,13	482,4978	482,50	482,87	0,013369	2,69	23,82	32,35	1,00
-5700	480,84	482,1987	481,68	482,32	0,002429	1,53	41,79	36,34	0,46
-5750	480,46	481,8275	481,67	482,10	0,007606	2,31	27,71	30,85	0,78

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.2-5. Resultados hidráulicos Tr=100 años – Tramo 2

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-4000	493,33	495,4185	495,11	495,89	0,006141	3,04	38,20	23,07	0,75
-4050	493,13	495,1467	494,78	495,57	0,005535	2,88	40,27	24,09	0,71
-4100	492,87	494,8113	494,55	495,26	0,006455	2,97	39,08	25,69	0,77
-4150	492,51	494,6357	494,10	494,93	0,003704	2,41	48,06	28,17	0,59
-4200	492,28	494,1199	493,90	494,63	0,007530	3,15	36,77	23,79	0,81
-4250	491,97	493,9941	493,45	494,28	0,003653	2,36	49,22	30,14	0,59
-4300	491,57	493,5352	493,26	494,00	0,006476	3,01	38,54	24,82	0,77
-4350	491,22	493,2190	492,92	493,67	0,006136	2,99	38,80	23,98	0,75
-4400	490,91	492,9518	492,62	493,33	0,005328	2,71	42,86	28,12	0,70
-4450	490,55	492,5732	492,32	493,03	0,006588	2,98	38,91	25,44	0,77
-4500	490,25	492,2231	491,92	492,67	0,006088	2,96	39,23	24,41	0,74
-4550	489,97	491,8885	491,62	492,33	0,006677	2,94	39,44	26,85	0,77
-4600	489,64	491,6526	491,17	491,96	0,004695	2,45	47,28	32,59	0,65
-4650	489,16	491,4940	490,86	491,75	0,003016	2,24	51,88	29,35	0,54
-4700	488,74	491,2679	490,56	491,58	0,003255	2,49	46,59	23,46	0,56
-4750	488,40	490,4946	490,49	491,30	0,011140	3,97	29,21	18,13	1,00
-4800	487,98	490,2276	489,85	490,73	0,005835	3,14	36,98	20,16	0,74
-4850	487,81	490,1451	489,47	490,44	0,003226	2,39	48,51	26,10	0,56
-4900	487,64	490,0201	489,27	490,26	0,002613	2,17	53,41	28,16	0,50
-4950	487,20	489,9118	488,96	490,14	0,002056	2,09	55,41	24,57	0,45
-5000	486,85	489,5946	488,90	489,98	0,003705	2,76	42,08	18,82	0,59
-5050	486,54	489,4127	488,67	489,80	0,003554	2,75	42,12	17,71	0,57
-5100	486,12	488,5934	488,59	489,49	0,011198	4,21	27,58	15,20	1,00
-5150	485,88	488,0190	487,79	488,55	0,007356	3,21	36,09	21,86	0,80
-5200	485,67	487,4108	487,41	488,10	0,011109	3,68	31,48	22,54	1,00
-5250	485,12	487,2487	486,67	487,55	0,003637	2,45	47,44	27,00	0,59
-5300	484,47	486,6556	486,50	487,28	0,008363	3,51	33,06	19,91	0,87
-5350	483,83	486,2882	486,14	486,88	0,008466	3,41	34,00	22,07	0,88
-5400	483,22	484,7894	485,12	486,08	0,021738	5,03	23,08	16,54	1,36
-5450	482,95	485,2284	484,85	485,71	0,005727	3,07	37,83	21,37	0,74
-5500	482,47	484,3633	484,47	485,19	0,013835	4,02	28,84	21,33	1,10
-5550	481,95	483,3911	483,57	484,19	0,018795	3,95	29,34	28,68	1,25
-5600	481,43	483,3945	483,09	483,71	0,005541	2,51	46,26	35,83	0,70
-5650	481,13	482,8907	482,89	483,37	0,012049	3,07	37,84	39,00	0,99
-5700	480,84	482,6871	482,05	482,87	0,002692	1,91	60,58	40,59	0,50
-5750	480,46	482,2531	482,08	482,65	0,007602	2,78	41,74	35,16	0,81

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Anexo 3.3. Resultados HEC RAS tramo 3

Tabla A.3.3-1. Resultados hidráulicos Tr=5 años – Tramo 3

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-5950	478,57	478,9753	478,95	479,11	0,013533	1,61	4,35	12,75	0,88
-5955.*	478,49	478,9075	478,88	479,04	0,013764	1,60	4,37	13,12	0,89
-5960.*	478,42	478,8362	478,81	478,97	0,014353	1,60	4,37	13,58	0,90
-5965.*	478,34	478,7648	478,74	478,89	0,014708	1,59	4,41	14,18	0,91
-5970.*	478,27	478,6891	478,68	478,82	0,015472	1,58	4,43	14,92	0,92
-5980.*	478,11	478,5279	478,52	478,65	0,017524	1,55	4,51	17,08	0,97
-5985.*	478,04	478,4421	478,44	478,56	0,017543	1,53	4,57	17,69	0,96
-5990.*	477,96	478,3449	478,34	478,47	0,019422	1,56	4,47	18,12	1,01
-5995.*	477,89	478,2726	478,25	478,38	0,015148	1,43	4,88	18,70	0,90
-6000	477,81	478,2553	478,15	478,32	0,006537	1,09	6,44	19,88	0,61
-6010.*	477,74	478,1900	478,10	478,25	0,006638	1,07	6,52	20,75	0,61
-6015.*	477,70	478,1567	478,06	478,21	0,006693	1,07	6,55	21,15	0,61
-6020.*	477,67	478,1232	478,03	478,18	0,006715	1,06	6,58	21,49	0,61
-6025.*	477,63	478,0901	477,99	478,15	0,006623	1,06	6,63	21,61	0,61
-6030.*	477,59	478,0594	477,95	478,11	0,006191	1,03	6,77	21,64	0,59
-6040.*	477,52	478,0091	477,88	478,06	0,004894	0,96	7,32	22,07	0,53
-6045.*	477,49	477,9905	477,84	478,03	0,004081	0,90	7,78	22,43	0,49
-6050	477,45	477,9759	477,81	478,01	0,003324	0,84	8,34	22,84	0,44
-6055.*	477,41	477,9561	477,79	477,99	0,003554	0,87	8,08	22,20	0,46
-6060.*	477,38	477,9351	477,78	477,98	0,003790	0,89	7,83	21,58	0,47
-6065.*	477,34	477,9124	477,76	477,96	0,004077	0,92	7,58	20,98	0,49
-6070.*	477,30	477,8880	477,74	477,93	0,004391	0,96	7,33	20,41	0,51
-6075.*	477,27	477,8611	477,72	477,91	0,004769	0,99	7,06	19,74	0,53
-6080.*	477,23	477,8304	477,69	477,89	0,005252	1,04	6,75	18,99	0,56
-6085.*	477,19	477,7957	477,67	477,86	0,005863	1,09	6,41	18,16	0,59
-6090.*	477,15	477,7578	477,64	477,83	0,006450	1,15	6,08	17,06	0,62
-6095.*	477,12	477,7153	477,61	477,79	0,007203	1,22	5,74	16,03	0,65
-6100	477,08	477,6584	477,57	477,75	0,008873	1,34	5,23	14,86	0,72
-6105.*	477,03	477,6143	477,53	477,71	0,008853	1,34	5,24	14,90	0,72
-6110.*	476,98	477,5707	477,48	477,66	0,008782	1,33	5,26	14,95	0,72
-6115.*	476,94	477,5270	477,44	477,62	0,008770	1,33	5,27	15,00	0,72
-6120.*	476,89	477,4837	477,40	477,57	0,008706	1,32	5,29	15,04	0,71
-6130.*	476,79	477,3966	477,31	477,49	0,008639	1,32	5,31	15,14	0,71
-6135.*	476,74	477,3517	477,27	477,44	0,008715	1,32	5,30	15,17	0,71
-6140.*	476,70	477,3058	477,22	477,40	0,008877	1,33	5,28	15,17	0,72
-6145.*	476,65	477,2587	477,18	477,35	0,009133	1,34	5,23	15,15	0,73
-6150	476,60	477,2090	477,13	477,30	0,009604	1,36	5,14	15,07	0,74

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.3-2. Resultados hidráulicos Tr=10 años – Tramo 3

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-5950	478,57	479,1707	479,16	479,41	0,014624	2,16	6,94	13,85	0,97
-5955.*	478,49	479,0971	479,09	479,33	0,015104	2,15	6,98	14,44	0,99
-5960.*	478,42	479,0237	479,02	479,25	0,015450	2,12	7,07	15,18	0,99
-5965.*	478,34	478,9323	478,95	479,17	0,017512	2,16	6,94	15,93	1,05
-5970.*	478,27	478,8682	478,87	479,08	0,015960	2,05	7,31	16,93	1,00
-5980.*	478,11	478,6876	478,70	478,90	0,017419	2,05	7,33	18,25	1,03
-5985.*	478,04	478,5840	478,61	478,81	0,019618	2,10	7,16	18,79	1,08
-5990.*	477,96	478,5081	478,51	478,71	0,017315	1,99	7,55	19,55	1,02
-5995.*	477,89	478,4570	478,42	478,62	0,012456	1,76	8,50	20,56	0,88
-6000	477,81	478,4498	478,32	478,55	0,006782	1,42	10,54	22,26	0,66
-6010.*	477,74	478,3866	478,26	478,48	0,006460	1,39	10,82	22,95	0,64
-6015.*	477,70	478,3567	478,22	478,45	0,006235	1,36	10,99	23,29	0,63
-6020.*	477,67	478,3282	478,19	478,42	0,005956	1,34	11,21	23,63	0,62
-6025.*	477,63	478,3023	478,15	478,39	0,005607	1,31	11,48	23,96	0,60
-6030.*	477,59	478,2790	478,12	478,36	0,005158	1,27	11,83	24,29	0,58
-6040.*	477,52	478,2405	478,04	478,31	0,004150	1,18	12,76	24,91	0,52
-6045.*	477,49	478,2256	478,00	478,29	0,003595	1,12	13,37	25,15	0,49
-6050	477,45	478,2133	477,96	478,27	0,003084	1,07	14,07	25,44	0,46
-6055.*	477,41	478,1934	477,95	478,25	0,003291	1,10	13,65	24,76	0,47
-6060.*	477,38	478,1724	477,94	478,24	0,003504	1,13	13,26	24,12	0,49
-6065.*	477,34	478,1497	477,92	478,22	0,003748	1,17	12,86	23,52	0,50
-6070.*	477,30	478,1257	477,91	478,20	0,004006	1,20	12,48	22,96	0,52
-6075.*	477,27	478,0996	477,90	478,18	0,004315	1,24	12,09	22,41	0,54
-6080.*	477,23	478,0698	477,88	478,15	0,004722	1,29	11,66	21,88	0,56
-6085.*	477,19	478,0365	477,85	478,13	0,005240	1,34	11,19	21,34	0,59
-6090.*	477,15	477,9987	477,84	478,10	0,005946	1,41	10,66	20,79	0,63
-6095.*	477,12	477,9531	477,81	478,07	0,006904	1,50	10,02	19,93	0,67
-6100	477,08	477,8839	477,79	478,03	0,009004	1,67	9,01	18,62	0,76
-6105.*	477,03	477,8391	477,74	477,98	0,008948	1,67	9,00	18,51	0,76
-6110.*	476,98	477,7948	477,70	477,94	0,008855	1,66	9,01	18,41	0,76
-6115.*	476,94	477,7509	477,65	477,89	0,008791	1,66	9,02	18,33	0,76
-6120.*	476,89	477,7075	477,61	477,85	0,008693	1,66	9,03	18,25	0,75
-6125.*	476,84	477,6622	477,56	477,80	0,008682	1,66	9,02	18,16	0,75
-6130.*	476,79	477,6164	477,52	477,76	0,008724	1,67	8,98	18,05	0,76
-6135.*	476,74	477,5705	477,48	477,71	0,008777	1,68	8,95	17,95	0,76
-6140.*	476,70	477,5237	477,43	477,67	0,008877	1,69	8,89	17,82	0,76
-6145.*	476,65	477,4762	477,39	477,62	0,009024	1,70	8,82	17,69	0,77
-6150	476,60	477,4216	477,34	477,58	0,009605	1,74	8,63	17,51	0,79

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.3-3. Resultados hidráulicos Tr=25 años – Tramo 3

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-5950	478,57	479,5573	479,56	479,90	0,013885	2,60	13,10	18,96	1,00
-5955.*	478,49	479,4176	479,48	479,82	0,017302	2,81	12,11	18,47	1,11
-5960.*	478,42	479,3417	479,39	479,73	0,016759	2,75	12,37	19,05	1,09
-5965.*	478,34	479,2282	479,30	479,64	0,018146	2,84	11,98	18,72	1,13
-5970.*	478,27	479,1223	479,21	479,54	0,018745	2,88	11,81	18,52	1,15
-5980.*	478,11	478,9286	479,01	479,34	0,019955	2,85	11,93	19,97	1,18
-5985.*	478,04	478,8354	478,91	479,24	0,019961	2,80	12,13	20,80	1,17
-5990.*	477,96	478,7335	478,81	479,13	0,020777	2,79	12,17	21,66	1,19
-5995.*	477,89	478,6389	478,71	479,02	0,020558	2,74	12,41	22,56	1,18
-6000	477,81	478,7849	478,61	478,95	0,006509	1,82	18,67	26,38	0,69
-6010.*	477,74	478,7318	478,53	478,89	0,005834	1,75	19,39	26,73	0,66
-6015.*	477,70	478,7085	478,50	478,86	0,005472	1,71	19,84	27,02	0,64
-6020.*	477,67	478,6874	478,46	478,83	0,005098	1,67	20,36	27,34	0,62
-6025.*	477,63	478,6681	478,42	478,80	0,004732	1,62	20,93	27,70	0,60
-6030.*	477,59	478,6509	478,38	478,78	0,004354	1,58	21,57	28,08	0,57
-6035.*	477,56	478,6355	478,35	478,75	0,003994	1,53	22,26	28,46	0,55
-6040.*	477,52	478,6216	478,31	478,73	0,003646	1,48	23,01	28,86	0,53
-6045.*	477,49	478,6096	478,26	478,71	0,003305	1,43	23,83	29,26	0,50
-6050	477,45	478,5989	478,23	478,70	0,002989	1,38	24,69	29,66	0,48
-6055.*	477,41	478,5764	478,22	478,68	0,003207	1,42	23,92	28,89	0,50
-6060.*	477,38	478,5527	478,21	478,66	0,003433	1,47	23,21	28,18	0,52
-6065.*	477,34	478,5273	478,21	478,64	0,003686	1,51	22,50	27,50	0,53
-6070.*	477,30	478,5002	478,19	478,62	0,003952	1,56	21,83	26,86	0,55
-6075.*	477,27	478,4695	478,18	478,60	0,004279	1,61	21,11	26,23	0,57
-6080.*	477,23	478,4355	478,17	478,58	0,004671	1,67	20,38	25,63	0,60
-6085.*	477,19	478,3988	478,16	478,55	0,005130	1,73	19,63	25,04	0,62
-6090.*	477,15	478,3590	478,14	478,52	0,005682	1,80	18,86	24,47	0,66
-6095.*	477,12	478,3080	478,13	478,49	0,006558	1,90	17,88	23,84	0,70
-6100	477,08	478,2297	478,11	478,45	0,008469	2,08	16,33	23,03	0,79
-6105.*	477,03	478,1863	478,07	478,41	0,008448	2,09	16,27	22,77	0,79
-6110.*	476,98	478,1434	478,03	478,37	0,008407	2,09	16,23	22,53	0,79
-6115.*	476,94	478,1005	477,98	478,33	0,008383	2,10	16,18	22,30	0,79
-6120.*	476,89	478,0578	477,94	478,28	0,008355	2,11	16,13	22,09	0,79
-6125.*	476,84	478,0114	477,89	478,24	0,008427	2,12	16,02	21,83	0,79
-6130.*	476,79	477,9642	477,85	478,20	0,008528	2,14	15,89	21,57	0,80
-6135.*	476,74	477,9169	477,80	478,15	0,008649	2,16	15,76	21,37	0,80
-6140.*	476,70	477,8688	477,76	478,11	0,008813	2,18	15,63	21,22	0,81
-6145.*	476,65	477,8203	477,72	478,07	0,009008	2,19	15,50	21,13	0,82
-6150	476,60	477,7614	477,67	478,02	0,009610	2,24	15,18	21,03	0,84

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.3-4. Resultados hidráulicos Tr=50 años – Tramo 3

River	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
Sta	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	# Chl
-5950	478,57	479,9370	479,94	480,38	0,013043	2,94	21,77	24,80	1,00
-5955.*	478,49	479,7631	479,85	480,30	0,017899	3,23	19,80	25,05	1,16
-5960.*	478,42	479,6565	479,76	480,20	0,018765	3,27	19,56	25,22	1,19
-5965.*	478,34	479,5514	479,66	480,11	0,019513	3,30	19,41	25,53	1,21
-5970.*	478,27	479,4522	479,56	480,00	0,019742	3,29	19,46	25,94	1,21
-5980.*	478,11	479,2477	479,36	479,80	0,020485	3,28	19,49	26,84	1,23
-5985.*	478,04	479,1439	479,26	479,69	0,020526	3,28	19,53	27,03	1,23
-5990.*	477,96	479,0327	479,16	479,59	0,020961	3,30	19,41	27,04	1,24
-5995.*	477,89	478,9190	479,04	479,48	0,021207	3,32	19,28	26,83	1,25
-6000	477,81	479,1808	478,94	479,41	0,005664	2,13	30,03	30,06	0,68
-6010.*	477,74	479,1379	478,85	479,35	0,005230	2,05	31,17	31,19	0,66
-6015.*	477,70	479,1188	478,82	479,32	0,004908	2,01	31,83	31,35	0,64
-6020.*	477,67	479,1017	478,77	479,30	0,004580	1,96	32,58	31,57	0,62
-6025.*	477,63	479,0862	478,74	479,27	0,004269	1,92	33,40	31,88	0,60
-6030.*	477,59	479,0725	478,70	479,25	0,003965	1,87	34,31	32,27	0,58
-6035.*	477,56	479,0600	478,66	479,23	0,003684	1,81	35,26	32,70	0,56
-6040.*	477,52	479,0487	478,62	479,21	0,003419	1,76	36,27	33,17	0,54
-6045.*	477,49	479,0385	478,58	479,19	0,003167	1,71	37,34	33,69	0,52
-6050	477,45	479,0293	478,54	479,17	0,002935	1,66	38,46	34,24	0,50
-6055.*	477,41	479,0035	478,53	479,15	0,003152	1,72	37,21	33,26	0,52
-6060.*	477,38	478,9762	478,54	479,14	0,003380	1,78	36,04	32,35	0,54
-6065.*	477,34	478,9456	478,53	479,12	0,003647	1,84	34,85	31,48	0,56
-6070.*	477,30	478,9131	478,52	479,10	0,003934	1,90	33,71	30,66	0,58
-6075.*	477,27	478,8777	478,51	479,07	0,004263	1,96	32,58	29,89	0,60
-6080.*	477,23	478,8403	478,51	479,05	0,004630	2,03	31,47	29,15	0,62
-6085.*	477,19	478,7993	478,50	479,03	0,005063	2,11	30,34	28,45	0,65
-6090.*	477,15	478,7527	478,48	479,00	0,005605	2,20	29,14	27,75	0,68
-6095.*	477,12	478,6931	478,48	478,97	0,006423	2,31	27,67	26,99	0,73
-6100	477,08	478,6063	478,46	478,93	0,007969	2,50	25,58	26,06	0,81
-6105.*	477,03	478,5645	478,42	478,89	0,007999	2,51	25,47	25,85	0,81
-6110.*	476,98	478,5226	478,37	478,85	0,008028	2,52	25,36	25,65	0,81
-6115.*	476,94	478,4802	478,34	478,81	0,008077	2,54	25,24	25,46	0,81
-6120.*	476,89	478,4373	478,30	478,77	0,008133	2,55	25,12	25,29	0,82
-6125.*	476,84	478,3895	478,26	478,73	0,008301	2,57	24,89	25,09	0,82
-6130.*	476,79	478,3406	478,21	478,68	0,008498	2,60	24,65	24,92	0,83
-6135.*	476,74	478,2915	478,17	478,64	0,008705	2,62	24,42	24,79	0,84
-6140.*	476,70	478,2418	478,13	478,60	0,008930	2,64	24,21	24,73	0,85
-6145.*	476,65	478,1925	478,09	478,55	0,009150	2,66	24,05	24,78	0,86
-6150	476,60	478,1322	478,04	478,50	0,009602	2,70	23,68	24,70	0,88

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.3-5. Resultados hidráulicos Tr=100 años – Tramo 3

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-5950	478,57	480,3775	480,38	481,01	0,011657	3,53	32,90	25,73	1,00
-5955.*	478,49	480,1475	480,27	480,93	0,016439	3,92	29,62	25,91	1,17
-5960.*	478,42	480,0161	480,18	480,84	0,018116	4,02	28,89	26,35	1,22
-5965.*	478,34	479,8958	480,08	480,74	0,019335	4,07	28,48	26,85	1,26
-5970.*	478,27	479,7830	479,98	480,64	0,020155	4,10	28,29	27,36	1,29
-5980.*	478,11	479,5616	479,77	480,43	0,021249	4,13	28,12	28,13	1,32
-5985.*	478,04	479,4503	479,66	480,32	0,021732	4,13	28,07	28,52	1,33
-5990.*	477,96	479,3439	479,56	480,21	0,021830	4,11	28,20	28,96	1,33
-5995.*	477,89	479,2292	479,45	480,10	0,022466	4,13	28,11	29,39	1,35
-6000	477,81	479,6799	479,34	480,01	0,005075	2,55	45,46	31,70	0,68
-6010.*	477,74	479,6541	479,26	479,95	0,004522	2,43	47,80	33,07	0,64
-6015.*	477,70	479,6426	479,23	479,93	0,004262	2,37	49,03	33,74	0,63
-6020.*	477,67	479,6318	479,19	479,90	0,004015	2,31	50,30	34,41	0,61
-6025.*	477,63	479,6216	479,15	479,88	0,003783	2,25	51,58	35,07	0,59
-6030.*	477,59	479,6123	479,11	479,86	0,003558	2,19	52,92	35,72	0,57
-6035.*	477,56	479,6035	479,07	479,84	0,003348	2,14	54,28	36,36	0,56
-6040.*	477,52	479,5953	479,03	479,82	0,003146	2,08	55,67	36,96	0,54
-6045.*	477,49	479,5879	478,99	479,80	0,002949	2,03	57,12	37,53	0,53
-6050	477,45	479,5809	478,95	479,78	0,002758	1,98	58,61	38,03	0,51
-6055.*	477,41	479,5528	478,96	479,76	0,002996	2,04	56,86	37,63	0,53
-6060.*	477,38	479,5211	478,96	479,75	0,003273	2,11	55,07	37,21	0,55
-6065.*	477,34	479,4858	478,96	479,73	0,003569	2,18	53,21	36,49	0,58
-6070.*	477,30	479,4487	478,95	479,71	0,003854	2,25	51,44	35,52	0,60
-6075.*	477,27	479,4096	478,95	479,69	0,004167	2,33	49,74	34,61	0,62
-6080.*	477,23	479,3672	478,95	479,66	0,004519	2,41	48,06	33,74	0,65
-6085.*	477,19	479,3201	478,94	479,64	0,004935	2,50	46,35	32,90	0,67
-6090.*	477,15	479,2632	478,93	479,61	0,005485	2,61	44,44	32,04	0,71
-6095.*	477,12	479,1927	478,93	479,58	0,006260	2,75	42,23	31,13	0,75
-6100	477,08	479,0966	478,91	479,54	0,007556	2,95	39,38	30,10	0,82
-6105.*	477,03	479,0561	478,88	479,50	0,007619	2,96	39,21	29,97	0,83
-6110.*	476,98	479,0154	478,84	479,46	0,007684	2,97	39,05	29,85	0,83
-6115.*	476,94	478,9740	478,80	479,43	0,007762	2,98	38,88	29,74	0,83
-6120.*	476,89	478,9322	478,77	479,39	0,007841	3,00	38,72	29,66	0,84
-6125.*	476,84	478,8843	478,73	479,35	0,008018	3,02	38,40	29,56	0,85
-6130.*	476,79	478,8360	478,69	479,31	0,008200	3,04	38,11	29,50	0,85
-6135.*	476,74	478,7884	478,65	479,27	0,008291	3,06	37,89	29,26	0,86
-6140.*	476,70	478,7397	478,60	479,22	0,008313	3,08	37,61	28,64	0,86
-6145.*	476,65	478,6895	478,56	479,18	0,008387	3,11	37,26	28,02	0,86
-6150	476,60	478,5835	478,51	479,13	0,009605	3,28	35,35	27,10	0,92

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Anexo 3.4. Resultados HEC RAS tramo 4

Tabla A.3.4-1. Resultados hidráulicos Tr=5 años – Tramo 4

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10100	444,79	445,7517	445,20	445,76	0,000366	0,42	16,49	23,67	0,16
-10150	444,62	445,4367	445,44	445,63	0,016733	1,93	3,62	9,38	0,99
-10200	444,01	444,3966	444,35	444,47	0,011046	1,24	5,65	21,32	0,77
-10250	443,41	443,8758	443,76	443,92	0,004993	0,97	7,25	21,81	0,53
-10300	443,28	443,6583	443,51	443,69	0,002970	0,73	9,62	30,02	0,41
-10350	442,85	443,1440	443,07	443,20	0,006959	1,00	6,97	25,42	0,61
-10400	442,24	442,6971	442,63	442,76	0,008581	1,12	6,27	22,77	0,68
-10450	441,53	442,1188	441,83	442,14	0,001422	0,66	10,56	21,70	0,30
-10500	441,19	442,0755	441,60	442,09	0,000590	0,52	13,39	20,25	0,21
-10550	441,19	441,9126	441,82	441,98	0,007569	1,19	5,89	17,28	0,65
-10600	440,69	441,4163	441,40	441,52	0,016690	1,41	4,97	20,99	0,92
-10650	440,49	440,7845	440,71	440,82	0,006403	0,88	7,99	33,65	0,57

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.4-2. Resultados hidráulicos Tr=10 años – Tramo 4

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10100	444,79	446,0945	445,37	446,11	0,000459	0,61	24,71	24,33	0,19
-10150	444,62	445,7027	445,70	445,97	0,015280	2,29	6,55	12,30	1,00
-10200	444,01	444,4529	444,51	444,70	0,027551	2,18	6,87	21,97	1,25
-10250	443,41	444,0549	443,91	444,14	0,005733	1,33	11,29	23,23	0,61
-10300	443,28	443,8311	443,63	443,88	0,003328	1,01	14,90	31,06	0,46
-10350	442,85	443,3623	443,20	443,43	0,004796	1,17	12,80	27,96	0,55
-10400	442,24	442,8735	442,78	442,98	0,007817	1,45	10,38	23,78	0,70
-10450	441,53	442,3904	441,99	442,43	0,001583	0,90	16,69	23,44	0,34
-10500	441,19	442,3316	441,77	442,36	0,000973	0,80	18,78	21,80	0,27
-10550	441,19	442,1015	442,00	442,23	0,008992	1,60	9,35	19,88	0,75
-10600	440,69	441,5597	441,56	441,73	0,017640	1,81	8,28	24,95	1,00
-10650	440,49	440,9260	440,82	441,00	0,006401	1,17	12,86	35,21	0,62

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.4-3. Resultados hidráulicos Tr=25 años – Tramo 4

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10100	444,79	446,6143	445,65	446,66	0,000627	0,90	37,62	25,33	0,24
-10150	444,62	446,1158	446,12	446,50	0,013298	2,75	12,37	15,85	0,99

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10200	444,01	444,6483	444,77	445,10	0,029852	2,99	11,38	24,09	1,39
-10250	443,41	444,3395	444,18	444,52	0,006791	1,87	18,22	25,48	0,70
-10300	443,28	444,1166	443,85	444,22	0,003753	1,42	24,00	32,73	0,53
-10350	442,85	443,7184	443,44	443,83	0,003918	1,45	23,49	32,11	0,54
-10400	442,24	443,1730	443,03	443,36	0,007392	1,91	17,76	25,49	0,73
-10450	441,53	442,8116	442,26	442,89	0,001875	1,25	27,13	26,15	0,39
-10500	441,19	442,7276	442,07	442,8	0,001548	1,22	27,88	24,20	0,36
-10550	441,19	442,3787	442,31	442,63	0,010459	2,21	15,35	22,48	0,86
-10600	440,69	441,8072	441,81	442,07	0,014721	2,29	14,86	27,53	0,99
-10650	440,49	441,1659	441,02	441,29	0,006412	1,57	21,63	37,82	0,66

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.4-4. Resultados hidráulicos Tr=50 años – Tramo 4

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10100	444,79	447,1590	445,96	447,24	0,000858	1,23	51,85	27,42	0,29
-10150	444,62	446,5555	446,56	447,07	0,012263	3,17	20,16	19,56	1,00
-10200	444,01	444,8770	445,08	445,60	0,029518	3,76	17,02	25,16	1,46
-10250	443,41	444,6521	444,49	444,95	0,007656	2,41	26,55	27,58	0,78
-10300	443,28	444,4410	444,12	444,61	0,004121	1,83	34,93	34,64	0,58
-10350	442,85	444,1019	443,73	444,26	0,003600	1,75	36,50	34,84	0,55
-10400	442,24	443,5220	443,35	443,81	0,007196	2,37	27,00	27,49	0,76
-10450	441,53	443,2864	442,61	443,42	0,002076	1,59	40,28	29,21	0,43
-10500	441,19	443,1758	442,44	443,31	0,002019	1,63	39,34	26,91	0,43
-10550	441,19	442,6837	442,65	443,10	0,011427	2,85	22,43	23,93	0,94
-10600	440,69	442,0959	442,10	442,49	0,013210	2,77	23,09	29,50	1,00
-10650	440,49	441,4523	441,26	441,64	0,006402	1,94	32,99	41,98	0,70

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"

Tabla A.3.4-5. Resultados hidráulicos Tr=100 años – Tramo 4

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10100	444,79	447,8342	446,41	447,97	0,001131	1,63	71,32	30,12	0,34
-10150	444,62	447,0912	447,09	447,78	0,011257	3,67	31,61	22,87	1,00
-10200	444,01	445,1690	445,51	446,31	0,030834	4,72	24,56	26,51	1,57
-10250	443,41	445,0364	444,92	445,53	0,008632	3,10	37,43	28,99	0,87
-10300	443,28	444,8742	444,48	445,14	0,004376	2,30	50,49	37,18	0,63
-10350	442,85	444,5695	444,10	444,81	0,003624	2,19	53,08	36,08	0,58
-10400	442,24	444,0238	443,78	444,42	0,006470	2,79	41,51	30,36	0,76

River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
-10450	441,53	443,9019	443,06	444,10	0,002218	1,95	59,48	33,17	0,46
-10500	441,19	443,7570	442,92	443,98	0,002338	2,09	55,52	28,53	0,48
-10550	441,19	443,1049	443,10	443,74	0,011677	3,52	32,93	25,95	1,00
-10600	440,69	442,4807	442,50	443,04	0,012267	3,32	34,95	32,14	1,02
-10650	440,49	441,8172	441,60	442,10	0,006402	2,36	49,06	46,08	0,73

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de modelación hidráulica en Software de libre uso "Hec Ras 4.1.0"