



**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

**Criterios para la determinación de caudales  
disponibles para la dilución en cuerpos  
receptores superficiales**

**REALIZADO POR:**

**DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS  
HÍDRICOS**

**S.D.T. N° 191**

**Santiago, Octubre del 2004**



## MINUTA TÉCNICA

### **CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES DISPONIBLES PARA LA DILUCIÓN EN CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES**

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

I.	INTRODUCCIÓN .....	2
II.	FUNDAMENTO LEGAL .....	2
III.	PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO .....	2
IV.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE PARA DILUCIÓN.....	3
1.	Zonas con caudal ecológico establecido.....	3
2.	Zonas sin caudal ecológico establecido.....	3
3.	Cauces artificiales (canales, acequias, etc.) .....	4
4.	Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico entre las regiones III y X, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km <sup>2</sup> .....	4
5.	Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico en las regiones I, II, XI, XII o cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km <sup>2</sup> ubicadas entre las regiones III a X. ....	6
6.	Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre.....	7
7.	Zonas fluviales afectas a influencias del mar.....	7
V.	EJEMPLO, DESCARGA DE DOS EFLUENTES AL MISMO CUERPO RECEPTOR.....	8

# **CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES DISPONIBLES PARA LA DILUCIÓN EN CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES**

## **I. INTRODUCCIÓN**

La presente Minuta Técnica reemplaza a la Minuta Técnica DCPRH-DGA N°6 de 16/11/2001 en lo que dice relación con la determinación de caudales disponibles para dilución.

Se acepta, según el objetivo general del DS N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que los cuerpos receptores no verán dañada su calidad ambiental con la descarga de efluentes que cumplan con los límites máximos de emisión establecidos en el mencionado decreto, ello debido a que la restricción se expresa en concentraciones máximas de contaminantes (masa de contaminante por unidad de volumen de líquido).

## **II. FUNDAMENTO LEGAL**

La determinación del caudal disponible para dilución en el cuerpo receptor, recae en la Dirección General de Aguas, según queda establecido en el DS. 90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

En dicho decreto se define "Tasa de dilución del efluente vertido" como la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. Además, se especifica que el "caudal disponible del cuerpo receptor" es la cantidad de agua disponible expresada en volumen por unidad de tiempo para determinar la capacidad de dilución de un cuerpo receptor, que será determinada por la Dirección General de Aguas.

## **III. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO**

El interesado en conocer la capacidad de dilución de algún cauce del país deberá solicitar formalmente dicha información a la respectiva Dirección Regional de Aguas, señalando mediante coordenadas UTM el punto específico del cauce en donde se efectuará la descarga, emitiendo esta última una resolución indicando el caudal de dilución disponible, después de evaluar las componentes que afectan el recurso en la zona.

El caudal disponible para dilución en un punto identificado con coordenadas UTM e informado mediante resolución por la respectiva Dirección Regional, estará disponible tanto para el solicitante que dio origen al análisis, como para cualquier otro solicitante futuro que desee descargar un efluente en el mismo punto (ver ejemplo en numeral V).

Más aún, el caudal disponible para dilución informado mediante resolución, deberá ser considerado en los balances futuros, necesarios para autorizar modificaciones de captación de derechos existente y otorgamiento de nuevos derechos de aguas.

#### **IV. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE PARA DILUCIÓN**

##### **1. Zonas con caudal ecológico establecido.**

En zonas donde se encuentre establecido el caudal ecológico de acuerdo al Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, se procederá a la verificación de éste mediante un balance hidrológico en la sección de análisis, considerando los derechos constituidos permanentes comprometidos y la demanda ambiental hídrica. Si este caudal se verifica y en la sección de análisis no existe déficit para ninguna época del año; entonces, se determinará el caudal disponible para dilución como un 70% de ese caudal ecológico.

En zonas con caudal ecológico establecido, en donde como resultado del balance hidrológico en la sección de análisis se compruebe déficit del recurso, el caudal disponible para diluir será nulo.

##### **2. Zonas sin caudal ecológico establecido.**

En zonas donde no se haya establecido un caudal ecológico previamente, se realizará la determinación de éste, según se establece en el Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, teniendo en consideración lo siguiente:

1. Si la cuenca se encuentra agotada, no significa a priori que en algún punto de un tramo de río, no se disponga de un caudal permanente posible de definir como caudal ecológico y consecuentemente como caudal de dilución. Ya que, aún cuando el caudal que escurre en la sección de interés esté otorgado aguas abajo del punto de la futura descarga, la totalidad de éste, o una fracción, puede constituir un caudal ecológico y en consecuencia permitir el establecimiento de un caudal disponible para dilución.

2. Si un titular de un derecho de aprovechamiento de aguas, cuyo ejercicio no esté gravado por la exigencia de un caudal ecológico, solicitase modificación del punto de captación hacia aguas arriba, dicha modificación deberá quedar condicionada a la definición de un caudal ecológico en el tramo de río. Lo anterior quiere decir, que el titular del derecho tendría que adaptarse a las nuevas exigencias y aceptar la restricción que impone la definición del caudal ecológico en la zona, aún cuando el derecho de aprovechamiento de aguas original no esté gravado inicialmente en su ejercicio, con la exigencia de un caudal ecológico.
3. Complementariamente, aquellas solicitudes relacionadas con la adquisición y ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas que se presenten actualmente a la Dirección General de Aguas, se analizan teniendo como criterio técnico general el balance entre el caudal disponible en la fuente y el recurso comprometido en ella, éste último considera los derechos de aguas constituidos, los usos a respetar y el caudal ecológico definido para el tramo del cauce, entre otros. Por todo lo anterior, las nuevas solicitudes de derechos de aprovechamiento al incorporar el establecimiento de un caudal ecológico, permiten determinar directamente el caudal disponible para dilución.
4. En zonas donde no exista caudal ecológico establecido, el caudal disponible para dilución en un cuerpo receptor, será el caudal mínimo que resulte de aplicar la metodología para la determinación del caudal ecológico establecida en el Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos.

### **3. Cauces artificiales (canales, acequias, etc.)**

Con respecto a este tipo de cauces se debe considerar lo siguiente:

1. La Dirección General de Aguas no tiene jurisdicción sobre éstos.
2. La distribución y uso de esta agua es de particulares.
3. Estos cauces poseen un flujo discontinuo a lo largo del año, lo cual responde netamente a las necesidades de los usuarios.
4. No es posible establecer caudales disponibles para dilución en estos cauces.

### **4. Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico entre las regiones III y X, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km<sup>2</sup>.**

En cuencas sin control fluviométrico deberá utilizarse la metodología establecida en el Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA, Agosto 1995.

Dicho Manual establece un método para determinar los caudales mínimos asociados a distintas probabilidades de excedencias, en cuencas sin información de tipo fluviométrica y que no presenten alteraciones, tales como embalses o extracciones, que afecten en forma significativa su régimen natural. El campo de validez del método propuesto corresponde geográficamente a las cuencas ubicadas entre las III y la IX Región, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km<sup>2</sup>.

Para el establecimiento del caudal de dilución se deberán construir las curvas  $Q^{(p\%)}_1$  versus probabilidad de excedencia (p) con p igual a 20, 50, 80, 90 y 95%. Los valores de  $Q^{(p\%)}_1$  se obtienen aplicando en Factor Regional (tabla 5.8 del Manual) al  $Q^{(p\%)}_{30}$ , tanto en sus valores medios, máximos y mínimos.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje, para validar la estimación de caudales mínimos. Aforos que se graficarán en la curva  $Q^{(p\%)}_1$  versus p para su validación.

Sobre la base de estos resultados, se establecerá el caudal disponible para dilución como  $Q^{(95\%)}_{30}$ , mínimo.

▪ Ejemplo: Cálculo del Q dilución en cuenca sin control fluviométrico

Para ilustrar la aplicación de metodología propuesta para cuencas sin control fluviométrico, se complementa el ejemplo del numeral 5.3 c) del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica; Chillán en Esperanza.

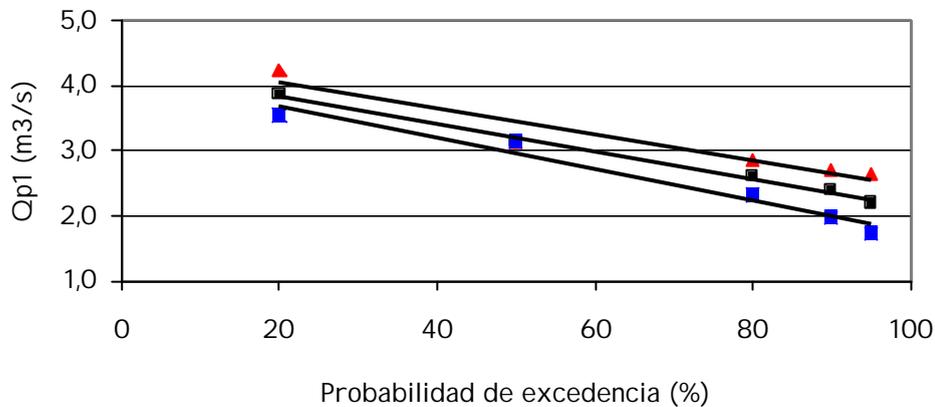
Siendo  $Q^{(50\%)}_{30}$  igual a 3.63 m<sup>3</sup>/s, se obtiene la siguiente información:

Probabilidad de Excedencia (%)	Qp30		
	medio (m <sup>3</sup> /s)	máximo (m <sup>3</sup> /s)	mínimo (m <sup>3</sup> /s)
20	4,46	4,90	4,10
50	3,63	3,63	3,63
80	3,01	3,30	2,69
90	2,76	3,12	2,29
95	2,54	3,05	2,00

Para el caso analizado corresponde a Itata por lo que el factor regional  $Q_{p1}/Q_{p30}$  corresponde 0.866, resultando:

Probabilidad de Excedencia	Q1(p)		
	medio	máximo	mínimo
20	3,87	4,24	3,55
50	3,14	3,14	3,14
80	2,61	2,86	2,33
90	2,39	2,70	1,98
95	2,20	2,64	1,73

Al graficar esta información:



Suponiendo que los aforos caen dentro del rango, se considera validada la curva y por consiguiente el caudal de dilución sería igual a  $Q_{95\%}(30)$  mínimo, es decir 2 m<sup>3</sup>/s.

**5. Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico en las regiones I, II, XI, XII o cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km<sup>2</sup> ubicadas entre las regiones III a X.**

En cuencas sin control fluviométrico ubicadas en las regiones I, II, X, XI, XII o bien cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km<sup>2</sup> ubicadas entre las regiones III a X, se deberá utilizar la información hidrométrica existente en una cuenca controlada y homogénea hidrológicamente para generar una estadística de a lo menos 30 años hidrológicos completos, a nivel de caudales medios mensuales, o algún método clásico para la generación de dicha estadística.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos y para validar el método de estimación de caudales, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje.

## **6. Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre.**

En conformidad a lo expresado en el DS N°90/2002 los cuerpos de agua fluviales afluentes a un cuerpo de agua lacustre natural (o sea, aquellos que desembocan directamente al cuerpo de agua lacustre natural) deberán cumplir los límites máximos permitidos para descargas a cuerpos de agua lacustre (Tabla N°3 del DS N°90/2002) y consecuentemente, no puede definirse en ellos el concepto de capacidad de dilución.

## **7. Zonas fluviales afectas a influencias del mar.**

La Dirección General de Aguas entiende como cuerpo de agua fluvial, en el marco del D.S. 90/2000, aquellas aguas terrestres superficiales corrientes que desembocan en otro cuerpo de agua fluvial, cuerpo de agua lacustre o en el mar. Según lo anterior, un estuario, es considerado un cuerpo de agua fluvial aún cuando posea influencias de las mareas y por lo tanto, la Dirección General de Aguas determinará el caudal disponible en este tipo de cuerpos de agua receptores, cuando la descarga se realice aguas arriba de la Zona de Protección Litoral.

Para la determinación del caudal disponible para dilución en un estuario, el interesado deberá presentar los antecedentes listados a continuación, pudiendo la Dirección General de Aguas, requerir antecedentes complementarios o adicionales a los siguientes:

- a. Verificación de que el establecimiento califica como fuente emisora por el DS 90/2000 y que por lo tanto, su descarga queda condicionada al cumplimiento de los límites establecidos en este decreto.
- b. Análisis donde se verifique que la descarga se produce aguas arriba de la Zona de Protección Litoral definida en el punto 3.13 del DS90/2000, no aplicándole la Tabla N°4, debido a que corresponde a un cuerpo de agua fluvial y por lo tanto, de competencia de la Dirección General de Aguas. La Dirección General de Aguas podrá solicitar la revisión del análisis presentado a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante a fin de confirmar que el punto se encuentra aguas arriba de la zona de protección litoral.

De acuerdo a la definición en el punto 3.13 del Manual de Aplicación del DS 90/2000, la Zona de Protección Litoral “corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante...”

- c. Análisis de la capacidad de mezcla del estuario. Análisis que deberá considerar la influencia de las mareas, las velocidades de flujos en el estuario, los ciclos de vaciante y llenante, la intrusión salina que a su vez depende de la magnitud del caudal afluente y de la amplitud de onda de la marea y densidad de agua en el estuario.

Este análisis deberá incorporar una batimetría, análisis hidrodinámico, análisis hidrológico, análisis de mareas con sus ciclos de llenante y vaciante, determinación de intrusión salina y determinación de la estratificación de ésta.

La Dirección General de Aguas no ha desarrollado una metodología para la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, tampoco ha establecido como se relaciona esta capacidad de mezcla con el caudal disponible para dilución definido en el DS 90/2000, por lo que aún cuando se reconoce que en teoría existe factibilidad técnica en la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, la relación de esta capacidad con el concepto de caudal disponible para dilución no está establecida.

Ahora bien, atendiendo a que la calidad de las aguas en la desembocadura de un río está influenciada por la presencia de aguas marinas, la Dirección General de Aguas, a solicitud del interesado, podrá determinar el contenido natural (concentración de un contaminante en el cuerpo receptor), al que se refiere el punto 3.3 del Manual de Aplicación del DS 90/2000, para que este último presente los antecedentes ante el organismo fiscalizador competente en la fijación de los límites máximos permitidos de la descarga, exigiendo el cumplimiento del punto 4.1.3 del Manual de Aplicación del DS 90/2000.

Para la determinación del contenido natural, la Dirección General de Aguas podrá solicitar los antecedentes que requiera al interesado.

## **V. EJEMPLO, DESCARGA DE DOS EFLUENTES AL MISMO CUERPO RECEPTOR**

Si dos industrias descargan en un mismo punto un mismo tipo de contaminante, y además ambas industrias utilizan la capacidad de dilución del cuerpo receptor, establecida por resolución de la Dirección General de Aguas, descargando la concentración máxima permitida por el DS N° 90/2000 (Tabla N° 2).

Se tendrá lo siguiente:

$$C_{\max} = C_i = M_i / V_i$$
$$\text{ó, } M_i = V_i * C_{\max}$$

Donde:

$V_i$  = volumen de agua descargado por la industria  $i$

$M_i$  = masa de contaminante descargado por la industria  $i$

$C_i$  = Concentración de contaminante descargado por la industria  $i$  ocupando la capacidad de dilución del cuerpo receptor,  $C_i = C_{\max}$  (concentración máxima de contaminante fijado en DS N° 90 / 2000)

La pregunta que surge es: cuál es el efecto combinado de ambas descargas en el río; que se traduce en preguntar si la descarga combinada de ambas industrias seguirá cumpliendo el valor máximo de concentración establecido en el DS N° 90/2000; o bien, si la capacidad de dilución del cuerpo receptor se agota.

Sabemos que la masa de total de contaminante descargado será la suma de las masas descargadas por cada industria. Equivalentemente, el volumen total descargado será la suma de los volúmenes. Es decir:

$$M = M_1 + M_2 \quad ; \quad V = V_1 + V_2$$

$$C_{\text{final}} = M / V = (M_1 + M_2) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = (V_1 * C_{\max} + V_2 * C_{\max}) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = C_{\max} * (V_1 + V_2) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = C_{\max}$$

Por lo tanto, si cada industria restringe sus descargas al DS N°90/2000, el efecto combinado de ellas seguirá cumpliendo con los límites máximos establecidos en la normativa, comportándose como una sola descarga, aún cuando se haya utilizado la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Es por lo anterior, que el caudal disponible para dilución en un punto permite la descarga de más de un efluente, como fue mencionado en el numeral II.

