



GUÍAS METODOLÓGICAS PARA PRESENTACIÓN Y REVISIÓN TÉCNICA DE PROYECTOS DE MODIFICACIÓN DE CAUCES NATURALES Y ARTIFICIALES

- VOLUMEN 1:
PRESENTACIÓN ADMINISTRATIVA
- VOLUMEN 2:
PRESENTACIÓN TÉCNICA
- VOLUMEN 3:
REVISIÓN TÉCNICA
- VOLUMEN 4:
SOLICITUD DE RECEPCIÓN DE OBRAS
- VOLUMEN 5:
GUÍA PARA LA RECEPCIÓN DE OBRAS

DEPTO. DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2016

La Dirección General de Aguas del MOP, realiza constantes esfuerzos por mejorar sus procedimientos a fin de realizar una gestión efectiva y eficiente, siendo una preocupación el acotar los tiempos de revisión y recepción de proyectos.

En esta línea, el Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH), en el marco del Convenio de colaboración firmado entre la Subsecretaría de Energía y la Dirección General de Aguas, que busca desarrollar un programa de trabajo en materias referentes al otorgamiento y traslado de derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos, de permisos y autorizaciones sectoriales, a la información pública, fiscalización y regulación de proyectos de energía; con el objeto de apoyar, facilitar y promover el desarrollo hidroeléctrico futuro en nuestro país, sistematizó y actualizó la información existente, plasmándola en estas guías metodológicas, cuya elaboración contó con el apoyo de KRAL Consultores Limitada y profesionales del Servicio.

Las Guías de Obras Menores, que se presenta en este documento, se enmarcan dentro del contexto del Código de Aguas y otras regulaciones pertinentes vinculadas al tema de aguas, en lo que se refiere a las autorizaciones de obras, en particular aquellas que comprenden el Artículo 171 del Código de Aguas (Modificación de Cauces Naturales y Artificiales), y el Artículo 151 del Código de Aguas (Proyectos de Construcción, Modificación, Cambio y Unificación de Bocatomas), por lo que conforman una actualización, complementación e incorporación de requerimientos técnicos y administrativos claros y precisos, con el objeto de optimizar la gestión de la Dirección General de Aguas frente a la creciente demanda de estas solicitudes, dentro de un escenario de un uso del recurso más intensivo y competitivo.

Se agradece a todo el equipo técnico que nos acompañó en esta valiosa propuesta, cuyo contenido se ha ordenado en cinco capítulos, que comprende desde la presentación del proyecto y su procedimiento administrativo, el contenido y requerimientos técnicos de los proyectos que serán sometidos a evaluación, su revisión técnica, hasta la recepción y autorización de operación de las obras aprobadas por el Servicio.

Esperamos que el presente documento sea una herramienta útil para la gestión.

Director General de Aguas

Carlos Estévez Valencia

Departamento de Administración de Recursos Hídricos

Luis Alberto Moreno Rubio, Ing. Jefe D.A.R.H.

Sergio Valdés Fernández, Jefe Unidad de Obras Mayores

Carlos Flores Flores, Agente Nacional de Expedientes

Laura Méndez Hernández, Subagente Nacional de Expedientes

Santiago, Diciembre de 2016.

Tabla de Contenidos

VOLUMEN 1 PRESENTACIÓN ADMINISTRATIVA	1
1. Normativa Aplicable	2
1.1 Procedimiento Administrativo	2
1.1.1 Procedimiento General	2
1.1.2 Descripción de las Etapas	4
1.1.2.1 Presentación de la Solicitud	4
1.1.2.1.1 Ingreso de la Solicitud	4
1.1.2.1.2 Contenido Mínimo de la Solicitud	6
1.1.2.1.3 Documentación a Acompañar a la Solicitud	6
1.1.2.1.4 Consideración al Contenido	7
1.1.2.2 Publicaciones y Difusión Radial	7
1.1.2.3 Oposiciones	12
1.1.2.4 Revisión Formal de la Solicitud	13
1.1.2.5 Solicitud de Autorización a la Dirección de Fronteras y Límites del Estado Difrol	13
1.1.2.6 Petición de Antecedentes y Fondos	14
1.1.2.7 Visita Técnica	14
1.1.2.8 Etapa Resolutiva	15
1.1.2.9 Recepción Definitiva de las Obras	15
1.2 Requisitos Medioambientales	15
VOLUMEN 2 PRESENTACIÓN TÉCNICA	17
2. Objetivo de la Guía	18
2.1 Recomendación General	18
2.2 Estructura del Proyecto Técnico	18
2.3 Estructura General	18
2.3.1 Memoria	18
2.3.2 Anexos	18
2.3.3 Planos	19
2.4 Presentación del Proyecto y Versiones Corregidas	19
2.5 Requerimientos del Proyecto Técnico	20
2.5.1 Antecedentes Generales	20
2.5.1.1 Individualización del Solicitante	20
2.5.1.2 Ubicación del Proyecto	20

2.5.1.3	Descripción de las Obras	20
2.5.2	Estudios Básicos	21
2.5.2.1	Topografía	21
2.5.2.1.1	Contenido General	21
2.5.2.1.2	Planta	21
2.5.2.1.3	Perfil Longitudinal	22
2.5.2.1.4	Perfiles Transversales	22
2.5.2.2	Hidrología	22
2.5.2.2.1	Caudales Máximos en Cuencas Pluviales	23
2.5.2.2.2	Caudales Máximos en Cuencas Nivales	25
2.5.2.2.3	Caudales Operacionales en Canales de Riego	25
2.5.2.2.4	Gasto Detrítico	26
2.5.2.3	Estudios Geotécnicos	26
2.5.3	Modelaciones Hidráulicas	27
2.5.3.1	Alcances de la Modelación	27
2.5.3.2	Parámetros de la Modelación	27
2.5.3.2.1	Caudales de Modelación	27
2.5.3.2.2	Coeficientes de Rugosidad	28
2.5.3.2.3	Condiciones Hidráulicas de Borde	28
2.5.3.3	Modelo Numérico	29
2.5.3.3.1	Modelos Comerciales y Libres	29
2.5.3.3.2	Resultados e Interpretación de Resultados	29
2.5.3.4	Casos Especiales	30
2.5.4	Mecánica Fluvial	30
2.5.4.1	Caracterización Granulométrica del Lecho	30
2.5.4.2	Cálculos de Socavación	31
2.5.4.2.1	Socavación General	31
2.5.5	Diseño Hidráulico	32
2.5.5.1	Período de Retorno de Diseño	32
2.5.5.2	Cálculos Hidráulicos	34
2.5.5.2.1	Caracterización de la Obra y Cauce a Intervenir	34
2.5.5.2.2	Tipología de la Obra de Intervención	34
2.5.5.2.3	Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Naturales	35
2.5.5.2.4	Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Artificiales	39
2.5.5.2.5	Diseño de Defensas Fluviales	46

2.5.5.3	Diseño de Otras Especialidades.....	48
2.5.5.3.1	Especialidades a Considerar.....	48
2.5.5.3.2	Diseño Estructural.....	48
2.5.5.3.3	Diseño Mecánico.....	48
2.5.6	Especificaciones Técnicas.....	49
2.5.6.1	Especificaciones Técnicas Generales.....	49
2.5.6.2	Especificaciones Técnicas Especiales.....	50
2.5.7	Cronograma.....	50
2.5.8	Planos de Proyecto.....	51
2.5.8.1	Consideraciones Generales.....	51
2.5.8.2	Planos Cartográficos.....	51
2.5.8.3	Planos de Proyecto.....	51
2.5.8.3.1	Planos Generales.....	51
2.5.8.3.2	Planos de Detalle.....	53
2.6	Referencias.....	54
VOLUMEN 3 REVISIÓN TÉCNICA.....		55
3.	Objetivo de la Guía.....	56
3.1	Recomendación General.....	56
3.2	Estructura del Proyecto Técnico.....	56
3.2.1	Estructura General.....	56
3.2.2	Verificación General de Contenidos.....	56
3.3	Requerimientos del Proyecto Técnico.....	57
3.3.1	Antecedentes Generales.....	57
3.3.1.1	Individualización del Solicitante.....	57
3.3.1.2	Ubicación del Proyecto.....	57
3.3.1.3	Descripción de las Obras.....	58
3.3.2	Estudios Básicos.....	58
3.3.2.1	Topografía.....	58
3.3.2.2	Contenido General.....	58
3.3.2.2.1	Levantamiento.....	58
3.3.2.3	Hidrología.....	58
3.3.2.3.1	Caudales Máximos en Cuencas Pluviales.....	58
3.3.2.3.2	Caudales Máximos en Cuencas Nivales.....	66

3.3.2.3.3 Caudales Operacionales en Canales de Riego.....	67
3.3.2.3.4 Gasto Detrítico.....	68
3.3.2.4 Estudios Geotécnicos	70
3.3.3 Modelaciones Hidráulicas	71
3.3.3.1 Conceptos Básicos de la Modelación.....	71
3.3.3.2 Parámetros de la Modelación.....	72
3.3.3.2.1 Caudales de Modelación.....	72
3.3.3.2.2 Coeficientes de Rugosidad	72
3.3.3.2.3 Condiciones Hidráulicas de Borde	76
3.3.3.3 Revisión del Modelo Numérico	76
3.3.3.3.1 Validación de la Simulación.....	76
3.3.3.3.2 Convergencia del Modelo.....	77
3.3.3.3.3 Limitaciones a la aplicación del Modelo.....	77
3.3.3.4 Cálculo Manual del Eje Hidráulico	78
3.3.4 Mecánica Fluvial	78
3.3.4.1 Caracterización Granulométrica del Lecho	78
3.3.4.2 Cálculos de Socavación	80
3.3.4.2.1 Socavación General	80
3.3.5 Diseño Hidráulico	81
3.3.5.1 Período de Retorno de Diseño	81
3.3.5.2 Cálculos Hidráulicos.....	83
3.3.5.2.1 Caracterización de la Obra y Cauce a Intervenir	83
3.3.5.2.2 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Naturales ..	83
3.3.5.2.3 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Artificiales	88
3.3.5.2.4 Diseño de Defensas Fluviales	99
3.3.5.3 Diseño de Otras Especialidades.....	102
3.3.5.3.1 Especialidades a Considerar	102
3.3.5.3.2 Diseño Estructural.....	102
3.3.5.3.3 Diseño Mecánico.....	102
3.3.6 Especificaciones Técnicas.....	103
3.3.6.1 Especificaciones Técnicas Generales	103
3.3.6.2 Especificaciones Técnicas Especiales.....	103
3.3.7 Cronograma	104
3.3.8 Planos de Proyecto	104
3.3.8.1 Consideraciones Generales.....	104

3.3.8.2 Planos Cartográficos	104
3.3.8.3 Planos de Proyecto	104
3.3.8.3.1 Planos Generales	104
3.3.8.3.2 Planos de Detalle	106
3.4 Referencias	107
VOLUMEN 4 SOLICITUD DE RECEPCION DE OBRAS	109
4. Objetivo de la Guía	110
4.1 Recomendación General	110
4.2 Proceso de Recepción de la Obra de Modificación de Cauces	110
4.2.1 Proceso de Recepción de Obras Construidas.....	110
4.2.2 Autorización de Construcción de Obra de Modificación de Cauce	112
4.2.3 Procedimiento Administrativo.....	112
4.3 Documentación Requerida para Solicitar la Recepción de la Obra.....	113
4.3.1 Ingreso Formal de la Documentación	113
4.3.2 Informe de Construcción.....	113
4.4 Anexos.....	116
VOLUMEN 5 GUIA TECNICA DE APOYO A LA RECEPCION FISICA PROYECTOS DE BOCATOMAS Y MODIFICACION DE CAUCES.....	125
5. Objetivo de la Guía	126
5.1 Alcances	126
5.2 Inspección Técnica de Recepción de Obras.....	126
5.2.1 Previo a la Visita de Inspección.....	126
5.2.2 Partidas Generales a Inspeccionar	127
5.2.2.1 Partidas a Inspeccionar	127
5.2.2.2 Movimiento de Tierras.....	128
5.2.2.3 Obras de Hormigón.....	128
5.2.2.4 Estructuras Metálicas.....	129
5.2.2.5 Obras de Defensa Fluvial	130
5.2.2.6 Compuertas.....	131
5.2.2.7 Elementos Mecánicos	131
5.2.3 Registros de la Inspección de Recepción.....	132
5.3 Anexos.....	133

GUIAS METODOLÓGICAS PARA PRESENTACIÓN Y REVISIÓN TÉCNICA DE PROYECTOS DE MODIFICACION DE CAUCES NATURALES Y ARTIFICIALES

VOLUMEN 1 PRESENTACIÓN ADMINISTRATIVA



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

1. Normativa Aplicable

La normativa aplicable a este tipo de solicitudes se encuentra contenida en los siguientes artículos del Código de Aguas:

- Artículo 41
- Artículo 42
- Artículo 171
- Artículo 172
- Artículo 131 y siguientes

1.1 Procedimiento Administrativo

1.1.1 Procedimiento General

De acuerdo a lo señalado, toda obra proyectada en cauces naturales o artificiales que se ajuste a lo establecido en los artículos identificados, deberá ser aprobada por la Dirección General de Aguas mediante el siguiente procedimiento:

- Presentación de la solicitud
- Solicitud de DIFROL
- Publicaciones y Difusión
- Oposiciones
- Revisión formal de la solicitud
- Petición de antecedentes y fondos
- Visita Técnica
- Elaboración de Informe Técnico
- Resolución

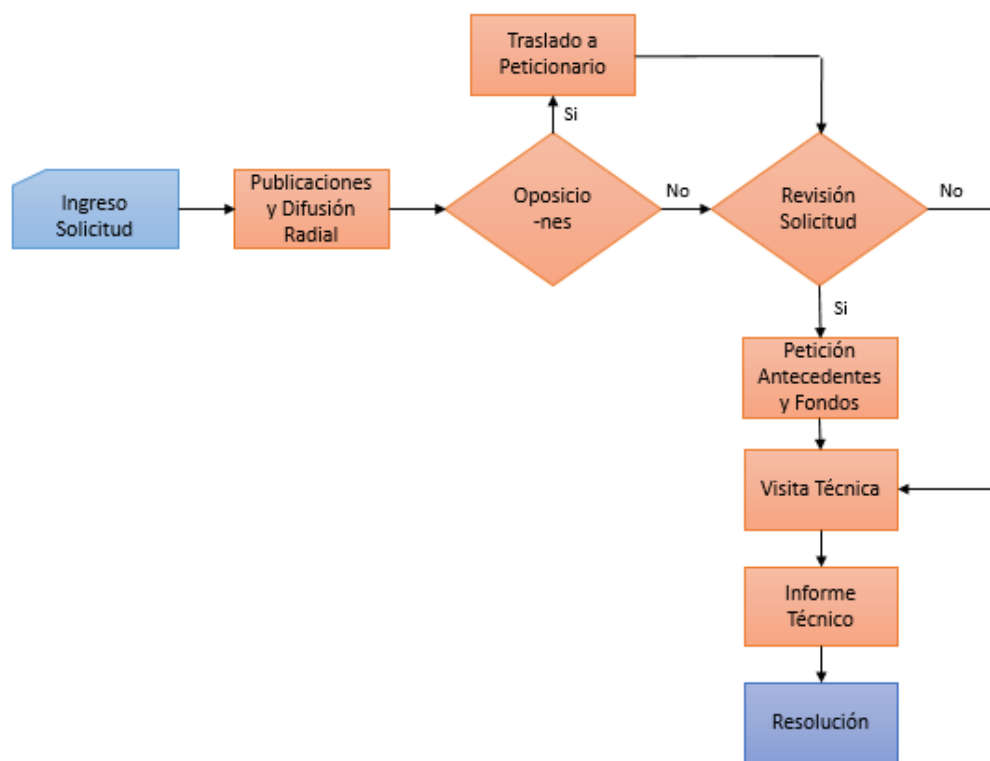


Fig.1: Diagrama de Flujo de Procedimiento Administrativo General

Para el caso de obras de modificaciones de cauces que formen parte de un proyecto mayor, la solicitud debe incorporar todas las obras asociadas y de acuerdo al tipo y magnitud de sus componentes, el estudio podría ser desarrollado de acuerdo con las exigencias del Artículo 294 del Código de Aguas y de los Artículos 151 y siguientes del mismo cuerpo legal¹.

La aprobación de ciertas obras de modificación de cauces naturales, como son las defensas y regularizaciones, quedará supeditada a la aprobación del Departamento de Obras Fluviales de la Dirección de Obras Hidráulicas (Artículo 171 párrafo segundo del Código de Aguas) y primaran los criterios técnicos de este Servicio por sobre las recomendaciones de las Guías de Presentación de proyectos. Lo mismo ocurrirá cuando las modificaciones de cauces naturales o artificiales forman parte de la red primaria de aguas lluvias, conforme a lo establecido en la Ley N°19.525 del año 1997.

¹ Tal es el caso de la modificación de un canal abierto o acueducto de más de 2 m³/s (Art. 294 del Código de Aguas). Lo mismo puede ocurrir con las obras de restitución de derechos de aguas no consuntivos que se originan en una bocatoma (Art. 151 del Código de Aguas)

1.1.2 Descripción de las Etapas

1.1.2.1 Presentación de la Solicitud

1.1.2.1.1 Ingreso de la Solicitud

De acuerdo a lo señalado en el artículo 130 del Código de Aguas, toda cuestión o controversia relacionada con la adquisición o ejercicio de los derechos de aprovechamiento y que según lo señalado en este Código sea de competencia de la Dirección General de Aguas (DGA), deberá presentarse ante la oficina de este servicio del lugar, o ante el Gobernador respectivo, dentro del horario de atención de público establecido por dichas reparticiones. En este sentido, se debe tener presente que la DGA cuenta con oficinas en todas las capitales regionales, pero no en todas las provincias.

A continuación se presentan, regionalmente, las oficinas donde se puede presentar la solicitud, que deberá estar debidamente firmada por el solicitante:

Tabla 1
Oficinas de la DGA a Nivel Nacional

Región	Oficina	Dirección
Arica y Parinacota	Regional	Prat 305, Edificio Público. Arica
Tarapacá	Regional	Tarapacá 130, subterráneo. Iquique
Antofagasta	Regional	21 de Mayo 470, piso 2. Antofagasta
Atacama	Regional	Rancagua 499, Edificio MOP, 1° piso. Copiapó
Coquimbo	Regional	Cirujano Videla, N° 200, La Serena
	Provincial	Vicuña Mackena 328, Ovalle
	Provincial	Esmeralda 246, Illapel
Valparaíso	Regional	Pudeto 56, Quillota
Metropolitana	Regional	Bombero Salas 1351, Piso 5, Santiago
O'Higgins	Regional	Cuevas N° 530, Rancagua
Maule	Regional	Calle 6 oriente 1 y 2 Norte Nro. 1220, Talca
Bío Bío	Provincial	Vega de Saldías 651. Chillán
	Regional	Prat 501, Piso 6, Concepción
	Provincial	Calle Caupolicán S/N, 3° piso Edificio Público, Los Ángeles
Araucanía	Regional	Bulnes 897, Piso 8, Temuco
Los Ríos	Regional	San Carlos 50, Piso 4, Oficina 46, Valdivia

Tabla 1
Oficinas de la DGA a Nivel Nacional (Continuación)

Región	Oficina	Dirección
Los Lagos	Regional	O'Higgins 451, Piso 7, Puerto Montt
Aysén	Regional	Riquelme 465, Block B, Piso 3, Coyhaique
Magallanes	Regional	Croacia 722, Piso 6, Punta Arenas

En el caso que el proyecto se sitúa en una provincia que no disponga de Oficina la DGA, la Solicitud debe ser presentada en la Gobernación Provincial respectiva.

Cuando un proyecto de aprobación de obras involucre riberas de cauces límites de provincias o regiones la solicitud de aprobación de proyecto será presentada de acuerdo a la situación de que se trate.

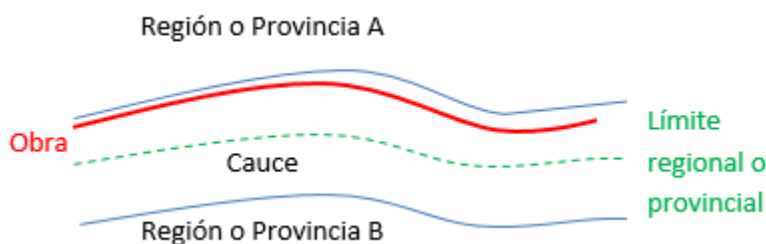


Fig.1: Obra en cauce límite regional o provincial

En este caso, la solicitud se presenta en la oficina DGA o Gobernación correspondiente a la región A, pero se publica y difunde radialmente en ambas regiones o provincias, según corresponda.

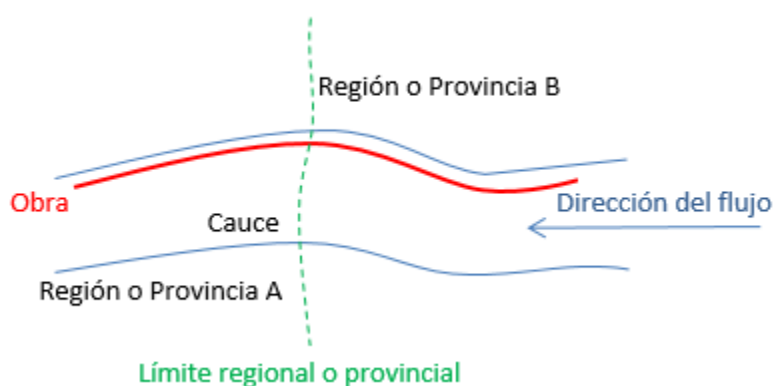


Fig.2: Obra en cauce límite regional o provincial

En este caso, la solicitud se presenta en la oficina cuya jurisdicción corresponde al lugar donde se inicia la obra, vale decir, a la región B. Sin perjuicio de lo anterior, se deberán realizar las respectivas publicaciones y avisos radiales en ambas provincias o regiones, según corresponda.

Será responsabilidad de las oficinas provinciales y/o regionales la debida comunicación y coordinación entre ellas respecto a solicitudes de aprobación de proyectos que involucren cuencas compartidas.

1.1.2.1.2 Contenido Mínimo de la Solicitud

- La individualización del solicitante con su nombre completo y RUT. Se debe individualizar también, cuando corresponda, al representante legal.
- Dirección postal, dirección de correo electrónico, teléfono, etc.
- El nombre del cauce de las aguas donde se desea realizar la Modificación de Cauce, comuna y provincia donde están ubicadas o recorren.
- Ubicación de las obras. Se recomienda que se identifique el inicio y el final de la modificación y que los puntos de los definen sean expresados en coordenadas UTM, Datum WGS 84, indicando el Huso correspondiente.
- Breve descripción de las obras que se solicita aprobar.

1.1.2.1.3 Documentación a Acompañar a la Solicitud

- Fotocopia simple del carné de identidad del peticionario y/o representante legal.
- Cuando corresponda, incluir el poder para representar al peticionario, que debe constar en escritura pública o instrumento privado suscrito ante notario, cuya antigüedad no debe ser superior a 60 días, contados desde la fecha de ingreso de la solicitud hacia atrás.
- Si la peticionaria es persona jurídica, se deben acompañar sus antecedentes legales incluyendo el certificado de vigencia, cuya antigüedad no supere la señalada en el párrafo anterior.
- Acompañar dos ejemplares de la Solicitud y seis Extractos para publicación (timbraje).

- Acompañar el proyecto respectivo de la obra, de acuerdo con los requerimientos señalados en este manual. El proyecto debe venir firmado por un profesional competente. Se deben adjuntar dos copias del proyecto en papel, con su correspondiente archivo magnético.

1.1.2.1.4 Consideración al Contenido

La solicitud puede ser presentada por una persona natural mayor de edad, capaz de actuar en derecho, o una persona jurídica quien actúa por medio de su representante legal. Las personas naturales, en caso de ser necesario para ellas, también pueden ser representadas por un tercero. En ambos casos, se debe acompañar a la solicitud un poder para representar al peticionario que debe constar en escritura pública o instrumento privado suscrito ante notario, cuya antigüedad no debe superar los 60 días contados desde la fecha de ingreso de la solicitud hacia atrás. Por su parte, las personas jurídicas deben proporcionar un certificado de vigencia con la antigüedad.

Será necesario que se fije un domicilio con la finalidad de mantener y facilitar la comunicación entre la DGA y el peticionario a efectos de la tramitación de su solicitud. Se recomienda también indicar un número de teléfono o email con la misma finalidad, y el RUT. Se debe tener presente que un domicilio dentro del radio urbano del lugar donde se presenta la solicitud, agiliza la comunicación entre las partes. En caso de no contar con un domicilio con esas características, es deseable que se comunique un domicilio dentro del radio urbano de una comuna de la provincia correspondiente. Por otro lado, si el solicitante no designa domicilio dentro del radio urbano del lugar donde se presenta la solicitud, toda resolución que dicte el Servicio se entenderá notificada desde la fecha de la dictación de la misma.

Se entenderá vigente el domicilio designado mientras el interesado no comunique formalmente otra dirección, aun cuando de hecho se haya cambiado.

1.1.2.2 Publicaciones y Difusión Radial

La normativa aplicable a esta parte de la tramitación de la solicitud, se encuentra contenida en los siguientes artículos del Código de Aguas:

Artículo 131. Toda presentación que afecte o pueda afectar a terceros deberá publicarse, a costa del interesado, dentro de treinta días contados desde la fecha de su recepción por una sola vez en el Diario Oficial los días primero o quince de cada mes o el primer día hábil inmediato si aquéllos fueren feriados, y en forma destacada en un diario de Santiago.

Las presentaciones que no correspondan a la Región Metropolitana se publicarán, además, en un diario o periódico de la provincia respectiva y si no hubiere, en uno de la capital de la región correspondiente.

La presentación se publicará íntegramente o en un extracto que contendrá, a lo menos, los datos necesarios para su acertada inteligencia. La solicitud o extracto se comunicará, a costa del interesado, además, por medio de tres mensajes radiales.

Estos mensajes deberán emitirse dentro del plazo que establece el inciso primero de este artículo. Al respecto rige el Dictamen N°60633 del 12 de octubre de 2010 de la Contraloría General de República:

- El Código de Aguas no establece una regla que establezca la forma de computar los plazos, por lo que aplica supletoriamente lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 19880².
- La forma de computar el plazo de 30 días es como días hábiles y que para estos efectos, el día sábado es inhábil. De acuerdo a lo anterior, el último día nunca será inhábil de modo que no resulta del caso aplicar lo preceptuado en el inciso final³ del artículo 25 de la Ley 19880.
- Respecto de los días específicos en que debe llevarse a cabo la publicación, primero o quince de cada mes, o primer día hábil inmediato si aquellos fueran feriados; al no estar frente a un cómputo de días no aplica el inciso primero del artículo 25 aludido sino que lo previsto en el artículo 50 del Código Civil. Luego, el día sábado no es un día inhábil.

El Director General de Aguas determinará, mediante resolución, las radioemisoras donde deben difundirse los mensajes aludidos que deberán cubrir el sector que involucre el punto de la respectiva solicitud tales como la ubicación de la bocatoma, el punto donde se desea captar el agua y el lugar donde se encuentra la aprobación de la obra hidráulica, entre otros, además, de los días y horarios en que deben emitirse, como asimismo sus contenidos y la forma de acreditar el cumplimiento de dicha exigencia.

Excepcionalmente, el jefe de la oficina del lugar o el Gobernador, según el caso, dispondrá la notificación personal cuando aparezca de manifiesto la individualidad de la o las personas afectadas con la presentación y siempre que el número de éstas no haga dificultosa la medida.

² Art. 25 de Ley 19880. Inciso primero: *“Los plazos de días establecidos en esta Ley son de días hábiles, entendiéndose que son inhábiles los días sábados, los domingos y los festivos.”*

³ Art. 25 de Ley 19880. Inciso final: *“Cuando el último día del plazo sea inhábil, éste se entenderá prorrogado al primer día hábil siguiente.”*

La difusión radial de las solicitudes se encuentra regulada por la Resolución DGA (Exenta) N° 1235 de fecha 24.04.2015 que establece lo siguiente:

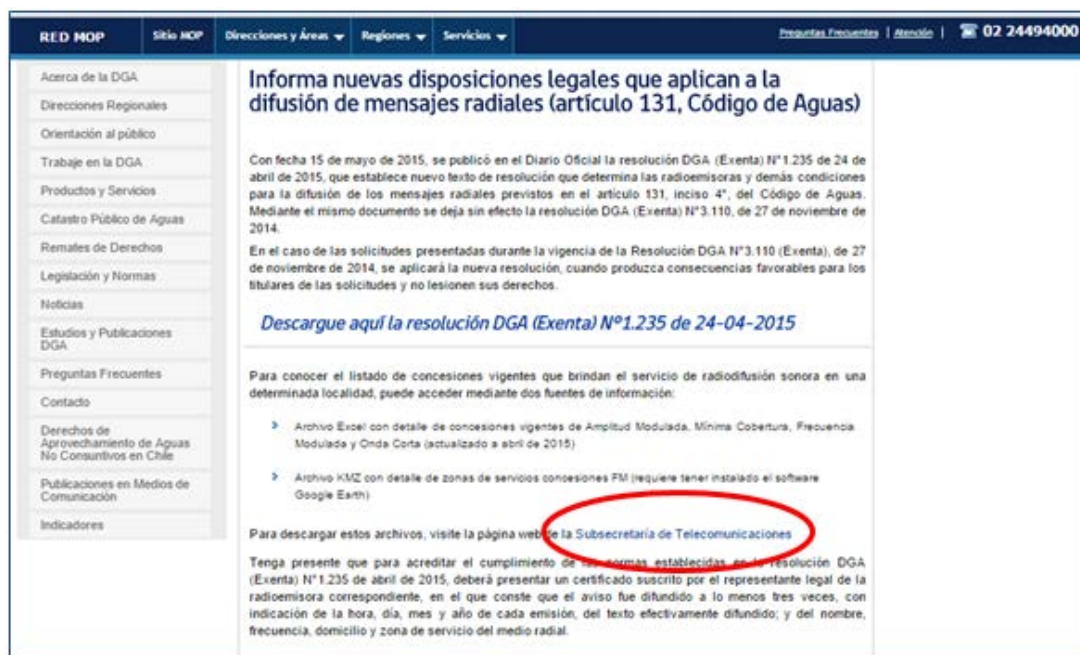
- Las presentaciones a que se refiere el artículo 131 del Código de Aguas, o un extracto de las mismas, que contenga al menos los datos necesarios para su acertada inteligencia, deberán difundirse a costa de los interesados, dentro de los 30 días hábiles siguientes a su ingreso en las oficinas de la Dirección General de Aguas o en la Gobernación respectiva, por medio de tres mensajes radiales, los cuales se difundirán los días 1 ó 15 de cada mes, o al primer día siguiente hábil si aquellos fueren feriados, en cualquier horario entre las 08:00 y las 20:00 horas.
- La difusión de los mensajes radiales deberá efectuarse en alguna de las radioemisoras que figuren en el "Listado de Concesiones vigentes", de la Subsecretaría de Telecomunicaciones del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que tenga zona de servicio en el sector o los sectores que involucre el punto o los puntos de la respectiva solicitud; tales como la ubicación de la bocatoma, el punto donde se desea captar el agua, el punto de restitución de las aguas y el lugar donde se encuentra la aprobación de la obra hidráulica, entre otros.
- Sólo en el caso que no hubiere una radioemisora con zona de servicio en el sector o sectores que involucre el punto o los puntos de la correspondiente petición, se deberá comunicar en una radioemisora con zona de servicio en la capital de la provincia o provincias respectivas de acuerdo al listado referido en el punto anterior.
- El "Listado de Concesiones vigentes" se encuentra disponible en todas las oficinas provinciales y regionales de la Dirección General de Aguas, en el Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA Nivel Central y en las páginas web <http://www.dga.cl> y <http://www.subtel.gob.cl>
- El o la interesado/a deberá acreditar el cumplimiento de estas normas mediante un certificado suscrito por el o la representante legal de la radioemisora correspondiente, en el que conste que el aviso fue difundido a lo menos tres veces, con indicación de la hora, día, mes y año de cada emisión, del texto efectivamente difundido; y del nombre, frecuencia, domicilio y zona de servicio del medio radial.

Para acceder al listado de radioemisoras desde la página web de la DGA, se debe seguir los siguientes pasos:

Al ingresar a www.dga.cl encontrará lo siguiente:



Marcado en rojo se encuentra el link que re-direcciona a la siguiente página:



El link marcado dirige a la página de la SUBTEL donde se puede descargar el archivo Excel que contiene las concesiones vigentes, entre las que se

debe seleccionar la radioemisora con cobertura en el lugar donde se ubica el proyecto de modificación de cauce.



Para realizar una adecuada difusión de la solicitud, debemos recordar lo señalado en el Capítulo 2.2.1.1 Ingreso de la Solicitud, con respecto a los proyectos que involucran riberas de cauces límites de provincias o regiones.

Una vez realizadas las publicaciones y difusión radial, un original de la hoja de cada diario o periódico donde aparece la publicación de la solicitud y el certificado de difusión radial emitido por la radioemisora seleccionada, más una copia de esos documentos, deberán ser ingresados a la oficina de la DGA o Gobernación Provincial, donde se haya presentado la solicitud en un plazo de 15 días corridos. Se aceptarán también fotocopias de la página completa del medio escrito en que se realizó la publicación (debe aparecer claramente la fecha y el nombre de éste), autenticada ante notario.

Si el peticionario detecta un error en las publicaciones o certificado de difusión radial que no sea imputable a él, podrá realizar publicaciones o difusión radial rectificatoria, después del plazo de 30 días que establece el artículo 131 del Código de Aguas para hacer difusión de la solicitud, siempre y cuando la rectificación no altere la solicitud del peticionario ni pretenda salvar una omisión de la misma, de acuerdo a lo prescrito en el dictamen de Contraloría General de la Republica Nº 13.933 de fecha 18.03.2004

Será requisito de la publicación rectificatoria, que se identifique la publicación original con el número de la edición, fecha y nombre del petionario y datos relativos al cuerpo, página y columna.

1.1.2.3 Oposiciones

La normativa aplicable a las oposiciones de las solicitudes se encuentra contenida en los siguientes artículos del Código de Aguas:

Artículo 132- Los terceros que se sientan afectados en sus derechos, podrán oponerse a la presentación dentro del plazo de treinta días hábiles² contados desde la fecha de la última publicación o de la notificación, en su caso.

Dentro del quinto día de recibida la oposición, la autoridad dará traslado de ella al solicitante, para que éste responda dentro del plazo de quince días.

La autoridad a que se refiere el inciso segundo del artículo 132, corresponde a la DGA o Gobernación, dependiendo de dónde fue presentada la solicitud.

Se debe tener presente que dar respuesta a una oposición no es obligación, pero en caso de no recibir respuesta al traslado, la oposición será resuelta con los antecedentes de que disponga el Servicio.

La oposición será resuelta mediante una resolución regional exenta que será notificada o comunicada, al solicitante y al opositor, dependiendo de la designación del domicilio. Si éste fue designado dentro del radio urbano del lugar donde se presentó la solicitud, la resolución debe ser notificada. En caso contrario, se entenderá notificada desde el momento de su dictación, pero será comunicada mediante correo certificado.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 136 del Código de Aguas, las resoluciones que se dicten por el Director General de Aguas, por funcionarios de su dependencia o por quienes obren en virtud de una delegación que el primero les haga en uso de las atribuciones conferidas por la ley, podrán ser objeto de un recurso de reconsideración que deberá ser deducido por los interesados, ante el Director General de Aguas, dentro del plazo de 30 días hábiles² contados desde la notificación de la resolución respectiva.

Si no se presentare Recurso de Reconsideración a la resolución que resolvió la oposición en el plazo de 30 días hábiles² contados desde la fecha de notificación o comunicación de la resolución, se emitirá un certificado que acredite el hecho.

Del mismo modo, si vencido el plazo de 30 días hábiles² contados desde la fecha de la última publicación o difusión radial no se hubieran presentado oposiciones, se emitirá un Certificado que acredite que no se presentaron oposiciones a la solicitud. Es responsabilidad de la oficina donde se ingresa la solicitud (DGA o Gobernación), su certificación.

1.1.2.4 Revisión Formal de la Solicitud

La revisión formal de la solicitud será realizada en forma oportuna por la DGA, y debe considerar los siguientes aspectos:

- a. El contenido mínimo de la solicitud de acuerdo a lo prescrito en el Capítulo 2.2.1.1 Ingreso de la Solicitud de esta guía de presentación.
- b. Correspondencia entre lo señalado en la solicitud y lo publicado: Si existe discrepancia entre lo publicado y lo indicado en la solicitud, ésta deberá ser denegada.
- c. Plazos de publicación y aviso radial. En este último caso, se verificará también el horario de difusión: Si no se cumplen los plazos de publicación o aviso radial (o sus horarios) la solicitud deberá ser denegada por infringir lo establecido en el artículo 131 del Código de Aguas y/o en la Res N° 1.235 del 24.04.2015.
- d. Replanteo de la ubicación de las obras proyectadas en Carta IGM, cuando corresponda. Se verificará que la ubicación de las obras proyectadas se encuentre en el cauce identificado.
- e. Antecedentes técnicos (condiciones generales del proyecto). Se hará una revisión que permita determinar si el proyecto presentado se ajusta técnicamente al contenido de esta guía de presentación.
- f. Antecedentes legales de la persona jurídica y representante legal. Se revisará la documentación proporcionada para verificar que se ajusta a lo requerido en esta guía, tanto en contenido, como en vigencia.

1.1.2.5 Solicitud de Autorización a la Dirección de Fronteras y Límites del Estado DIFROL

Si la solicitud recae en algunas de las áreas definidas como tales, dicha autorización, deberá solicitarse mediante oficio al Gobernador respectivo, quien enviará los antecedentes de la solicitud a la DIFROL para obtener la autorización correspondiente. Se adjuntarán al oficio una copia de la solicitud y una copia del croquis de ubicación.

En el caso de las solicitudes presentadas en las Gobernaciones Provinciales, corresponderá a la Gobernación Provincial respectiva, solicitar la autorización de Difrol.

1.1.2.6 Petición de Antecedentes y Fondos

De acuerdo a lo que establece el artículo 135° del Código del ramo, los gastos que irroguen las presentaciones ante la Dirección General de Aguas, serán de cargo del interesado y los que originen las medidas que dicha Dirección adopte de oficio, serán de cargo de ella.

Si la Dirección estimare necesario practicar inspección ocular determinará la suma que el interesado debe consignar para cubrir los gastos de esta diligencia.

En atención a lo señalado, la DGA podrá requerir fondos al peticionario para realizar una inspección a terreno que permita verificar aspectos técnicos y formales de la solicitud.

Al mismo tiempo, podrá requerir la documentación exigida que haya sido omitida al momento de presentar la solicitud. Del mismo modo, podrá solicitar las aclaraciones y complementos al proyecto de obras diseñado que estime pertinentes.

La petición de fondos y/o antecedentes se efectuará dando al peticionario un plazo prudencial para su entrega, que en general es de 30 días hábiles. Si no diera respuesta al requerimiento en el plazo otorgado, se reiterará la petición dando un plazo que en general es de 15 días hábiles, dejando constancia en esta segunda petición que no dar respuesta a lo solicitado se entenderá como falta de interés en continuar con la tramitación de la solicitud y será denegada.

1.1.2.7 Visita Técnica

Como parte de la tramitación de la solicitud de aprobación de proyecto de modificación de cauce se realizará una visita a terreno que tiene como finalidad conocer y verificar las condiciones del terreno previo a la construcción de las obras proyectadas y verificar in-situ la ubicación de las obras proyectadas.

Se debe tener presente que se llevarán a cabo otras visitas que consideran inspección en la etapa de construcción de la obra y recepción definitiva de la misma.

En etapa de construcción puede realizarse más de una inspección ocular, dependiendo de la magnitud de la obra. Por otro lado, si se hicieran

modificaciones al proyecto original se requerirán nuevas inspecciones oculares por parte del personal de la Dirección General de Aguas.

1.1.2.8 Etapa Resolutiva

Una vez que se han revisado los antecedentes y hechas las verificaciones correspondientes, la Dirección General de Aguas procederá a dictar una Resolución Exenta mediante la cual aprueba el proyecto y autoriza la construcción, o bien, lo deniega.

En el caso de una Resolución de aprobación, se podrán establecer los plazos para la ejecución del proyecto y otras consideraciones relacionadas.

1.1.2.9 Recepción Definitiva de las Obras

Para la recepción definitiva, la obra debe estar completamente terminada, y ejecutada conforme a los planos, especificaciones técnicas y demás antecedentes aprobados por el Servicio

La solicitud de recepción definitiva de las obras se hará por medio de una carta dirigida al Director Regional de Aguas de la región respectiva, poniendo en conocimiento el término de la etapa constructiva y solicitando la recepción de las obras. Se deberá acompañar un informe del constructor en que se detallen las medidas de gestión y de control de calidad y apego al diseño aprobado adoptadas durante la obra y la certificación de su cumplimiento.

Para mayor detalle, remitirse a la ***Guía Metodológica para Solicitud de Recepción de Proyectos de Bocatomas y Modificación de Cauces.***

1.2 Requisitos Medioambientales

Toda solicitud de modificación de cauces, de competencia de la Dirección General de Aguas, y ya sea que recaigan en cualquier área bajo protección ambiental⁴ o formen parte de un proyecto mayor que requiere ser evaluado ambientalmente⁵, deberá contar con la correspondiente Resolución Calificatoria Ambiental (RCA) favorable en forma previa a la resolución final de este Servicio.

Si al proyecto en la evaluación ambiental se le otorga una RCA de rechazo, la solicitud de aprobación de la obra será denegada.

⁴ Artículo 10 letra p) de la Ley 19300

⁵ Obras mayores, artículo 294 del Código de Aguas

VOLUMEN 2 PRESENTACIÓN TÉCNICA



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADMINIST. DE RECURSOS HIDRICOS**

2. Objetivo de la Guía

El objetivo de la presente Guía es entregar las indicaciones mínimas que debe tener presente el Titular del proyecto en la preparación del proyecto técnico, conforme la normativa vigente y a las recomendaciones técnicas aceptadas en la actualidad.

2.1 Recomendación General

El desarrollo de esta Guía está fundamentada en la necesidad de disponer de un documento de apoyo que permita la aplicación adecuada de las exigencias normativas y técnicas vigentes. Se basa en la experiencia acumulada por la Dirección General de Aguas en este tipo de proyectos, manuales de diseño, documentación académica y normativas extranjeras.

La estructura mínima del proyecto es sugerida y debe complementarse de acuerdo al tipo de proyecto y a los requerimientos específicos de las especialidades que complementan la justificación técnica del diseño.

2.2 Estructura del Proyecto Técnico

2.3 Estructura General

El proyecto técnico se estructurará en base a una Memoria y Anexos.

2.3.1 Memoria

Este documento incluirá:

- Índice
- Antecedentes generales. Individualización del Solicitante
- Ubicación del proyecto
- Alcances y Descripción del Proyecto
- Diseño de las Obras
- Cronograma del Proyecto

2.3.2 Anexos

Los anexos que deben acompañar la presentación son los siguientes:

- Estudios Básicos: Topografía, Hidrometeorología, Mecánica de Suelos, Geotécnia, Mecánica Fluvial, Estudio Sísmico.
- Modelación hidráulica.
- Cálculos de especialidad: hidráulica, estructural, eléctricos, etc.
- Planes o Normas de Operación Normal y de Emergencia, Control y Monitoreo.

- Especificaciones técnicas.
- Plan de manejo de cauce durante la etapa de construcción.

2.3.3 Planos

Los planos a acompañar, si bien depende del tipo de solución adoptada, en general son los siguientes:

- Planos cartográficos
- Planos generales de modelación hidráulica
- Planos de obras y detalles

2.4 Presentación del Proyecto y Versiones Corregidas

El proyecto técnico que forma parte del expediente, se ingresará en 2 copias en papel. Los textos se imprimirán en formato Carta y los planos en Formato A1⁶.

Los archivos digitales de textos se presentarán en formato PDF o Word y los planos en formato CAD versión 2000. Los archivos que generan los modelos digitales construidos con el software HecRas deben igualmente acompañarse, así como cualquier otro archivo de salida del que se obtengan resultados que formen parte del proyecto.

Los documentos deberán indicar la versión, siendo la Edición A la inicial a presentar a la DGA. Las versiones corregidas se denominarán Edición B y siguientes; y Edición 0 la final a aprobar por la DGA y válida para la construcción de las obras. En particular, los planos deberán tener un Código único y que permanecerá para las distintas versiones o ediciones.

Las correcciones efectuadas al proyecto derivado de las observaciones que realice la DGA, deberán ingresarse en forma completa: textos y planos, en la Edición correspondiente y deberá reemplazar totalmente la anterior.

La carta conductora del expediente corregido debe incluir una Minuta que explique la forma en que se atendió la observación y en qué documento se encuentra.

⁶ El dibujo debe permitir la impresión nítida reducida al 50% en formato A3.

2.5 Requerimientos del Proyecto Técnico

2.5.1 Antecedentes Generales

2.5.1.1 Individualización del Solicitante

El titular del proyecto, ya sea persona natural o jurídica, deberá estar individualizado presentando la siguiente información:

- Nombre
- Razón Social
- RUT
- Giro
- Dirección Comercial
- Representante Legal
- CI Representante Legal
- Teléfono
- Correo electrónico

2.5.1.2 Ubicación del Proyecto

Se incluirá la ubicación de las obras señalando la coordenada UTM del Inicio y del Fin de Proyecto y de la ubicación precisa de sus componentes, si procede; en Datum WGS84 y el huso correspondiente; comuna, provincia y región.

Se señalarán las vías principales de acceso al proyecto acompañado de un croquis con la red vial.

Se indicará el nombre del cauce donde se emplaza o se modifica la obra, la cuenca y subcuenca a la cual pertenece de acuerdo a la delimitación vigente de la DGA. En el caso de proyecto en cauces artificiales, se deberá indicar el nombre del canal matriz y el cauce natural en el cual se origina.

2.5.1.3 Descripción de las Obras

Se incluirá una descripción detallada de las obras que se someten a aprobación, numerándolas en caso de ser más una y estableciendo claramente el circuito de las aguas. De ser necesario para una mayor comprensión, se incluirá una descripción sistemática del flujo de agua con un diagrama sinóptico.

Se indicarán las características fundamentales de las obras de modo que la sola descripción entregue las dimensiones, materialidad y magnitud de ellas.

Dado que existe una gran variedad de obras de intervención de cauces, debe señalarse si estas serán permanentes o temporales, continuas en el tiempo o estacionales.

2.5.2 Estudios Básicos

2.5.2.1 Topografía

2.5.2.1.1 Contenido General

Se incluirá un capítulo con la descripción breve de la topografía ejecutada indicando:

- Proyección cartográfica.
- Puntos de referencia enlazados a los PRs oficiales de la red geodésica nacional o bien; establecidos geodésicamente y para lo cual deberá adjuntarse el informe respectivo (equipo utilizado, fecha, etc.).
- Planta y perfiles medidos.
- Formato de salida de la información.

2.5.2.1.2 Planta

Como mínimo la planta levantada en el cauce deberá tener una extensión de 100 m hacia aguas arriba y 100 m hacia aguas abajo de la obra de intervención. Se deben incluir las singularidades, elementos relevantes y toda estructura que derive en un control hidráulico del flujo: infraestructura pública y privada, emisarios, bocatomas de canales, defensas fluviales, postaciones, atraviesos, marcos de reparto, cercos, etc.

La planta deberá incluir la ubicación de los perfiles transversales tomados en terreno. Las curvas de nivel, de acuerdo a las características del cauce, estarán separadas a 50 cm, pudiendo ser menor el intervalo conforme a las características del relieve y las obras

El tramo señalado deberá extenderse si no fuera posible independizar las condiciones de frontera en los extremos de la obra de intervención, quedando a criterio del proyectista y según el trabajo fluvial a desarrollar, definir la extensión a medir.

2.5.2.1.3 Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal del tramo se referenciará por un eje por el fondo del lecho y que debe permanecer para los análisis en condición Sin y Con Proyecto. Debe incluirse en el perfil las riberas izquierda y derecha.

Las escalas horizontal y vertical de preferencia tendrán una razón 10:1; se indicarán las distancias parciales y acumuladas (kilometraje), cota de fondo de lecho, cotas de ribera izquierda y derecha. Se dibujará desde aguas arriba hacia aguas abajo.

2.5.2.1.4 Perfiles Transversales

Los perfiles transversales deberán cubrir el lecho más una franja de márgenes que dependerá del relieve y de las características del sector, definido para tal efecto por el especialista hidráulico: Perfiles batimétricos.

Estarán separados a una distancia de 20 m, la cual podrá aumentarse en función del cauce y debidamente justificado por el proyectista, no aceptando una distancia superior a 50 m⁷.

Los perfiles indicarán distancia acumulada y cota, no aceptándose perfiles en que deba ser interpolada la cota o distancia en las inflexiones del terreno. Se dibujarán de acuerdo al escurrimiento, aguas arriba hacia aguas abajo.

Las escalas horizontal y vertical estarán preferentemente en una relación 10:1, se indicarán las distancias parciales y acumuladas, mostrarán ambas riberas, punto cero a la izquierda, número de perfil y kilometraje de acuerdo a la Planta

2.5.2.2 Hidrología

Para la caracterización fluviométrica del cauce natural a intervenir, el análisis hidrológico será realizado en base a las técnicas aceptadas y tendrá que generar principalmente caudales máximos para el diseño.

En el caso de intervenciones de cauces artificiales, en especial de canales de riego, el caudal de diseño corresponde al gasto del derecho de aprovechamiento, sin perjuicio de otros aportes⁸, y podrá determinarse en base al gasto medio mensual asociado a una probabilidad de excedencia⁹.

⁷ Esta distancia se aplicará de acuerdo a la extensión de la topografía y en tramos homogéneos

⁸ Los que deben ser ponderados y comparados

⁹ Regularmente los repartos de aguas en Chile se realizan en función del caudal natural medio mensual con 85% de probabilidad de excedencia

En este caso, le será aplicable la misma metodología que se describe para los caudales máximos.

Se hace la salvedad que para los canales que portean aguas lluvias, el caudal de diseño debe estar acorde a los criterios que la Dirección de Obras Hidráulicas ha definido en sus documentos normativos¹⁰.

2.5.2.2.1 Caudales Máximos en Cuencas Pluviales

a) Cuenca que dispone de Información Fluviométrica

En el primer caso y existiendo similitud física e hidrológica¹¹ y de intervención, se deberá construir una serie transpuesta de caudales a partir de los datos de la estación fluviométrica de control¹². Las características fisiográficas y las precipitaciones deben justificarse con una adecuada cartografía y cartas base¹³.

A estos resultados, se le hará un análisis de frecuencia estimando los caudales para diferentes períodos de retorno. Se deberán aplicar al menos 3 modelos probabilísticos que represente adecuadamente la muestra y pudiendo escoger entre las siguientes funciones de distribución:

- Normal
- Log-Normal
- Pearson
- Log-Pearson
- Gumbel

A todas las funciones se les aplicarán test de bondad para seleccionar la o las que tengan mejor ajuste.

Se aceptará estudios hidrológicos realizados por entidades gubernamentales competentes (DOH, DGA, CNR, etc.) y Consultoras del rubro, con las debidas justificaciones y ajustes que validen sus resultados a la sección del cauce en estudio y siempre que no tenga una antigüedad mayor a 10 años. Se deberá acompañar el estudio base.

¹⁰ Manual de Drenaje Urbano, DOH, Octubre de 2013

¹¹ Estudiar las relaciones morfométricas entre las cuencas para justificar la aplicación de la Transposición o de la correlación entre cuencas vecinas

¹² Se deberá analizar los datos entregados por la Red Hidrométrica Nacional, haciendo los rellenos y extensiones que sean pertinentes

¹³ Se podrá usar el Balance Hídrico de Chile. DGA, 1987

b) Cuenca Sin Información Fluviométrica

En el caso de Cuencas No Controladas, se distinguirán aquellas de área aportante menor a 20 Km² de las que poseen una superficie mayor.

Cuencas de Áreas Menores a 20 Km²

Se podrá aplicar, entre las metodologías aceptadas, el Método Racional, el cual está suficientemente extendido en el país.

Las características fisiográficas deben justificarse con una adecuada cartografía y con el uso de parámetros morfométricos.

Deberá justificarse, para las características de la cuenca, el uso de la expresión que determina el tiempo de concentración. El tiempo mínimo a adoptar será de 10 minutos.

La intensidad de la lluvia de diseño requerirá de un estudio detallado en base a la información pluviométrica disponible y las sugeridas por estudios anteriores. En todos los casos, deberá presentarse la curva IDF adoptada para la zona de proyecto. La expresión de Grunsky y otras como las del PHI-Lac no se aceptarán sin un análisis comparado y crítico con otras metodologías.

El cálculo del caudal máximo es directamente proporcional al Coeficiente de Escorrentía, por lo que es un parámetro fundamental en la aplicación del método. Su estimación deberá ser justificada en base a métodos comparados y factores de mayoración en función del período de retorno.

Cuencas de Áreas Mayores a 20 Km²

El Método Racional pierde su aplicabilidad al no cumplir con las hipótesis de uso. Por tal razón, se podrá recurrir al uso de tres metodologías: Hidrograma Unitario Sintético (HUS), análisis regional de crecidas contenido en el denominado método DGA-AC y por último, Verni-King modificado. Obtenidos los resultados, se usará el que otorgue las condiciones más exigentes para el proyecto o el criterio que justifique el especialista.

Estos métodos requieren de un adecuado estudio de la precipitación base, el cual deberá estar incluido en este capítulo, y de las caracterizaciones del tipo de suelo y sus grados de saturación.

En todos los casos, se incluirá toda la información y cálculos que respalden los resultados.

Uso de Otros Métodos

El especialista hidráulico podrá proponer otros métodos no descritos en la presente Guía, para lo cual deberá entregar toda la información respectiva y sus resultados compararlos con los métodos anteriormente señalados.

2.5.2.2.2 Caudales Máximos en Cuencas Nivales

De no contar con registros o mediciones directas, se deberá aplicar el análisis regional de crecidas de deshielo propuesto por la DGA en el Manual del año 1995¹⁴ teniendo en consideración las restricciones propias del método¹⁵. Además, se exigirá estimar la Crecida de Deshielo Máxima Probable (CDMP) propuesto por Peña et al (1985-89).

Para el diseño se debe adoptar el resultado que el especialista hidráulico estime más adecuado, ya que el método para estimar la CDMP es determinístico y el caudal máximo está determinado por factores hidrológicos y meteorológicos, sin depender de un período de retorno.

2.5.2.2.3 Caudales Operacionales en Canales de Riego

Los caudales de los canales de riego poseen un curva de variación estacional que es función de la demanda evapotranspirativa de los cultivos. Luego, se debe establecer el mes de máximo consumo para calcular el caudal de operación normal que forme parte del diseño.

Si no hay indicación en contrario, se usará el caudal medio mensual para estimar el caudal con 85% de probabilidad de excedencia, utilizando al menos 3 funciones de distribución. El gasto en la sección de canal en estudio se obtendrá de la proporción alícuota que le corresponda.

Solo en los casos que no se disponga de registros de caudales del canal matriz ni del cauce fuente, se podrá determinar el gasto máximo mediante la estimación de la capacidad de porteo, incluyendo la revancha o borde libre. Para ello se debe modelar hidráulicamente el canal¹⁶ en un tramo suficientemente largo para generar un régimen uniforme. Si el sector de proyecto no permite entregar resultados confiables de la modelación, puede optarse por un tramo aguas arriba o abajo que mantenga el mismo flujo.

Estos resultados deben compararse con los informados por la Organización de Usuarios para el tramo en el cual se produce la

¹⁴ Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluvimétrica. DGA, 1995

¹⁵ Límites de áreas nivales y regiones de aplicación del método

¹⁶ Podrá usarse un modelo numéricos como HEC-RAS o cálculos discretos

intervención y con la capacidad de porteo de cauce. Se deberá incluir un Certificado de la organización.

En el caso que el cauce colecte aguas lluvias, debe establecerse para el diseño la frecuencia operacional de esta condición¹⁷ y el caudal máximo asociado a períodos de retorno. Se podrá aplicar cualquiera de las metodologías descritas para el cálculo de los caudales máximos siempre que se cumpla con las hipótesis de uso.

2.5.2.2.4 Gasto Detrítico

En los casos en que se requiera estimar el gasto sólido para fines de diseño y distintos a los de una caracterización mecánico fluvial durante crecidas, se propondrá la metodología respectiva pudiendo utilizar serie de caudales medios diarios que permitan describir condiciones medias y mínimas.

Se deberá optar por aquellos métodos que determinen la concentración de sólidos en la mezcla

2.5.2.3 Estudios Geotécnicos

Los alcances del estudio geotécnico deberán definirlo los especialistas hidráulico y estructural en función de las dimensiones de la obra, puesto que sus resultados será un insumo para el diseño de la estructura de captación.

La prospección del suelo de fundación de los elementos estructurales se hará por medio de pozos de exploración, zanjas, sondajes y/o métodos geofísicos. El Informe Geotécnico incluirá:

- Metodología empelada en el estudio.
- Registro de las exploraciones en terreno.
- Pruebas de campo y de laboratorio.
- Análisis técnico.
- Resultados y recomendaciones de diseño.

La enumeración anterior es general y podrá adecuarse o modificarse en función de las necesidades del proyecto.

¹⁷ La generalidad es que las escorrentías máximas de aguas lluvias ocurren en los meses de invierno y los canales operen en primavera-verano

2.5.3 Modelaciones Hidráulicas

2.5.3.1 Alcances de la Modelación

El modelo hidráulico tendrá por finalidad simular la escorrentía sobre el cauce respectivo tanto en la condición original, la que se denomina Sin Proyecto, como con la obra que se somete a revisión ejecutada, la cual se identifica como Con Proyecto.

El especialista hidráulico deberá proponer el tipo de modelación a emplear asumiendo que se deberá contar, para las dos condiciones indicadas, con determinaciones del eje hidráulico asociados a los caudales de diseño y de verificación.

Dada la extensión del uso de softwares, la presente Guía entrega lineamientos para su aplicación. No obstante, podrá aceptarse análisis hidráulicos directos efectuados en forma discreta, pero que en su totalidad, represente adecuadamente el comportamiento hidráulico.

En los casos en que no sea posible la aplicación de un software de modelación por exceder su hipótesis de uso, se deberá presentar la metodología empleada y cálculos respectivos.

Hasta donde las condiciones del escurrimiento lo permitan, el modelo será esencialmente unidimensional de lecho fijo en régimen permanente.

En el caso de flujos transitorios con lecho fijo, deberá aplicarse un modelo que resuelva las ecuaciones de Saint-Venant para el ruteo de los flujos en crecidas. Se aceptará el modelo simplificado que incluye el software HEC-RAS¹⁸ u otro similar.

Otras condiciones no detalladas en la presente Guía deberán ser propuestas y desarrolladas en el proyecto técnico.

2.5.3.2 Parámetros de la Modelación

2.5.3.2.1 Caudales de Modelación

Los estudios hidrológicos permitirán estimar los caudales para lo cual se correrán los modelos. Los métodos están descritos en los capítulos anteriores y la adopción de uno u otro gasto dependerán del tipo de proyecto y de la seguridad que requiera la obra, materia que se aborda en el Capítulo 4.5 *Diseño Hidráulico*.

¹⁸ Modelo del Hydraulic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineering

2.5.3.2.2 Coeficientes de Rugosidad¹⁹

El coeficiente de rugosidad de la sección y el tramo a estudiar se calculará en base a una inspección detallada del lecho, taludes y márgenes.

Para los cauces naturales de lecho fijo se utilizará el Método de Cowan. Siendo la rugosidad base el factor primario de este método, deberá justificarse adecuadamente en el proyecto²⁰.

Las tablas que entregan valores de modo directo²¹ solo se usarán en casos muy justificados, como son los cauces artificiales.

Se deberá incluir reportaje fotográfico que muestre el cauce y permita corroborar los valores de rugosidad adoptado.

2.5.3.2.3 Condiciones Hidráulicas de Borde

Se deberá indicar y justificar las condiciones de frontera que se adopten para el modelo, las cuales dependerán del régimen de escurrimiento que se adopte.

Se distinguirán tres situaciones: Régimen supercrítico, régimen subcrítico y régimen mixto. Cada una de ellas implicará que la condición de contorno sea aplicada en determinada sección de análisis.

Se deberá señalar el régimen hidráulico en que se correrá el modelo.

En el caso que exista una condición que permita asegurar una cierta condición de borde, se deberá iterar entre las posibles condiciones posibles y verificar que estas no alteran las condiciones de flujo en la zona de interés, o en su defecto se deberá considerar la condición más desfavorable (o conservadora), según el propósito del proyecto.

¹⁹ También conocido como “n de Manning”

²⁰ Se sugiere utilizar la ecuación de Strickler para cauce naturales

²¹ La más utilizada es la incluida en el texto “Hidráulica de Canales”, Ven T. Chow, 1959

2.5.3.3 Modelo Numérico

2.5.3.3.1 Modelos Comerciales y Libres

La adopción del modelo numérico deberá ser explicada y justificada en el proyecto.

Destaca el software libre HEC-RAS el cual puede ser aplicado con las limitaciones propias de sus propias hipótesis: Régimen permanente y unidimensional. Pese a su simplificación en la propagación de crecidas, es una aproximación suficientemente adecuada para la predicción de las elevaciones del eje hidráulico.

En general, se podrán utilizar todos los softwares que tengan suficiente respaldo técnico y sean de uso extensivo en otros países. Dentro de los más conocidos, además del HEC-RAS, se citan:

- Mike Flood
- Sobek
- Isis Flow
- Telemac
- SMS Rma2
- Guard 2D
- Iber

2.5.3.3.2 Resultados e Interpretación de Resultados

Una vez que se haya establecido la aplicabilidad del modelo y el cumplimiento de las condiciones para su uso, se correrán en conformidad al régimen hidráulico que previamente se haya determinado.

El proyecto incluirá los resultados del modelo numérico empleado. Como mínimo se presentarán:

- Tabla numérica de resultados, en español y con unidades métricas.
- Perfil longitudinal del eje hidráulico.
- Salidas gráficas y numéricas de perfiles transversales. Los perfiles transversales incluidos en la modelación deberán ser los mismos y compartir la misma nomenclatura y numeración que los presentados en los planos en la condición Sin y Con Proyecto.
- Análisis de errores, advertencias y restricciones a la modelación, si aplica.

Se hará una interpretación hidráulica de lo obtenido de la modelación distinguiendo los tramos homogéneos, régimen hidrológico, análisis de las velocidades del flujo, etc. En particular, se caracterizará la o las secciones en que se desarrolla el proyecto.

Se identificarán y seleccionarán de este análisis, los resultados que constituyan parámetros necesarios para el diseño hidráulico o cálculos complementarios.

2.5.3.4 Casos Especiales

En aquellos proyectos de obras hidráulicas que necesiten de análisis especiales y no sea posible ajustar un modelo numérico como los descritos, se detallará la metodología empleada para el cálculo del eje hidráulico y se presentarán todos los resultados obtenidos y una gráfica con su elevación²².

2.5.4 Mecánica Fluvial

2.5.4.1 Caracterización Granulométrica del Lecho

La mecánica fluvial que se analizará en el estudio de proyectos de modificación de cauces se referirá en forma especial al cálculo de las socavaciones generalizadas y en las estructuras diseñadas. Por lo que las materias relacionadas con ondas sedimentarias, transporte de sedimentos, procesos de degradación y abrasión; si bien no pueden ser excluidas, quedarán a criterio del especialista su incorporación y los métodos usados en el cálculo.

Los estudios que caractericen el lecho se basarán en análisis granulométricos ya sean normales o integrales (macrogranulometrías), dependiendo del tipo de sedimento presente en el lecho (finos o gruesos).

La cantidad de ensayos dependerá del tipo de obra y quedará a criterio del especialista, el cual deberá justificar el criterio adoptado.

En casos calificados y para obras menores, lo cual quedará a criterio de la DGA, se aceptará el uso de estudios anteriores siempre que poseen una antigüedad no mayor a 5 años. Deberá acompañarse los antecedentes respectivos.

²² Tal es el caso del cálculo del eje hidráulico en rápidas de descarga y estudios de fenómenos de ondas cruzadas, cavitación e incorporación de aire al flujo

2.5.4.2 Cálculos de Socavación

2.5.4.2.1 Socavación General

a) Características del Fenómeno

La socavación general es un factor determinante en el diseño de obras implantadas en el cauce y de estructuras y elementos que atraviesan bajo éste. El proceso de socavación en un cauce fluvial se verifica cuando ocurre una profundización del lecho en un tramo determinado.

Los métodos sugeridos se basan en la condición que la velocidad del escurrimiento iguale la velocidad crítica de arrastre. No obstante, el especialista podrá proponer otras metodologías debidamente fundamentadas.

b) Cálculo de la Socavación General

Los métodos a aplicar dependerán de las características de los sedimentos del lecho, distinguiendo:

- Sedimentos finos.
- Sedimentos gruesos.
- Suelos No Cohesivos.
- Suelos Cohesivos.

Bajo estas premisas, se podrá usar el Método de Neill y el de Lischtvan-Levediev. Como recomendación para la aplicación de estos métodos²³ se tendrá presente:

- El método de Neill supone que la máxima socavación ocurre para una condición hidráulica dada. Lischtvan-Levediev no considera esta condición externa.
- El Método de Neill entrega valores mayores a los de Lischtvan-Levediev, por lo que es recomendable usar valores intermedios.
- El Método de Neill no se puede aplicar para suelos cohesivos.

²³ Manual de Carreteras, Vol.3, Capítulo 3.707.405(3). Edición 2012

- Cuando la zona más profunda de la sección del cauce migra hacia un costado, se debe desplazar la zona al calcular socavaciones locales.
- No es conocido el origen y verificación experimental del método de Lischtvan-Levediev.

c) Cálculo de la Socavación Local

Se distinguen numerosas fórmulas para el cálculo de la socavación local dependiendo de la estructura presente. Se sugiere recurrir al Manual de Carreteras, Vol.3, en el cual se proponen diversos métodos adecuados a las características del elemento y el suelo presente. Se distinguen:

- Socavación local al pie de pilas.
- Socavación local en extremo de estribos y espigones.
- Socavación local aguas abajo de estructuras hidráulicas: Barreras vertedoras, radiers aguas abajo de compuertas, radiers al pie en ríos, pie de alcantarillas y ductos de descarga

El especialista deberá seleccionar la aplicabilidad del caso respectivo de acuerdo al diseño de la obra de intervención del cauce.

2.5.5 Diseño Hidráulico

2.5.5.1 Período de Retorno de Diseño

Para el caso de obras definitivas, el período de retorno mínimo para el diseño²⁴ serán los siguientes:

Tabla 1
Períodos de Retorno
Diseño de Obras de Modificación de Cauces (años)

Tipo de Obra	Detalle	Diseño	Verificación
Atravesos	con Sobre Cauce	50	100
ductos	Bajo Cauce	100	150
Atravesos	con Puentes	100	150
estructura vial	Alcantarillas	50	100

²⁴ Tabla aplica principalmente en cauces naturales. Para la modificaciones de cauces artificiales deberá estudiarse si es posible asignar un período de retorno al diseño

Descargas	Ductos	100	150
	Restitución de caudal	100	150
Modificación trazado	Abovedamiento	100	150
	Contorno abierto	100	150
Regularización	Cauce natural	100	150
Defensas Fluviales	Cauce natural	100	--

Se considera que la elevación del nivel de aguas para el caudal de verificación no debe superar la cota superior del borde libre adoptado o revancha, la cual deberá ser propuesta y justificada por el especialista hidráulico en los casos en que no esté expresamente señalada en la presente Guía.

En aquellas obras que exista competencia de la DOH, p. ej. Colectores primarios de aguas lluvias; la adopción del período de retorno no debe contravenir las disposiciones respectivas de este Servicio.

Para aquellas obras que no estén incluidas en la Tabla 1 y para el caso en que se desee adoptar un valor diferente en las obras a someter a aprobación en la DGA; se deberá proceder como se explica en los párrafos que siguen e incluir la suficiente argumentación respecto de la seguridad y vida útil del proyecto.

La imposición de un determinado período de retorno de diseño se relaciona con el fundamento estadístico del riesgo de falla. Para tales efectos, se considera la relación existente entre la probabilidad de excedencia del evento hidrológico, la vida útil de la obra y el riesgo de falla aceptable. La probabilidad que no falle la obra durante el transcurso de su vida útil implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, segundo año y así sucesivamente.

Luego, como alternativa a los valores indicados en la Tabla 1, el período de retorno de diseño podrá ser estudiado y propuesto en el proyecto. Este análisis se exigirá especialmente en obras situadas en sectores poblacionales que impliquen riesgos a terceros.

Los casos particulares en que los elementos que interfieran el cauce sean diseñados para períodos de retorno bajos o con la aceptación de un mayor riesgo de falla y dispongan de cuerpos normativos en el país²⁵; se podrá aceptar valores similares a los adoptados en esos diseños para el cálculo hidrológico, siempre que se demuestre que el proyecto no afectará al cauce ni a terceros en los eventos que sea superado el período de retorno.

²⁵ Tal es el caso de la Guía de Diseño del MINVU, 1996; y el Manual de Drenaje Urbano, DOH, 2013; para el diseño de soluciones de aguas lluvias

Los proyectos que incorporen obras diseñadas con un período de retorno menor al señalado en la Tabla 1, incorporarán un Plan de Operación y Contingencia ante eventos extraordinarios.

2.5.5.2 Cálculos Hidráulicos

2.5.5.2.1 Caracterización de la Obra y Cauce a Intervenir

Se detallará en base a la caracterización de la obra, cual es y en que consiste la intervención del cauce según lo señalan los artículos 41 y 171 del Código de Aguas, definiendo los límites del proyecto que se somete a aprobación y de competencia de la DGA.

Del mismo modo, se caracterizará el cauce a ser intervenido, ya sea natural o artificial, describiendo su comportamiento hidráulico normal.

En general, la obra de intervención (Con Proyecto) deberá mantener el escurrimiento en condiciones similares a las originales (Sin Proyecto), no producir peligro a las personas ni generar alteración a la calidad de las aguas.

2.5.5.2.2 Tipología de la Obra de Intervención

Para los efectos metodológicos de la Guía, se agruparan las obras en aquellas que interfieren cauces naturales, de las que modifican cauces artificiales, proponiendo pautas generales que deben ser asumidas como recomendaciones mínimas para la elaboración del proyecto.

Luego, se diferenciarán los tipos de obra de acuerdo al tipo de cauce y se desarrollará la Guía en torno a cuatro tipos de obras específicas que, no obstante, engloban a gran parte de las indicadas en la Tabla 1. Del mismo modo, un solo proyecto pueden contener varias de estas obras y el análisis podrá combinarse.

Para otros tipos de intervenciones podrá aplicarse lo que corresponda de la presente Guía y desarrollar una metodología propia y debidamente justificada.

Obras en Cauces Naturales

- Atravieso por Sobre o Bajo Lecho.
- Descarga con Ducto o Restitución de Caudal.

Obras en Cauces Artificiales

- Atraviesos por sobre o Bajo Canal.
- Modificación de Trazado y Sección Transversal.

La generalidad de lo que se expondrá hace referencia a que los atravesos correspondan a ductos o elementos de conducción de líquidos. No obstante, lo que se indique será plenamente válido para otro tipo de estructuras a emplazar en los cauces. El proyectista propondrá y justificará la metodología empleada, la que deberá contar con la aprobación por parte del revisor de la DGA, quedando al criterio del proyectista cumplir con los mínimos exigidos en lo que sea atingente.

2.5.5.2.3 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Naturales

a) Atraveso por Sobre y Bajo Lecho

En este tipo de obra se contemplan los cruces de ductos y las estructuras para el tránsito (puentes y alcantarillas).

Se deberá presentar en el proyecto una descripción técnica del atraveso, incluyendo y sin ser excluyente:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales.
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

El diseño debe considerar los siguientes aspectos:

Desde el punto de vista hidráulico fluvial

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva, se considerará al menos, hasta las trazas de inundación que marque para el período de retorno de diseño. En las zonas de planicies de inundación que exceden ampliamente el álveo, el especialista debe definir hasta donde se considerará que las obras

forman parte del proyecto que se somete a aprobación sectorial de la DGA.

- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica.

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos²⁶.
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Atravesos bajo cauce deben efectuarse a una profundidad²⁷ mayor que la socavación calculada con un mínimo de 1 m. Se permitirán cruces bajo lecho a profundidades menores solo con protecciones calculadas para resistir el flujo en crecida y la abrasión (dados de refuerzo, encamisados de acero, etc.).
- Atravesos sobre el cauce deben permitir una revancha mínima²⁸ de 1 m. Debe demostrarse la resistencia de los elementos (cañería auto soportante, canoas, catenarias, losas, vigas, etc.) en el diseño estructural respectivo.
- Fundación de estructuras bajo la cota geográfica de socavación máxima.
- Si el ducto portea o conduce fluidos calificados como peligrosos²⁹, el diseño debe ser efectuado con encamisado de acero y sistemas de purga en ambos extremos.
- Las defensas fluviales que se proyecten deben cumplir con lo indicado en el capítulo respectivo de la presente Guía. Las revanchas serán propuestas por el especialista hidráulico.

²⁶ Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

²⁷ Medido desde la clave a la cota mínima del lecho en la sección transversal correspondiente

²⁸ Medido desde el eje hidráulico para el caudal con período de retorno de diseño, hasta la parte inferior de la estructura de soporte

²⁹ El especialista hidráulico debe calificarlo y la DGA podrá aceptar o rechazar lo adoptado

Se deberán presentar todos los cálculos hidráulicos que justifiquen el diseño y las dimensiones adoptadas, además de los modelos numéricos para las condiciones Sin Proyecto y Con Proyecto.

En particular, los cruces de cauces naturales para estructuras de tránsito (alcantarillas), deben incluir un estudio hidráulico específico que incluya el cálculo de las pérdidas de carga y los controles respectivos. No se aceptará el uso directo de fórmulas de régimen uniforme³⁰ si no se incorpora un análisis integral para este tipo de estructuras.

Como condición en el cálculo de alcantarillas en cauces naturales, no se aceptarán diseños con cargas hidráulicas que no permitan escurrimiento en lámina libre en toda su extensión, incluyendo los controles de entrada y salida

b) Descarga con Ducto o Restitución de Caudal

En este tipo de obra se contemplan, entre otras, las descargas de emisarios y las restituciones de derechos no consuntivos.

En cualquier caso, se deberá incluir en el proyecto una descripción técnica de la obra, incluyendo y sin ser excluyente:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

El diseño debe considerar los siguientes aspectos:

Desde el punto de vista hidráulico fluvial

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva, se considerará al menos, hasta las trazas de inundación que marque para el período de retorno de diseño. En las zonas de planicies de inundación que exceden ampliamente el álveo, el especialista debe definir hasta donde se considerará que las obras

³⁰ Como por ejemplo, la ecuación de Manning

forman parte del proyecto que se somete a aprobación sectorial de la DGA.

- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica.

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos³¹.
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Las descargas de emisarios deberán efectuarse por sobre la cota de elevación del eje hidráulico calculado para el caudal de diseño. La revancha mínima será de 50 cm. Solo en casos excepcionales y debidamente justificados, se podrá aceptar descargas bajo el nivel del eje hidráulico siempre que se efectúe en presión y con carga mayor a la que obliga el nivel de las aguas.
- Será obligatorio diseñar obras de amortiguación de las aguas descargadas que eliminen el riesgo de erosión de la margen y el lecho. Este diseño formará parte de la condición Con Proyecto para los efectos de la construcción de los modelos hidráulicos.
- Fundación de estructuras bajo la cota geográfica de socavación máxima.
- Las defensas fluviales que se proyecten deben cumplir con lo indicado en el capítulo respectivo de la presente Guía. Las revanchas serán propuestas por el especialista hidráulico.
- Los fluidos descargados deberán cumplir con las normativas que apliquen y que garanticen que no se afecta la calidad de las aguas.

En los casos en que la obra forme parte de un proyecto definido en el Art. 294 del Código de Aguas, se deberá cumplir en lo que sea pertinente, con el Reglamento de Obras Mayores, Decreto MOP N°50 del 13 de enero de 2015 y vigente desde el 19 de diciembre de 2015.

³¹ Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

2.5.5.2.4 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Artificiales

a) Atravesio por Sobre y Bajo Canal

Los proyectos de cruces en canales artificiales incluirán una descripción técnica del atravesio, indicando y sin ser excluyente:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

El diseño debe considerar los siguientes aspectos:

Desde el punto de vista hidráulico

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva, se considerará al menos, hasta las trazas en los taludes para los caudales máximos, o bien, hasta los bordes de la faja de servidumbre del canal.
- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica.

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos³².
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.
- En el caso de cauces revestidos no será exigible este capítulo, aunque sí se deberá señalar tal condición en los documentos técnicos y el estado del revestimiento.

³² Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Atravesos bajo cauce deben efectuarse a una profundidad³³ mayor que la socavación calculada y con un mínimo de 1 m. Se permitirán cruces bajo lecho a profundidades menores solo con protecciones calculadas para resistir el flujo máximo (dados de refuerzo, encamisados de acero, etc.) o bien, con revestimiento de la sección transversal del canal.
- Atravesos sobre el cauce deben permitir una revancha mínima³⁴ de 1 m. Debe demostrarse la resistencia de los elementos (cañería auto soportante, canoas, catenarias, losas, vigas, etc.) en el diseño estructural respectivo. Los machones o estribos de apoyo deben quedar fuera de la faja de servidumbre del cauce. No se aceptarán obras que interrumpan el camino de borde.
- Si el ducto portea o conduce fluidos calificados como peligrosos³⁵, el diseño debe ser efectuado con encamisado de acero y sistemas de purga en ambos extremos.

Se deberán presentar todos los cálculos hidráulicos que justifiquen el diseño y las dimensiones adoptadas, además de los modelos numéricos para las condiciones Sin Proyecto y Con Proyecto.

En particular, los cruces de cauces artificiales para estructuras de tránsito (alcantarillas y puentes), deben incluir un estudio hidráulico específico que incluya el cálculo de las pérdidas de carga y los controles respectivos. No se aceptará el uso directo de fórmulas de régimen uniforme³⁶ si no se incorpora un análisis integral para este tipo de estructuras.

Como condición básica en el cálculo de alcantarillas en cauces artificiales, no se aceptarán diseños con cargas hidráulicas que no mantengan el escurrimiento en lámina libre en toda su extensión, incluyendo los controles de entrada y salida; y con las mismas elevaciones del agua de la condición Sin Proyecto.

³³ Medido desde la clave a la cota mínima del lecho en la sección transversal correspondiente

³⁴ Medido desde el eje hidráulico para el caudal con período de retorno de diseño, hasta la parte inferior de la estructura de soporte

³⁵ El especialista hidráulico debe calificarlo y la DGA podrá aceptar o rechazar lo adoptado

³⁶ Como por ejemplo, la ecuación de Manning

b) Modificación de Trazado y Sección Transversal

Se incluyen en estos proyectos una gran variedad de obras de intervención de cauce, considerando desde las modificaciones en planta y elevación, hasta los revestimientos y abovedamientos.

Se explicará la necesidad de efectuar los cambios a la condición actual del cauce y una descripción técnica de las obras. Sin ser excluyente se indicará:

- Breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales
- Características hidráulicas de las conducciones
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

A continuación, para distintos tipos de obras de intervención de cauce artificial, se describen las exigencias y contenidos mínimos que debe incluir el proyecto técnico.

➤ **Abovedamientos**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a abovedar. La distancia finalmente adoptada quedará a criterio del especialista hidráulico y se deberá justificar de acuerdo con el tamaño del cauce y las singularidades hidráulicas existentes en el tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo).
- El escurrimiento debe ser de lámina libre (no en presión) y subcrítico, con un alejamiento del 10% de la crisis.
- Solo en casos justificados se aceptará régimen de torrente: Deberá estar presente en la condición Sin Proyecto, no sea posible modificar esta condición y las velocidades sean admisibles para el material del abovedamiento.
- La revancha mínima en todas las secciones debe ser un 30% de la altura de la bóveda.

- Las dimensiones mínimas de la sección, junto con las Cámaras de Inspección, deben permitir la limpieza.

Tabla 2

Dimensiones Mínimas de Abovedamientos Circulares y Separación de Cámaras de Inspección (CI)

Diámetro	Separación CI
mm	m
600	50
800	50
>1000	100

- En las soluciones con cajones de uno o varios barriles, se podrán evitar las Cámaras de Inspección siempre que las dimensiones permitan el acceso de personas para la limpieza y en tramos máximos de 120 m. En los cambios de dirección será obligatorio el diseño de Cámaras.
- El diseño de la Cámara de Inspección debe mantener el ancho mínimo del tramo abovedado, poseer un descenso de fondo de al menos 50 cm, ser visitables y con cubierta y tapa de acceso.

Un caso especial de abovedamiento lo representa el escurrimiento en presión, como son los sifones. Serán aceptados bajo las siguientes condiciones:

- La condición actual es de este tipo.
- No sea factible otra solución por las condiciones de terreno.
- El cálculo del sifón incluya el análisis del cauce abierto tanto aguas arriba como abajo (100 m en cada extremo) para establecer los parámetros hidráulicos del escurrimiento.
- La metodología de cálculo incluya la determinación de todas las pérdidas de cargas (por fricción y singulares), demostrando que se dispone de carga hidráulica suficiente.
- Las velocidades medias en el sifón sean superiores a 2,5 m/s. Solo en casos calificados y con un diseño que facilite la limpieza, se podrá disminuir a 1,5 m/s esta velocidad.

- Se pueda efectuar la limpieza del ducto con cámaras que incluyan trampas para la basura y sedimentos. El especialista deberá proponer la separación de ellas.
- Se incorpore en el proyecto la indicación y antecedentes de los responsables de la mantención de la obra³⁷.

Las aducciones en presión de gran longitud deben incluir y respetar en lo que sea pertinente, todo lo señalado anteriormente. Además, se efectuará el análisis hidráulico completo de la línea presurizada de acuerdo con el perfil longitudinal del terreno, no aceptándose cortes de la línea de carga o presiones negativas en algunos tramos. Este diseño debe incluir todo los sistemas de control de flujo³⁸ que se requieran.

➤ **Canales en Tierra**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a diseñar. La distancia finalmente adoptada quedará a criterio del especialista hidráulico y se deberá justificar de acuerdo con el tamaño del cauce y las singularidades hidráulicas existentes en el tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo).
- Sólo se aceptarán ejes hidráulicos en los cuales el Bernoulli esté alejado por lo menos un 10% del crítico, evitándose los torrentes.
- Los radios mínimos aceptados para las curvas será de 5 veces el ancho superficial de la sección mojada del cauce.
- La sección estable se basará en el Método de la Velocidad Máxima Permisible³⁹ o las metodologías que se basan en la Fuerza Tractriz o Tractiva⁴⁰.
- Las velocidades mínimas en aguas con arrastre serán inferiores al 60% de las velocidades máximas adoptadas. Si el arrastre sólido es de consideración, se deberá consultar un desarenador.

³⁷ Por defecto se asumirá que el Titular se hará responsable de la obra

³⁸ Golpes de ariete, subpresiones, etc.

³⁹ Fortier y Scobey, 1926. El proyecto debe incluir un análisis de las velocidades adoptadas en base bibliografía y normativa usada en el país

⁴⁰ Método aceptado por Vialidad, Manual de Carreteras

- Se proyectarán en general revanchas equivalentes a un 15% de la altura normal de aguas respectivas con un mínimo de 0.20 m y un máximo de 0.50 m. En canales que se desarrollen en laderas de más de un 20% de pendiente media transversal, se deberá verificar que la distancia horizontal entre el agua al fondo del canal y la superficie del terreno sea igual a 2 veces la altura de aguas del canal, en caso contrario se deberá aumentar la revancha.
- Los taludes será propuesto por el especialista y deberán cumplir con la condición de estabilidad general y local⁴¹.
- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos⁴².
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico. No se aceptarán diseños con velocidades que provoquen descensos del lecho.
- Se deberá incluir todos los cálculos hidráulicos de las obras de arte que formen parte del diseño: Caídas verticales, canoas, aliviaderos, entregas, etc.

➤ **Revestimientos**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a revestir. La distancia finalmente adoptada quedará a criterio del especialista hidráulico y se deberá justificar de acuerdo con el tamaño del cauce y las singularidades hidráulicas existentes en el tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo). El diseño deberá garantizar que los ejes hidráulicos deben ser igualados en estas secciones.
- Sólo se aceptarán ejes hidráulicos en los cuales el Bernoulli esté alejado por lo menos un 10% del crítico, evitándose los torrentes.
- Los radios mínimos aceptados para las curvas será de 5 veces el ancho superficial de la sección mojada del cauce.

⁴¹ Podrá utilizarse las recomendaciones del documento “Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales”, Dirección de Riego, 1960

⁴² Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

- El canal podrá diseñarse por la sección hidráulicamente óptima⁴³ y la selección del tipo de revestimiento deberá asegurar que no existan pérdidas por infiltración. Se deberá justificar los espesores adoptados de modo que garanticen la durabilidad de la obra.
- La velocidad máxima permisible para el material del revestimiento se considerará en el diseño cuando el agua transporte arena, gravas o piedras. Igualmente se tendrá en consideración si existiera la posibilidad que las velocidades altas muevan bloques de revestimientos y los desplacen.
- El diseño deberá asegurar que las velocidades mínimas en el agua no permita el sedimento. El proyecto deberá proponer este guarismo y se basará en recomendaciones y experiencias que se incluirán en los antecedentes técnicos.
- Se proyectarán en general revanchas equivalentes a un 15% de la altura normal de aguas respectivas con un mínimo de 0.20 m y un máximo de 0.50 m. En canales que se desarrollen en laderas de más de un 20% de pendiente media transversal, se deberá verificar que la distancia horizontal entre el agua al fondo del canal y la superficie del terreno sea igual a 2 veces la altura de aguas del canal, en caso contrario se deberá aumentar la revancha.

Se podrá presentar cálculos alternativos de la revancha basado en expresiones utilizadas en otros países⁴⁴.

- Los taludes será propuesto por el especialista y deberán cumplir con la condición de estabilidad general y local⁴⁵.
- Deberá incluirse en el diseño las transiciones entre la sección proyectada y la existente, tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo, incluyendo los cálculos hidráulicos respectivos⁴⁶.
- Se incluirá los cálculos a la flotación y el diseño de las medidas que mitiguen este efecto si pone en riesgo la estabilidad del revestimiento. En esta última situación, el diseño debe presentar el sistema de drenaje que evite las subpresiones y en especial, como y donde se descargarán estas aguas.

⁴³ Aquella que genera un perímetro mojado mínimo para un área dada

⁴⁴ La más conocida y aceptada es la del U.S. Bureau of Reclamations

⁴⁵ Podrá utilizarse las recomendaciones del documento “Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales”, Dirección de Riego, 1960

⁴⁶ Debe incluirse en el modelo numérico estas singularidades

- Se deberá incluir todos los cálculos hidráulicos de las obras de arte que formen parte del diseño: Caídas verticales, canoas, aliviaderos, entregas, etc.

2.5.5.2.5 Diseño de Defensas Fluviales

a) Definiciones Generales

Es una condición habitual que las estructuras de descarga en cauces naturales deban ser protegidas por elementos de defensas fluviales, ya sean longitudinales como transversales.

El diseño deberá cumplir con las exigencias normativas de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. En todo aquello que no contradiga estos criterios y recomendaciones, se podrá aplicar los que se indica a continuación.

Como elemento constructivo básico se podrán diseñar con enrocados, gaviones y prefabricados de hormigón y acero.

El proyecto deberá señalar los componentes principales a considerar:

- Coraza: La parte de la defensa expuesta al escurrimiento.
- Fundación: Base de apoyo de la defensa y cuya profundidad queda determinada por la socavación generalizada que ocurriría en eventos de crecida.
- Coronamiento: Se denomina de esta forma a la parte más alta con la cual culmina superiormente una obra de defensa fluvial. Queda definida por la altura máxima de escurrimiento para el caudal de diseño, más un borde libre o revancha que debe ser igual a la adoptada para la obra sometida a aprobación.
- Talud: Corresponde a la cara perfilada de la ribera del cauce. Para defensas con enrocados o losetas de hormigón debe ser igual o mayor a $H:V=2:1$. Podrá disminuirse la inclinación para bajas velocidades no pudiendo ser menor a $H:V=1:1$. La recomendación de talud mínimo para defensas longitudinales de enrocados es $H:V=1,5:1$. Para el caso de gaviones y tablestacas no aplica lo anterior.
- Terraplén de respaldo: Es el núcleo de la obra de defensa y estará conformado por material de relleno en el cual se apoya la coraza.

- Zarpas o Dientes: Estructuras que quedan insertadas en el terreno natural o en el lecho y se ubican, generalmente, al inicio y fin de la defensa. Previene la socavación y su profundidad queda determinada por la socavación general y local estimada.
- Radieres: Estructura flexible o rígida dispuesta en el lecho del cauce para prevenir la acción erosiva del escurrimiento.

b) Procedimientos de Diseño Hidráulico

Se debe diferenciar la defensa longitudinal de la transversal (espigones), que si bien desarrollan los mismos aspectos en el diseño, poseen características particulares que deben tenerse presente.

El dimensionamiento de la defensa longitudinal debe incluir:

- Localización en planta.
- Talud de Protección.
- Coronamiento.
- Fundaciones.
- Coraza de Protección.

Para dimensionar las corazas de una defensa longitudinal puede emplearse la fórmula del California Highway Division (CHD).

Para el caso de los espigones se tendrá en consideración:

- Localización en planta.
- Longitud de los espigones.
- Separación de los espigones.
- Pendiente longitudinal, elevación y ancho del coronamiento de los espigones.
- Orientación.
- Fundación.
- Forma de los espigones en planta.

Para el caso especial de colocación de enrocados en barreras vertedoras, se podrá utilizar la relación de Oliver o bien, el método de Hartung.

2.5.5.3 Diseño de Otras Especialidades

2.5.5.3.1 Especialidades a Considerar

En conformidad que el tipo de proyecto y la complejidad del mismo, se incluirán los estudios de otras especialidades que complementan el diseño. En forma general y sin ser excluyente, las más recurrentes en proyectos de modificación de cauces son:

- Diseño Estructural.
- Diseño Mecánico.

2.5.5.3.2 Diseño Estructural

Para todos los elementos que requieran cálculo estructural, se deberá acompañar una memoria que incluya, cuando corresponda:

- Normas a aplicar.
- Bases de Cálculo.
- Cálculo estructural de elementos de hormigón.
- Cálculo de flotación.
- Cálculo de subpresiones.
- Cálculos de estabilidad general en muros.

Los casos de estructuras especiales deberán ser tratados en extenso en el documento y basado en las otras especialidades concurrentes.

2.5.5.3.3 Diseño Mecánico

En los casos que se incluyan elementos metálicos, tales como compuertas, rejillas, puente grúa, canoas, entre otras, el proyecto debe acompañar la justificación de las dimensiones y calidades de los componentes. En los casos de proyectos simples, se podrá incluir dentro del mismo anexo estructural.

Si el proyecto incluye componentes mecánicos prefabricados, se deberá acompañar la memoria de cálculo correspondiente del fabricante.

2.5.6 Especificaciones Técnicas

2.5.6.1 Especificaciones Técnicas Generales

Para el caso de proyectos mayores, con la concurrencia de distintas especialidades, deberá considerarse la presentación de una Especificaciones Técnicas Generales.

Cuando el especialista considere que el proyecto es de menor cuantía, lo cual quedará a criterio de la DGA aceptarlo, si lo desea, podrá condensar los métodos constructivos exclusivamente en las Especificaciones Técnicas Especiales.

Este documento explicará en forma general y genérica la forma de abordar la obra en cuanto a procedimientos administrativos, tipo y calidad de materiales, procedimientos constructivos, relaciones de medición de partidas, procedimiento y frecuencia de control de los materiales de construcción, etc.

La estructura la definirá el especialista y como componentes básicos, en función de la obra proyectada, debe incluir los siguientes capítulos:

- Generalidades: Normas aplicables, discrepancia entre documentos, Seguridad.
- Obras Generales: Instalación de faenas, permisos y derechos, interferencias, limpieza final.
- Movimiento de tierras: Excavaciones, rellenos y excedentes.
- Obras de Hormigón: Descripción, alcances, materiales, procedimiento de trabajo, fabricación, colocación y compactación, protección y curado, desmolde y descimbre, juntas de hormigonado y controles del hormigón.
- Enfierraduras: Acero para armaduras, procedimiento de trabajo y armado.
- Moldajes: Materiales, procedimiento de trabajo, colocación y desmolde.

- Defensas fluviales: Materiales, procedimientos de trabajo, colocación.
- Elementos metálicos: Materiales, fabricación, colocación y montaje.
- Tuberías: Materiales, procedimiento de trabajo, instalación.

2.5.6.2 Especificaciones Técnicas Especiales

Estas especificaciones harán referencia a las obras y partidas a ejecutar. Tendrán el suficiente grado de detalle que permita al ejecutante materializar el proyecto de acuerdo a las condiciones de terreno existentes y las cantidades de obras que se deriven.

Se sugiere incluir en este anexo los siguientes capítulos:

- Resumen de las obras a ejecutar.
- Disposiciones generales: Características de la obra, condiciones de terreno, replanteo.
- Descripción detallada por partida: Materiales, dimensiones, procedimiento constructivo. Unidad de medida y pago.

2.5.7 Cronograma

Se deberá presentar un cronograma del desarrollo de la obra indicando el plazo total estimado y el rango estacional del mismo. El formato es libre y se recomienda utilizar el diagrama o carta Gantt dada la fácil y cómoda visualización de las actividades definidas.

El cronograma, además deberá incluir los hitos que se produzcan durante el desarrollo de la faena.

2.5.8 Planos de Proyecto

2.5.8.1 Consideraciones Generales

Todos los planos deberán tener en la viñeta la indicación del Código Único y la versión, para lo cual se recurrirá a la siguiente denominación:

- Edición A: Presentación inicial a ingresar a DGA
- Edición B y posteriores: Planos corregidos de acuerdo a las observaciones de la DGA
- Edición 0: Edición final de planos, válida para construcción

2.5.8.2 Planos Cartográficos

De acuerdo al desarrollo del proyecto, se podrá requerir la inclusión de planos cartográficos que justifiquen las delimitaciones de cuencas y los parámetros fisiográficos estimados.

Se privilegiará los mapas digitales por sobre las cartografías en papel⁴⁷. Se podrá utilizar plataformas SIG, Global Mapper, Google Earth, así como imágenes satelitales Landsat, entre otras.

Los mapas deben presentarse a escalas adecuadas y con la simbología necesaria, para su comprensión y verificación de los valores adoptados.

2.5.8.3 Planos de Proyecto

2.5.8.3.1 Planos Generales

Se considerarán como planos generales los correspondientes a la modelación hidráulica en las condiciones original y con el proyecto implantado. Además de lo indicado en el capítulo correspondiente a la Topografía, se detalla los que deben incorporar estas láminas si el tipo de obra lo amerita.

La Planta deberá incluir:

- Plano a escala adecuada con las líneas del eje hidráulico de los caudales para los períodos de retorno, probabilidades de excedencia estudiados o caudales de diseño por condiciones de derechos de aprovechamiento de aguas y aguas lluvias. Se debe indicar el eje adoptado y los perfiles transversales.

⁴⁷ No se aceptará el uso de cartografía impresa IGM escala 1:50.000

- Grilla georeferenciada al datum de la topografía.
- Curvas de nivel y elementos presentes en el terreno.
- Cuadro de Puntos de Referencia georeferenciados.
- Simbología.
- Plano de ubicación.

El Perfil Longitudinal incluirá:

- Cotas de fondo.
- Cotas de nivel o pelo de agua para los caudales calculados y de diseño.
- Cotas de margen izquierda y derecha.
- Cotas de Coronamiento de la obra.
- Cotas de Revancha.
- Diagrama de curvatura

Los Perfiles Transversales, por su parte, deberán incorporar:

- Niveles de agua para los caudales modelados y de diseño.

En última instancia, el especialista hidráulico definirá los elementos adicionales que sean necesario incorporar o no incluir en los listados anteriores.

Todos los planos se presentarán en formato A1 con nivel de detalle suficiente para su correcta visualización en impresión reducida al 50%, formato A3.

2.5.8.3.2 Planos de Detalle

Los planos de detalles dependerán del tipo de obra y sus componentes. En forma general y no excluyente, se indican:

- Plantas de las obras con indicación de una cantidad suficiente de cortes que permitan su comprensión total. Debe señalarse no solo las medidas de los elementos sino que además, las cotas geográficas. Debe incluirse en estos planos un cuadro con las Especificaciones Constructivas Generales
- Cortes transversales de acuerdo a los indicados en las plantas.
- Detalles especiales (anclajes, umbrales, transiciones, pedraplenes, etc.).
- Planos estructurales con la indicación de las enfierraduras, juntas, elementos metálicos con dimensiones y anotaciones, etc.
- Planos de especialidad: mecánicos, etc.

Al igual que con los Planos Generales, todos las láminas se presentarán en formato A1 con nivel de detalle suficiente para su correcta visualización en impresión reducida al 50%, formato A3.

2.6 Referencias

- (1) *Balance Hídrico de Chile. MOP-DGA, 1987.*
- (2) *Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días, DGA, 1994.*
- (3) *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica. S.E.B. N°4, DGA, 1995.*
- (4) *Manual de Normas y Procedimientos Administrativos para la Administración de Recursos Hídricos. S.I.T. N°156, DGA, 2008.*
- (5) *Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la zona centro sur de Chile”, Programa Hidrológico Internacional, PHI-VI, Documento Técnico N°7, 2009.*
- (6) *Uso de Enrocados en Obras Hidráulicas. L. Alvarado. 5ta. Serie, N°8, 1985.*
- (7) *Manual de Carreteras, Volumen 2 y 3. MOP, Ed. 2012*
- (8) *Términos de Referencia Generales para Estudios de Inundación. Documento de Trabajo, DOH. Sin fecha*
- (9) *Modelación Numérica en Ríos en Régimen Permanente y Variable. Bladé, Sánchez, Niñerola y Gómez. Ediciones UPC, 2009*
- (10) *Hec-Ras. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Versión 4.1, US Army Corps. 2010*
- (11) *Manual de Diseño de Obras Hidráulicas. Autoridad Nacional del Agua. Lima 2010*
- (12) *“Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales”, Dirección de Riego, 1960*
- (13) *Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. Horacio Mery, 2013*
- (14) *Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow, 1959*
- (15) *Hidrología para Ingenieros. Linsley, Kohler y Paulhus. N.Y., 1977*
- (16) *Diseño de Presas Pequeñas. USBR, 1977*
- (17) *Aplicación del Método de Lischtván y Levediev al Cálculo de la Erosión General. Schreider y ot. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XVI, 2001*

VOLUMEN 3 REVISIÓN TÉCNICA



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADMINIST. DE RECURSOS HIDRICOS**

3. Objetivo de la Guía

El objetivo de la presente Guía es entregar las indicaciones mínimas que debe tener presente el Técnico de la DGA en la revisión del proyecto técnico de un proyecto de modificación de cauces⁴⁸, conforme la normativa vigente y a las recomendaciones aceptadas en la actualidad.

3.1 Recomendación General

El desarrollo de esta Guía está fundamentada en la necesidad de que los Técnicos de la DGA dispongan de herramientas de apoyo que les permitan una revisión correcta del proyecto presentado por el Titular.

En tal sentido, será el tipo de solución técnica presentada y la propia revisión, la que determine la aplicación de éstos criterios de revisión y en definitiva, otorgarle la aprobación al proyecto por cuanto cumplirá con los estándares exigidos.

Un aspecto esencial a considerar es que los cálculos que presente el Titular del proyecto serán modelaciones del comportamiento real de las estructuras hidráulicas, y como tal, simples o complejas aproximaciones.

Luego, será la responsabilidad del Técnico que revisa y recomienda la aprobación, tener la certeza que lo contenido en el expediente técnico sea una correcta representación y entregue la suficiente cantidad de elementos para que el diseño aprobado asegure el escurrimiento, la seguridad de terceros y la calidad de las aguas.

3.2 Estructura del Proyecto Técnico

3.2.1 Estructura General

El Titular del proyecto debe presentar el expediente técnico en tres cuerpos independientes: Memoria, Anexos y Planos.

Los capítulos que debe incluir están detallados en la “Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces”, así como la identificación de las versiones (Cap. 3.2).

3.2.2 Verificación General de Contenidos

Los antecedentes técnicos pueden variar de acuerdo al tipo de proyecto y solución adoptada. No obstante, la falta de alguno de ellos, en función de la obra debe ser observado y su omisión causal de no aprobación. Una lista de chequeo

⁴⁸ Se incluyen en el concepto de modificación de cauces tanto los naturales como artificiales

general que debe ser asumida como la primera aproximación a la verificación de contenidos se incluye a continuación.

Tabla 1
Verificación de Contenidos

Tipo de Cauce	Tipo de Proyecto	Memoria					Anexos										Planos			
		Indice	Solicitante	Ubicación	Descripción	Cronograma	Hidrología	Modelo	Mec.Fluvial	Hidráulica	Estructuras	Geotecnia	Eléctrico	Seguridad	Esp.Téc.	Ppto.	Cartografía	Generales	Obras	
Cauce natural	Atraveso por sobre y bajo lecho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	sp	x	x	x	x	x
	Descarga con ducto o Restitución de caudal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	sp	x	x	x	x	x	
Cauce Artificial	Atraveso por sobre y bajo canal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	sp	-	sp	x	x	x	x	x	
	Modificación de trazado y sección	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	sp	x	x	x	x	x	

Sp: Según proyecto

3.3 Requerimientos del Proyecto Técnico

3.3.1 Antecedentes Generales

3.3.1.1 Individualización del Solicitante

La individualización se detalla en la “Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces”.

Se debe analizar si el Titular del proyecto será el que operará la estructura y se ocupará de su mantención. Tal es el caso de las comunidades de regantes. Sin embargo, existen casos en que el proyecto es ingresado por un usuario al cual se le ha delegado la tramitación. Siempre debe quedar definida la responsabilidad por la obra.

3.3.1.2 Ubicación del Proyecto

La descripción de la ubicación del proyecto y el croquis respectivo deben ser lo suficientemente precisos y claros para permitir el fácil acceso del Técnico.

Se verificará la ubicación georeferenciada entregada de la obra y que se emplace en el cauce correspondiente.

3.3.1.3 Descripción de las Obras

La descripción de las obras debe ser lo suficientemente explícita, clara y sencilla de modo que se puedan identificar sus componentes, puesto que serán estos elementos los que finalmente se someten a revisión técnica y se les otorgará la autorización de construcción.

3.3.2 Estudios Básicos

3.3.2.1 Topografía

3.3.2.2 Contenido General

La antigüedad de la topografía es un elemento importante dado que los cauces, especialmente los naturales, pueden experimentar variaciones en la sección. Esto debe ser analizado por el Técnico ya que la variabilidad de la sección dependerá además, del comportamiento hidrológico que medie entre la fecha que se ejecute la medición y el desarrollo del estudio.

3.3.2.2.1 Levantamiento

Las características de la medición se podrán encontrar en lo exigido en la “Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces”.

3.3.2.3 Hidrología

3.3.2.3.1 Caudales Máximos en Cuencas Pluviales

a) Cuenca que dispone de Información Fluviométrica

El proyecto debe indicar de modo explícito la metodología a emplear para proceder a la revisión.

Los registros que sean seleccionados en el proyecto para los análisis hidrológicos deben tener una extensión mínima de 25 años para ser considerados estadísticamente válidos. La antigüedad del último dato medido no debe superar los 5 años.

Los rellenos y extensión de la estadística deben ser consistente y deben incluirse en el anexo correspondiente.

Es común el uso de software para las aplicaciones de las funciones de distribución. Se podrá exigir la presentación de los reportes de estos programas.

Los estudios hidrológicos existentes pueden ser aceptados con el respaldo completo incluido en el proyecto y que sean elaborados por organismos y consultoras competentes. No se recomienda el uso de análisis con más de 10 años de antigüedad.

El método de **Transposición de Caudales** es aplicable cuando se trata de registros de caudales existentes dentro de la misma cuenca de drenaje.

Quedará a criterio del revisor aceptar Transposición de Caudales si la relación de áreas dentro de la cuenca sea mayor a 10 y cuando exista régimen hidrológico mixto (nivo-pluvial) y la serie transpuesta a generar esté en la zona hidrológicamente distinta. En estos casos, puede resultar más adecuado correlacionar con hoyas hidrográficas de características similares.

Es común aplicar esta la Transposición de Caudales hacia otras hoyas hidrográficas. En estricto rigor se trata de una correlación entre cuencas vecinas a la cual se debe estudiar su confiabilidad.

Por esta razón, el estudio hidrológico debe clasificar las cuencas hidrográficas con el fin de compararlas y decidir si es posible aplicar algún factor que las correlacione. Algunas de las relaciones físicas características que se pueden usar son:

- Factor de forma: Relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal.
- Factor de Compacidad: Índice comparativo relacionado con la forma de la cuenca de drenaje.
- Extensión Superficial de la Cuenca: Se usará la extensión superficial media como parámetro.
- Elevación Media de la Cuenca: Se considera un factor que modifica las características hidrológicas.
- Pendiente Media de la Cuenca: Se refiere al aspecto cinético del escurrimiento y se determinará con expresiones analíticas.
- Densidad de la Red Hidrográfica: Se deben clasificar los cauces que conforman la red hidrográfica determinando su número de orden.

- Cobertura Vegetal y Estructura Geológica: Se debe intentar establecer un índice de cobertura y la estructura geológica.

Si se concluye que es posible efectuar la correlación entre las cuencas, se aceptará un coeficiente de transposición usando los valores de áreas y precipitaciones y ajustando por los factores resultantes de la comparación de las características físicas de las cuencas.

b) Cuenca Sin Información Fluviométrica

Cuencas de Áreas Menores a 20 Km²

La aplicación del Método Racional, el cual está suficientemente extendido en el país, debe limitarse⁴⁹ a 20 km². El Manual de Carreteras, Vol. 3⁵⁰, establece un máximo de 25 Km² lo cual ha demostrado en la práctica ser poco aconsejable, por cuanto la fijación del coeficiente de escorrentía para grandes áreas es muy aproximado por la heterogeneidad de las características físicas y la obtención de caudales mayores para una parte de la cuenca que para su totalidad.

La expresión básica es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Siendo: Q = Caudal máximo en m³/s
 C = Coeficiente de escorrentía de la cuenca
 I = Intensidad de la lluvia de diseño en mm/hr
 A = Área Aportante en Km²

Se debe revisar en base a la cartografía y antecedentes presentados:

- Parámetros fisiográficos.
- Fórmula empleada para el cálculo del tiempo de concentración y resultados.
- Método usado y resultado para la determinación de las curvas IDF⁵¹.

⁴⁹ El Manual DGA de crecidas del año 1995 limita su uso entre 20 hasta 10.000 km². Aunque en rigor es una modificación del Método Racional, no se recomienda por las razones dadas y se debe observar en la revisión

⁵⁰ Manual de Carreteras, Ed. 2012, Sección 3.702.5

⁵¹ Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Se debe comparar estos resultados con los órdenes de magnitud que entregan curvas IDF conocidas de la zona más cercana. Se puede considerar como referencia las incluidas en el Manual de Carreteras Vol.3.

- Método usado para tiempos de concentración comprendidos entre 10 min y 1 hora⁵².
- Coeficiente de escorrentía

Respecto del coeficiente de escorrentía debe aceptarse métodos que incluyan distintos factores de la cuenca. Entre ellos destaca el propuesto en el Manual de Carreteras Vol. 3, Tabla 3.702.503(B).

TABLA 3.702.503.B
COEFICIENTES DE ESCORRENTIA (C) PARA T = 10 AÑOS

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30%	0,20-0,28 Montañoso con pendientes entre 10 y 30%	0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	0,06-0,08 Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura vegetal	0,06-0,08 Regular a buena; 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente
Almacenamiento Superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas	0,08-0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos.
Si T > 10 años Amplificar Resultado por: T = 25 : C x 1,10 T = 50 : C x 1,20 T = 100 : C x 1,25				

Fig.1: Método propuesto por el Manual de Carreteras

El Método Racional supone que el Coeficiente de Escorrentía se mantiene constante para distintas tormentas. Esto es efectivo para suelos impermeables pero no así para caudales asociados a altos períodos de retorno. Por esta razón se aplican los factores de mayoración. Para períodos de retorno mayores a 100 años se sugiere mantener el factor 1,25.

⁵² Se usa regularmente la expresión de Bell. Se debe revisar con atención la precipitación en 24 horas con 10 años de período de retorno que es la base del cálculo. Se puede recurrir al mapa "Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días", DGA, 1994

El Manual de Crecidas de la DGA del año 1995 entrega un método para estimar el Coeficiente de Escorrentía, pero al estar orientado a grandes cuencas (ya hemos señalado la inconveniencia del uso de la Fórmula Racional para áreas mayores a 20 km²) no debe ser aceptado⁵³.

Respecto de la Intensidad de la lluvia de diseño, se debe analizar los datos informados en el proyecto de acuerdo a las curvas IDF presentadas y si hay correspondencia con los valores conocidos para la zona de proyecto.

Una revisión rápida del valor de la Intensidad se puede realizar aplicando la relación de Grunsky:

$$I = \frac{P_{24}^T}{24} * \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{T_C}}$$

Siendo:

I = Intensidad de la lluvia de diseño (mm)

P₂₄^T = Precipitación en 24 horas para T período de retorno (mm)

T_C = Tiempo de concentración (hr)

La precipitación en 24 horas para distintos períodos de retorno se puede obtener a partir de la lluvia en 24 horas con 10 años de períodos de retorno que entrega la cartografía “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días Consecutivos”, DGA, 1994. De acuerdo a la zona homogénea y con el uso de los Coeficientes de Frecuencia (CF)⁵⁴, se calcula la P₂₄^T.

Los estudios hidrológicos existentes basados en esta metodología pueden ser aceptados con el respaldo completo incluido en el proyecto y que sean elaborados por organismos y consultoras competentes. No se recomienda el uso de análisis con más de 10 años de antigüedad.

Cuencas de Áreas Mayores a 20 Km²

El Método Racional pierde su aplicabilidad al no cumplir con las hipótesis de uso. Por tal razón, se podrá recurrir al uso de tres métodos: Hidrograma Unitario, análisis regional de crecidas contenido en el denominado método DGA-AC y por último, Verni-King modificado. Obtenidos los resultados, se usará el que otorgue condiciones más exigentes para el proyecto o el criterio que justifique el especialista.

⁵³ Cap. 3.1.3 b) del Manual de Crecidas. Los resultados subvaloran el Coeficiente de Escorrentía

⁵⁴ P₂₄^T = CD*CF*P₂₄¹⁰. Para un día CD=1 (Coeficiente de Duración)

Los estudios hidrológicos existentes basados en alguna de las metodologías descritas pueden ser aceptados con el respaldo completo incluido en el proyecto y que sean elaborados por organismos y consultoras competentes. No se recomienda el uso de análisis con más de 10 años de antigüedad.

Los softwares de hidrología no son muy utilizados en Chile para este tipo de proyectos y por lo tanto requerirán del análisis específico en cada caso para aceptar sus resultados. El más conocido y por tratarse de un programa libre, no comercial, es el HEC-HMS del US Army.

Si el proyecto incluye exclusivamente el uso de software hidrológico, entre ellos los modelos de simulación, se sugiere solicitar los análisis con las otras metodologías y efectuar su comparación.

En forma muy general se describen los tres métodos para que el revisor cuente con herramientas básicas de análisis crítico de lo presentado en el proyecto.

➤ **Hidrograma Unitario**

Este método indirecto posee tres etapas de análisis. Requiere determinar la lluvia efectiva a partir de la precipitación total, transformar esta lluvia efectiva en escorrentía directa o superficial y por último, estimar la escorrentía subterránea o base para adicionar al flujo directo y obtener, de esta forma, el hidrograma total.

El hidrograma unitario es el escurrimiento superficial resultante de la lluvia efectiva de magnitud 1 mm, de intensidad constante, uniformemente distribuida sobre la cuenca y una duración dada.

Existen numerosas técnicas hidrológicas para obtener el hidrograma unitario la cual debe ser presentada en el proyecto y justificado su uso. Lo más común ante la ausencia de registros pluviométricos, es establecer el hidrograma por analogía con otras zonas con mediciones.

La mayor dificultad del método consiste en estimar la lluvia efectiva, debiendo definir la capacidad de infiltración o la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener. Por lo tanto, deberá establecerse el estado del suelo previo a la tormenta, ya que si se encuentra inicialmente seco posee una alta capacidad de infiltración y al humedecerse disminuye tendiendo a ser constante.

Existen relaciones empíricas aplicables a cuencas chilenas que en base a la geografía y topografía de la cuenca permite derivar el hidrograma unitario sintético.

Se calcula, de esta forma, el tiempo de retraso, el valor máximo del hidrograma unitario de una lluvia efectiva de 1 mm y la base del hidrograma. La forma completa de la curva se obtiene con el uso de coeficientes de distribución que están disponibles en la bibliografía.

Finalmente, definido el hidrograma unitario es posible obtener el escurrimiento de cualquier tormenta de duración igual a la del hidrograma, amplificando la ordenada por el valor de la lluvia efectiva.

Entre los hidrogramas unitarios sintéticos más usados en el país se encuentran el tipo Linsley con relaciones básicas determinadas por Benítez y Arteaga en 1985 y ampliado en el Manual de Crecidas de la DGA del año 1995 para las regiones I a la X.

También es posible utilizar el tipo Gray (Brass, 1990) ajustado en el Manual de Crecidas de 1995 para la III a la X Región.

Ya se ha indicado que la precipitación efectiva, siendo una variable básica, es de difícil estimación. Se podrá recurrir al Método de la Curva Número u otros métodos (Horton, Linsley y Crawford, etc.).

Para los efectos de aceptar los resultados que presenta el proyecto, se sugiere efectuar una revisión paso a paso de las tres etapas del cálculo del hidrograma unitario.

Existe una extensa bibliografía al respecto dentro de las cuales se recomienda: *Manual de Carreteras Vol.2 y 3*; *Manual de Cálculo de Crecidas de la DGA 1995*; *Hidrología para Ingenieros* de Linsley y otros 1982.

➤ **Método DGA-AC**

Presentado en el Manual de Crecidas de la DGA es de fácil y directa aplicación y puede aplicarse respetando las hipótesis de uso: III a IX Región, áreas tributarias comprendidas entre 20 y 10.000 Km² y períodos de retorno inferiores a 100 años.

El método consiste en determinar una curva de frecuencia para el caudal máximo instantáneo. Se define la zona homogénea a la que pertenece la cuenca en estudio, luego la curva de frecuencia para la variable caudal medio diario y finalmente se convierte la curva al caudal máximo instantáneo.

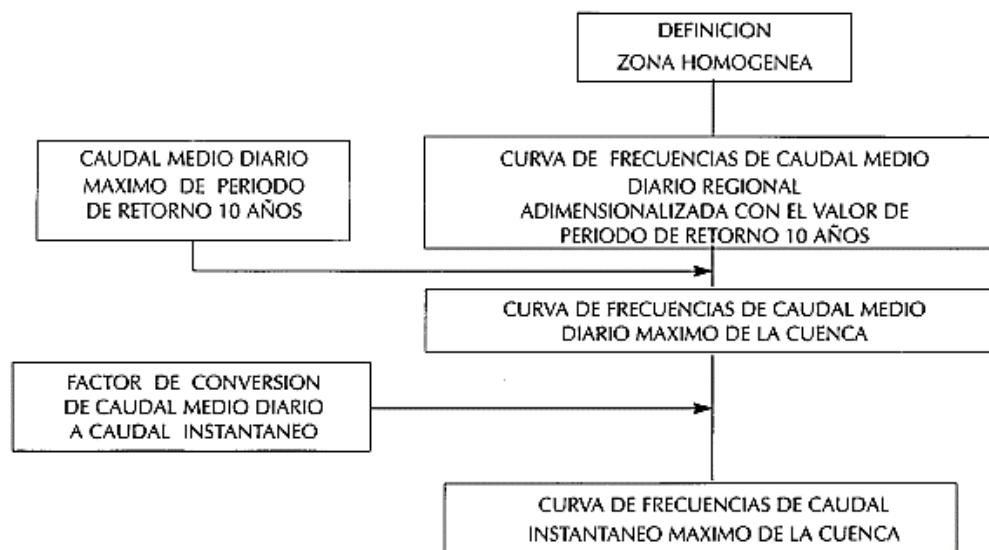


Fig.2: Esquema de Cálculo del Método DGA-AC (Fuente Fig.3.1 del Manual)

La principal crítica a este método es que siendo el rango de uso tan amplio (20 a 10.000 km²) y el área de la cuenca es el factor que permite encontrar los coeficientes empíricos, la generalización puede llevar a estimaciones poco precisas. Por tal razón, se debe usar otros métodos para comparar estos resultados.

➤ Método de Verni-King Modificado

Basado en la fórmula de Verni y King que relaciona el caudal instantáneo máximo con la precipitación diaria máxima y el área de la cuenca.

La modificación propuesta a la fórmula original por parte de la DGA el año 1995 consistió en multiplicar la expresión por un coeficiente empírico variable con el período de retorno⁵⁵. Luego, la expresión para el caudal máximo instantáneo para cualquier período de retorno queda definida por:

$$Q = C(T) * 0,00618 * P_{24}^{1,24} * A_p^{0,88}$$

El coeficiente empírico es $C(T)$; P_{24} la precipitación diaria máxima asociada al período de retorno y A_p el área de la cuenca pluvial.

Puede aplicarse respetando las hipótesis de uso: III a IX Región, áreas tributarias comprendidas entre 20 y 10.000 Km² y períodos de retorno inferiores a 100 años. Al igual que el Método DGA-AC, la principal crítica

⁵⁵ La fórmula original se estableció para períodos de retorno mayores a 30 años

a este método es que siendo el rango de uso tan amplio, la generalización puede llevar a estimaciones poco precisas. Por tal razón, se recomienda el uso de otros métodos para comparar estos resultados

3.3.2.3.2 Caudales Máximos en Cuencas Nivales

Para la aplicación por parte del especialista del análisis regional de crecidas de deshielo propuesto por la DGA en el Manual del año 1995 se debe tener en consideración las restricciones propias del método:

- Áreas nivales comprendidas entre 50 y 6.000 km².
- Válido entre la III y la VIII Región.
- Período de retorno no mayor a 100 años.

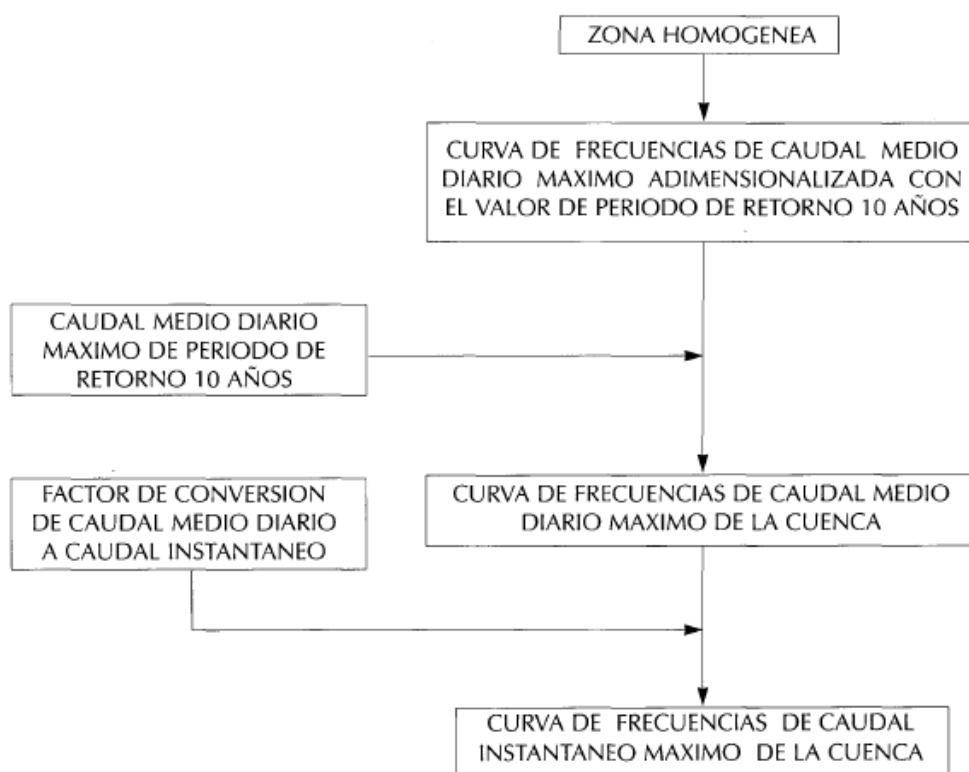


Fig.3: Esquema de Cálculo (Fuente Fig.4.1 del Manual)

Por otra parte, se estima necesario estimar el caudal máximo probable de deshielo. El Manual de Crecidas del año 1995 presenta el Método DGA para la Crecida de Deshielo Máxima Probable (CDMP) propuesto por Peña et al (1985-89).

El método posee las siguientes hipótesis:

- La crecida se origina exclusivamente por derretimiento de nieves y no tiene componente pluvial.
- Se supone conocida la línea de nieves y no sufre modificaciones durante la crecida.
- No se consideran pérdidas por evaporación ni percolación hacia acuíferos profundos.
- El manto nival se asume en la isoterma 0°C.

Para el diseño debe el especialista hidráulico proponer el caudal que estime más adecuado, ya que el método para estimar la CDMP es determinístico y el caudal máximo está determinado por factores hidrológicos y meteorológicos, sin depender de un período de retorno.

Para áreas nivales menores a 50 Km² se podrá aceptar la transposición dentro de la misma cuenca. No obstante, se recomienda que los resultados sean contrastados con mediciones directas en cuencas vecinas y correlacionándolo para la zona en estudio.

Para las regiones no incluidas en el Manual DGA del año 1995, se podrá recurrir a la misma técnica descrita en el párrafo anterior.

3.3.2.3.3 Caudales Operacionales en Canales de Riego

Los caudales en los canales de riego se ajustan a una curva de variación estacional que es función de la demanda evapotranspirativa de los cultivos. Luego, se debe establecer el mes de máximo consumo para calcular el caudal de operación normal que forme parte del diseño.

Si no hay indicación en contrario, se usará el caudal medio mensual para estimar el mayor gasto con 85% de probabilidad de excedencia, utilizando al menos 3 funciones de distribución. El caudal en la sección de canal en estudio se obtendrá de la proporción alícuota que le corresponda.

Solo en los casos que no se disponga de registros de caudales del canal matriz ni del cauce fuente, se podrá determinar el gasto máximo mediante la estimación de la capacidad de porteo, incluyendo la revancha. Para ello se debe modelar hidráulicamente el canal⁵⁶ en un tramo suficientemente largo para generar un régimen uniforme. Si el sector de proyecto no

⁵⁶ Podrá usarse un modelo numéricos como HEC-RAS o cálculos discretos

permite entregar resultados confiables de la modelación, puede optarse por un tramo aguas arriba o abajo que mantenga el mismo flujo.

Estos resultados deben compararse con los informados por la Organización de Usuarios para el tramo en el cual se produce la intervención y con la capacidad de porteo de cauce. Para ello debe solicitarse al Titular del proyecto un Certificado de la organización de usuarios.

En el caso que el cauce colecte aguas lluvias, debe establecerse para el diseño la frecuencia operacional de esta condición⁵⁷ y el caudal máximo asociado a períodos de retorno. Se podrá aplicar cualquiera de las metodologías descritas para el cálculo de los caudales máximos siempre que se cumpla con las hipótesis de uso.

3.3.2.3.4 Gasto Detrítico

Normalmente se define como gasto detrítico o corriente de detritos, a la mezcla de sólidos y líquidos (que no siempre es barro) formada por material inorgánico de granulometría gruesa y eventualmente con materia orgánica (vegetación), que se desplaza frecuentemente a alta velocidad por quebradas y ríos con fuertes pendientes. La concentración de detritos puede alcanzar hasta el 50% con respecto al volumen total, de acuerdo a algunos autores.

Para que se genere una corriente de detritos se requieren ciertas condiciones que básicamente pueden reducirse a las siguientes:

- La cuenca debe contener mucho material de tipo detrítico suelto, que pueda ser arrastrado por la corriente líquida.
- Tiene que haber fuertes precipitaciones o fusión de nieve que permita la formación de la corriente líquida. Esta corriente líquida puede provenir también del rompimiento de un dique o embalse natural.
- El cauce de la cuenca debe tener pendientes empinadas y fuertes para que se produzca el efecto gravitatorio que ponga en movimiento la masa de sólidos y líquido.

⁵⁷ La generalidad es que las escorrentías máximas de aguas lluvias ocurren en los meses de invierno y los canales operen en primavera-verano

Para la obtención de los caudales detríticos, esto es gasto sólido más gasto líquido, generados durante un aluvión es necesario primeramente determinar la concentración de sólidos (C) en la mezcla.

La concentración en volumen de los sólidos arrastrados se define según la expresión:

$$C = \frac{V_s}{V_s - V_a}$$

Dónde:

V_s : Volumen de sólidos arrastrados

V_a : Volumen de agua

Este parámetro es difícil de calcular ya que se requiere conocer primeramente las características del aluvión, esto es material arrastrado, intensidad de la lluvia, características del cauce, etc.

Normalmente se utilizan fórmulas empíricas para la determinación del gasto detrítico, fórmulas que son utilizables para casos específicos y de difícil extrapolación para otros estudios.

Otro procedimiento consiste en estudiar “a posteriori” las características del escurrimiento haciendo estimaciones de caudal al analizar las trazas dejadas por el aluvión, lo que permite determinar ciertas características hidráulicas del cauce como ser: área, perímetro mojado, pendiente media del cauce y radio hidráulico.

La metodología basada en estudios realizados en los Alpes suizos, Zimmerman et al (1997), encontraron una relación para la pendiente crítica (S) que desencadenaba coladas detríticas y el área drenada de la cuenca (A).

$$S = cA^{-n}$$

Los coeficientes c y n tienen como valor 0,32 y 0,20 respectivamente. La relación inversa entre S y A indica que a mayor pendiente del canal será necesario un caudal líquido menor para desencadenar la colada.

Finalmente, el caudal detrítico queda definido mediante la siguiente expresión:

$$Q_{detr} = \frac{Q_{liq}}{1 - C}$$

Dónde:

- Q_{detr} : caudal sólido más caudal líquido
- Q_{liq} : caudal líquido
- C : concentración en volumen de sólidos

El proyecto debe calcular el valor de C para los efectos del cálculo. Considerando la dificultad que presenta estudiar el paso de los aluviones, dadas las características del material arrastrado que se ha depositado en los cauces, la pendiente del cauce del mismo y basándose en experiencias de autores que han analizado estos fenómenos; se debe considerar una concentración de los sedimentos no inferior al 30%.

3.3.2.4 Estudios Geotécnicos

Los alcances del estudio geotécnico deberán definirlo los especialistas hidráulico y estructural en función de las dimensiones de la obra, puesto que sus resultados será un insumo para el diseño de la estructura de captación.

La prospección del suelo de fundación de los elementos estructurales se hará por medio de pozos de exploración, zanjas, sondajes y/o métodos geofísicos. El Informe Geotécnico incluirá:

- Metodología empelada en el estudio.
- Registro de las exploraciones en terreno.
- Pruebas de campo y de laboratorio.
- Análisis técnico.
- Resultados y recomendaciones de diseño.

La enumeración anterior es general y podrá adecuarse o modificarse en función de las necesidades del proyecto.

3.3.3 Modelaciones Hidráulicas

3.3.3.1 Conceptos Básicos de la Modelación

Lo que se expone es un enfoque basado en el modelo HEC-RAS del *Hydraulic Engineering Center* (HEC) del U.S. Army Corps of Engineering, ampliamente usado y aceptado en los proyectos hidráulicos en la actualidad tanto por la DGA como por la DOH.

Siempre hay que tener presente que como modelo no deja de ser una aproximación al flujo en lámina libre y posee, por tanto, una serie de limitaciones que deben ser conocidas por el Técnico revisor para validar y aceptar lo que se presenta en el proyecto.

HEC-RAS resuelve el flujo gradualmente variado⁵⁸ con el balance de energía entre dos secciones, exceptuando estructuras; en tal caso, el software resuelve la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento.

La hipótesis básica en que se basa el modelo HEC-RAS es que el flujo es unidimensional y la velocidad considerada es la componente en dirección del movimiento. Luego, debe ser observado el modelo cuando hay flujos laterales (planicies de inundación), lo cual, en todo caso, es resuelto con aceptable aproximación por el programa.

El programa, además de calcular el perfil de la lámina de agua, posee un módulo de régimen variable, no permanente⁵⁹ y otro para la estimación del transporte de sedimento.

Existen numerosos tutoriales y manuales de uso del programa, por lo que no será parte de esta Guía explicar cómo crear y correr el modelo digital. Lo que se desarrolla se refiere a las exigencias de contenidos y consistencias que debe contener el modelo a revisar, atendiendo las limitaciones y sesgos que le son propios.

Ya que es obligación del Titular del proyecto entregar los archivos digitales del modelo, es más recomendable efectuar la revisión cargando el proyecto en el software que todo Técnico debe tener instalado en su computador⁶⁰.

⁵⁸ Las características del flujo varían con el espacio pero no con el tiempo. Dentro de ello existe el Flujo Gradualmente Variado, en que los cambios en las características del flujo (presión y velocidad) son graduales a lo largo de la dirección principal de éste

⁵⁹ Efectúa el ruteo de las crecidas

⁶⁰ El programa se baja e instala desde: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>

3.3.3.2 Parámetros de la Modelación

3.3.3.2.1 Caudales de Modelación

Las tablas de salida deben indicar el o los caudales con los cuales se corre el modelo, así también, en las secciones en que se incorporan.

3.3.3.2.2 Coeficientes de Rugosidad⁶¹

El coeficiente de rugosidad de la sección y el tramo se calculará en base a una inspección detallada del lecho, taludes y márgenes.

El Método de Cowan que minimiza la dificultad de establecer este valor para lechos fijos no aluviales, se expresa por:

$$n = m * (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Dónde:

n_0 = Rugosidad base

n_1 = Rugosidad adicional por irregularidades perímetro mojado

n_2 = Rugosidad adicional por variación de forma

n_3 = Rugosidad adicional por obstrucciones

n_4 = Rugosidad adicional por presencia de vegetación

m = Factor de corrección por efecto sinuosidad

Los factores que compondrán el coeficiente de rugosidad de Manning se pueden obtener de la Tabla 3.707.104B del Manual de Carreteras, Vol. 3.

⁶¹ También conocido como “n de Manning”

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n ₀	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad Perímetro Mojado	Despreciable	n ₁	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	n ₂	0,000
	Alternándose Ocasionalmente		0,005
	Alternándose Frecuentemente		0,010 – 0,015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	n ₃	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	n ₄	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

Fig.4: Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras, Volumen 3

Siendo la rugosidad base el factor primario del Método de Cowan, deberá justificarse adecuadamente en el proyecto⁶².

Las tablas que entregan valores del coeficiente de Manning directamente⁶³ solo se aceptarán en casos muy justificados, como es el caso de los cauces artificiales. Como patrón de comparación a las que se adopten en el proyecto, se muestran algunos valores representativos para canales⁶⁴.

⁶² Se sugiere utilizar la ecuación de Strickler para cauces naturales. $n_0=0,038 \cdot D^{1/6}$, D es el diámetro representativo de la rugosidad superficial (D₆₅, D₉₀ o D₉₅ dependiendo de la tendencia al acorazamiento del lecho

⁶³ La más utilizada es la incluida en el texto “Hidráulica de Canales”, Ven T. Chow, 1959

⁶⁴ Ven Te Chow, 1959

Tabla 2
Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning en Canales

	TIPO DE CANAL	MINIMO	MEDIO	MAXIMO
CONDUCTOS CON ESCURRIMIENTO DE SUPERFICIE LIBRE				
Metálicos				
a) Bronce, liso		0,009	0,010	0,013
b) Acero	Soldado de tope	0,010	0,012	0,014
	Remachado	0,013	0,016	0,017
c) Fierro Fundido	Con protección interior	0,010	0,013	0,014
	Sin pintar	0,011	0,014	0,016
d) Fierro Forjado	Negro	0,012	0,014	0,015
	Galvanizado	0,013	0,016	0,017
e) Metal Corrugado	Tubos de drenaje	0,017	0,019	0,021
	Alcantarillas de aguas lluvias	0,021	0,024	0,030
No Metálicos				
a) Lucita		0,008	0,009	0,010
b) Vidrio		0,009	0,010	0,013
c) Cemento	Liso	0,010	0,011	0,013
	Mortero	0,011	0,013	0,015
d) Hormigón	Alcantarilla, recta y libre de obstrucciones	0,010	0,011	0,013
	Alcantarilla con curvas, conexiones y parcialmente obstruida	0,011	0,013	0,014
	Afinado	0,011	0,012	0,014
	Tubo de alcantarillado con cámaras, entradas, etc., recto	0,013	0,015	0,017
	Sin afinar, con moldaje de acero	0,012	0,013	0,014
	Idem, con moldaje de madera cepillada	0,012	0,014	0,016
	Idem, madera en bruto	0,013	0,017	0,020
e) Madera	Con duelas	0,010	0,012	0,014
	Terciada con tratamiento	0,015	0,017	0,020
f) Arcilla	Tuberías comunes	0,011	0,013	0,017
	Tubo de alcantarillado vitrificado	0,011	0,014	0,017
	Tubo con cámaras, entradas, etc.	0,013	0,015	0,017
	Tubo de drenaje vitrificado con juntas de tope	0,014	0,016	0,018
g) Albañilería de Ladrillo	Terminación barnizada o de apariencia vidriada	0,011	0,013	0,015
	Estucada	0,012	0,015	0,017
h) Alcantarillados sanitarios con aguas servidas y fango, con curvas y conexiones		0,012	0,013	0,016
i) Alcantarilla con clave estucada y fondo liso		0,016	0,019	0,020
j) Albañilería de piedra cementada		0,018	0,025	0,030
CANALES REVESTIDOS O ARTIFICIALES				
a) Metal	Superficie lisa de acero sin pintar	0,011	0,012	0,014
	Superficie lisa de acero pintada	0,012	0,013	0,017
	Superficie lisa de acero corrugado	0,021	0,025	0,030
b) Cemento	Superficie lisa	0,010	0,011	0,013
	Mortero	0,011	0,013	0,015
c) Madera	Cepillada sin tratamiento	0,010	0,012	0,014
	Cepillada con tratamiento (impermeabilizada)	0,011	0,012	0,015
	Sin cepillar (en bruto)	0,011	0,013	0,015
	EnTablado con listones	0,012	0,015	0,018
	Revestido con papel alquitranado	0,010	0,014	0,017

Tabla 2 (continuación)
Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning en Canales

d) Hormigón	Platachado	0,011	0,013	0,015
	Alisado con regla	0,013	0,015	0,016
	Alisado con ripio a la vista en el fondo	0,015	0,017	0,020
	Sin alisar	0,014	0,017	0,020
	Gunita (hormigón proyectado), sección regular	0,016	0,019	0,023
	Idem, sección ondulada	0,018	0,022	0,025
	Garita sobre una roca bien excavada	0,017	0,020	
	Garita sobre una roca excavada en forma irregular	0,022	0,027	
e) Fondo de hormigón alisado con lados de:	Piedra acomodada en mortero	0,015	0,017	0,020
	Piedra distribuida al azar en mortero	0,017	0,020	0,024
	Albañilería de piedra en bruto unida con cemento, enlucida	0,016	0,020	0,024
	Albañilería de piedra en bruto unida con cemento	0,020	0,025	0,030
f) Fondo de grava con lados de:	Empedrado o enrocado (rip rap)	0,020	0,030	0,035
	Hormigón (con moldaje)	0,017	0,020	0,025
	Piedra distribuida al azar en mortero	0,020	0,023	0,026
g) Ladrillo	Empedrado o rip rap	0,023	0,033	0,036
	Terminación tipo barnizada o vidriada	0,011	0,013	0,015
h) Albañilería	En mortero de cemento	0,012	0,015	0,018
	Empedrado cementado	0,017	0,025	0,030
i) Asfalto	Empedrado libre	0,023	0,032	0,035
	Piedra conteada	0,013	0,015	0,017
j) Cubierto con Vegetación	Liso	0,013	0,013	
	Rugoso	0,016	0,016	
CANALES EXCAVADOS Y UNIFORMES				
a) Tierra, Rectos y Uniformes	Limpio, recién terminado	0,016	0,018	0,020
	Limpio en uso	0,018	0,022	0,025
	Con grava, sección uniforme, limpio	0,022	0,025	0,030
	Con pasto corto, poca maleza	0,022	0,027	0,033
b) Tierra, con curvas y sin mantención	Sin vegetación	0,023	0,025	0,030
	Con pasto y algo de maleza	0,025	0,030	0,033
	Gran cantidad de maleza o algas en canales profundos	0,030	0,035	0,040
	Fondo de tierra y lados de piedra en bruto	0,028	0,030	0,035
	Fondo de piedra y lados con maleza	0,025	0,035	0,040
	Fondo de guijarros y lados limpios	0,030	0,040	0,050
c) Excavado mecánicamente o dragado	Sin vegetación	0,025	0,028	0,033
	Lados con algo de vegetación y matorrales	0,035	0,050	0,060
d) Excavado en Roca	Liso y uniforme	0,025	0,035	0,040
	Irregular, dentado	0,035	0,040	0,050
e) Canales sin mantención, malezas y matorrales sin cortar	Malezas densas de altura comparable con la profundidad del escurrimiento	0,050	0,080	0,120
	Fondo limpio, con matorrales en los lados	0,040	0,050	0,080
	Idem, a niveles máximos de escurrimiento	0,045	0,070	0,110
	Matorrales densos a niveles altos de escurrimiento	0,080	0,100	0,140

3.3.3.2.3 Condiciones Hidráulicas de Borde

El proyecto debe indicar y justificar las condiciones de frontera que se adopten para el modelo, las cuales dependerán del régimen de escurrimiento que se adopte.

Se distinguirán tres situaciones: Régimen supercrítico, régimen subcrítico y régimen mixto. Cada una de ellas implicará que la condición de contorno sea aplicada en determinada sección de análisis.

Se debe señalar el régimen hidráulico en que se correrá el modelo.

3.3.3.3 Revisión del Modelo Numérico

3.3.3.3.1 Validación de la Simulación

HEC-RAS siempre entregará resultados aunque sea deficiente la geometría o erróneas o irreales las condiciones de borde. Por esta razón, el Técnico debe revisar y validar los resultados sobre la base de las siguientes consideraciones:

- **Visualización gráfica**

La tabla de resultados, e incluso la propia gráfica del perfil longitudinal, permite detectar problemas en la modelación.

Si en un tramo que debiera ser subcrítico se modela como supercrítico, se podrá observar todo el tramo en régimen crítico. Lo mismo opera en sentido inverso (supercrítico a subcrítico).

Si en un tramo de régimen supercrítico el cálculo efectuado en este régimen entrega una lámina de agua con ondulaciones, implica mala calidad de los resultados.

- **Resultados por sección**

En cada sección se detallan las principales variables hidráulicas con un listado de avisos y notas de forma automática. Se debe revisar cada sección y aceptar o rechazar sus resultados.

- **Listado general de avisos y notas**

Se puede editar de modo global, todos los avisos y notas que entrega el programa. Es necesario antes de interpretar hidráulicamente los resultados, que se realicen las comprobaciones respectivas para asegurar su validez

3.3.3.2 Convergencia del Modelo

El modelo digital permite controlar una serie de parámetros de control del cálculo: Tolerancia de la superficie libre, tolerancia de la profundidad crítica, número de iteraciones, tolerancia de la máxima diferencia, factor de tolerancia del caudal, números de iteraciones en flujos divididos, etc.

Como se aprecia, son muchos los factores que pueden variar, por lo que se recomienda usar los que por efecto asume el programa cuando se tengan escurrimientos sin grandes variaciones en la lámina de agua.

Los errores en los resultados por mala selección del régimen hidráulico es un error de convergencia.

Los mensajes de advertencia de flujos divididos no son un error del modelo, pero si requiere que se analice en detalle la topografía para verificar la formación de las islas.

3.3.3.3 Limitaciones a la aplicación del Modelo

El modelo posee ciertas limitaciones que deben ser consideradas al momento de revisar la simulación. Algunas ya se han señalado y se resumen a continuación:

- El caudal es constante.
- El flujo es gradualmente variado.
- Flujo unidimensional.
- Pendientes fajas y menores a 10:1 (H:V).

Ha sido muy común el uso del modelo para pendiente mayores a 10:1 (H:V) sin efectuar correcciones al tirante hidráulico. El Manual de Referencia del programa indica que debe corregirse los valores que entregue el modelo con el coseno del ángulo que genera la pendiente⁶⁵.

⁶⁵ Hydraulic Reference Manual, Versión 4.1, 2010. Cap. 2

Los flujos en cauces de alta velocidad la superficie del agua pueden tener una mayor elevación que la calculada por la incorporación de aire. HEC-RAS corrige en base a dos ecuaciones dependiendo del número de Froude⁶⁶. Las tablas de salida no despliegan por defecto estos valores y es necesario crear el perfil.

3.3.3.4 Cálculo Manual del Eje Hidráulico

En aquellos proyectos de obras hidráulicas que necesiten de análisis especiales y no sea posible ajustar un modelo numérico tipo HEC-RAS, el proyecto debe indicar la metodología empleada para el cálculo del eje hidráulico y se presentarán todos los resultados obtenidos y una gráfica con su elevación⁶⁷.

La revisión de lo entregado por el especialista se hará caso a caso y se aplicarán las técnicas hidráulicas conocidas.

3.3.4 Mecánica Fluvial

3.3.4.1 Caracterización Granulométrica del Lecho

La caracterización del lecho para el cálculo de la socavación debe ser realizada por Titular en base a análisis granulométricos. Para tal efecto, se revisará que este estudio contenga:

- Estratigrafía de cada pozo de reconocimiento.
- Ensayos de clasificación.
- Curvas granulométricas.

Desde las curvas granulométricas se deben obtener los diámetros característicos más usados en la práctica:

- D_{50} (mediana de la distribución) y que puede ser considerado representativo de toda la distribución.
- D_{65} , D_{75} , D_{84} , D_{90} o D_{95} utilizados para describir la fracción gruesa de la distribución.

⁶⁶ Las ecuaciones distinguen las condiciones para números de Froude menor e igual a 8,2 y superior a este valor

⁶⁷ Tal es el caso del cálculo del eje hidráulico en rápidas de descarga y estudios de fenómenos de ondas cruzadas, cavitación e incorporación de aire al flujo

- D_{35} que se utiliza para caracterizar ciertos fenómenos asociados al arrastre del material.
- $\sigma_G = \sqrt{D_{84}/D_{16}}$ que es la desviación estándar geométrica de la distribución (logarítmica normal)

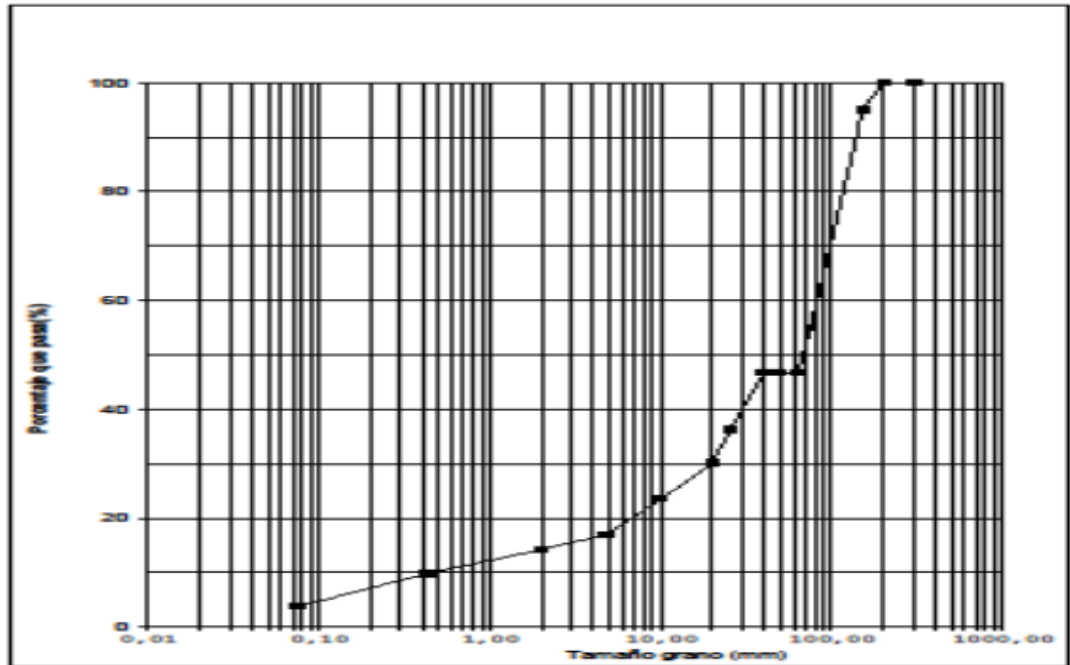


Fig.5: Curva Macrogranulométrica (Estudio Río Maipo 2014)

La cantidad de ensayos a exigir dependerá del tipo de obra y debe ser fundamentado en el proyecto.

En casos calificados y para obras menores, lo cual quedará a criterio de la DGA, se aceptará el uso de estudios anteriores siempre que poseen una antigüedad no mayor a 5 años. Se deben acompañar los antecedentes respectivos.

3.3.4.2 Cálculos de Socavación

3.3.4.2.1 Socavación General

a) Características del Fenómeno

La socavación general es un factor determinante en el diseño de obras implantadas en el cauce y de estructuras y elementos que atraviesan bajo éste. El proceso de socavación en un cauce fluvial se verifica cuando ocurre una profundización del lecho en un tramo determinado.

Los métodos sugeridos se basan en la condición que la velocidad del escurrimiento iguale la velocidad crítica de arrastre. No obstante, el especialista podrá proponer otras metodologías debidamente fundamentadas.

b) Cálculo de la Socavación General

Se revisará el o los métodos aplicados, los cuales dependerán de las características de los sedimentos del lecho⁶⁸, distinguiendo:

- Sedimentos finos.
- Sedimentos gruesos.
- Suelos No Cohesivos.
- Suelos Cohesivos.

Bajo estas premisas, se podrá usar el Método de Neill y el de Lischtván-Levediev. Como recomendación para la aplicación de estos métodos⁶⁹ se debe tener presente:

- El método de Neill supone que la máxima socavación ocurre para una condición hidráulica dada. Lischtván-Levediev no considera esta condición externa.
- El Método de Neill entrega valores mayores a los de Lischtván-Levediev, por lo que es recomendable usar valores intermedios.
- El Método de Neill no se puede aplicar para suelos cohesivos.

⁶⁸ La caracterización del lecho mediante los ensayos de clasificación entregan esta información

⁶⁹ Manual de Carreteras, Vol.3, Capítulo 3.707.405(3). Edición 2012

- Cuando la zona más profunda de la sección del cauce migra hacia un costado, se debe desplazar la zona al calcular socavaciones locales.
- No es conocido el origen y verificación experimental del método de Lischtvan-Levediev.

c) Cálculo de la Socavación Local

Se distinguen numerosas fórmulas para el cálculo de la socavación local dependiendo de la estructura presente. Para revisar las que utilice el proyecto, se sugiere recurrir al Manual de Carreteras, Vol.3, en el cual se proponen diversos métodos adecuados a las características del elemento y el suelo presente. Se debe tener presente que se distinguen los siguientes casos:

- Socavación local al pie de pilas.
- Socavación local en extremo de estribos y espigones.
- Socavación local aguas abajo de estructuras hidráulicas: Barreras vertedoras, radiers aguas abajo de compuertas, radiers al pie en ríos, pie de alcantarillas y ductos de descarga.

3.3.5 Diseño Hidráulico

3.3.5.1 Período de Retorno de Diseño

Para el caso de obras definitivas la Tabla 1 de la Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces entrega los períodos de retorno a considerar. No obstante, este debe ser siempre relacionado con el riesgo hidráulico y la vida útil de la obra.

La fórmula general que representa la relación entre vida útil (n), riesgo hidráulico (r) y período de retorno (T) es la siguiente:

$$r = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Calculando los riesgos de falla para distintos períodos de retorno y vida útil, se obtiene lo siguiente.

Tabla 3
Riesgo de Falla

Vida Útil años	Período de Retorno (años)	Riesgo de Falla
2	5	36%
	10	19%
	25	8%
	50	4%
	100	2%
10	5	89%
	10	65%
	25	34%
	50	18%
	100	10%
25	5	100%
	10	93%
	25	64%
	50	40%
	100	22%
50	5	100%
	10	99%
	25	87%
	50	64%
	100	39%

La decisión para adoptar uno u otro además de técnica es económica y es el titular del proyecto quién define el riesgo de falla y la vida útil de las obras.

La bibliografía y Manuales de diseño hacen recomendaciones pero de valores admisibles de riesgo de falla para una serie de obras, debiendo revisar lo propuesto en el proyecto.

Como recomendación general, un riesgo de falla del 22% o menor se estima adecuado para obras permanentes, así como un valor máximo del 64% para obras provisorias con un período de retorno mínimo de diseño de 5 años⁷⁰.

⁷⁰ Este caso se presenta en badenes en lecho de río para caminos provisionales de extracción de áridos o faeneros. Se recomienda por razones de seguridad, que el proyecto incluya un Plan de Operación y Contingencia ante eventos extraordinarios

3.3.5.2 Cálculos Hidráulicos

3.3.5.2.1 Caracterización de la Obra y Cauce a Intervenir

Se revisará que se incluya una correcta caracterización de las obras asimilándola a alguna de las señaladas en la tipología de obras de intervención de cauces.

El cauce deberá estar correctamente descrito y en el caso de cauces naturales, con la indicación a que cuenca, subcuenca y subsubcuenca pertenece.

En los proyectos sobre cauces artificiales se debe identificar el canal y a que organización le corresponde. Además, se revisará que esté señalado la fuente y al igual que en los cauces naturales, la cuenca a la cual se le extraen las aguas.

3.3.5.2.2 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Naturales

a) Atravesio por Sobre y Bajo Lecho

En este tipo de obra se contemplan los cruces de ductos y las estructuras para el tránsito (puentes y alcantarillas).

Se debe revisar que en el proyecto contenga una descripción técnica del atravesio, incluyendo y sin ser excluyente:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales.
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el expediente sometido a aprobación por la DGA.

El diseño debe incluir lo siguiente:

Desde el punto de vista hidráulico fluvial

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva, se considerará al menos, hasta las trazas de inundación que marque para el período de retorno de diseño. En las zonas de planicies de inundación que exceden ampliamente el álveo, el especialista debe definir hasta donde se considerará que las obras forman parte del proyecto que se somete a aprobación sectorial de la DGA.

De esta forma se podrá identificar la obra que aprobará la DGA y que queda detallada en la Resolución.

- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica. El Técnico DGA seleccionará las secciones o perfiles transversales que entrega los parámetros⁷¹ que deben ser utilizados para el diseño de las obras y los comparará con los presentados en el proyecto.

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos⁷².
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Atravesos bajo cauce deben efectuarse a una profundidad⁷³ mayor que la socavación calculada. Se permitirán cruces bajo lecho a profundidades menores solo con protecciones calculadas para resistir el flujo en crecida y la abrasión (dados de refuerzo, encamisados de acero, etc.).
Se recomienda aceptar profundidades mínimas medidas desde la clave de 1 m en los casos que se estime una socavación generalizada menor a este valor.

⁷¹ Los parámetros principales son: Elevación del agua, velocidad, altura de velocidad, área de flujo, radio hidráulico, número de Froude

⁷² Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

⁷³ Medido desde la clave a la cota mínima del lecho en la sección transversal correspondiente

- Atravesos sobre el cauce deben permitir una revancha mínima⁷⁴ de 1 m. Debe demostrarse la resistencia de los elementos (cañería auto soportante, canoas, catenarias, losas, vigas, etc.) en el diseño estructural respectivo.
- Fundación de estructuras bajo la cota geográfica de socavación máxima⁷⁵.
- Si el ducto portea o conduce fluidos calificados como peligrosos⁷⁶, el diseño debe ser efectuado con encamisado de acero y sistemas de purga en ambos extremos.
- Las defesas fluviales que se proyecten deben cumplir con lo indicado en el capítulo respectivo de la presente Guía. Las revanchas serán propuestas por el especialista hidráulico.

Se deberán presentar todos los cálculos hidráulicos que justifiquen el diseño y las dimensiones adoptadas, además de los modelos numéricos para las condiciones Sin Proyecto y Con Proyecto.

En particular, los cruces de cauces naturales para estructuras de tránsito (alcantarillas), deben incluir un estudio hidráulico específico que incluya el cálculo de las pérdidas de carga y los controles respectivos. No se aceptará el uso directo de fórmulas de régimen uniforme⁷⁷ si no se incorpora un análisis integral para este tipo de estructuras.

Como alternativa al cálculo manual tradicional de alcantarillas se puede aceptar el uso del software HY-8 de la *Federal Highway Administration*, de USA⁷⁸.

Los resultados del cálculo directo de la obra de arte ya sea en forma manual o con el programa HY-8, deben compararse con los que entrega el modelo digital en condición Con Proyecto⁷⁹. Esto es necesario por cuanto los datos de entrada del modelo digital pueden diferir de los que se utilicen con los resultados del cálculo manual o del software HY-8. De ser necesario, se deberá solicitar al Titular que explicita las hipótesis utilizadas en ambos programas.

⁷⁴ Medido desde el eje hidráulico para el caudal con período de retorno de diseño, hasta la parte inferior de la estructura de soporte

⁷⁵ Se trasladará la cota máxima de socavación a la margen en la cual se implante la obra

⁷⁶ El especialista hidráulico debe calificarlo y la DGA podrá aceptar o rechazar lo adoptado

⁷⁷ Como por ejemplo, la ecuación de Manning

⁷⁸ Se sugiere descargar e instalar el software: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>

⁷⁹ La experiencia en diseños viales indican que el modelo HEC-RAS subestima las cargas hidráulicas de entrada en alcantarillas (pérdidas de carga más bajas) respecto de un cálculo manual y con software HY-8

Como condición básica en el cálculo de alcantarillas en cauces naturales, no se aceptarán diseños con cargas hidráulicas que no permitan escurrimiento en lámina libre en toda su extensión, incluyendo los controles de entrada y salida.

b) Descarga con Ducto o Restitución de Caudal

En este tipo de obra se contemplan, entre otras, las descargas de emisarios y las restituciones de derechos no consuntivos.

En todos los casos, se revisará que se incluya en el proyecto una descripción técnica de la obra, incluyendo y sin ser excluyente:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

El diseño debe incluir lo siguiente:

Desde el punto de vista hidráulico fluvial

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva, se considerará al menos, hasta las trazas de inundación que marque para el período de retorno de diseño. En las zonas de planicies de inundación que exceden ampliamente el álveo, el especialista debe definir hasta donde se considerará que las obras forman parte del proyecto que se somete a aprobación sectorial de la DGA.

De esta forma se podrá identificar la obra que aprobará la DGA y que queda detallada en la Resolución.

- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica. El Técnico DGA seleccionará las secciones o perfiles transversales que entrega los parámetros⁸⁰ que deben ser utilizados para el diseño de las obras y los comparará con los presentados en el proyecto.

⁸⁰ Los parámetros principales son: Elevación del agua, velocidad, altura de velocidad, área de flujo, radio hidráulico, número de Froude

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos⁸¹.
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente en la revisión las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Las descargas de emisarios deberán efectuarse por sobre la cota de elevación del eje hidráulico calculado para el caudal de diseño. La revancha mínima será de 50 cm. Solo en casos excepcionales y debidamente justificados, se podrá aceptar descargas bajo el nivel del eje hidráulico siempre que se efectúe en presión y con carga mayor a la que obliga el nivel de las aguas.
- Será obligatorio diseñar obras de amortiguación de las aguas descargadas que eliminen el riesgo de erosión de la margen y el lecho. Es necesario exigir la presentación del cálculo de la socavación local de acuerdo al elemento que será sometido a este fenómeno (socavación al pie de estructuras, socavación retrógrada, etc.). Este diseño debe formar parte de la condición Con Proyecto para los efectos de revisión del modelo hidráulico.
- Fundación de estructuras bajo la cota geográfica de socavación máxima⁸².
- Las defensas fluviales que se proyecten deben cumplir con lo indicado en el capítulo respectivo de la presente Guía. Las revanchas serán propuestas por el especialista hidráulico.
- Los fluidos descargados deberán cumplir con las normativas que apliquen y que garanticen que no se afecta la calidad de las aguas⁸³.

⁸¹ Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

⁸² Se trasladará la cota máxima de socavación a la margen en la cual se implante la obra

⁸³ Se debe informar la calidad del efluente y cumplimientos, como por ejemplo, Tabla N°1 o 2 del DS90

Los proyectos de restitución de caudal de derechos no consuntivos requieren de un estudio localizado en la zona de la descarga. No basta con revisar los resultados del modelo⁸⁴ y los cálculos de la socavación. Se debe prestar atención en las obras implantadas en las márgenes y lecho de manera que el diseño restituya con la menor alteración del flujo natural. De esta forma, se debe evitar descargas perpendiculares al eje del flujo principal del cauce si no se diseñan obras de protección de riberas y fondo.

3.3.5.2.3 Diseño Hidráulico de la Obra de Intervención en Cauces Artificiales

a) Atraveso por Sobre y Bajo Canal

Los proyectos de cruces en canales artificiales deben incluir una descripción técnica del atraveso, que indiquen al menos:

- Sistema de conducción al cual pertenece, con breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales
- Características hidráulicas de la conducción: Caudal, dimensiones, velocidad, presión, etc.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

Se revisará que el diseño considere los siguientes aspectos:

Desde el punto de vista hidráulico

- Los límites de la intervención, en la sección transversal respectiva sea, al menos, hasta las trazas en los taludes para los caudales máximos, o bien, hasta los bordes de la faja de servidumbre del canal.
- Las características hidráulicas del escurrimiento quedarán definidas por la modelación numérica. El Técnico DGA seleccionará las secciones o perfiles transversales que entrega los

⁸⁴ Los modelos numéricos más comunes permiten introducir caudales en cualquier sección. A diferencia de las confluencias no discretizan de acuerdo al tipo de régimen

parámetros⁸⁵ que deben ser utilizados para el diseño de las obras y los comparará con los presentados en el proyecto.

Desde el punto de vista mecánico fluvial

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos⁸⁶.
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico.
- En el caso de cauces revestidos no será exigible este capítulo, aunque sí se deberá señalar tal condición en los documentos técnicos y el estado del revestimiento.

De acuerdo a la solución adoptada, se tendrá presente las siguientes exigencias mínimas de diseño:

- Atravesos bajo cauce deben efectuarse a una profundidad⁸⁷ mayor que la socavación calculada. Se permitirán cruces bajo lecho a profundidades menores solo con protecciones calculadas para resistir el flujo máximo (dados de refuerzo, encamisados de acero, etc.) o bien, con revestimiento de la sección transversal del canal.

Se recomienda aceptar profundidades mínimas medidas desde la clave de 1 m en los casos que se estime una socavación generalizada menor a este valor.

- Atravesos sobre el cauce deben permitir una revancha mínima⁸⁸ de 1 m. Debe demostrarse la resistencia de los elementos (cañería auto soportante, canoas, catenarias, losas, vigas, etc.) en el diseño estructural respectivo. Los machones o estribos de apoyo deben quedar fuera de la faja de servidumbre del cauce. No se debe aceptar que las obras interrumpan el tránsito en los caminos de borde.

⁸⁵ Los parámetros principales son: Elevación del agua, velocidad, altura de velocidad, área de flujo, radio hidráulico, número de Froude

⁸⁶ Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

⁸⁷ Medido desde la clave a la cota mínima del lecho en la sección transversal correspondiente

⁸⁸ Medido desde el eje hidráulico para el caudal con período de retorno de diseño, hasta la parte inferior de la estructura de soporte

- Si el ducto portea o conduce fluidos calificados como peligrosos⁸⁹, el diseño debe ser efectuado con encamisado de acero y sistemas de purga en ambos extremos.

Se deberán presentar todos los cálculos hidráulicos que justifiquen el diseño y las dimensiones adoptadas, además de los modelos numéricos para las condiciones Sin Proyecto y Con Proyecto.

En particular, los cruces de cauces artificiales para estructuras de tránsito (alcantarillas y puentes), deben incluir un estudio hidráulico específico que incluya el cálculo de las pérdidas de carga y los controles respectivos. No se aceptará el uso directo de fórmulas de régimen uniforme⁹⁰ si no se incorpora un análisis integral para este tipo de estructuras.

Como alternativa al cálculo manual tradicional de alcantarillas se puede aceptar el uso del software HY-8 de la *Federal Highway Administration*, de USA⁹¹.

Los resultados del cálculo directo de la obra de arte ya sea en forma manual o con el programa HY-8, deben compararse con los que entrega el modelo digital en condición Con Proyecto⁹². Esto es necesario por cuanto los datos de entrada del modelo digital pueden diferir de los que se utilicen con los resultados del cálculo manual o del software HY-8. De ser necesario, se deberá solicitar al Titular que explicita las hipótesis utilizadas en ambos programas.

Como condición básica en el cálculo de alcantarillas en cauces artificiales, no se aceptarán diseños con cargas hidráulicas que no mantengan el escurrimiento en lámina libre en toda su extensión, incluyendo los controles de entrada y salida; y con las mismas elevaciones del agua de la condición Sin Proyecto.

⁸⁹ El especialista hidráulico debe calificarlo y la DGA podrá aceptar o rechazar lo adoptado

⁹⁰ Como por ejemplo, la ecuación de Manning

⁹¹ Se sugiere descargar e instalar el software: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>

⁹² La experiencia en diseños viales indican que el modelo HEC-RAS subestima las cargas hidráulicas de entrada en alcantarillas (pérdidas de carga más bajas) respecto de un cálculo manual y con software HY-8

b) Modificación de Trazado y Sección Transversal

Se incluyen en estos proyectos una gran variedad de obras de intervención de cauce, considerando desde las modificaciones en planta y elevación, hasta los revestimientos y abovedamientos.

Se revisará la explicación de la necesidad de efectuar los cambios a la condición actual del cauce y la descripción técnica de las obras. Sin ser excluyente el proyecto debe indicar:

- Breve descripción del proyecto.
- Características de los materiales.
- Características hidráulicas de las conducciones.
- Antecedentes técnicos del proyecto general si tiene relevancia para el estudio sometido a aprobación por la DGA.

Las exigencias y contenidos mínimos que debe incluir el proyecto técnico de algunas obras de modificación de cauce artificial, se presentan a continuación:

➤ **Abovedamientos**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a abovedar. No obstante, se debe ser muy crítico con esta distancia, ya que para cauces pequeños puede ser suficiente, pero en cauces mayores se debe extender la modelación. Por otra parte, cualquier singularidad hidráulica puede alterar el escurrimiento y requerir, por tanto, de una mayor extensión del tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo).
- El escurrimiento debe ser de lámina libre (no en presión) y subcrítico, con un alejamiento del 10% de la crisis.

- Solo en casos justificados se aceptará régimen de torrente: Deberá estar presente en la condición Sin Proyecto, no sea posible modificar esta condición y las velocidades sean admisibles para el material del abovedamiento. Sin embargo, el Técnico DGA debe tener presente que al aceptar este régimen las velocidades del flujo pueden ser importantes y por razones de seguridad, solo aceptable en cauces abovedados o abiertos con protección que impidan el acceso de personas.
- La revancha mínima en todas las secciones debe ser un 30% de la altura de la bóveda.
- Las dimensiones mínimas de la sección, junto con las Cámaras de Inspección, deben permitir la limpieza. En la Tabla 2 de la *Guía de Presentación de Proyectos de Intervención de Cauces* se indican diámetros mínimos y separación máxima entre cámaras de inspección
- En las soluciones con cajones de uno o varios barriles, se podrán evitar las Cámaras de Inspección siempre que las dimensiones permitan el acceso de personas para la limpieza y en tramos máximos de 120 m. En los cambios de dirección será obligatorio el diseño de Cámaras. Los cajones pueden ser hechos in situ o prefabricados⁹³.
- El diseño de la Cámara de Inspección debe mantener el ancho mínimo del tramo abovedado, poseer un descenso de fondo de al menos 50 cm, ser visitables y con cubierta y tapa de acceso.

Un caso especial de abovedamiento lo representa el escurrimiento en presión, como son los sifones. Serán aceptados bajo las siguientes condiciones:

- La condición actual es de este tipo.
- No sea factible otra solución por las condiciones de terreno.
- El cálculo del sifón incluya el análisis del cauce abierto tanto aguas arriba como abajo (100 m en cada extremo) para establecer los parámetros hidráulicos del escurrimiento.

⁹³ Es usual en los proyectos utilizar obras tipo del Manual de Carreteras de Vialidad o del Minvu. Se debe exigir el dibujo en planos con la estructura del cajón. En caso de optar por cajones prefabricados, debe exigirse la memoria de cálculo estructural del fabricante. En ambas situaciones, se debe comprobar que se cumplan las hipótesis bajo las cuales se pueden utilizar estas obras

- La metodología de cálculo incluya la determinación de todas las pérdidas de cargas (por fricción y singulares), demostrando que se dispone de carga hidráulica suficiente⁹⁴.
- Las velocidades medias en el sifón sean superiores a 2,5 m/s. Solo en casos calificados y con un diseño que facilite la limpieza, se podrá disminuir a 1,5 m/s esta velocidad.
- Se pueda efectuar la limpieza del ducto con cámaras que incluyan trampas para la basura y sedimentos. El especialista deberá proponer la separación de ellas.
- Se debe exigir que en el proyecto esté la indicación y antecedentes de los responsables de la mantención de la obra⁹⁵.

Las aducciones en presión de gran longitud deben incluir y respetar en lo que sea pertinente, todo lo señalado anteriormente. Además, se efectuará el análisis hidráulico completo de la línea presurizada de acuerdo con el perfil longitudinal del terreno, no aceptándose cortes de la línea de carga o presiones negativas en algunos tramos. Este diseño debe incluir todo los sistemas de control de flujo⁹⁶ que se requieran.

➤ **Canales en Tierra**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a diseñar. No obstante, se debe ser muy crítico con esta distancia, ya que para cauces pequeños puede resultar suficiente, pero en cauces mayores se debe extender la modelación. Por otra parte, cualquier singularidad hidráulica puede alterar el escurrimiento y requerir, por tanto, de una mayor extensión del tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo).
- Sólo se aceptarán ejes hidráulicos en los cuales el Bernoulli esté alejado por lo menos un 10% del crítico, evitándose los torrentes.

⁹⁴ EL cálculo de las pérdidas por fricción del sifón debe realizarse con fórmulas exactas y no aproximadas

⁹⁵ Por defecto se asumirá que el Titular se hará responsable de la obra

⁹⁶ Golpes de ariete, subpresiones, etc.

- Los radios mínimos aceptados para las curvas será de 5 veces el ancho superficial de la sección mojada del cauce.
- La sección estable se basará en el Método de la Velocidad Máxima Permisible⁹⁷ o las metodologías que se basan en la Fuerza Tractriz o Tractiva⁹⁸.

Se pueden tener como patrón de revisión y aceptación del diseño, las velocidades máximas indicadas por la Dirección de Riego, hoy DOH, en su documento del año 1960⁹⁹.

Tabla 4
Velocidades Máximas Recomendadas

Material	Velocidad (m/s)
Roca sana	4,5
Conglomerados firmes	2,5
Toscas	2,5
Ripios bien conglomerados	2,0
Arcillas	1,0
Trumaos	0,7
Arenas	0,5

Además, se debe revisar que la sección proyectada tenga un talud estable. El mismo documento de la Dirección de Riego, hoy DOH, del año 1960 entrega las siguientes recomendaciones.

⁹⁷ Fortier y Scobey, 1926. El proyecto debe incluir un análisis de las velocidades adoptadas en base bibliografía y normativa usada en el país

⁹⁸ Método aceptado por Vialidad, Manual de Carreteras

⁹⁹ Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales. Dirección de Riego, 1960

Tabla 5
Taludes Aceptables (H:V)

Material	Cubeta	Mesa
Roca sana	Vertical	Vertical
Conglomerados firmes	1:2	1:2
Toscas	3:4	1:2
Arcillas	1:1	3:4
Trumaos	1,5:1	1:1
Arenas	2:1	1,5:1

El método de la fuerza tractora está desarrollado en el Manual de Carreteras, Volumen 3, y se basa en la hipótesis de determinar la sección de canal que produzca una igualdad entre las fuerzas que tienden a desplazar las partículas del lecho y aquellas que tienden a mantenerlas en su lugar. Luego, la fuerza tractora permisible es la máxima tensión que no causaría una erosión significativa en la zona horizontal del lecho.

Este método ha sido poco usado en la práctica por que entrega secciones estables que se alejan de la sección hidráulicamente óptima¹⁰⁰ y por lo tanto, requiere de una mayor faja para emplazar el canal.

- Las velocidades mínimas en aguas con arrastre serán inferiores al 60% de las velocidades máximas adoptadas. Si el arrastre sólido es de consideración, se deberá consultar un desarenador.
- Se proyectarán en general revanchas equivalentes a un 15% de la altura normal de aguas respectivas con un mínimo de 0.20 m y un máximo de 0.50 m. En canales que se desarrollen en laderas de más de un 20% de pendiente media transversal, se deberá verificar que la distancia horizontal entre el agua al fondo del canal y la superficie del terreno sea igual a 2 veces la altura de aguas del canal, en caso contrario se deberá aumentar la revancha.

Existen una serie de expresiones para el cálculo de la revancha y que pueden ser utilizadas en los proyectos. Cualquiera sea el resultado presentado, el criterio de aceptación debe ser que el valor adoptado sea suficiente para evitar que las fluctuaciones del nivel de agua o las ondas del canal, sobrepasen sus bordes.

¹⁰⁰ Aquella que genera un perímetro mojado mínimo para un área dada

- Se exigirá el estudio del lecho con ensayos granulométricos para así estimar los diámetros característicos¹⁰¹.
- Los cálculos de socavación generalizada y local deben ser efectuados con un análisis crítico de los métodos a emplear y su aplicación para el caso específico. No deben ser aceptarán diseños con velocidades que provoquen descensos del lecho.
- Se revisará que estén incluidos todos los cálculos hidráulicos de las obras de arte que formen parte del diseño: Caídas verticales, canoas, aliviaderos, entregas, etc.; y que estén suficiente y correctamente desarrollados los cálculos para ser aceptados.

➤ **Revestimientos**

- El modelo hidráulico presentado debe exceder al menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo, del tramo a revestir. No obstante, se debe ser muy crítico con esta distancia, ya que para cauces pequeños puede resultar ser suficiente, pero en cauces mayores se debe extender la modelación. Por otra parte, cualquier singularidad hidráulica puede alterar el escurrimiento y requerir, por tanto, de una mayor extensión del tramo.
- La condición Con Proyecto deberá mantener las características hidráulicas originales en la primera y última sección de análisis (Perfil inicial y final del modelo). El diseño deberá garantizar que los ejes hidráulicos deben ser igualados en estas secciones.
- Sólo se aceptarán ejes hidráulicos en los cuales el Bernoulli esté alejado por lo menos un 10% del crítico, evitándose los torrentes.
- Los radios mínimos aceptados para las curvas será de 5 veces el ancho superficial de la sección mojada del cauce.
- El canal puede ser diseñado por la sección hidráulicamente óptima¹⁰² aunque, de acuerdo a la topografía y las condiciones de terreno, el proyecto podrá optar por otras secciones.
- La selección del tipo de revestimiento deberá asegurar que no existan pérdidas por infiltración.

¹⁰¹ Se podrá aceptar estudios anteriores según se señala en el Capítulo 4.4.1

¹⁰² Aquella que genera un perímetro mojado mínimo para un área dada

- Los revestimientos de hormigón serán aceptados con un espesor mínimo de 6 cm para caudales menores de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ¹⁰³. Para otros tipos de materiales, el proyecto debe justificar los espesores y debe garantizar que funcionará durante toda la vida útil del proyecto.
- La velocidad máxima permisible para el material del revestimiento se considerará en el diseño cuando el agua transporte arena, gravas o piedras. Igualmente se tendrá en consideración si existiera la posibilidad que las velocidades altas muevan bloques de revestimientos y los desplacen.

Como referencia, el documento de la Dirección de Riego del año 1960, actual DOH, propone velocidades aceptables para revestimientos de hormigón.

Tabla 6
Velocidades Máximas Recomendadas Revestimiento de Hormigón

Calidad del Agua	Velocidad (m/s)
Aguas limpias	6,0
Aguas con pequeño arrastre	4,0
Aguas con arrastre	3,0

- Se debe revisar que las velocidades mínimas en el agua no permita el sedimento. Esta velocidad es incierta y es difícil fijar un valor exacto. En general, puede adoptarse una velocidad media de 0,6 a 0,9 m/s con baja carga de limos y una velocidad media de 0,75 m/s para evitar el crecimiento de vegetación¹⁰⁴.
- Se proyectarán en general revanchas equivalentes a un 15% de la altura normal de aguas respectivas con un mínimo de 0.20 m y un máximo de 0.50 m. En canales que se desarrollen en laderas de más de un 20% de pendiente media transversal, se deberá verificar que la distancia horizontal entre el agua al fondo del canal y la superficie del terreno sea igual a 2 veces la altura de aguas del canal, en caso contrario se deberá aumentar la revancha.

El U.S. Bureau of Reclamations propone una expresión en que la revancha es función del tirante hidráulico y puede ser usada por el

¹⁰³ USBR citado en documento *Concepto de Diseño Estructural de Obras de Riego*, CNR

¹⁰⁴ *Hidráulica de Canales Abiertos*, Ven Te Chow. 1994

Técnico DGA para aceptar valores alternativos que proponga el diseño:

$$F = \sqrt{Cy}$$

Siendo:

F = Borde libre o revancha (pies)

C = Coeficiente que varía desde 1,5 para canales de 0,57 m³/s a 2,5 para canales con capacidad de 85 m³/s

y = Tirante hidráulico (pies)

- Los taludes serán propuestos por el especialista y deberán cumplir con la condición de estabilidad general y local¹⁰⁵.
- Se incluirá los cálculos a la flotación y el diseño de las medidas que mitiguen este efecto si pone en riesgo la estabilidad del revestimiento. En los casos que el peso del revestimiento sea menor al peso del agua desplazada existirá el fenómeno de flotación y por lo tanto, el diseño debe incluir un sistema de drenaje.

El Técnico DGA debe verificar que el diseño incluya los dos componentes básicos: Dren que evita las subpresiones sobre el revestimiento y el sistema colector y evacuador de estas aguas, resguardando que no afecten a terceros estas descargas.

- Deberá incluirse en el diseño las transiciones entre la sección proyectada y la existente, tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo, incluyendo los cálculos hidráulicos respectivos¹⁰⁶.
- Se deberá revisar los cálculos hidráulicos de las obras de arte que formen parte del diseño: Caídas verticales, canoas, aliviaderos, entregas, etc.

¹⁰⁵ Podrá utilizarse las recomendaciones del documento “Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales”, Dirección de Riego, 1960

¹⁰⁶ Debe incluirse en el modelo numérico estas singularidades

3.3.5.2.4 Diseño de Defensas Fluviales

a) Definiciones Generales

Es una condición habitual que las estructuras de descarga en cauces naturales deban ser protegidas por elementos de defensas fluviales, ya sean longitudinales como transversales.

El diseño deberá cumplir con las exigencias normativas de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. En todo aquello que no contradiga estos criterios y recomendaciones, se podrá aplicar los que se indica a continuación.

Como elemento constructivo básico se podrán diseñar con enrocados, gaviones y prefabricados de hormigón y acero.

El proyecto deberá señalar los componentes principales a considerar:

- Coraza: La parte de la defensa expuesta al escurrimiento.
- Fundación: Base de apoyo de la defensa y cuya profundidad queda determinada por la socavación generalizada que ocurriría en eventos de crecida.
- Coronamiento: Se denomina de esta forma a la parte más alta con la cual culmina superiormente una obra de defensa fluvial. Queda definida por la altura máxima de escurrimiento para el caudal de diseño, más un borde libre o revancha que debe ser igual a la adoptada para la obra sometida a aprobación.
- Talud: Corresponde a la cara perfilada de la ribera del cauce. Para defensas con enrocados o losetas de hormigón debe ser igual o mayor a $H:V=2:1$. Podrá disminuirse la inclinación para bajas velocidades no pudiendo ser menor a $H:V=1:1$. La recomendación de talud mínimo para defensas longitudinales de enrocados es $H:V=1,5:1$. Para el caso de gaviones y tablestacas no aplica lo anterior.
- Terraplén de respaldo: Es el núcleo de la obra de defensa y estará conformado por material de relleno en el cual se apoya la coraza.

- Zarpas o Dientes: Estructuras que quedan insertadas en el terreno natural o en el lecho y se ubican, generalmente, al inicio y fin de la defensa. Previene la socavación y su profundidad queda determinada por la socavación general y local estimada.
- Radieres: Estructura flexible o rígida dispuesta en el lecho del cauce para prevenir la acción erosiva del escurrimiento.

b) Procedimientos de Diseño Hidráulico

Se debe diferenciar la defensa longitudinal de la transversal (espigones), que si bien desarrollan los mismos aspectos en el diseño, poseen características particulares que deben tenerse presente.

El dimensionamiento de la defensa longitudinal debe incluir:

- Localización en planta.
- Talud de Protección.
- Coronamiento.
- Fundaciones.
- Coraza de Protección.

Para dimensionar las corazas de una defensa longitudinal puede emplearse la fórmula del California Highway Division (CHD).

$$W = \frac{0,0133 * S'' * V^6}{[(S - 1) \sin(\emptyset - \theta)]}$$

Donde:

W = Peso del enrocado (Kg)

S = Peso específico del enrocado relativo al agua

V = Velocidad media del escurrimiento (m/s)

\emptyset = Ángulo de reposo del enrocado (°)

θ = Ángulo de inclinación del talud (°)

Para el caso de los espigones se tendrá en consideración:

- Localización en planta.
- Longitud de los espigones.
- Separación de los espigones.
- Pendiente longitudinal, elevación y ancho del coronamiento de los espigones.
- Orientación.
- Fundación.
- Forma de los espigones en planta.

Si el diseño contempla, como caso especial, la colocación de enrocados en barreras vertedoras, se podrá utilizar el método de Hartung¹⁰⁷ o bien, la relación de Oliver que se expresa por:

$$q = 0,2335D^{1,5}(S - 1)^{1,667}i^{-1,167}$$

Siendo:

q = Caudal por unidad de ancho (m³/s)

D = Diámetro nominal de la coraza (m)

S = Densidad relativa de las rocas referida al agua

i = Pendiente del talud en tanto por uno

¹⁰⁷ Ver expediente técnico aprobado por la DGA de la Bocatoma del Canal Teno-Chimbarongo, altura ruta 5 Sur, Endesa

3.3.5.3 Diseño de Otras Especialidades

3.3.5.3.1 Especialidades a Considerar

Como sea ha indicado en la Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces, en conformidad con el tipo de proyecto y la complejidad del mismo, se incluirán los estudios de otras especialidades que complementan el diseño. En forma general y sin ser excluyente, las más recurrentes en proyectos de modificación de cauces son:

- Diseño Estructural.
- Diseño Mecánico.

En la Tabla 1 se presentaron los casos en los cuales aplica solicitar obligatoriamente cada uno de estos estudios.

3.3.5.3.2 Diseño Estructural

Para todos los elementos que requieran cálculo estructural, se deberá acompañar una memoria que incluya, cuando corresponda:

- Normas a aplicar
- Bases de Cálculo
- Cálculos estructural de elementos de hormigón
- Cálculo de flotación
- Cálculo de subpresiones
- Cálculos de estabilidad general en muros

Los casos de estructuras especiales deberán ser tratados en extenso en el documento y basado en las otras especialidades concurrentes.

3.3.5.3.3 Diseño Mecánico

En los casos que se incluyan elementos metálicos, tales como compuertas, rejillas, puente grúa, canoas, entre otras, el proyecto debe acompañar la justificación de las dimensiones y calidades de los componentes. En los casos de proyectos simples, se podrá incluir dentro del mismo anexo estructural.

Si el proyecto incluye componentes mecánicos prefabricados, se deberá exigir la memoria de cálculo correspondiente del fabricante.

3.3.6 Especificaciones Técnicas

3.3.6.1 Especificaciones Técnicas Generales

Para el caso de proyectos mayores, con la concurrencia de distintas especialidades, deberá considerarse la presentación de una Especificaciones Técnicas Generales.

El Técnico de la DGA deberá decidir si aplica al tamaño del proyecto, condensar la forma de construir la bocatoma exclusivamente en las Especificaciones Técnicas Especiales.

El documento tendrá que explicar en forma general y genérica la forma de abordar la obra en cuanto a procedimientos administrativos, tipo y calidad de materiales, procedimientos constructivos, relaciones de medición de partidas, etc.

La estructura la definirá el especialista y como componentes básicos, en función de la obra proyectada, se indican una serie de capítulo en la Guía de Presentación de Proyectos de Modificación de Cauces.

3.3.6.2 Especificaciones Técnicas Especiales

Estas especificaciones harán referencia a las obras y partidas a ejecutar. Tendrán el suficiente grado de detalle que permita al ejecutante materializar el proyecto de acuerdo a las condiciones de terreno existentes y las cantidades de obras que se deriven.

Se revisará la inclusión de los siguientes capítulos:

- Resumen de las obras a ejecutar.
- Disposiciones generales: Características de la obra, condiciones de terreno, replanteo.
- Descripción detallada por partida: Materiales, dimensiones, procedimiento constructivo. Unidad de medida y pago.

Se deberá observar que esté incluido en el método constructivo, los mecanismos de manejo de las aguas para poder ejecutar la obra: Desvíos, ataguías, agotamiento, etc.

En este mismo sentido, se debe asegurar que se mantenga el escurrimiento normal de las aguas durante la construcción.

3.3.7 Cronograma

Revisar la inclusión de un cronograma del desarrollo de la obra indicando el plazo total estimado y el rango estacional del mismo. El formato es libre y se aceptará el uso de una carta Gantt dado la fácil y cómoda visualización de las actividades definidas.

En el caso de obras de mayor riesgo, debe indicarse la ruta crítica y los períodos estacionales de construcción de las obras.

3.3.8 Planos de Proyecto

3.3.8.1 Consideraciones Generales

Se revisará que todos los planos tengan en la viñeta la indicación del Código Único y la versión, para lo cual se recurrirá a la siguiente denominación:

- Edición A: Presentación inicial a ingresar a DGA
- Edición B y posteriores: Planos corregidos de acuerdo a las observaciones de la DGA
- Edición 0: Edición final de planos, válida para construcción.

3.3.8.2 Planos Cartográficos

Si el análisis hidrológico requiere de la delimitación de cuencas y cálculo de parámetros fisiográficos, es obligatorio exigir la inclusión de planos cartográficos, a escala y nivel de detalles adecuados, que justifiquen las delimitaciones de cuencas y los parámetros fisiográficos estimados.

3.3.8.3 Planos de Proyecto

3.3.8.3.1 Planos Generales

Los planos de la modelación hidráulica, además de lo indicado en el capítulo correspondiente a la Topografía, deben incluir:

Planta:

- Plano a escala adecuada con las líneas del eje hidráulico de los caudales para los períodos de retorno, probabilidades de excedencia estudiados o caudales de diseño por condiciones de derechos de aprovechamiento de aguas y aguas lluvias. Se debe indicar el eje adoptado y los perfiles transversales.

- Grilla georeferenciada al datum de la topografía.
- Curvas de nivel y elementos presentes en el terreno.
- Cuadro de Puntos de Referencia georeferenciados.
- Simbología.
- Plano de ubicación.

El Perfil Longitudinal incluirá:

- Cotas de fondo.
- Cotas de nivel o pelo de agua para los caudales calculados y de diseño.
- Cotas de margen izquierda y derecha.
- Cotas de Coronamiento de la obra.
- Cotas de Revancha.
- Diagrama de curvatura

Los Perfiles Transversales, por su parte, deben incorporar:

- Niveles de agua para los caudales modelados y de diseño.

En última instancia, el especialista hidráulico definirá los elementos adicionales que sean necesario incorporar o no incluir en los listados anteriores.

Todos los planos se presentarán en formato A1 con nivel de detalle suficiente para su correcta visualización en impresión reducida al 50%, formato A3.

3.3.8.3.2 Planos de Detalle

Los planos de detalles dependerán del tipo de obra y sus componentes. En forma general y no excluyente, se exigirán:

- Plantas de las obras con indicación de una cantidad suficiente de cortes que permitan su comprensión total. Debe señalarse no solo las medidas de los elementos sino que además, las cotas geográficas. Debe incluirse en estos planos un cuadro con las Especificaciones Constructivas Generales
- Cortes transversales de acuerdo a los indicados en las plantas.
- Detalles especiales (anclajes, umbrales, transiciones, pedraplenes, etc.).
- Planos estructurales con la indicación de las enfierraduras, juntas, elementos metálicos con dimensiones y anotaciones, etc.
- Planos de especialidad: mecánicos, etc.

Al igual que con los Planos Generales, todos las láminas se presentarán en formato A1 con nivel de detalle suficiente para su correcta visualización en impresión reducida al 50%, formato A3.

3.4 Referencias

- (18) *Balance Hídrico de Chile*. MOP-DGA, 1987.
- (19) *Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días*, DGA, 1994.
- (20) *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica*. S.E.B. N°4, DGA, 1995.
- (21) *Manual de Normas y Procedimientos Administrativos para la Administración de Recursos Hídricos*. S.I.T. N°156, DGA, 2008.
- (22) *Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la zona centro sur de Chile*”, Programa Hidrológico Internacional, PHI-VI, Documento Técnico N°7, 2009.
- (23) *Uso de Enrocados en Obras Hidráulicas*. L. Alvarado. 5ta. Serie, N°8, 1985.
- (24) *Manual de Carreteras, Volumen 2 y 3*. MOP, Ed. 2012
- (25) *Términos de Referencia Generales para Estudios de Inundación*. Documento de Trabajo, DOH. Sin fecha
- (26) *Modelación Numérica en Ríos en Régimen Permanente y Variable*. Bladé, Sánchez, Niñerola y Gómez. Ediciones UPC, 2009
- (27) *Hec-Ras. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Versión 4.1*, US Army Corps. 2010
- (28) *Manual de Diseño de Obras Hidráulicas*. Autoridad Nacional del Agua. Lima 2010
- (29) *“Especificaciones Técnicas para Proyectos de Canales”*, Dirección de Riego, 1960
- (30) *Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras*. Horacio Mery, 2013
- (31) *Hidráulica de Canales Abiertos*. Ven Te Chow, 1959
- (32) *Hidrología para Ingenieros*. Linsley, Kohler y Paulhus. N.Y., 1977
- (33) *Diseño de Presas Pequeñas*. USBR, 1977
- (34) *Aplicación del Método de Lischtván y Levediev al Cálculo de la Erosión General*. Schreider y ot. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XVI, 2001

VOLUMEN 4 SOLICITUD DE RECEPCION DE OBRAS



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADMINIST. DE RECURSOS HIDRICOS**

4. Objetivo de la Guía

El objetivo de la presente Guía es entregar las indicaciones mínimas que debe tener presente el Titular del proyecto para solicitar la recepción de las obras de modificación de cauces naturales y artificiales.

4.1 Recomendación General

El desarrollo de esta Guía está fundamentado en la necesidad de disponer de un apoyo que permita la aplicación adecuada de las exigencias normativas y técnicas vigentes. Se basa en la experiencia acumulada por la Dirección General de Aguas en la recepción de obras de este tipo de proyectos.

4.2 Proceso de Recepción de la Obra de Modificación de Cauces

4.2.1 Proceso de Recepción de Obras Construidas

El proceso de recepción de las obras se iniciará desde la comunicación de inicio de obras y término de ellas e ingreso del Informe de Construcción. Previamente se deberá contar con un proyecto aprobado y autorizado para su construcción.

Existen proyectos de modificación de cauces que forman parte de un estudio mayor o con tipos de obras que corresponden a otras autorizaciones sectoriales: Obras mayores (Art. 294 del Código de Aguas) y Obras de Bocatomas (Art. 151 del Código de Aguas). En estos casos se procederá del siguiente modo:

- **Caso 1:** El proyecto es parte de una Obra Mayor

Será aplicable el Título V del Decreto MOP N°50 del 13 de enero de 2015 y vigente desde el 19 de diciembre de 2015.

- **Caso 2:** El proyecto no es parte de una Obra Mayor

Se procederá de acuerdo a lo señalado en los puntos siguientes.

En forma general, este proceso se muestra en el siguiente diagrama:

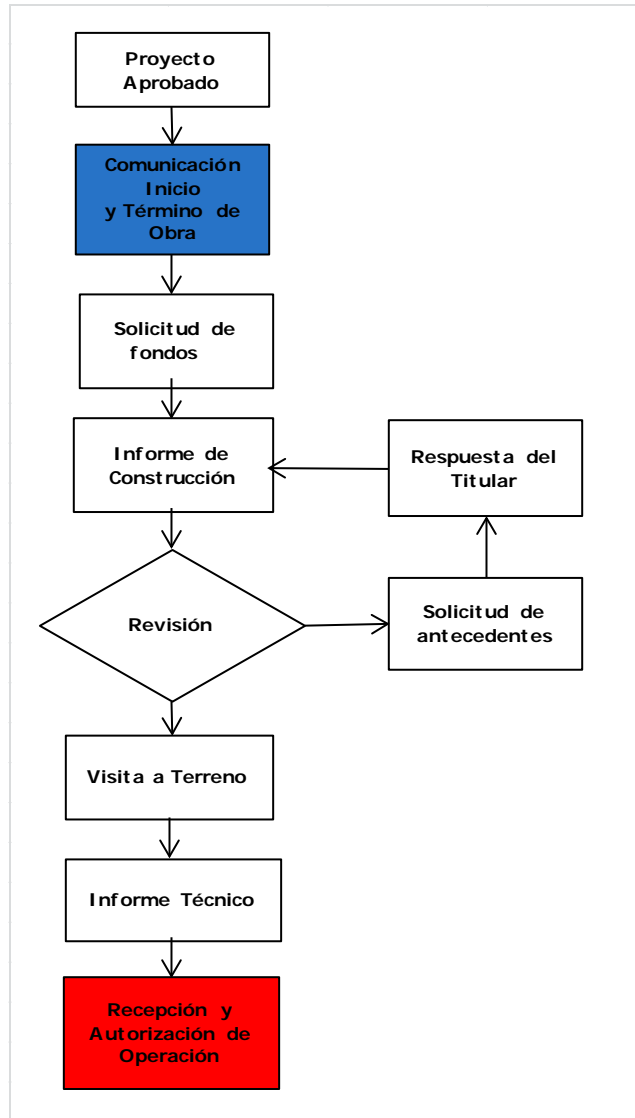


Fig.1: Proceso de Recepción de Obra

4.2.2 Autorización de Construcción de Obra de Modificación de Cauce

La autorización de construcción de la obra está contenida en la Resolución que aprueba el proyecto presentado. Por tal razón, todos los documentos que se ingresen deben hacer referencia a la Resolución y además, al código o número del expediente DGA.

Se recomienda incorporar copia simple de la Resolución Exenta que aprueba el proyecto y autoriza la construcción.

4.2.3 Procedimiento Administrativo

Como se indica en la Fig.1, debe comunicarse el inicio y término de la obra, siendo ésta última la que deberá acompañar el Informe de Construcción.

Quedará a decisión de la DGA efectuar inspecciones parciales a la obra, para lo cual el Titular deberá otorgar todas las facilidades necesarias para su cometido.

Si a criterio de la DGA se necesitara más información concerniente al desarrollo y término de la obra, será solicitado al Titular del proyecto mediante Oficio e informándole el plazo que dispone para dar cumplimiento.

Del mismo, se podrá solicitar antecedentes que a juicio del Técnico de la DGA sea relevante de incorporar al Informe de Construcción. El Plazo será informado mediante comunicación escrita por parte de la DGA.

Luego de las revisiones administrativas y de terreno correspondientes, se procederá a recibir la obra y autorizar la operación de las mismas, para lo cual debe cumplirse lo siguiente:

- Se ha dado cabal cumplimiento al procedimiento administrativo descrito en la presente Guía.
- La obra se ejecutó de acuerdo al proyecto aprobado y autorizado a construir.
- La calidad de la obra corresponde al estándar señalado en el proyecto técnico.
- Las modificaciones, si las hubiere, son calificadas por la DGA como menores y que no cambian la naturaleza del proyecto.

En los casos que la obra ha sido modificada y genera cambios sustanciales con respecto a lo autorizado, la DGA procederá a evaluar si se autoriza la operación o se deberá presentar un nuevo proyecto. En cualquier caso, el Titular deberá tener presente que no se podrá menoscabar la esencia de los niveles de seguridad del proyecto aprobado.

La aprobación es formalizada mediante un acto administrativo por el cual se aprueban las obras construidas y se autoriza su operación.

4.3 Documentación Requerida para Solicitar la Recepción de la Obra

4.3.1 Ingreso Formal de la Documentación

La entrega de la documentación por Oficina de Partes de la DGA deberá ser efectuada en dos ejemplares en papel (carpeta) más una copia en archivo digital.

Las carpetas deberán estar completas con la información exigida (Capítulo 4.2) y solo se dará curso a la solicitud de recepción de obras si todos los antecedentes indicados están completos.

A la documentación completa se le denominara “Informe de Construcción”.

4.3.2 Informe de Construcción

El Informe de Construcción deberá contener los siguientes antecedentes:


Tabla 1
Informe de Construcción

Ítem	Documento	Descripción
1.0	Carta de Solicitud de Recepción	Carta “Solicitud de Recepción de Obras”, firmado y timbrado por el Representante Legal, si aplica, por quien solicita la recepción de la obra
2.0	Antecedentes Generales de la Obra	Ficha con formato DGA “Antecedentes Generales de la Obra” se deberá llenar los campos indicados. Anexo 1
3.0	Fotografía General de la Obra	Set de 4 fotografías generales y representativas de la obra terminada con breve leyenda y fecha. Anexo 2
4.0	Mapa de Ubicación	Lamina Satelital o Aérea de la Ubicación de la Obra con las vías de acceso
5.0	Especificaciones Técnicas Generales (ETG)	Copia de las Especificaciones Técnicas Generales de la Obra Aprobada y firmada por las Partes (Titular y Empresa Constructora)
6.0	Especificaciones Técnicas Particulares (ETP)	De existir nuevas ETP o modificaciones a las mismas, acompañar copia de las Especificaciones Técnicas Particulares de la Obra Aprobada y firmada por las Partes (Titular y Empresa Constructora). Debe incluir anexos de modificaciones a Materiales, Dosificaciones entre otros
7.0	Planos As Built	Planos As-Built completo de la obra, firmado y timbrado (Titular y Empresa Constructora) en original y formato A1.

8.0	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico de todas las etapas constructivas de la obra.
9.0	Informes parciales de Inspección Técnica	Copia de todos los informes parciales emitidos por la Inspección Técnica, firmada por el Titular. A esta categoría de documento corresponde el Libro de Obra.
10.0	Informe Final de Inspección Técnica	Copia del Informe final y de Cierre Emitido por la Inspección Técnica, firmada y timbrada por el Titular.
11.0	Certificados de Calidad de Materiales Atizados	Copia de Certificados de Calidad de los Materiales ocupados en la obra, así como también certificados de calibración de los Instrumentos de Control que serán ocupados para el control y captura de datos de la obra si procede.
12.0	Ensayos y/o Pruebas de Laboratorios	Informes de Ensayos y/o pruebas de laboratorio realizado previo y durante la construcción de la obra.
13.0	Declaración Jurada Simple de Fiel Cumplimiento de las ETG y ETP	Declaración Jurada simple firmada y timbrada por el representante legal del Titular de la obra ¹⁰⁸ .

El documento “Antecedentes Generales de la Obra” deberá ser llenado por el peticionario de acuerdo a lo indicado en el Anexo 1 de la presente Guía y suscribirlo en carácter de Declaración Jurada Simple de responsabilidad y veracidad de lo informado, para solicitar la recepción de las obras que conforman el proyecto.

¹⁰⁸ La DGA podrá aceptar que el documento correspondiente al ítem 2.0, debidamente firmado, reemplace a la Declaración Juada Simple

	SOLICITUD DE RECEPCION DE OBRAS		
	ANTECEDENTES GENERALES DE LA OBRA		
Dirección Regional :		Fecha Termino de la Obra	
		Fecha Presentacion Doc.	
1. ANTECEDENTES TITULAR DEL PROYECTO			
RUT		Nombre o Razon Social	
Telefono	E-mail	Sitio Web	
Direccion		Comuna	Region
2. REPRESENTANTE LEGAL			
Nombre Rep. Legal		RUT	
Telefono	E-mail	Profesion	
Direccion		Comuna	Region
3. ANTECEDENTES EMPRESA CONSTRUCTORA			
RUT		Razon Social	
Telefono	E-mail	Sitio Web	
Direccion		Comuna	Region
4. ANTECEDENTES DE LA OBRA			
Nombre de la Obra			
Tipo de Obra (Bocatoma, Intervencion de Cauce)			
Comuna		Provincia	Region
Ubicación Fisica (sectores cercanos, referencia		Accesos (caminos de acceso, referencia como llegar)	
Georeferencia de la Obra (UTM)			
Huso :	Datum :	Coord. N :	Coord. E :
Cota :		m.s.n.m.	
		Nombre y Firma Representante Legal	
		Firma :	
		Nombre :	


4.4 Anexos

ANEXO 1

LLENADO DE FORMULARIO ANTECEDENTES GENERALES DE LA OBRA

Este formulario debe ser firmado por el mismo Titular del Proyecto Técnico aprobado por la DGA mediante Resolución.

a) Presentación:

	SOLICITUD DE RECEPCION DE OBRAS ANTECEDENTE GENERALES DE LA OBRA		
	Dirección Regional :		Fecha Termino de la Obra
			Fecha Presentacion Doc.

3

1. **Dirección Regional:** A la cual administrativamente pertenece la obra.
2. **Fecha Termino de la Obra:** Fecha efectiva de término de construcción de la obra.
3. **Fecha Presentación de Documentos:** Fecha en curso, en que se llena el formulario.

b) Antecedentes del Titular del Proyecto:

Corresponden a los datos de la casa matriz de la empresa o titular mandante de la obra.

1. ANTECEDENTES TITULAR DEL PROYECTO									
RUT					Nombre o Razon Social				
					-				
Telefono			E-mail			Sitio Web			

- 1. RUT/RUN:** Corresponde al RUT/RUN de la empresa mandante. El Rol Único Nacional, conocido también por el acrónimo RUN, es el número identificador único e irrepetible que posee todo chileno, resida o no en Chile y también de todos los extranjeros que permanezcan en Chile, de manera temporal o definitiva. Las personas jurídicas (empresas, organismos, etc.) cuentan con un número de identificación similar, el Rol Único Tributario (RUT), el que es asignado por SII a solicitud del interesado.
- 2. Nombre o Razón Social:** Es la denominación por la cual se conoce colectivamente a la empresa mandante. Se trata de un nombre oficial y legal que aparece en la documentación que permitió constituir a la persona jurídica en cuestión. Se aplicará también para las personas naturales.
- 3. Teléfono:** Número telefónico de contacto de la empresa mandante o titular de la obra.
- 4. E-mail:** Dirección de correo electrónico de contacto de la empresa mandante o titular de la obra.
- 5. Sitio web:** Página web de la empresa mandante o titular de la obra, si la tuviere.

Dirección	Comuna	Región

The diagram shows three red boxes containing the numbers 6, 7, and 8. From each box, a red arrow points upwards to the corresponding column of the table above: box 6 points to 'Dirección', box 7 points to 'Comuna', and box 8 points to 'Región'.

- 6. Dirección:** Ubicación de la casa matriz; indicando si aplica: calle, numeración, oficina, piso.
- 7. Comuna:** Comuna en que se encuentra la casa matriz de la empresa mandante o titular de la obra.
- 8. Región:** Región del país se encuentra las oficinas de la empresa mandante o titular de la obra.

c) Representante Legal: Se refiere a los datos del representante legal; la representación legal es una facultad que una persona (física o jurídica) otorga a otra para obrar en su nombre. Dicha representación puede ser legal (como el caso de un tutor) o surgir por voluntad privada de las partes.

2. REPRESENTANTE LEGAL										
Nombre Rep. Legal						RUT				
						-				
Telefono			E-mail			Profesion				

1
2

3
4
5

1. **Nombre del Representante Legal:** Se refiere al nombre de la persona que representa legalmente a la empresa o titular de las obra
2. **RUT/RUN:** Es el RUT o RUN del representante legal. El Rol Único Nacional, conocido también por el acrónimo RUN, es el número identificador único e irrepetible que posee todo chileno resida o no en Chile y también de todos los extranjeros que permanezcan en Chile, de manera temporal o definitiva. Las personas jurídicas (empresas, organismos, etc.) cuentan con un número de identificación similar, el Rol Único Tributario (RUT), el que es asignado por SII a solicitud del interesado.
3. **Teléfono:** Teléfono de contacto del representante legal
4. **E-mail:** Dirección de correo electrónico de contacto
5. **Profesión:** Se refiere a la profesión que tiene el representante legal o un oficio de este

Direccion		Comuna	Region

6
7
8

6. **Dirección :** Ubicación del representante legal, indicando si aplica : calle, numeración, oficina, piso
7. **Comuna:** Comuna en que se encuentra la dirección del representante legal de la empresa.
8. **Región:** Región del país donde se encuentra la dirección del representante legal de la empresa.

d) Antecedentes Empresa Constructora

3. ANTECEDENTES EMPRESA CONSTRUCTORA									
RUT					Razon Social				
Telefono					E-mail			Sitio Web	

- 1. RUT/RUN:** Corresponde al RUT/RUN de la empresa encargada de la construcción de la obra. El Rol Único Nacional, conocido también por el acrónimo RUN, es el número identificador único e irrepetible que posee todo chileno, resida o no en Chile y también de todos los extranjeros que permanezcan en Chile, de manera temporal o definitiva. Las personas jurídicas (empresas, organismos, etc.) cuentan con un número de identificación similar, el Rol Único Tributario (RUT), el que es asignado por SII a solicitud del interesado.
- 2. Razón social:** Es la denominación por la cual se conoce colectivamente a la empresa onstructora. Se trata de un nombre oficial y legal que aparece en la documentación que permitió constituir a la persona jurídica en cuestión.
- 3. Teléfono:** Número telefónico de contacto de la empresa constructora.
- 4. E-mail:** Dirección de correo electrónico de contacto de la empresa constructora.
- 5. Sitio web:** Página web de la empresa constructora, si la tuviere.

Direccion		Comuna	Region

- 6. Dirección:** Ubicación de la casa matriz; indicando si aplica: calle, numeración, oficina, piso.
- 7. Comuna:** Comuna en que se encuentra la casa matriz de la empresa constructora.
- 8. Región:** Región del país se encuentra las oficinas de la empresa constructora.

e) Antecedentes de la Obra

4. ANTECEDENTES DE LA OBRA		
Nombre de la Obra		
Tipo de Obra (Bocatoma, Intervencion de Cauce)		
Comuna	Provincia	Region

Diagram illustrating the form structure with numbered callouts:

- 1**: Points to the "Nombre de la Obra" field.
- 2**: Points to the "Tipo de Obra" field.
- 3**: Points to the "Comuna" field.
- 4**: Points to the "Provincia" field.
- 5**: Points to the "Region" field.

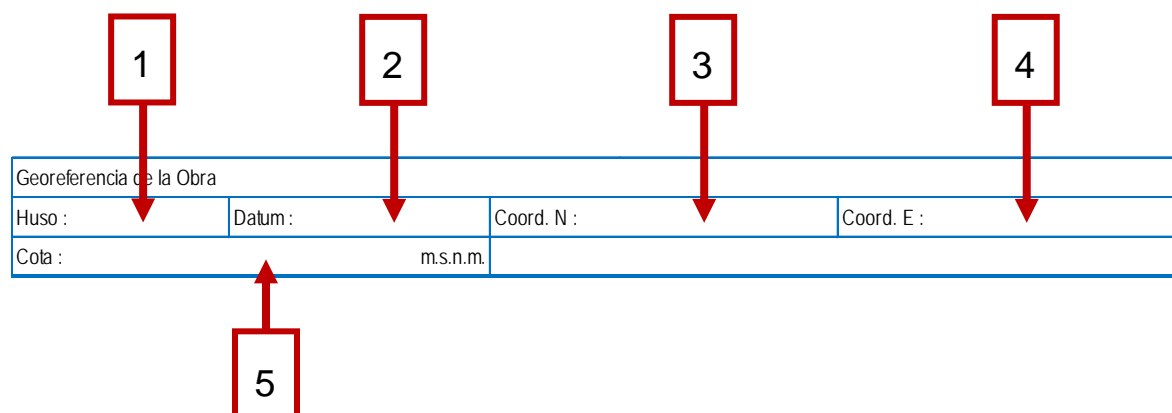
- 1. Nombre de la Obra:** Se refiere al Nombre identificador de la obra presentada en DGA y demás organismos dependientes o fiscalizadores.
- 2. Tipo de Obra:** De Acuerdo a lo estipulado en la introducción, aquí de deberá identificar la obra según definiciones de la DGA, descritas en el código de aguas, en los artículos 151 o bien; 41 y 171.
- 3. Comuna:** Identificar la comuna en que se encuentra construida la obra presentada.
- 4. Provincia:** Aquí se identifica la Provincia a la cual pertenece la comuna donde se emplaza la obra.
- 5. Región:** Región del país se encuentra la obra.

Ubicación Física (sectores cercanos, referencia	Accesos (caminos de acceso, referencia como llegar)
--	--

Diagram illustrating the form structure with numbered callouts:

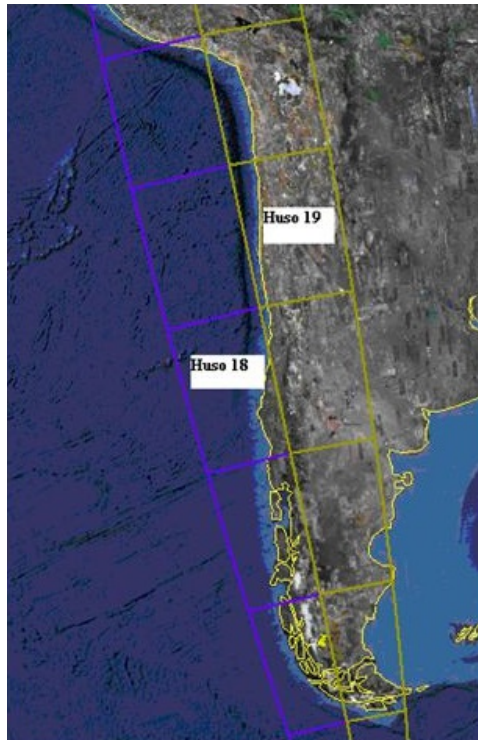
- 6**: Points to the "Ubicación Física" field.
- 7**: Points to the "Accesos" field.

- 6. Ubicación Física:** Aquí se dan las indicaciones de lugares cercanos a la obra; ya sean poblados, ríos, canales, entre otros, que sirvan como guía de ubicación de la obra, se refiere a una descripción de cómo acceder a la obra.
- 7. Accesos:** Llenar este campo con indicaciones de acceso especiales, caminos, sendas u otro. Las principales vías de acceso por las cuales se llega a la obra, ya sean caminos públicos o privados.




- Huso:** Son franjas verticales que cruzan la tierra en dirección Norte-Sur y van de polo a polo. En Chile aplican los números 18 y 19 (Ver figura 1). Entre las regiones de XV (Arica y Parinacota) y Zona Central (V Región y Región Metropolitana) aplica solamente el Huso 19. En la VI Región se puede empezar a observar sobre el territorio nacional el Huso 18 y 19, entre las regiones VII a XII están ambos Husos sobre el territorio nacional.

Figura 1
“Vista general Husos 18-19 correspondientes a Chile”



2. **Datum:** Es un sistema de medida que utiliza las coordenadas Norte y Este referenciadas a UTM, adaptando las medidas reales de la tierra a un elipsoide referencial. Se deberá usar el WGS84.
3. **Coordenada Norte (N):** Se compone de 7 cifras porque se escribe en millones, excepto su origen que tiene 8 números. Tiene su Origen en la línea del Ecuador, latitud 0º, que corresponde al valor 10.000.000 m. disminuyendo hacia los polos.
4. **Coordenada Este (E):** se compone de 6 cifras porque se escribe en miles, excepto su origen que tiene 8 números. Tiene su origen en el Meridiano Central del Huso y su valor corresponde a 500.000 m aumentando hacia la derecha del Meridiano Central y disminuyendo hacia la izquierda del Meridiano Central. Chile Continental está cubierto por 2 husos o zonas, el huso 18 corresponde al meridiano central 75º W y el huso 19 corresponde al meridiano central 69º W.
5. **Cota (m.s.n.m):** Indica la altura de un punto sobre el nivel del mar.

ANEXO 2
FORMULARIO DE PRESENTACION DE FOTOGRAFIAS

	SOLICITUD DE RECEPCION DE OBRAS REGISTRO FOTOGRAFICO GENERAL			
	Direccion Regional :		Fecha Termin de la Obra	
			Fecha Presentacion Doc.	
1. ANTECEDENTES DE LA OBRA				
Nombre de la Obra				
Tipo de Obra (Bocatoma, Intervencion de Cauce, etc.)				
2. Registro Fotografico				
Fotografia N° 1		Fotografia N° 2		
Descripción :		Descripción :		
Fotografia N° 3		Fotografia N° 4		
Descripción :		Descripción :		

VOLUMEN 5 GUIA TECNICA DE APOYO A LA RECEPCION FISICA PROYECTOS DE BOCATOMAS Y MODIFICACION DE CAUCES



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADMINIST. DE RECURSOS HIDRICOS**

5. Objetivo de la Guía

La presente Guía tiene como objetivo entregar elementos técnicos generales de construcción para que el Profesional de la DGA realice la inspección de las obras. De esta forma, sobre la base de elementos objetivos, se podrá otorgar la aprobación de las obras, si procede.

Esta ayuda técnica permite unificar criterios de revisión y fijar los parámetros de control y observación que deberá tener presente el funcionario encargado de realizar la visita a terreno.

5.1 Alcances

Esta Guía se enfoca a la revisión y recepción de dos tipos generales de obras hidráulicas: Bocatomas e Intervención de Cauces, según se contemplan en el Código de Aguas de la República de Chile, en los artículos 151, para la primera de ellas, y en los artículos 41 y 171, para la segunda obra contemplada.

Los tipos específicos de obras se detallan en las Guías de presentación y revisión correspondientes.

5.2 Inspección Técnica de Recepción de Obras

5.2.1 Previo a la Visita de Inspección

Los antecedentes y elementos que el funcionario de la DGA deberá tener al momento de realizar la visita a terreno y a fin de dar curso a la recepción de la obra, son los siguientes:

- Identificación
- Elementos de seguridad (ropa y zapatos de seguridad, casco, chaqueta que identifique al personal del Servicio)
- Formulario de fiscalización de obras (Anexo 1)
- Cinta de medir metálica de 10 mts.
- Cinta de medir de 30 metros u Odómetro de Rueda
- Nivel de Mano de 1 mts.
- Nivel de Mano de 30 cms.
- Cámara Fotográfica
- GPS
- Pie de metro
- Binoculares
- Informe de Construcción¹⁰⁹

¹⁰⁹ De acuerdo a lo exigido en Guía de Solicitud de Recepción de Obras

Si a criterio de la DGA se requieren otros elementos y/o antecedentes, deben ser solicitados en forma previa a la visita técnica. Del mismo modo, puede no ser necesario disponer de la totalidad de elementos del listado anterior.

5.2.2 Partidas Generales a Inspeccionar

5.2.2.1 Partidas a Inspeccionar

Dada la gran variedad de obras, tanto de bocatomas como de modificación de cauces, se han agrupado las partidas que deben ser inspeccionadas por el funcionario de la DGA.

- Movimiento de Tierra
- Obras de Hormigón
- Estructuras Metálicas
- Obras de Defensa Fluvial
- Compuertas
- Elementos Mecánicos

De acuerdo al tipo de obras, se seleccionarán las que correspondan al proyecto que se somete a recepción. Del mismo modo, existirán otras partidas no detalladas en la presente Guía y que deben ser tomadas en cuenta al momento de la revisión de los componentes de las obras.

Se debe tener muy presente cuales son las obras específicas a recibir, ya que es habitual, especialmente en las modificaciones de cauces, que el proyecto aprobado por la DGA sea tan solo una parte de una obra mayor en la cual el Servicio no tiene competencias¹¹⁰.

El estándar técnico mínimo a exigir será el establecido en los documentos del proyecto: Memoria, Especificaciones técnicas y Planos.

¹¹⁰ Se recomienda recurrir a la Resolución de aprobación del proyecto para identificar las obras de competencia de la DGA

5.2.2.2 Movimiento de Tierras

El profesional de la DGA deberá realizar una inspección visual de las obras de movimiento de tierra: Talud en cortes del terreno natural, taludes artificiales, rellenos simples y estructurales¹¹¹, destino y acopio de los excedentes.

También deberán realizarse las comprobaciones de las dimensiones geométricas (largos, alturas, pendientes, coronamientos, etc.), todo ello con el fin de verificar que lo informado en los planos As-built¹¹² y en las especificaciones técnicas (ET); este de acuerdo a lo existente en terreno.

Una vez realizada esta inspección, se procederá a llenar el Formulario de Fiscalización de Obras en el Item correspondiente.

5.2.2.3 Obras de Hormigón

Estas obras incluyen generalmente las partidas de Hormigón, Enfierradura y Moldaje¹¹³. Se observará lo siguiente:

- Dimensiones generales: Geometría de los elementos tales como largos, anchos y alturas.
- Dimensiones específicas: Espesor de muros, losas y radier; y todo elemento.
- Calidad del hormigón: No debe aceptarse enfierraduras expuestas, nidos de piedras, fisuras o grietas, hormigón disgregado, cambio de color superficial, entre otros aspectos del material.



Fig.1: Ejemplos de fisuras y nidos en el hormigón

¹¹¹ Con exigencia de grados de compactación. Por ejemplo, 95% de la DMCS o Proctor Modificado. Una apreciación sobre el relleno y su grado de compactación es la resistencia al punzonamiento (realizarlo con un clavo)

¹¹² Conocido también como "Plano de Construcción"

¹¹³ Bocatomas de hormigón, estructura de elevaciones mecánicas, canales revestidos, abovedamientos con cajones y alcantarillas circulares, machones de atravesio, puentes-losas, etc.

5.2.2.4 Estructuras Metálicas

A las estructuras metálicas tales como: Canoas, pasarelas, escaleras, barandas, plataformas, torres de mantenimiento, torres de medición, casetas, etc.; se deberá realizar una inspección visual, en la cual se tendrá presente las siguientes indicaciones:

- Todas las estructuras metálicas expuestas deberán tener protección para evitar corrosión.
- Las soldaduras deberán verse continuas y limpias.
- Las uniones apernadas no podrán tener elementos faltantes.
- Deberá verificarse la rigidez de barandas pasamanos.
- Verificar accesos fáciles y seguros a plataformas de control y mantención.
- Verificar la correcta sujeción de parrillas de piso.
- Se deberá realizar una inspección de las dimensiones de los principales componentes de cada estructura metálica que forme parte de la obra. Estas mediciones deberán estar en concordancia con las Especificaciones Técnicas y Planos entregados por el Titular del proyecto. Las principales dimensiones para perfiles y/o vigas son: espesor, y sección de este.

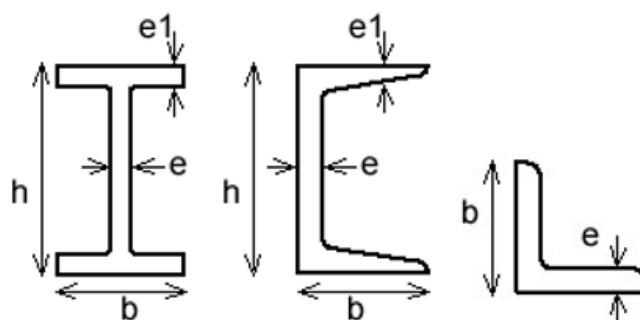


Fig.2: Ejemplos de secciones en perfiles T, Doble T y Ángulo

- Verificar altura de barandales pasamanos, secciones de plataformas (largo y ancho), etc.

5.2.2.5 Obras de Defensa Fluvial

Esta Sección de la inspección, se refiere a las obras de defensa fluvial que formen parte del proyecto de Bocatoma o de Modificación de Cauce, realizadas con gaviones, pedraplenes y enrocados.

Para ello el funcionario de la DGA deberá observar en forma general lo siguiente:

- Alineamiento de las defensas.
- Ubicación respecto de la obra. Inicio y fin de proyecto.
- Tamaño de las defensas. Medir dimensiones (diámetro) de las rocas características en defensas de escolleras y del relleno en estructuras de gaviones.



Fig.3: Defensa con Gaviones en Transición de Salida de Puente

- Calidad del material y colocación: Observar calidad de la roca y piedras de relleno (de acuerdo con las especificaciones, sanas y sin material orgánico). Verificar la correcta colocación de modo que esté lograda la trabazón exigida y distribución de tamaños.

- Observar la presencia de sellos de geotextil y filtro bajo la defensa, así como el correcto relleno¹¹⁴ en las espaldas de las defensas.
- Los pedraplenes deben estar ejecutados con piedras del tamaño especificado y asentadas en mortero¹¹⁵. Las caras planas de las piedras deben quedar hacia la superficie expuesta al agua y las canterías al mismo nivel.

5.2.2.6 Compuertas

Si bien las compuertas forman parte de las estructuras metálicas, se presenta en forma independiente por lo relevante en algunos tipos de obras, como las bocatomas.

Tal como se ha realizado en los casos anteriores, el funcionario de la DGA deberá realizar la inspección visual de las compuertas:

- Elementos señalados en el Capítulo 3.2.4.
- Funcionamiento del sistema de accionamiento: Manual, Mecánico, Hidráulico, etc.
- Dimensiones de los elementos principales, en especial del espesor de las planchas de cierre y perfiles metálicos de la estructura de la compuerta; así como el diámetro del vástago y volante.

5.2.2.7 Elementos Mecánicos

Esencialmente este capítulo se refiere a los componentes mecánicos de captaciones por elevación mecánica. El funcionario DGA deberá inspeccionar lo siguiente:

- Correspondencia entre los equipos y líneas instaladas y los especificados en el proyecto.

En especial el o los equipos de bombeo deben corresponder en cuanto a marca, modelo y el punto de trabajo que indique la placa. Verificar al menos el diámetro de los impulsores¹¹⁶, número de etapas¹¹⁷, velocidad de giro¹¹⁸, potencia del motor¹¹⁹.

¹¹⁴ Dimensiones y compactación

¹¹⁵ Se debe rechazar los morteros arenosos y/o mal fraguados, lo cual puede comprobarse al pasar un elemento metálico por la superficie y por marcar las canterías con fisuras en el contacto con las piedras

¹¹⁶ Bombas centrífugas horizontales

¹¹⁷ Bombas sumergidas

¹¹⁸ Una misma bomba puede tener dos velocidades de giro, generalmente 1450 y 2900 rpm, lo que determina distintos puntos de operación

En cuanto a los macromedidores, debe verificarse que cumplan con el proyecto y estén correctamente instalados. Comprobar con el certificado de calibración del fabricante¹²⁰.

Se recomienda medir los diámetros de cañerías principales y los elementos de control: Válvulas.

- Verificar la potencia eléctrica instalada y que sea la declarada en el proyecto. Lo mismo rige para los equipos electrógenos.

5.2.3 Registros de la Inspección de Recepción

Para cada uno de los elementos y sus correspondientes partidas y que se han considerado relevantes en el proyecto; se deben dejar registros fotográficos. Especialmente se dejará evidencia fotográfica de lo que no cumpla con el proyecto y sus especificaciones.

Luego de lo anterior y realizadas todas las inspecciones visuales y comprobaciones de las dimensiones geométricas de elementos, se procederá al llenado del Formulario de Fiscalización para Recepción de Obras (Ver Anexo 1).

Este Formulario, junto al registro fotográfico, pasará a formar parte del Informe Técnico que debe emitir el funcionario de la DGA.

¹¹⁹ Está indicado en la placa de la bomba y en los certificados de prueba de las mismas. Ver Guía de Revisión de Proyectos de Bocatomas para mayor comprensión


¹²⁰ Para mayor detalle técnico ver:

- “Cartilla Informativa de Control de Extracciones de Aguas Subterráneas Grandes Usuarios de Regiones del Norte”, Fiscalización DGA.
- “Guía de Control de Extracciones para diferentes Usuarios”, SIT 268, DGA 2011

5.3 Anexos

ANEXO 1

FORMULARIO DE FISCALIZACION PARA RECEPCION DE OBRAS

	FORMULARIO FISCALIZACION RECEPCION DE OBRAS			Pagina 1 de 2		
				Codigo :		
	Direccion Regional :			Fecha Termino de la Obra		
			Fecha Recepcion In Situ			
1. ANTECEDENTES DE LA OBRA						
Nombre de la Obra						
Tipo de Obra (Bocaboma, Intervencion de Cauce)						
Comuna		Provincia		Region		
Georeferencia de la Obra (WGS 84)						
Huso :		Datum :	Coord. N :		Coord. E :	
Cota :		m.s.n.m.				
2. OBSERVACIONES GENERALES						
				Conformidad		
Item	Descripcion	Revisión	Si	No	NA	Observaciones
2.1	Movimientos de Tierra	¿Los rellenos se ven compactados y firmes?				
		¿Las superficies se encuentran peinadas y lisas?				
		¿Existen escombros visibles y no retirados?				
		¿Existen lotes de tierra no retirada y/o reubicada?				
		¿Se visualizan excavaciones no contempladas?				
		¿Se Observan Acopios que interrumpan el cauce?				
		Otros.....				
2.2	Hormigones	¿Existen poros en la superficie del hormigon ?				
		¿Se visualiza enfierraduras del hormigon al aire?				
		¿Las superficies verticales se encuentran a plomo?				
		¿Las superficies horizontales se encuentran a nivel?				
		¿Se visualizan nidos de piedra en la superficie?				
		¿Se visualizan grietas o fisuras en la superficie?				
		¿Las superficies se encuentran lisas y bien afinadas?				
2.3	Estructuras	¿Las estructuras metalicas estan en su totalidad pintadas?				
		¿Se visualizan estructuras metalicas con oxidacion?				
		¿Se visualizan soldaduras uniformes y continuas?				
		¿Las barandas y plataformas se encuentran firmes?				
		¿En las uniones apernadas, se visualiza falta de ellos?				
		¿Las superficies verticales se encuentran a plomo?				
		¿Las superficies horizontales se encuentran a nivel?				
2.4	Pedraplenes o Enrocados y Gaviones	¿Los Gaviones se ven estructurados y uniformes?				
		¿Se observa tamaño regular de rocas?				
		¿Se visualiza buena compactacion de pedraplenes?				
		¿Se observa vegetacion inserta en los pedraplenes?				
		¿Se ven compactados los rellenos laterales?				
		¿Se ven uniformes y contenidos los enrocados?				

						Página 2 de 2
2. OBSERVACIONES GENERALES (Continuacion)					Conformidad	
Item	Descripción	Revisión	Si	No	NA	Observaciones
2.5	Compuertas, rejillas y mecanismos de control	¿Presenta filtración las compuertas cerradas?				
		¿Los accesos a operación se ven adecuados y seguros?				
		¿Se observan operativos los elementos móviles?				
		¿Se observa su correcta instalación?				
		¿Se ven filtraciones laterales a las compuertas, rejillas?				
		Otros.....				
3.COMPROBACIONES GENERALES					Conformidad	
Item	Descripción	Revisión	Si	No	NA	Observaciones
3.1	Ubicación	¿Su ubicación geográfica corresponde a lo indicado?				
		¿La obra tiene todas las obras complementarias indicadas?				
		¿Los planos AS-Built, corresponde a lo visto en terreno?				
3.2	Movimientos de Tierra	¿Los rellenos se encuentran compactados?				
		¿Los Taludes se encuentran con la pendiente indicada?				
3.3	Hormigones	¿Las medidas principales corresponde a lo indicado?				
		¿Corresponde el perfil geométrico a lo indicado?				
3.4	Estructuras	¿Las dimensiones de los perfiles son los indicados?				
		¿Las tuberías y/o Ductos tienen los diámetros informados?				
		¿Los tensores o colgantes, tienen los diámetros informados?				
		¿Las dimensiones de las Vigas son las indicadas				
		¿Los pernos de anclaje y sujeción son los indicados?				
		¿Las estructuras cuentan con protección antioxido?				
		¿La dimensión de de barandas es la indicada en planos?				
		¿La dimensión de plataformas es la indicada en planos?				
3.5	Pedraplenes o Enrocados y Gaviones	¿El Talud de los pedraplenes corresponde lo informado?				
		¿Los gaviones tienen la geometría indicada?				
		¿Su emplazamiento corresponde a lo indicado en planos?				
3.6	Compuertas y/o rejillas	¿Su geometría (largo/ancho), es la indicada?				
		¿La cantidad de compuertas son las indicadas?				
		¿La cantidad de rejillas son las indicadas?				
		¿Los motorreductes son los indicados en las Esp. Técnicas?				
		¿Los vastagos tiene el diámetro indicado en los planos?				
		¿Se observan instalaciones eléctricas deficientes?				
¿De ser posible, las compuertas funcionan con suavidad?						
					Nombre y Firma Fiscalizador DGA	
					Firma :	
					Nombre :	