



## **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO PARA EL DRENAJE TRANSVERSAL DE LAS RUTAS NACIONALES**

**Néstor Rolando Correa**

Dirección Nacional de Vialidad (DNV), Subsecretaría de Obras Públicas  
DNV 9° Distrito San Juan, Av. Guillermo Rawson 377 N, 5400 San Juan, Argentina, Tel. 0264-421-2966/3566 interno 247  
ncorreasig@gmail.com, ncorrea@vialidad.gov.ar - <http://www.vialidad.gov.ar>

### **RESUMEN**

El trabajo propone nuevos criterios y procedimientos para diseñar y/o verificar el drenaje transversal de las rutas nacionales. Los nuevos criterios y procedimientos están basados en el riesgo hídrico, en diseñar obras poco erosivas y autolimpiantes, congruentes con un ordenamiento territorial en las riberas, adaptado a los futuros cambios regionales en las cuencas. Se destaca la naturaleza dinámica de las líneas de ribera, e identifican regiones donde existen tendencias significativas en las precipitaciones y/o escurrimientos por efecto de cambios regionales. Se resumen las jurisdicciones y normas vigentes en la Argentina para deslindar los espacios de los dominios público hidráulico y privado en las riberas fluviales. Se destacan el nexo con el ordenamiento territorial municipal y las restricciones que impone la navegación sobre las márgenes de los cuerpos de agua. En algunas Provincias las normas sobre líneas de ribera presentan imprecisiones técnico-legales, lo que restringe su demarcación. Los criterios y procedimientos requieren determinar los condicionantes y efectos de hidrogramas de futuras crecidas con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años. Son condicionantes del diseño tanto el deslinde de las líneas de ribera y zonas conexas como las afectaciones que las obras imponen al tramo fluvial y sus planicies de inundación.

Palabras clave: drenaje transversal de rutas, riesgo hídrico, ordenamiento territorial, deslinde de líneas de ribera y zonas conexas, normativa, diseño y/o verificación de obras en márgenes fluviales.

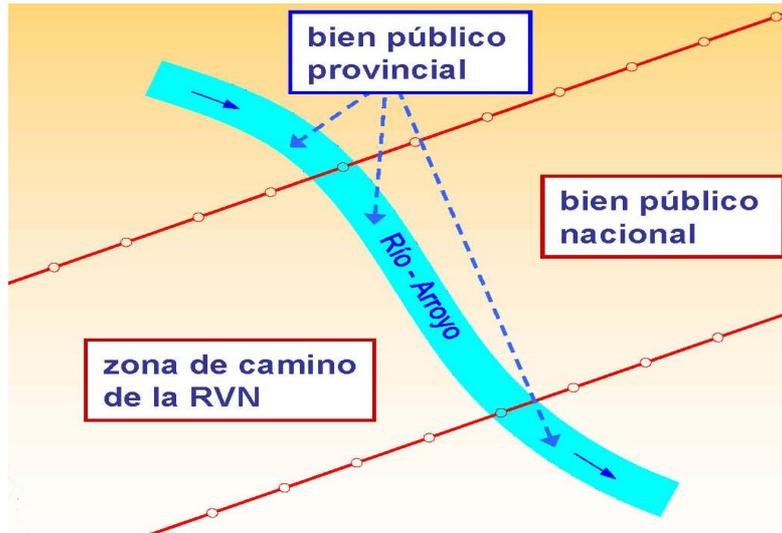
### **ABSTRACT**

The paper proposes new criteria and procedures to design and/or check the cross drainage of national routes. The new criteria and procedures are based on hydrological risk, in designing slightly erosive and self-cleaning works, coherent with a territorial planning, adapted to future regional changes in the basins. It highlights the dynamic nature of the bank lines and identifies regions in Argentina with significant trends in precipitation and/or runoff by effect of regional changes. It resumes the jurisdictions and norms in force in Argentina to demarcate the limits between the public hydraulic domain and the private domain on the fluvial banks. It emphasize the link with the municipal territorial management and other restrictions imposed by the navigation on the banks of water bodies. In some Provinces the norms on bank lines leads to legal and technical inaccuracies which restrict their demarcation. The criteria and procedures require to determine the conditionants and effects of hydrographs of future floods with  $Tr = 12, 25, 50$  and  $100$  years. The designs are conditioned by the demarcation of the bank lines and related zones, and the affectations that the works impose to the fluvial section and its floodplains.

Keywords: cross drainage of routes, hydrological risk, territorial organization, demarcation of bank lines and related areas, regulations, design and/or verification of works on riverbanks.

## INTRODUCCIÓN

Las rutas nacionales y sus obras de paso (vados, alcantarillas, puentes, viaductos, cobertizos, túneles) atraviesan los cauces, las riberas y planicies de inundación de casi todas las cuencas hidrográficas en la Argentina. Cuando un cuerpo o curso de agua (perenne, intermitente o efímero) baña o escurre sobre la zona de camino de una ruta nacional, entonces se presenta una confusión y concurrencia de dominios y/o jurisdicciones sobre la porción del terreno ocupado -dentro de la zona de camino- por el cauce natural y sus márgenes. La **Figura 1** ilustra esta situación.



**Figura 1.-** Encuentro de dos objetos territoriales legales de derecho público.

Este estado no permanece estático, pues está sujeto a la evolución hidro-geomorfológica del cauce natural. La **Figura 2** muestra una descripción esquemática con los rasgos hidro-geomorfológicos en los diferentes cursos o edades que transcurren las corrientes de agua.

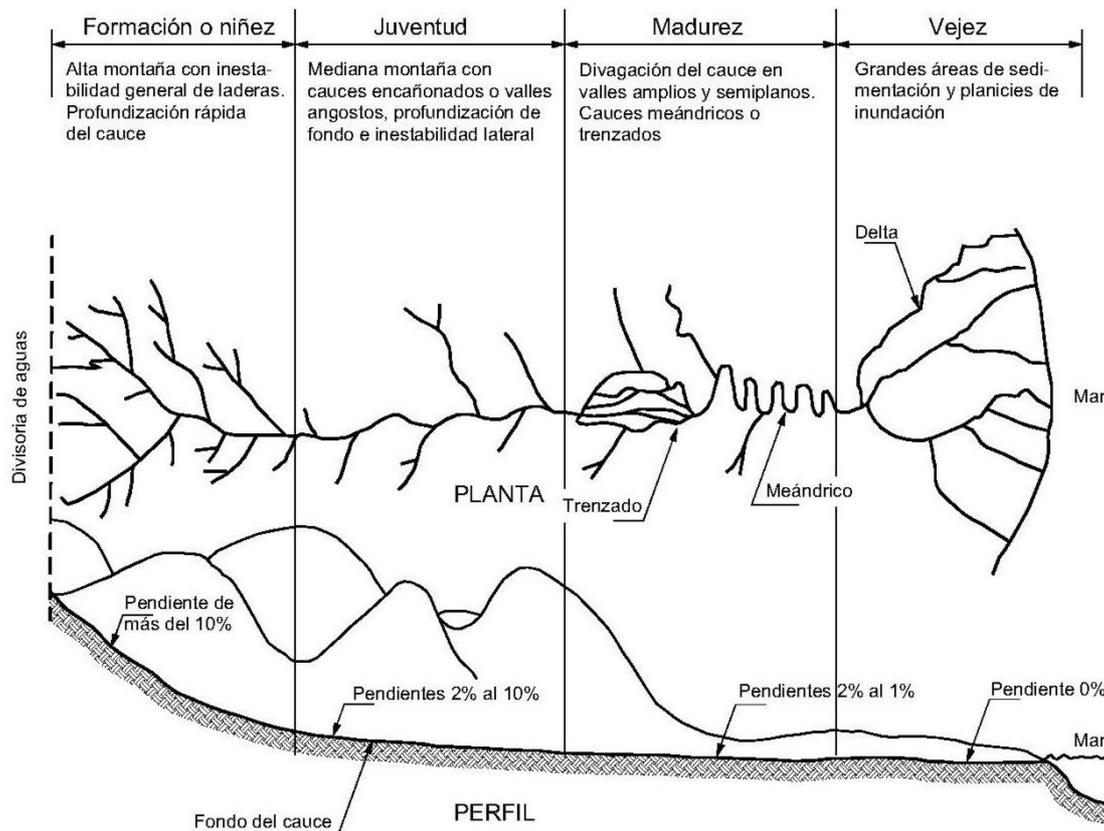


Figura 2.- Esquema de las etapas de un río desde áreas en la montaña hasta su desembocadura (ver ref. [1], 2001).

La Dirección Nacional de Vialidad (DNV) observa una dinámica fluvial con incrementos de situaciones de inestabilidad hidro-geomorfológica de los canales, lechos, albardones y/o terrenos inundables, de las riberas fluviales con respecto a los que se constataron y/o asumieron durante el diseño de las obras. La DNV atribuye dichos efectos a cambios regionales acaecidos con posterioridad al diseño, principalmente por cambios no regulados, fiscalizados y/o compensados en el uso del suelo y/o la cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas, y accesoriamente por cambios en la variabilidad de las precipitaciones.

La inestabilidad descrita afecta las subestructuras de las rutas y sus obras de paso. La DNV presume que las citadas afectaciones a sus obras de paso devienen por aumentos de los caudales y arrastres sólidos.

Los hechos descriptos pueden cambiar tanto las premisas, la validez de los datos empleados para el diseño de las obras como su situación técnico-legal. Atento a ello, la DNV promueve conceptos, instrumentos y acciones conducentes a lograr un **Ordenamiento Territorial** eficaz en cada jurisdicción (Nación, Provincia y Municipio), y nuevos criterios, términos de referencia y procedimientos para elaborar estudios para el drenaje y control de erosión de las rutas nacionales (ver ref. [2], 2011).

A través de los nuevos criterios y procedimientos mencionados se deberá demostrar tanto la validez de los datos y herramientas hidrotécnicas empleadas para su diseño, como obtener la conformidad (no objeción) técnico-legal por los usos o restricciones en las riberas que corresponden a las otras jurisdicciones. Concurrentemente con las obras se procederá a deslindar, mensurar los distintos espacios públicos, demarcándolos en el terreno.

## OBJETIVOS

El trabajo describe los nuevos criterios y procedimientos para diseño y/o verificación de las rutas y sus obras de paso sobre márgenes fluviales a fin de lograr que (ver ref. [2], 2011):

- las obras sean congruentes con un ordenamiento territorial, adaptados a los futuros cambios regionales en las cuencas hidrográficas;
- los futuros proyectos ejecutivos respeten -durante todo su ciclo de vida (estudio, construcción, explotación, remoción)- las normas, condicionantes y/o restricciones al dominio, ocupación y uso del cauce natural y las márgenes fluviales;
- las obras tengan por diseño un bajo riesgo hídrico, sean poco erosivas y autolimpiantes, y
- las mismas superen una vida útil de 50 años, con un costo sostenible (bajo o nulo) para su mantenimiento y/o conservación.

La DNV planea instrumentar lo anterior a través de un *Manual de Procedimientos* que reglamentará la elaboración de *Estudios de Diseño y/o Verificación de Obras para Drenaje y Control de Erosión* de las rutas nacionales, con nuevos criterios, términos de referencia y procedimientos para elaborar los estudios hidrotécnicos. El futuro *Manual* complementa y amplía las *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial - DNV* (ref. [3]).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo describe y tipifica la evolución de los escurrimientos y de los tramos fluviales por efectos naturales o inducidos por los cambios regionales observados. Asimismo la normativa vigente (nacional, provincial y municipal) y los circuitos administrativos conducentes al *deslinde y demarcación de las Líneas de Ribera (LdR) y sus espacios conexos*, el ancho de la calle o camino público contiguo a la ribera, los condicionantes y las restricciones que devienen de la navegación, y los criterios para el diseño y/o la verificación de la vulnerabilidad (por riesgo hídrico) de las obras situadas en los cauces y las márgenes fluviales.

El trabajo indica *¿Que* datos habría que recabar, determinar y/o verificar?, *¿Quienes* tienen las incumbencias, la aptitud e idoneidad para hacerlo?, y *¿Como* y en que orden debería procederse? para diseñar y/o verificar las obras para el drenaje transversal de las rutas nacionales.

Son condicionantes del diseño tanto el deslinde de las LdR y zonas conexas dentro de la zona de camino como los efectos que las obras imponen al tramo fluvial y sus planicies de inundación. Son de destacar la naturaleza dinámica de las LdR y su nexos con el ordenamiento territorial municipal y las demandas que impone la navegación en las márgenes fluviales. Asimismo la necesidad de mensurar y registrar como objetos territoriales de derecho público, tanto las rutas nacionales como los cursos de agua y sus vías de acceso.

## 1. EVOLUCIÓN DE LOS TRAMOS FLUVIALES Y DE LOS ESCURRIMIENTOS

### 1.1 Tipificación y Evolución de los Tramos Fluviales

Clasificar cursos fluviales implica simplificar un sistema muy complejo y, por tanto, perder mucha información. Sin embargo, nuestro interés por adoptar una clasificación surge de la necesidad de contar con una tipología de cursos fluviales que pueda emplearse en la evaluación y diagnóstico de la potencial vulnerabilidad de las subestructuras de rutas y obras de paso en la Red Vial Nacional (RVN), por causa de afectaciones hídricas y/o ambientales. En este caso se habla de cursos fluviales, ya que el objetivo de lograr una clasificación es más descriptivo-comparativo que sistémico, es decir, nos interesa más tipificar tramos fluviales que explicar su funcionamiento integrado.

Los criterios de definición de los tipos de cursos fluviales son complejos, fundamentalmente topográfico-hidro-geomorfológicos (perfil longitudinal y transversal del cauce, el llano inundable y el valle, modelos del cauce, dinámica, etc.) asociados al funcionamiento hidrológico, diferente según nos encontremos en cursos altos, medios o bajos, y también en relación con los ecosistemas que se desarrollan en el sistema cauce-riberas, sin olvidar el criterio paisajístico basado en la unicidad visual del tramo o curso en cuestión.

A tal efecto entendemos que sería útil considerar e implementar partes del sistema propuesto por Rosgen (ref. [4], 1994 y [5], 1996), el que se encuentra resumido en el sitio [http://www.epa.gov/watertrain/stream\\_class](http://www.epa.gov/watertrain/stream_class). Esta metodología propone una clasificación de los ríos basada en diferentes variables y niveles jerárquicos, que ha tenido una gran aceptación entre los servicios forestales de Estados Unidos, en el ámbito de la restauración fluvial.

En un primer nivel de clasificación, Rosgen diferencia nueve tipos de ríos, de acuerdo con su pendiente longitudinal, sinuosidad y forma de la sección transversal (**Figura 3**). En un segundo nivel de clasificación, cada uno de estos tipos de ríos, denominados con letras mayúsculas (Aa+, A, B, C, D, DA, E, F y G) se subdivide a su vez según su rango de pendiente y granulometría del sustrato, obteniendo numerosos subtipos, denominados con números y letras minúsculas (A1, A2, B1b, B2c, etc.).

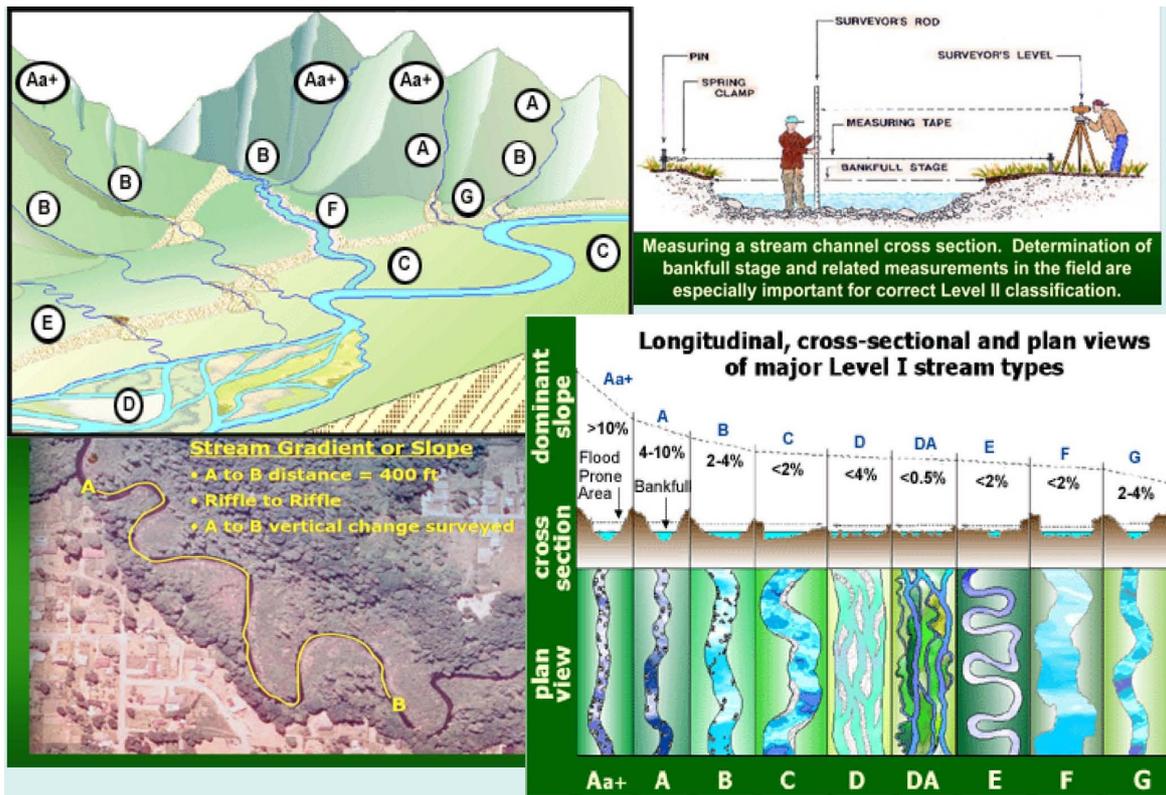


Figura 3.- Datos desde gabinete (Google Earth) y de visitas al campo para la clasificación según Rosgen (refs. [4] y [5]).

Visto y atentos a la sistemática descrita para tipificar los tramos fluviales, y dado un caso particular bajo observación se hace factible evaluar y/o diagnosticar la **previsible evolución, y la estabilidad o inestabilidad del cauce natural y sus márgenes**, debido al previsible acrecentamiento o la socavación del lecho y/o márgenes por causas hidro-geomorfológicas.

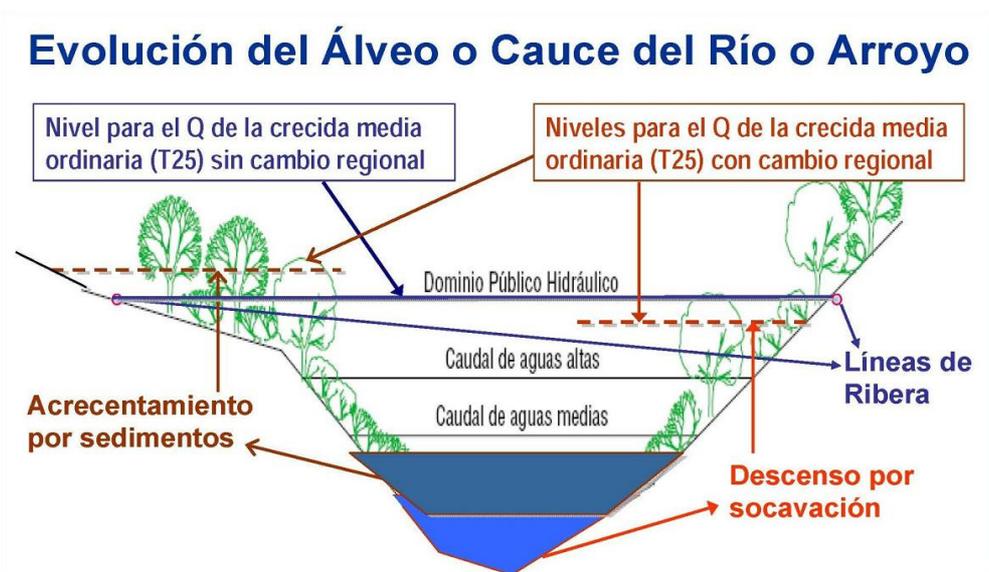


Figura 4.- Previsible evolución de los tramos fluviales y las líneas de ribera por efecto de causas naturales o inducidas.

La **Figura 4** indica esquemáticamente el hecho que por causas naturales las líneas y zonas de ribera pueden modificar su posición técnico-legal, y en consecuencia volver obsoletas las premisas o fundamentos para el diseño (hidráulico) de las subestructuras de las obras para

drenaje transversal en la zona de camino de la RVN (ver ref. [6], 2009).

De acuerdo al sistema de tipificación adoptado se requiere una evaluación, para cada cauce aluvial o tramo fluvial que cruza la zona de camino, a fin de diagnosticar la evolución, estabilidad o inestabilidad del cauce natural y sus márgenes, indicando la magnitud observada del proceso en cm/año, el fenómeno predominante y la dinámica que lo afecta, y el previsible acrecentamiento o la socavación del lecho y/o márgenes por causas hidro-geomorfológicas, para los próximos 50 años.

## 1.2 Cambios Regionales en la Argentina

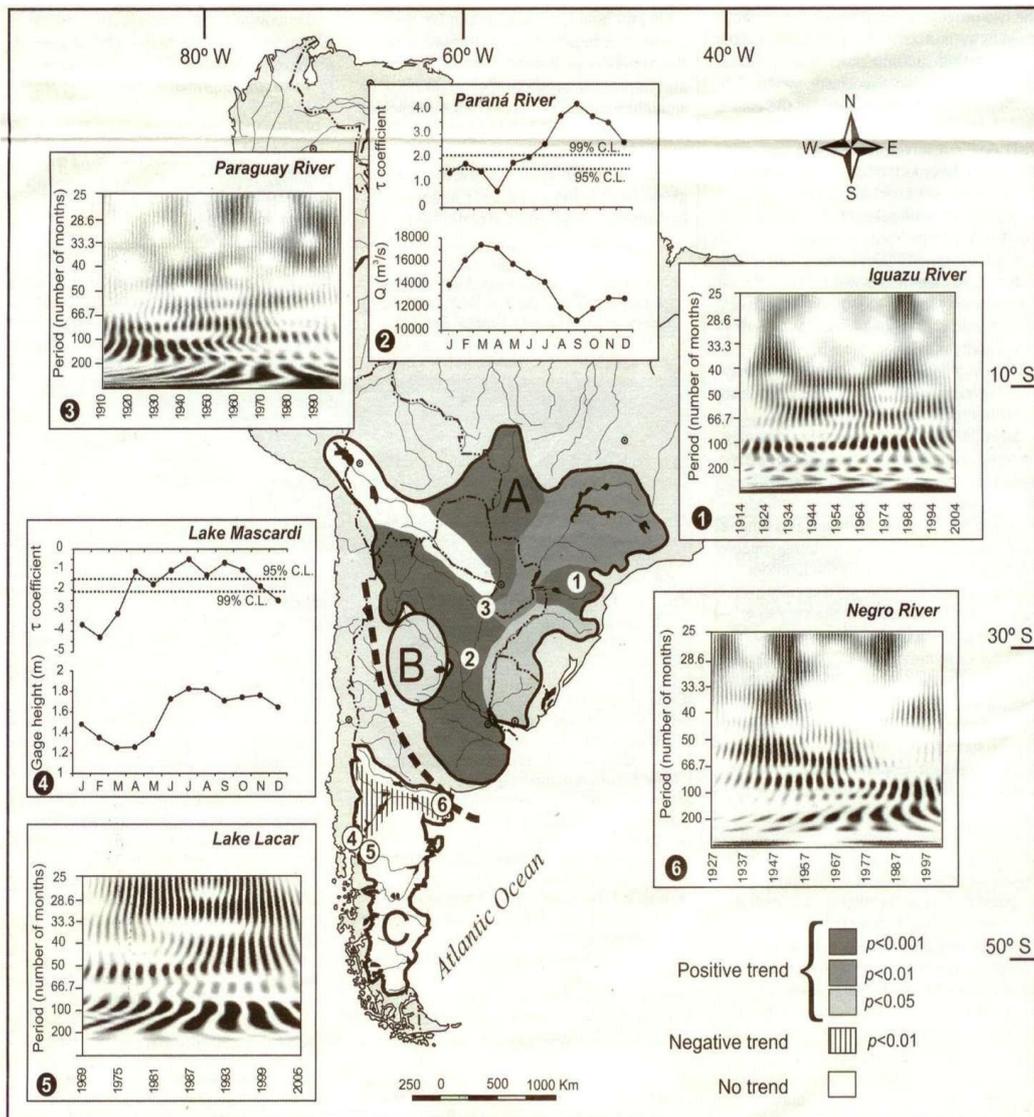


Fig. 1. Map of South America showing the Río de la Plata drainage basin (region A), the area of central Argentina (region B), and Patagonian rivers and proglacial Andean lakes (region C). The shading (see legend) corresponds to different levels of statistical significance, as measured by the Mann-Kendall (M-K) test. Positive M-K coefficients correspond to increasing annual discharges, and negative coefficients correspond to decreasing ones. Insets 2 and 4 correspond to seasonal-Kendall results, averaged over 99 and 50 years, respectively (C.L. is the confidence level,  $\tau$  stands for the test's statistical coefficients, and Q represents river discharge rates; x axis shows months); insets 1, 3, 5, and 6 are continuous wavelet transform (CWT) plots, showing high power or high variance (dark areas) and low power or low variance (white areas). The dashed line shows the approximate location of the "arid diagonal." The figure shows that although the signal of the ENSO at different frequencies is discernible in most hydrological systems in southern South America, recent increased atmospheric precipitation is restricted to most of the Río de la Plata drainage basin, with Patagonia exhibiting a trendless or negative behavior.

Figura 5.- Efectos del ENOS y cambio climático sobre los escurrimientos anuales (ref. [7], 2008).

Los registros hidro-meteorológicos de las últimas décadas en la Argentina indican para una gran parte del territorio la presencia de cambios y tendencias significativas, tanto en la magnitud como en la frecuencia de las precipitaciones, de los escurrimientos y de caudales y/o eventos extremos.

Una fracción importante del territorio y de la infraestructura del país está sujeta a los efectos y afectaciones por los cambios regionales antes mencionados. La **Figura 5** fue extraída del trabajo de Depetris y Pasquini (ref. [7], 2008), e identifica dos regiones A y B de la Argentina donde se constatan tendencias positivas en los escurrimientos anuales, los que indican una tendencia al incremento de los escurrimientos en los ríos. Se asume que los cambios regionales observados devienen del efecto combinado de varias componentes plurianuales, es decir los cambios en el uso de suelo, climático y en el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Esto conlleva a un aumento de la vulnerabilidad de subestructuras ubicadas en las márgenes de los cursos fluviales y lacustres de las **regiones A y B**.

## 2. NORMATIVA VIGENTE Y CONDICIONANTES TÉCNICO-LEGALES

A continuación se resumen las normas vigentes (nacional, provincial y municipal) y definen algunos términos técnico-legales conducentes a deslindar los espacios del Dominio Público Hidráulico (DPH) y del dominio privado, que se encuentran ubicados en las márgenes de los cauces naturales (líneas y zonas de ribera).

### 2.1 Cauce Natural y Márgenes de Uso Público

De acuerdo al Código Civil (ref. [8], 1871) el *cauce natural* comprende la **porción de tierra** que las aguas bañan durante las **“crecidas medias ordinarias”** (art. 2340 inc. 3° y 4° C. Civil). El límite lateral y superior del cauce natural es la **línea de ribera (LdR)**. El **cauce natural está constituido por** hasta tres elementos: **los lechos** (o álveos) del río, arroyo o lago, **los albardones y/o terrenos inundables** que no constituyen aluvión, y **las riberas internas**. Dentro del cauce natural, los límites entre los lechos y los albardones del río que no constituyen aluvión surgen -con apego al art. 2577 C. Civil- del nivel alcanzado por **“las más altas aguas en su estado normal”**. Las **Figuras 6 y 8** grafican estos conceptos.

Con frecuencia no se materializa en las *márgenes* del cauce lo establecido como **Restricciones al Dominio** de los propietarios ribereños a cursos de agua que sirven a la comunicación por agua, quienes están obligados a dejar una **“...calle o camino público de 35 metros... sin ninguna indemnización...”**, y se sigue leyendo que asimismo **“no pueden hacer en ese espacio ninguna construcción ni reparar las antiguas que existen, ni deteriorar el terreno en manera alguna.”** (arts. 2639 al 2641 y 2750 C. Civil). Las **Autoridades de Aplicación** serían la Nación y la Municipalidad respectiva, y sujeto a regulación por derecho administrativo (art. 2661 C. Civil), p.ej. a través del Código de Ordenamiento Territorial y de Edificación del Municipio/Provincia y Código de Aguas de la Provincia.

El deslinde de las LdR y zonas conexas debe basarse exclusivamente en el art. 2340, incisos 3° y 4° C. Civil, y considerarse asimismo integralmente con lo establecido en los arts. 2639 al

2641 y 2750 C. Civil. Los terrenos de las rutas y del cauce natural (el comprendido entre las líneas de ribera) son de propiedad y dominio público (ver refs. [2], 2011, [6], 2009). En razón de ello de exclusivo uso público, no expropiables, imprescriptibles, inalienables e inembargables. Las Figuras 6 al 8 ilustran estos elementos y conceptos.

## Cauce natural = álveo + terreno de playa

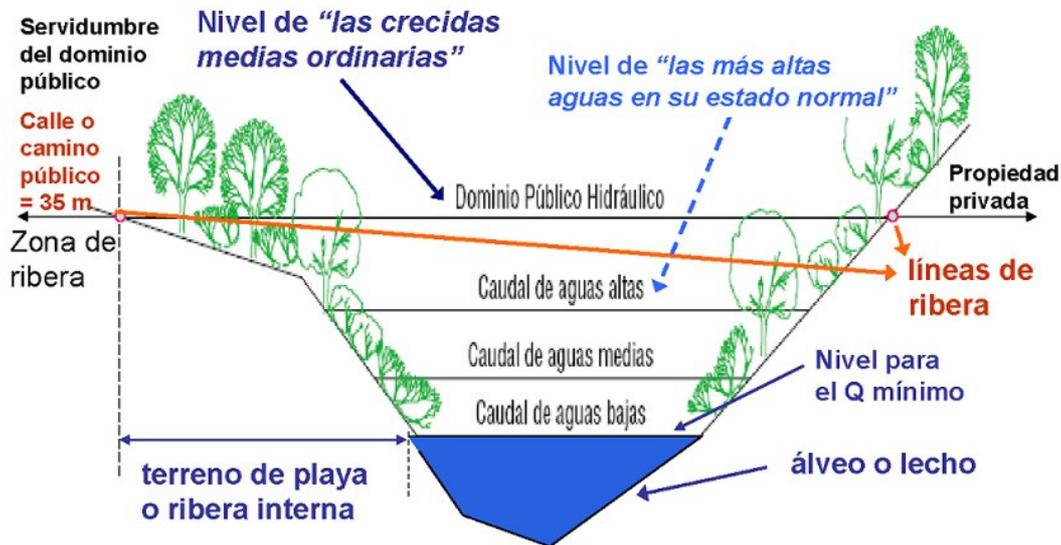


Figura 6.- Esquema simplificado sobre el cauce natural y las riberas de uso público.

### 2.2 Niveles que las Aguas bañan durante las Crecidas Medias Ordinarias

Los niveles del terreno donde llegan las aguas durante las “*crecidas medias ordinarias*”, es decir las cotas de las LdR, podrían determinarse simplemente, y sin auxilio del concepto de caudal en crecidas y su  $Tr$ , por medio de:

- 1° la observación, medición y registro de los niveles hídricos en los tramos fluviales de interés,
- 2° formando una serie con los mayores niveles hídricos alcanzados en cada año hidrológico en el periodo considerado (nivel de agua para la mayor crecida de cada año hidrológico), y
- 3° calculando el promedio aritmético de los últimos años de la serie de niveles del punto 2°, sugiero no menos de 20 años y mejor serían 35 años.

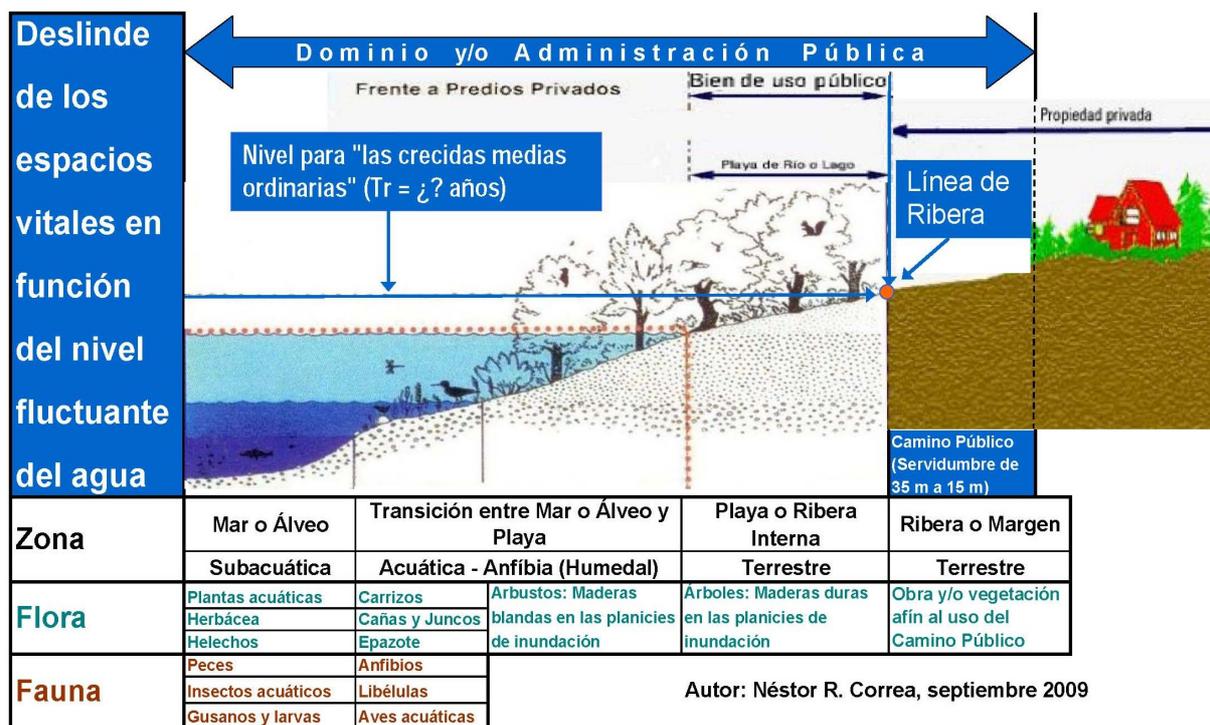
No obstante, mientras no se disponga de suficientes registros de niveles en crecidas, y fuera necesario fundamentar o definir una *recurrencia* ( $Tr$ ) para los niveles de las “*crecidas medias ordinarias*”, sugiero **fixar un valor no inferior a 12 años**. Esto en tanto la periodicidad de las *citadas crecidas*, y su  $Tr$ , devienen de fenómenos físicos, impulsados por la actividad solar e interacciones con los mayores factores climáticos que determinan la intensidad del ciclo hidrológico, y que estén presentes en el tramo fluvial bajo estudio. **Figuras 6 y 7** ilustran los conceptos y términos expuestos.

Los factores que definen la impronta local sobre los caudales y niveles de agua durante crecidas son: la cercanía o no a grandes cuerpos de agua, su temperatura superficial, la presencia y efecto del fenómeno ENOS, con ciclos plurianuales conocidos u “ordinarios” de

aprox. 3 y 5 años, y la intensidad de la actividad del ciclo solar, con ciclos plurianuales conocidos u “ordinarios” de aprox. 7 y 11 años.

### 2.3 Integración de las Líneas y Zonas de Ribera y del Camino Público

En la **Figura 7** (ver ref. [6], 2009) se resumen y visualizan los términos técnico-legales, y el deslinde de jurisdicciones entre la propiedad y dominio público y privado en las márgenes de cursos de agua según lo establece el Código Civil.



**Figura 7.-** Influencia del nivel de las crecidas sobre el Hábitat, la Biocenosis y la Línea de Ribera (ref. [6], 2009).

De las **Figuras 6 y 7** puede comprenderse que las LdR quedan determinadas en función de los niveles/cotas de agua alcanzados durante las **crecidas medias ordinarias** del curso de agua, cuyo modo de determinación y/o periodo de recurrencia ( $Tr$ ) queda para ser definido, reglamentado en normas de la respectiva Autoridad de Aguas de cada Provincia.

### 2.4 Caso de la Provincia de Chubut – Deslinde de Cauces Naturales

De acuerdo al Código de Aguas Ley N° 4148 de esta Provincia: “La autoridad de aplicación fija la línea de ribera de los cursos de agua superficiales y cuerpos lacustres del dominio público.

Se entiende por ribera la extensión de tierra o de playa situada dentro del cauce o del cuerpo lacustre limitada supletoriamente por la línea horizontal que corresponde al nivel de las mayores crecidas ordinarias en los ríos de cauce encajonado y cuerpos lacustres y al nivel extremo de las aguas alcanzado por desborde en los ríos de cauces desbordables, sean éstos de cauce único o divagante.

Para fijar la línea de ribera definitiva, en cualquier caso será necesario conocer el régimen hidrológico del curso de agua o cuerpo lacustre con un *mínimo de observaciones directas y continuas no inferior a los veinte (20) años*” (ref. [9], 1996).

## 2.5 Resumen de otros Casos

Los criterios asumidos por algunas Provincias Argentinas y el Uruguay se resumen en la **Tabla 1**. En la referencia [6] se incluyen también los criterios asumidos por otros países americanos (EEUU, Chile, Colombia y México).

**Tabla 1.-** Ejemplos de criterios adoptados por algunas Provincias y el Uruguay.

País – Provincia	Caudal máximo ordinario	Nivel máximo ordinario
Argentina – Buenos Aires	Tr = 5 años, media del Q <sub>máx</sub> de los últimos 5 años	Lr para Tr = 5 años, media aritmética de los máximos niveles anuales (últimos años). Art. 18 Ley 12.257/98, Decreto 3.511/07.
Argentina - Chaco	Tr = 2, 5, 20 y 100 años según zonificación de riesgo hídrico	Lr para Tr > 60 años, marcas suelo-vegetación o edificios
Argentina - Córdoba	franjas fijas, 10 m, 15 m y 20 m desde eje del cauce de arroyos	Lr para Tr = 25 años, nivel de la crecida media ordinaria
Argentina - Santa Fe	Máximo Q de crecida máxima anual media	Lr para Tr ≥ 5 años, Art. 5° Ley 11.730/00, Decreto 3.695/03.
U r u g u a y	Tr > 5 años (PP) Q <sub>max5</sub> = F(PP5)	Lr > 12 años media aritmética de los máximos niveles medios del período analizado

## 2.6 Casos de Cuerpos de Agua y Márgenes que sirven a la Navegación

La Constitución Nacional establece -en sus Artículos 26, 75 inc. 10, y 126- que todo lo atinente a la libre navegación de los ríos corresponde a la legislación nacional, sin ni siquiera la exigencia de que se trate de ríos interprovinciales. El régimen que regula la navegación está instrumentado mediante las Leyes Hidrográfica (Ley 19.992) y de Navegación (Ley 20.094).

Aunque pertenece a las Provincias la propiedad de las aguas, el lecho y las playas, el dominio de los ríos (o lagos navegables), le corresponde a la Nación la jurisdicción sobre la superficie de las aguas navegables, tanto legislativa como judicial, y por consecuencia administrativa. Esto no quiere decir que el poder nacional sea dueño de esas aguas; es simplemente regulador. En las riberas, la Nación tiene jurisdicción “*al único y exclusivo objeto de asegurar la libre navegación y facilitar, por lo tanto, el comercio internacional e interprovincial*”.

El régimen para los ríos aplica asimismo para los lagos navegables. Ese concepto abarca también a todos los embalses de las represas hidroeléctricas, porque el concepto de navegabilidad es sumamente amplio, incluyendo la mera flotabilidad. Se ha dicho así, en efecto, que un cauce de agua o un lago es navegable en sentido jurídico *cuando sea*



**La Ley 19.922 Hidrográfica** define las competencias asignadas al Servicio de Hidrografía Naval (SHN), y establece que procederá a realizar los estudios, trabajos, exploraciones e investigaciones que sean conducentes a promover el máximo de seguridad a la navegación y propender al progreso y defensa de la Nación.

La jurisdicción del SHN en cumplimiento de la Ley Hidrográfica, y las tareas encomendadas, quedan establecidas por el Artículo 3º: e) Los tramos de los ríos navegables que desembocan en el litoral marítimo, desde su desembocadura hasta los límites que se determinen en el reglamento de esta ley; y f) **El territorio, contiguo a las costas y riberas, necesario para el apoyo de las tareas hidrográficas y de balizamiento hasta los límites que coordinará en cada caso con el Instituto Geográfico Militar.** Los organismos que para el cumplimiento de sus propios fines específicos necesiten actuar dentro de los límites jurisdiccionales establecidos en el presente artículo, efectuarán las coordinaciones correspondientes con el SHN.

**Los límites de jurisdicción del SHN están definidos en el Artículo 8º del Decreto Reglamentario 7633/72**, por el cual se establecen los ríos de interés para la navegación, y los límites para cada caso. El SHN, en razón del Artículo 8º de la Ley Hidrográfica, podrá celebrar convenios con los gobiernos provinciales y municipales para la realización o más rápida ejecución de los trabajos que se cumplan con arreglo a dicha ley. Igualmente el SHN establecerá relaciones de coordinación o convenios con otras instituciones oficiales o privadas, nacionales o internacionales, que desarrollen actividades afines.

**La Ley 20.094 de Navegación** define en los Artículos 8º al 15º: que los puertos y cualesquiera otras obras públicas construidas o consagradas a esa finalidad, son bienes públicos destinados a la navegación y sujetos a la jurisdicción nacional; que la delimitación de los bienes públicos destinados a la navegación se hará por el Estado nacional, con intervención de la provincia respectiva, cuando correspondiere; que el uso exclusivo de los bienes públicos destinados a la navegación, o de zonas determinadas de los mismos, es otorgado por la autoridad nacional o provincial competentes, según el caso, con intervención de los organismos públicos interesados; que cuando a juicio de éstos, el uso exclusivo otorgado constituya un obstáculo o inconveniente para la libre circulación de las riberas o zonas portuarias, afecte a la navegación o al régimen hidráulico del río, lago, canal o playa, el acto administrativo debe ser confirmado por el Poder Ejecutivo nacional; que cualquier innovación en el uso público o privado de los bienes públicos destinados a la navegación, debe ser autorizada por el organismo competente; que en caso de ocupación o de uso indebidos de los bienes públicos destinados a la navegación, o cuando en esos lugares se efectúen obras no autorizadas por organismos competentes, la autoridad marítima debe intimar la desocupación de la zona afectada, hacer cesar de inmediato el uso indebido, o disponer la paralización de las obras en infracción, según corresponda; que cuando las órdenes impartidas no se cumplan, la autoridad marítima, si razones de interés para la navegación lo justifican, podrá proveer de oficio la desocupación o demolición correspondiente, con cargo a los responsables; y **que quedan comprendidas en las prescripciones precedentes la extracción de arena, piedra, juncos y cosas similares, y las innovaciones que se efectúen en las márgenes de los ríos o canales navegables, hasta una distancia de 35 metros a contar de la respectiva orilla**, distancia que puede ser reducida en zonas cuyas características así lo justifiquen.

Las autoridades nacionales competentes a tales efectos son: el *Servicio de Hidrografía Naval* (<http://www.hidro.gov.ar/organizacion/shn.asp>) y la *Dirección Nacional de Vías Navegables* ([http://www.sspvvn.gov.ar/declaratoria\\_dnv.html](http://www.sspvvn.gov.ar/declaratoria_dnv.html)).

## 2.7 Resumen de Incumbencias sobre Cauces y Zonas de Riberas

### *Deslinde de Líneas de Ribera* (Cauce Natural = DPH)

- Normativa: Código Civil, Código de Aguas, Ley de Gestión del Espacio Público, Leyes de EIA y Gestión Ambiental, Leyes Generales de Ambiente, Catastro, Hidrografía, Navegación y Parques Nacionales.
- Autoridad de Aplicación: Provincial (y/o Inter-Jurisdiccional).
- Instrumentación: Por ejemplo por Administraciones, Direcciones, Entes y/o Agencias Provinciales (y/o Inter-Jurisdiccionales) de Aguas, (y/o Ambiente) y Catastro.

### *Determinación del Ancho del Camino Público (35m a 15m), Restricciones y Servidumbres*

- Normativa: Código Civil, Código de Ordenamiento Territorial y Planeamiento Urbano, Leyes Hidrográfica y de Navegación, Leyes de Áreas Protegidas, EIA y Gestión Ambiental.
- Autoridad de Aplicación: Municipio o un Ente Municipal, Catastro, Aguas y/o Ambiente Provincial, Servicio de Hidrografía Naval, Dirección Nacional de Vías Navegables.
- Instrumentación: Por ejemplo mediante Direcciones y/o Agencias Municipales / Provincial (y/o Inter-Jurisdiccionales).

La Ley 26.209 Nacional de Catastro es complementaria del Código Civil y establece a los Catastros (provinciales) como los organismos administradores y registros públicos de los datos concernientes a *objetos territoriales legales de derecho público* (bienes públicos, BP) y privado de su jurisdicción. Los Catastros administran los datos y contribuyen a la adecuada implementación de políticas territoriales, administración del territorio, gestión de la información territorial y al desarrollo sustentable.

## 2.8 Deslinde y Demarcación de las Líneas de Ribera y del Camino Público

Las Autoridades de Aguas de las Provincias detentan la custodia, administración, fiscalización, y obligación de mensura y registro de los cauces naturales y otros cuerpos de agua (DPH entre LdR). No obstante, algunas Provincias no tienen todavía la normativa específica, y/o no colectan los datos requeridos para determinar las LdR, por lo que éstas siguen indeterminadas o presentan imprecisiones técnico-legales, lo que restringe las posibilidades para su deslinde y demarcación a los fines de la DNV.

La **Figura 9** indica como corresponde deslindar el dominio público y privado en las márgenes de cursos de agua según lo establece el Código Civil, las Leyes de Hidrografía y de Navegación y sus normas complementarias, los Códigos de Aguas (Provincia) y de OT y

Edificación (Municipio). Estas normas definen las jurisdicciones (nacional, provincial y municipal), las autoridades de aplicación para deslindar, demarcar los espacios de dominio público y privado, y la jurisdicción responsable (tutelar) para administrar y/o fiscalizar el acceso y uso de estos espacios públicos.

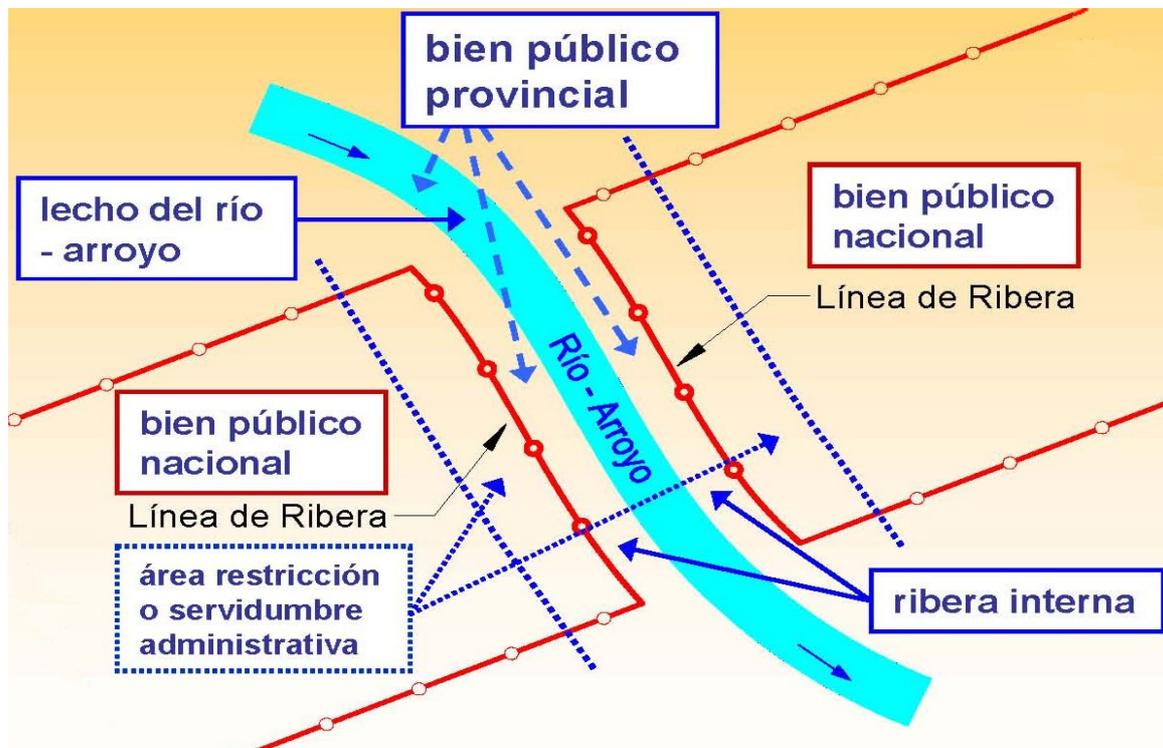


Figura 9.- Deslinde de jurisdicciones entre objetos territoriales de derecho público.

Es función las autoridades de aplicación locales, es decir de los respectivos Municipios, de Catastro y el Registro General Inmobiliario (RGI) establecer y/o instrumentar en sus registros las necesidades del camino público y/o servidumbres en zonas de ribera, fijando su ancho a partir de la LdR en 35m o menos, aunque mayor o igual a 15m. Esto último puede estar definido p.ej. en los *Códigos de Agua, de Ordenamiento Territorial y Planeamiento Urbano*, y/o en las normas y directivas de los entes municipales y provincial, que regulen y fiscalicen el uso del suelo.

## 2.9 Marco Legal y Administrativo

**Las determinaciones, los informes uso de los datos** mencionados en el punto anterior deberán efectuarse de acuerdo a la normativa y las circunstancias vigentes en cada jurisdicción. El procedimiento administrativo queda determinado de acuerdo a lo establecido en el Código Civil (arts. 1184, 2339 al 2341, 2349, 2571, 2577, 2578, 2581, 2611, 2639 al 2642, 2746, 2750, 3270 y 4015), Ley 24.320 Inmuebles Fiscales, Ley 26.209 Nacional de Catastro (arts. 1°, 3°, 5°, 7° y 18°), Ley General del Ambiente 25.675 [arts. 2° incisos d), g) y k), 3°, 4°, 5°, 11°, 12°, 20°, 29° al 33°], Ley 26.331 Protección de Bosques Nativos (arts. 5°, 9°, 13° al 20°, 22° al 27°, 40° y 41°), Ley 26.562 Control de Quema, Ley 26.639 de los Glaciares y del Ambiente Periglacial [arts. 6° inc. b), 11° al 14°], Ley 22.351 de Parques Nacionales [arts. 18° incisos a), f), j), m) y 19°] y Convenio Marco entre la DNV y la APN de fecha 24-5-06 (cláusulas 1, 7 al 9 y 11), Ley 25.688 (arts. 5° y 6°), Ley 18.398 de Prefectura Naval Argentina [art. 4° incs. a), c) y f)], Ley 19.922 de Hidrografía Naval y su

reglamentación, Ley 20.094 de Navegación (arts. 8° al 15°) y sus modificatorias, Ley 26.438 del COHIFE, Códigos/Leyes de Aguas de Provincias, Códigos Provinciales/Municipales de Ordenamiento Territorial y Planeamiento Urbano, normas provinciales de Catastro, Áreas Protegidas, EIA y Ambiente (ref. [2], 2011).

## **2.10 Practibilidad**

El *Marco Legal y Administrativo* descripto brinda el entorno administrativo del espacio público en el que se desarrollan las obras de drenaje transversal de la RVN, que permitiría poder evaluar con certeza tanto la situación técnico-legal, el riesgo hídrico y la vulnerabilidad de las obras existentes, como la sostenibilidad de las medidas correctivas y preventivas que se propongan ejecutar en las rutas y sus obras de paso. El procedimiento descripto puede resultar impracticable y/o volverse abstracto para la DNV (ref. [2], 2011), por:

- la necesidad de dar una solución expeditiva a los daños y reestablecer la conectividad de las rutas, que por lo general no permite esperar el tiempo que demandarían los estudios y el circuito de aprobación descripto; o
- el caso de alguna de las instancias jurisdiccionales que estuviese imposibilitada de definir lo solicitado con celeridad y eficacia, en razón de indeterminación o una falta de: sustento legal, reglamento para los procedimientos específicos, registros hidro-meteorológicos adecuados, recursos y/o personal especializado.

Por ello, en las *Notas* del siguiente punto 3.2 se establecen pautas para definir la ubicación técnico-legal de las subestructuras de obras de paso, dado el caso de urgencia, indeterminación y/o indefinición jurisdiccional.

## **2.11 Relevancia de los Aspectos Inter-Jurisdiccionales y Técnico-Legales**

Las líneas y zonas de ribera -que pueden evolucionar como se indicó en los puntos anteriores- definen los límites del cauce natural (DPH de jurisdicción Provincia) y de sus márgenes (jurisdicción Municipio y Nación) a partir de los que deberían ubicarse dentro de la zona de camino (jurisdicción DNV):

- los terraplenes (estribos) de las obras de paso, y/o
- las defensas y/o protecciones para mitigar las afectaciones hídricas sobre las obras de paso.

No obstante la relevancia de los conceptos de las líneas y zonas de riberas para el ordenamiento territorial, y la planificación y conservación de las subestructuras ubicadas en las márgenes fluviales, en algunos casos estas pueden encontrarse indeterminadas (p.ej. por indefiniciones de las autoridades de aplicación local) y/o determinadas aunque en situación inestable por estar sujetas a cambios significativos debido a los complejos cambios regionales en marcha (en el uso del suelo, climático, fenómeno ENOS).

Una eventual indeterminación de la LdR en el lugar, y/o impulsados por un escenario de cambios regionales en las recurrencias de los caudales máximos en las cuencas hidrográficas, implican que las líneas de ribera y zonas conexas pueden modificar su posición técnico-legal, y en consecuencia volver obsoletos los fundamentos en que se basó el diseño (hidráulico) de las subestructuras de las obras de drenaje transversal.

Por ello, a fin de evaluar las afectaciones hídricas actuales y/o potenciales sobre las subestructuras de las obras en las zonas de camino de la RVN (jurisdicción DNV), que permiten pasar sobre un tramo fluvial (jurisdicción Provincia), y sus riberas (jurisdicción Municipio y Nación) sería muy conveniente poder determinar en la zona de camino de cada obra de drenaje transversal si:

- están deslindadas y demarcadas las líneas de ribera y zonas conexas,
- existe estabilidad en las relaciones cauce natural - líneas/zonas de ribera - subestructuras de las obras, y
- los terraplenes (estribos) y estructuras de las obras de paso no sobrepasan los límites jurisdiccionales y las restricciones que imponen las líneas de ribera y sus espacios conexos.

Llegados a este punto cabe preguntarse y reflexionar:

*¿Cómo evolucionarán durante los próximos 30 años los escurrimientos, los caudales y los niveles de las crecidas medias ordinarias y extraordinarias?*

*¿Cómo afectará esta evolución a los cauces (líneas de ribera), a las obras, a las márgenes y los terrenos situados en las riberas?*

### **3. CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL DRENAJE TRANSVERSAL A LA ZONA DE CAMINO**

#### **3.1 Bases y Lineamientos Generales**

El éxito o el fracaso en lograr una implantación estable de obras en un tramo fluvial devienen de respetar los condicionantes, de comprender y acompañar la naturaleza y la evolución del curso o cuerpo de agua que se intenta controlar o cruzar. Cada caso es particular, ***el ingeniero debe entender los factores y procesos hidrológicos, hidro-geomorfológicos, hidráulicos y sedimentológicos dominantes que están presentes en cada caso.*** Si no hay información debe colectarse, inferirse o asumirse lo más aproximada a la realidad. Para ello son imprescindibles la idoneidad, el sano criterio de ingeniería fundado en las ciencias físicas y naturales, la experiencia y el ingenio del ingeniero.

Los nuevos criterios de diseño apuntan a que las obras alcancen una ***vida útil mayor a 50 años***, sin sufrir daños importantes que afecten la conectividad vial. Del ***análisis de registros y antecedentes hidrometeorológicos*** se identificará si, por cambios regionales (del uso del suelo, climático y fenómeno ENOS), existen tendencias significativas en las precipitaciones máximas, los escurrimientos o niveles de inundación del curso de agua (ver ref. [7], 2008). Se requiere identificar, ***tipificar los aspectos hidro-geomorfológicos*** y de zonificación por riesgo hídrico del tramo fluvial que cruza la zona de camino. Asimismo, si por ello es de esperar que en los próximos 50 años ocurrirá un incremento de la erosión (vertical/lateral), un acrecentamiento en los cauces y/o las márgenes, y la vulnerabilidad de las obras sobre los cauces y las riberas.

Los **estudios hidrotécnicos** deberán estimar las precipitaciones, caudales, arrastres y niveles máximos de inundación para los ***hidrogramas de futuras crecidas con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años, y su previsible evolución en los próximos 30 años***, ya sea por efectos naturales y/o los cambios regionales observados. Son condicionantes del diseño tanto el deslinde de las líneas de ribera y zonas conexas como las afectaciones que las obras imponen al tramo fluvial y sus

planicies de inundación. Asimismo gestionar ante cada autoridad competente la autorización de ocupación y/o uso de márgenes, la conformidad técnico-legal para el proyecto (ver ref. [2], 2011).

Los *Criterios de Diseño* (preliminares) que se dan a continuación formarán parte de un *Manual de Procedimientos* para elaborar *Estudios de Diseño y/o Verificación de Obras para Drenaje y/o Control de Erosión de Rutas Nacionales*. La DNV planea imponer el *Manual* durante el año 2012 para todo estudio de diseño de rutas y obras para drenaje y control de erosión.

### 3.1.1 Objetivos

1. Obtener una explotación y conservación sostenible de las obras de paso que sirven al drenaje transversal de las rutas nacionales.
2. Lograr *Diseños para Obras de Paso* (vados, alcantarillas, puentes, viaductos, cobertizos y/o túneles):
  - con bajo riesgo hídrico, poco erosivas y autolimpiantes,
  - adaptadas a los cambios que afectan las cuencas hidrográficas,
  - con dimensiones y materiales que aseguren una vida útil  $\geq 50$  años,
  - de nulo o bajo costo de mantenimiento y conservación.

### 3.1.2 Riesgo Hídrico

Tabla 2.- Probabilidad de fallos en función del periodo de explotación previsto.

**RIESGO  
HÍDRICO**

Intervalo de repetición de inundaciones (años) en relación con el periodo de explotación previsto y la probabilidad de fallo\* (Megahan, 1977)

Periodo de explotación previsto (años)	Probabilidad de fallos (%)						
	10	20	30	40	50	60	70
	----- intervalo de repetición (años) -----						
5	48	23	15	10	8	6	5
10	95	45	29	20	15	11	9
15	100+	68	43	30	22	17	13
20	100+	90	57	40	29	22	17
25	200+	100+	71	49	37	28	21
30	200+	100+	85	59	44	33	25
40	300+	100+	100+	79	58	44	34
50	400+	200+	100+	98	73	55	42

\* Basado en la fórmula  $P = 1 - (1 - 1/T)^n$ , en la cual n = periodo de explotación previsto (años), T = intervalo de repetición de avenida máxima (años), P = probabilidad de fallo (%).

**EJEMPLO.** Si la alcantarilla de un camino debe durar 25 años con un 40% de probabilidad de fallo durante su vida útil, ésta debe diseñarse para una avenida máxima con un intervalo de repetición de 49 años.

Los conceptos de la **Tabla 2** más los *critérios de diseño* que se enuncian en el próximo punto indican que *la DNV admite un Riesgo Hídrico (RH) ≤ al 40%* (riesgo de fallo por afectaciones hídricas) de que las rutas nacionales y sus obras de paso -durante una *vida útil ≥ 50 años*- puedan ser sobrepasadas por los escurrimientos durante crecidas excepcionales con una recurrencia  $T_r > 100$  años.

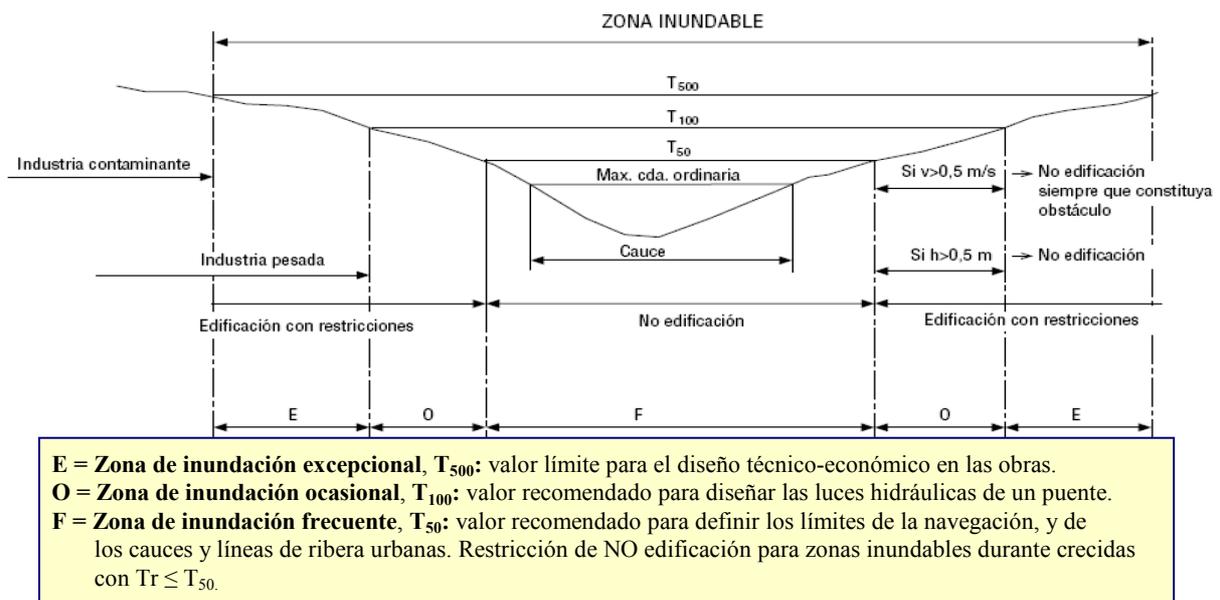
No obstante, el RH admisible será  $≤ 10\%$  para una cantidad reducida de obras de paso (alcantarillas, puentes, viaductos, cobertizos y/o túneles) de naturaleza transitoria y/o estratégica. Para obras:

- *transitorias*, la vida útil mínima a proyectar será  $≥ 2$  años, por ello la crecida de diseño tendrá una recurrencia  $T_r ≥ 20$  años;
- *estratégicas*, deberán emplearse dimensiones, materiales y protecciones para soportar crecidas de diseño históricas, con una recurrencia  $T_r ≥ 500$  años.

### 3.2 Criterios Técnicos y Legales

Las *Metas* para el diseño de las obras y/o para verificar las infraestructuras existentes son que:

- a) se encuentren sobre un tramo fluvial con estabilidad hidromorfológica, lechos y márgenes bien definidos, o al menos con una evolución acotada y manejable, que permita lograr un mantenimiento y conservación sostenibles;



**Figura 10.-** Zonificación por Riesgo Hídrico en la Unión Europea (E, O y F), y restricción de NO edificación para zonas inundables durante crecidas con  $T_r ≤ T_{50}$ .

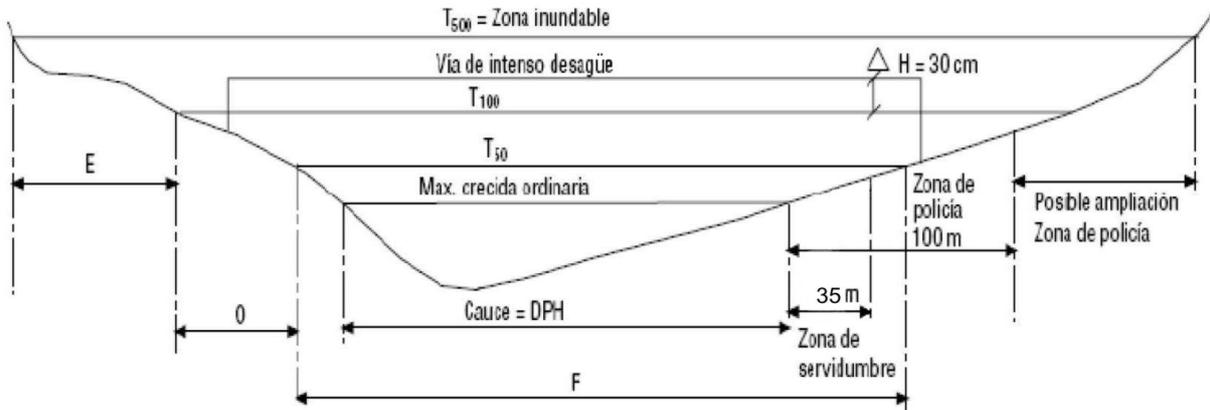
- b) se encuentren en *conformidad técnico-administrativa y legal* (Código Civil, Ley de Navegación), y hayan obtenido las autorizaciones previstas por el:

- Código/Leyes de Aguas y EIA Provincial, Código de Edificación y Ordenamiento Territorial Municipal, y
- MEGA II (DNV, ref. [11], 2007);

- c) no afecten los escurrimientos y/o sufran el impacto de arrastres de los cauces aluviales y/o tramos fluviales colindantes durante las *futuras crecidas\*\** con  $T_r = 25$  años; no

constituyan un obstáculo para la navegación hasta los niveles de las *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 50$  años;

- d) constituyan sólo un obstáculo menor y no sea sobrepasada por los niveles, caudales y arrastres durante las *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 100$  años, sin sufrir daños de importancia por el impacto de arrastres, erosión, socavación y/o afectar la conectividad vial;



E = Zona de inundación excepcional

O = Zona de inundación ocasional

F = Zona de inundación frecuente

Figura 11.- Diferenciación de zonas (F, O y E) por servicios y por riesgo hídrico de las áreas inundables para crecidas con  $Tr = 50, 100$  y  $500$  años.

- e) en las planicies de inundación -durante *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 100$  años-:

- no incrementen los niveles aguas arriba de las obras en más de 30cm ( $\Delta H \leq 0,30m$ ), y
- no constituyan una barrera infranqueable para la movilidad de la fauna autóctona inundada;

- f) constituyan un obstáculo menor al pasaje y/o no acumulen arrastres sólidos (hielo, árboles, troncos, desechos, piedras, etc.) durante *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 100$  años:

- para *Puentes* dejar un espacio libre vertical mínimo (revancha hidráulica, altura libre o bordo libre) =  $1,00m$  más  $0,02$  veces la distancia horizontal entre pilares, y
- un espacio libre horizontal mínimo entre pilas (o estribos) =  $85\%$  de la altura prevista de los árboles en la cuenca hidrográfica,
- para *Alcantarillas* funcionamiento a pelo libre, hasta el  $80\%$  de la sección llena, y construir estructuras mecánicas y/o rejillas que contengan o desvíen los detritos que pudiesen bloquear la entrada de las mismas, y
- usar *Vados* superficiales transitables sobre cauces aluviales, donde éstos -por las pendientes reducidas ( $\leq 1,5\%$ ), riesgos de acrecer y/o embanques- resulten más funcionales que las obras antes mencionadas.

- g) tengan asegurada una vida útil  $\geq 50$  años en razón de:

- sus dimensiones y un diseño poco erosivo y autolimpiante,
- los materiales utilizados,
- las obras complementarias, y

- las medidas de protección empleadas.

#### Notas:

- **Hidrogramas de crecidas\***: Se admite usar el Método Racional para calcular los caudales máximos de crecidas en cuencas hidrográficas con áreas de hasta 250Ha. Para cuencas hidrográficas con áreas > 250Ha se requieren otros métodos.
- **Futuras crecidas\*\***: Si se constatan tendencias significativas en los extremos estadísticos de las precipitaciones, los escurrimientos y/o los caudales históricos, se incrementarán los *hidrogramas de crecidas\** en proporción a las tendencias detectadas en los registros históricos, **proyectadas a 30 años**.
- **Casos con indeterminación y/o indefinición jurisdiccional**: Si por cualquier causa local resultasen indeterminadas las líneas de ribera y conexas (legalmente, o por no existir suficientes registros de niveles durante crecidas) se recomienda establecer la posición de las LdR -al fin de estos estudios- por los niveles durante las **futuras crecidas\*\*** calculadas con un  $Tr \geq 12$  años (ver fundamentos en el punto 2.2). Las estadísticas de las crecidas se determinarán a partir de los registros hidrometeorológicos disponibles más recientes, con un mínimo de 25 años de datos, y se considerarán los efectos, y tendencias en el régimen de escurrimientos y niveles máximos de los **hidrogramas de crecidas\***, por cambios regionales sobre las mismas, fijándose el valor según la tendencia observada para el régimen fluvial:
  - $Tr \geq 12$  años si el fenómeno es estacionario, para tramos fluviales en cuencas hidrográficas sin afectaciones, cambios y/o tendencias significativas; y
  - $Tr \geq 25$  años si el fenómeno es no estacionario, para tramos fluviales en cuencas hidrográficas con afectaciones y/o tendencias positivas constatadas (estadísticamente significativas).

### 3.3 Criterios Económicos y Ambientales

Dado el caso de una obra a proyectar -estratégica y/o de alto impacto-, la DNV deberá asimismo analizar, evaluar, ponderar y comparar la totalidad de los beneficios y perjuicios/costos e impactos ambientales (MEGA II, ref. [11]) **en un lapso mínimo de 50 años o durante el ciclo de vida (proyecto, construcción, operación o explotación, rehabilitación y desconstrucción) de la obra nueva vs. el estado sin innovar**, considerando los siguientes aspectos:

- h)** Los beneficios / costos del proyecto, de la construcción y explotación de las obras, y la sustentabilidad durante las etapas de explotación, mantenimiento y conservación;
- i)** La frecuencia de las interrupciones de tránsito y sus consecuencias; y
- j)** Los riesgos para la vida humana.

La valoración de los impactos y/o daños que por las nuevas obras pudieran acontecer a:

- k)** las aguas, el cauce natural y sus riberas,
- l)** las propiedades adyacentes y las planicies de inundación,
- m)** la infraestructura existente y la obra nueva, y

n) la flora y la fauna autóctona.

Los *Estudios de Impacto Ambiental* deberán contener una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos (art. 13° Ley 25.675), y asimismo abarcarán los contenidos y requisitos mínimos establecidos por Ley particular y/o normativa de la autoridad de aplicación nacional, provincial y/o municipal.

La Declaración de Impacto Ambiental sin Dictamen Técnico y Audiencia pública previa será nula.

#### **4. ESTUDIOS Y DISEÑOS HIDROTÉCNICOS Y PARA EL CONTROL DE EROSIÓN**

##### **4.1 Precauciones al definir el Emplazamiento y la Sección**

*Cruces de los cursos de agua.* Las obras de paso deben proyectarse en tramos fluviales semi-rectos con aprox. 100m de longitud hacia agua arriba y aguas abajo del emplazamiento, evitando los meandros y cauces trenzados. Los cruces deben hacerse en alineamiento a 90° con la dirección del flujo en el momento de una avenida; y la luz del puente debe ser tal, que afecte lo menos posible la sección del cauce natural.

*Terraplenes de acceso.* Los puentes junto a asentamientos humanos son trampas mortales si no se es generoso en las luces del puente y secciones hidráulicas sobre el cauce. Deben evitarse los terraplenes altos junto a las obras que pueden actuar como represas, si ocurre inundación, y producir catástrofes por la limitación de la sección disponible para el paso de la corriente. Caso contrario deben incluirse aperturas paso fauna, que en ocasión de crecidas, puedan funcionar como obras de alivio.

*Análisis hidrometeorológico e hidrológico.* Es uno de los trabajos previos más importantes para el diseño de obras para el drenaje y control de erosión, independientemente de su tamaño o de su costo. Ese análisis es importante para determinar las precipitaciones y los caudales máximos, y las velocidades máximas de la corriente; las cuales son indispensables para determinar las secciones hidráulicas y las fuerzas de erosión, debidas al flujo de agua. Si no se conocen con precisión y confiabilidad, las intensidades máximas de precipitación y escorrentía, y los caudales máximos de las corrientes, no es posible diseñar adecuadamente las obras para drenaje y el control de la erosión.

*Sección hidráulica.* Cuando se diseñan las secciones para drenaje de la escorrentía y obras para el control de erosión se recomienda ser prudentemente generoso en la suposición de lluvias, caudales, velocidades, y no correr el riesgo de perder las obras al diseñar para caudales y/o fuerzas de erosión menores que las reales.

*Sedimentos y erosión.* Es una práctica peligrosa de ingeniería diseñar las obras de paso presuponiendo que pasará solamente el “agua pura”, mientras que en un caso particular el flujo de las crecidas estará constituido por una mezcla agua-sedimentos, con diferentes propiedades físicas. Las secciones deben diseñarse teniendo en cuenta la fracción de los sedimentos, que pueden constituir un porcentaje importante del caudal (hasta el 40%), y que la concentración de sedimentos aumenta considerablemente la rugosidad del canal y el desplazamiento de las rocas y otros elementos de protección para las obras y las márgenes.

## 4.2. ¿Que Aspectos hay que considerar?

En los *Estudios Hidrotécnicos* para obras sobre cursos de agua que atraviesan las zonas de camino de las rutas nacionales *se deberá visitar el sitio de las obras propuestas y su entorno*, recopilar, elaborar y/o determinar:

- 1) **Los Antecedentes hidrológicos:** los rasgos climáticos, la geomorfología, flora y fauna, la cartografía y los antecedentes hidrotécnicos; un plano de las cuencas hidrográficas con ubicación en planta de las rutas, de las estructuras a proyectar, de las parcelas y/o infraestructuras relevantes, de otras obras ubicadas en hasta 5Km aguas arriba y 2Km debajo de las obras de paso, y de otras obras de relevancia ubicadas en las cuencas hidrográficas aledañas; planos topográficos, geológicos, edafológicos, climáticos y ambientales de las cuencas hidrográficas; un plano zonal que muestre la ubicación, planialtimetría y parámetros geométricos de las cuencas y subcuencas y sus cauces principales, la ubicación de las estaciones hidrometeorológicas y radares meteorológicos con registros; descripción y el análisis hidrometeorológico de los registros históricos y actuales, de pluviógrafos, de las isoyetas, los histogramas, las curvas I-D-F; los registros de hidrogramas, caudales, aforos, mediciones de velocidad y tirante, niveles y/o fotos de crecidas extremas que se utilizarán para calibrar los modelos hidrotécnicos;
- 2) **Los Datos hidrogeomorfológicos:** La colecta de datos y el análisis fluvio-morfológico del cuerpo de agua que transcurre en la zona de camino, la tipificación del cauce natural, sus márgenes y riberas, identificar si existen meandros, o fenómenos de avulsión y/o rectificación de meandros, la tipificación sedimentológica de la escorrentía y los arrastres del curso de agua; la cuantificación de los arrastres sólidos, el tamaño de las piedras arrastradas, la granulometría, gravedad específica y velocidad de caída de los sedimentos transportados en suspensión, saltación y el lecho móvil, el contenido de sales en el agua y/o suelo potencialmente agresivas (para las obras);
- 3) **El Diagnóstico sobre la evolución** hidrogeomorfológica: evaluar y proyectar la evolución del tramo fluvial a 50 años: ¿el lecho y márgenes son estable?, ¿el tramo fluvial tiende a socavar/acrecer, o a migrar lateralmente?, ¿cuantos cm x año?; determinar y/o justificar para las futuras crecidas de diseño: ¿que dimensiones máximas y fracciones tendrán los detritos y sedimentos que escurren por flotación, suspensión, saltación y/o arrastre en los álveos?, ¿que fracciones, densidades y viscosidades tendrán las mezclas agua-sedimentos?;
- 4) **Las Líneas de ribera y zonas conexas** que condicionan las obras (C. Civil, C. Aguas, Ley de Parques Nacionales 22.357, Ley 26.331 Protección de Bosques Nativos, Ley 26.562 Control de Quema, Ley 26.639 de Glaciares y Ambiente Periglacial), y cumplimentar los procedimientos administrativos para deslindar, mensurar y demarcar las líneas de ribera;
- 5) **Las Restricciones, limitaciones al dominio**, prohibiciones, obligaciones y/o servidumbres administrativas continuas sobre parcelas linderas a las líneas de ribera (C. Civil, C. Aguas, Leyes Hidrográfica 19.922 y de Navegación 20.094, Código de Edificación y OT Municipal, Ley de Áreas Protegidas), a fin de diseñar subestructuras que ocupen las riberas sin conflictos con otras jurisdicciones, en congruencia con un ordenamiento territorial, adaptado a los futuros cambios regionales en las cuencas hidrográficas;

- 6) *Los Hidrogramas de crecidas\** (niveles, caudales y velocidades medias), arrastres y los espacios inundables durante *futuras crecidas\*\** con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años, y si la obra estuviera localizada en estuarios el incremento a considerar sobre los niveles anteriores, por la dinámica de las mareas y/o los vientos;
- 7) *Los Diseños y/o las verificaciones* para que las obras y sus protecciones satisfagan los criterios **b), c), d), e), f)** y **g)**, antes enunciados en los puntos 3.1 y 3.2; y
- 8) *Las Evaluaciones de los impactos y efectos económicos y ambientales* que las obras y protecciones proyectadas tendrán de acuerdo a los aspectos **h), i), j), k), l)** y **m)**, antes enunciados en el punto 3.3.

### 4.3 ¿Cómo es la Secuencia de Determinaciones y de Cálculos Hidrotécnicos?

A continuación se describe el proceso para lograr *diseños de obras* que cumplan con los criterios establecidos, funcionen en modo *autolimpiante y poco erosivo*, con dimensiones y/o materiales que aseguren la vida útil proyectada y un costo de conservación y mantenimiento sostenible (bajo o nulo), que soporten los impactos que devienen en situaciones de crecidas -ordinarias y/o extraordinarias- de los ríos, arroyos, cauces aluviales, canales, drenes y/o desagües rurales, lagos, embalses, de las lagunas y otros cuerpos de agua, líquidos y/o sólidos -naturales y/o artificiales-.

Una vez determinados los puntos 4.2.1) al 4.2.5), y obtenidos los antecedentes técnico-legales (líneas de ribera y espacios conexos, **Figuras 6 al 9**), los datos geológicos, geotécnicos, sedimentológicos, deberá procederse a determinar -por métodos y herramientas hidrotécnicas apropiadas- los hidrogramas y arrastres durante *futuras crecidas\*\** con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años. Para ello se recomienda elaborar el punto 4.2.6) como sigue:

1° *Evolución fluviomorfológica.* Evaluar, tipificar y verificar la estabilidad fluvio-morfológica del cauce y sus márgenes (**Figuras 3 al 5**), es decir determinar si en los próximos 50 años -sin presencia de las obras- los niveles del cauce natural y las riberas del curso de agua sufrirán un descenso, un acrecentamiento o permanecerán en equilibrio. La **Figura 4** indica esquemáticamente el hecho que, por causas naturales o inducidas por cambios regionales, las líneas de ribera y zonas conexas pueden evolucionar, modificando su posición técnico-legal.

En caso de detectarse un decrecer o acrecer de los álveos se proyectarán los efectos a 50 años, y tendrá en cuenta este resultado para adicionar el valor resultante al momento de definir: las cotas de fundación de las subestructuras y/o la cota inferior de vigas de la superestructura.

2° *Modelos hidrológicos admisibles.* Proponer y justificar la dimensionalidad, aptitud del modelo hidrológico (computacional) que se empleará para determinar los hidrogramas de las *futuras crecidas\*\** de diseño para el caso bajo estudio; nombrar y describir el modelo hidrológico que se empleará, demostrar que los parámetros físicos del caso (hietogramas de diseño, precipitación efectiva, fenómenos de infiltración, laminación y traslación, etc.) se encuentran dentro de los conceptos, parámetros y/o precisión que admite el modelo hidrológico que se propone aplicar; en base a registros de precipitaciones, aforos y/o a mediciones de campo efectuadas a tal efecto, calibrar/validar los parámetros del modelo para simular y reproducir caudales y/o niveles observados en el tramo fluvial del emplazamiento;

- 3° **Modelos hidráulicos admisibles.** Proponer y justificar la dimensionalidad, aptitud del modelo hidráulico (computacional) que se empleará para los cálculos del caso bajo estudio; nombrar y describir el modelo hidráulico y/o hidrodinámico que se empleara, demostrar que los parámetros físicos del caso (fluviomorfología, pendientes, rugosidades, n° de Froude, régimen hidráulico, hidrodinámica, etc.) se encuentran dentro de los rangos de validez de los parámetros y/o precisión que admite el modelo hidráulico que se propone aplicar; en base a registros de aforo y/o a mediciones de campo efectuadas a tal efecto, calibrar/validar los parámetros del modelo para simular y reproducir niveles y velocidades observados en el tramo fluvial del emplazamiento;
- 4° Transformar los *hidrogramas de crecidas\** en niveles y velocidades de crecidas - mediante los métodos y herramientas hidráulicas justificados en el punto anterior-, a fin de identificar las áreas de la zona de camino inundables con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años; y
- 5° Determinar -si la obra estuviera localizada en estuarios- el efecto sobre los caudales (y velocidades) y el incremento niveles del punto anterior por influencia de la dinámica de las mareas y/o los vientos con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años; luego
- 6° Relevar y/o verificar si hay restricciones, limitaciones al dominio, prohibiciones, obligaciones y/o servidumbres administrativas contiguas sobre las parcelas linderas a las líneas de ribera (**Figuras 6 al 8**); y luego
- 7° Deslindar las zonas y líneas de ribera y conexas, determinar las demandas de espacio en caso del transporte multimodal (fluvial y/o ferroviario).

Con apego a los criterios de diseño de los puntos 3.1 y 3.2, y los temas de hidrología e hidráulica fluvial mencionados en los puntos 4.1 y 4.2, se describen a continuación los datos a usar, cálculos a realizar, y en que orden (proceso iterativo), a fin de elaborar los puntos 4.2.7) y 4.2.8) como sigue:

- 8° El caudal máximo del hidrograma de *futuras crecidas\*\** con  $Tr = 100$  años ( $Q_{m\acute{a}x100}$ ) se requiere primero a fin del diseño preliminar de las secciones hidráulicas mojadas a colocar ( $A = Q / V_{media}$ ), a fin de que durante las *futuras crecidas\*\** la ruta y sus obras de paso constituyan sólo un obstáculo menor (en planicies  $\Delta H \leq 0,30m$ ), luego para verificar hidráulicamente la velocidad crítica ( $V_c$ ), cual sería el tipo de control de la alcantarilla (entrada/aguas arriba o salida/aguas arriba), y constatar que las obras no serán sobrepasadas por los **niveles, caudales y arrastres que se establecerán durante futuras crecidas\*\*** con  $Tr = 100$  años.
- 9° Definir a partir de los niveles correspondientes al  $Q_{m\acute{a}x100}$  en: a) alcantarillas las estructuras y/o rejas para contener los tipos de detritos que pudiesen obstruir las mismas, o b) puentes la revancha hidráulica (altura libre o bordo libre) entre el punto más bajo de la superestructura y el nivel de dicha crecida, y el espacio libre horizontal mínimo entre pilas (o estribos).
- 10° Usar asimismo el hidrograma de *futuras crecidas\*\** con  $Tr = 100$  años para **verificar que los mayores arrastres** que llegarán a la obra de paso durante las crecidas extraordinarias se verán movilizados por mayores  $V$ -medias en las secciones mojadas de la embocadura, del conducto circular o la sección entre pilas/estribos, de la salida, y en los cauces aluviales situados aguas arriba y abajo de las obras, obteniendo asimismo el efecto autolimpiante y poco erosivo ( $V_{media} < 3,0m/seg.$ ) deseado durante dichas crecidas extraordinarias, que son menos frecuentes.

- 11° Verificar que para el hidrograma de *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 50$  años ( $Q_{\text{máx}50}$ ) y las secciones hidráulicas preseleccionadas, la ruta y sus obras de paso **no constituyan un obstáculo para los escurrimientos** en el cauce natural y/o **la libre navegación** aguas arriba y aguas abajo de las obras, **ni se afecten los niveles** (en planicies  $\Delta H \leq 0,10\text{m}$ ) o **arrastres**.
- 12° Verificar hidráulicamente que para el hidrograma de *futuras crecidas*\*\* con  $Tr = 25$  años ( $Q_{\text{máx}25}$ ) la velocidad media en la sección hidráulica resulte suficiente ( $V_{\text{media}} \geq 0,9\text{m/seg.}$ ), a fin de movilizar los sedimentos y arrastres que llegan desde el lecho móvil del cauce natural. De este modo se asegura que las secciones mojadas de la embocadura, y del conducto circular o del espacio entre pilas puedan funcionar como autolimpiantes de los arrastres que llegarán a la embocadura durante estas crecidas, que son más frecuentes.
- 13° Finalmente, utilizar un hidrograma igual a 1,3 veces el hidrograma de la *futura crecida*\*\* con  $Tr = 100$  años, como crecidas de diseño para los estudios de sobrepaso y/o a fin de estimar la erosión generalizada y localizada, y verificar la máxima capacidad erosiva de la corriente (que es función de la concentración, densidad, viscosidad de la mezcla agua-sedimentos,  $H_w$ ,  $V_{\text{media}}$  y  $D_{50}$ ) sobre: a) el cauce natural y sus márgenes o riberas, b) las obras de encauzamiento, c) los taludes del terraplén contiguos a la entrada y la salida, y d) las fundaciones de los estribos, las pilas y sus pilotes, para luego e) seleccionar los tipos de materiales de protección a colocar (con una vida útil  $\geq 50$  años), y f) determinar sus dimensiones mínimas de los bloques, para proteger de erosiones las obras de defensa en las márgenes del cauce, los taludes en la embocadura y en la salida, los taludes de los terraplenes de la ruta y las riberas (ver p.ej. refs. [1] y [12]).
- 14° De ser necesario, iterar a partir del paso 8° cambiando los diámetros, secciones parciales y total, embocadura, materiales y/o pendientes del fondo, hasta lograr el funcionamiento deseado, poco erosivo y autolimpiante.
- 15° De ser necesario, evaluar los efectos e impactos del diseño respecto a los aspectos económicos y ambientales, que se indican en el punto 3.3; en caso de obtenerse impactos inadmisibles modificar el diseño a partir del paso 8°, y hasta lograr obras con menores impactos, admisibles.

## 5. CORRECCIÓN Y/O ADAPTACIÓN DE RUTAS Y OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

### 5.1 Necesidad de Estudios Hidrotécnicos para el Drenaje Transversal

Para una nueva obra, o cuando ocurren afectaciones hídricas a las rutas y/o sus drenajes transversales, se deberá elaborar un estudio de la cuenca hidrográfica, sus cauces y crecidas, a fin de determinar y/o delimitar:

- 1) La ubicación y cotas de los álveos, las LdR y el ancho de los caminos públicos contiguos;
- 2) Los Q-máximos y los niveles de las aguas (zonas de inundación) para *hidrogramas de crecidas*\* con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años;
- 3) La evolución/tendencia en los próximos 30 años para la precipitación y los caudales extremos en la cuenca hidrográfica, por efecto de los cambios regionales y/o climáticos;
- 4) La previsible evolución en los próximos 30 años del tramo fluvial y de los escurrimientos (p.ej. estabilidad, acrecer o socavación del cauce y/o márgenes) por causas hidro-

geomorfológicas (ver punto 1.1); y

- 5) Los factores de adaptación por los cambios regionales y/o climáticos a aplicar (ver punto 1.2 y ref. [6], 2009), a fin de aumentar los valores establecidos en n° 2) anterior.

## **5.2 Verificación del Riesgo o Vulnerabilidad de las Obras de Paso**

De los criterios indicados deviene que la cuantificación del riesgo hídrico para las obras de drenaje transversal debe hacerse con un conocimiento mínimo de las condiciones locales en la zona de camino, respecto a:

- 1) las características geométricas, físicas y evolutivas del cauce natural (llanura de inundación) en el tramo fluvial donde se encuentra la infraestructura,
- 2) actividades antrópicas autorizadas o irregulares (no autorizadas) en las riberas y/o tramo fluvial adyacente al emplazamiento de las obras: p. ej. asentamientos poblacionales, urbanización, infraestructuras y/o rellenos en las riberas internas, y/o dragado, extracción de áridos o depósito de detritos en el cauce;
- 3) el régimen del flujo,
- 4) la particular ubicación de los terraplenes (estribos) de las obras en relación a las líneas de ribera y zonas conexas,
- 5) si en caso de crecidas las subestructuras constituyen un obstáculo para los escurrimientos de *hidrogramas de crecidas\** con  $Tr = 12, 25, 50$  y  $100$  años, y
- 6) observaciones sobre si existe estabilidad en la relación cauce natural - líneas de ribera - subestructura de las obras.

## **5.3 Condicionantes para las Acciones de los Distritos de la DNV**

La experiencia en el mantenimiento de secciones de la RVN, que sufren serias afectaciones y daños por lluvias y crecidas en época estival, nos indica que:

- 1) El ritmo de los acontecimientos está impuesto por los procesos de cambios regionales, y éstos no brindan mucho tiempo para emprender acciones de mitigación y/o adaptación.
- 2) En algunas secciones de la RVN (zonas en pie de monte del NOA y Cuyo) hay problemas por afectaciones hídricas sobre las rutas y sus obras de paso, que no se pueden resolver sólo con un cambio de diseño sobre la misma traza.
- 3) Están definidos el “deber ser” y acotadas las afectaciones a las subestructuras por los cambios regionales (hidro-geomorfológico, en el uso del suelo, ENOS y climático).
- 4) Las medidas correctivas y de mitigación comprenden aspectos técnico-legales y espacios jurisdiccionales fuera de la zona de camino, y requieren de la activa colaboración de las Autoridades Provinciales.
- 5) Los nuevos diseños deberían satisfacer las normativas provinciales respecto a las líneas/zonas de ribera y el camino público, y ser aprobados y/o asistidos por otras Autoridades de Aplicación en la Nación, las Provincias y/o Municipios.

*Por ello, detectar a tiempo los defectos en la ubicación de las subestructuras para drenaje transversal a través del relevamiento, deslinde y demarcación de las LdR y zonas conexas,*

*permitirá establecer la conformidad, detectar el riesgo hídrico y/o vulnerabilidad de cada obra, emprender una rápida corrección y/o adaptación, un mantenimiento eficaz, y obtener ahorros y beneficios importantes.***6. PERSONAL PARA ESTUDIOS HIDROTÉCNICOS Y DE CONTROL DE EROSIÓN**

Por la amplitud de criterios y condicionantes, la variedad de métodos y herramientas especializadas a aplicar, la DNV requerirá que los *Estudios Hidrotécnicos y de Control de Erosión* descriptos sean elaborados, firmados y revisados por Ingenieros idóneos (con título habilitante, conocimientos teóricos sólidos y experiencia de campo) en *Hidrología, Hidráulica Aplicada y Fluvial y Control de Erosión*, que cumplan con los siguientes requisitos mínimos:

- capacitación/especialización formal obtenida por estudios de grado y/o postgrado en ingeniería al nivel mínimo de maestría (o equivalente, con duración mínima de un año), certificados y aprobados en una Universidad de reconocida trayectoria, con tesis elaborada en las áreas de hidrología, hidráulica aplicada y fluvial, y control de erosión; y
- experiencia certificada no inferior a cuatro años asistiendo en la colecta y procesamiento de datos de campo y/o en laboratorio, la medición el procesamiento y validación de datos hidrometeorológicos y/o aforos relacionados con el uso de modelos hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos aplicados, en cuencas hidrográficas de nuestro país, para estudios de ingeniería de obras hidráulicas y/o control de erosión.

Este requisito se acreditará mediante C.V. firmado (y adjuntado como Anexo) y rubrica de los informes de los Estudios Hidrotécnicos y/o Control de Erosión con firma(s) y sello(s) conteniendo nombre, apellido, y n° de matrícula de (los) profesional(es) actuante(s), y del director del proyecto.

## **EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Los estudios y determinaciones mencionados satisfacen las necesidades prácticas para verificar, bajo un criterio unificado tanto la conformidad legal como vulnerabilidad de las subestructuras -a diseñar o existentes- en los cauces y riberas, y/o para implementar medidas de corrección, mitigación y/o prevención de las afectaciones hídricas a las rutas nacionales.

Los diversos estudios que se describen permiten determinar y/o verificar la ubicación y previsible evolución de las LdR (jurisdicción Provincia), los antecedentes o previsiones municipales para materializar caminos o sendas públicas en las márgenes de los cauces naturales (jurisdicción Municipio), y las previsiones de espacio o condicionantes impuestos para las Vías Navegables y/o los Parques Nacionales (jurisdicción Nación) sobre el terreno de las zonas de camino de la RVN (jurisdicción DNV/Nación).

Las normas que administran los cauces naturales (LdR) presentan en algunas Provincias imprecisiones técnico-legales, lo que restringe su demarcación. Más, para el caso de la navegación de cauces naturales o de canales artificiales, el lecho, las playas, la extracción o depósito del aluvión, las riberas y la superficie del agua están bajo la regulación y/o administración concurrente de otras autoridades de aplicación (Nación y/o Municipio).

## **CONCLUSIONES**

Las mayores dificultades y desafíos para el diseño, y durante la explotación y conservación de las obras sobre los cauces y riberas, son detectar a tiempo las amenazas, la prevención y/o mitigación de los daños por afectaciones hídricas / ambientales, la correcta gestión y validación de los proyectos en los circuitos administrativos de los ámbitos nacional, provincial y/o municipal. Para finalizar cabe destacar que:

- En algunas Provincias/Municipios faltan instrumentar algunos aspectos técnico-legales, conocimientos y/o datos para determinar la ubicación y/o evolución de las LdR, y el ancho del camino público en las zonas de ribera; y que
- Esta situación dificulta la sistematización, instrumentación y una rápida implementación del método y las tareas descriptas.

Por todo lo expuesto, la DNV planea imponer -durante el año 2012- que los estudios sean elaborados y revisados por ingenieros idóneos, con las experiencias y siguiendo los criterios y procedimientos preliminares antes descriptos; son bienvenidos comentarios, observaciones y/o sugerencias para perfeccionar los criterios y métodos presentados.

***Agradecimientos.** Este informe fue elaborado en el contexto del Proyecto de Evaluación y Desarrollo del 9° Distrito DNV San Juan, que se inició en agosto 2009. El autor agradece tanto a los Ing. Nelson G. Periotti - Administrador General de la DNV- y al Ing. Rubén D. Lomas -Jefe del 9° Distrito DNV- como a los equipos gerenciales y técnicos que acompañan su gestión, por la guía, los comentarios y apoyos brindados para poder lograr los objetivos del proyecto citado. Asimismo por el acceso a datos sobre casos problemáticos y/o exitosos en la RVN, los comentarios y cuestionamientos recibidos de numerosos colegas al exponer y/o discutir preliminarmente estos temas durante Jornadas, Simposios y Congresos Nacionales, y durante Reuniones Técnicas en el 11° Distrito DNV Catamarca, el 6° Distrito DNV Jujuy y la sede de la DNV en la Ciudad de Buenos Aires.*

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

APN:	Administración de Parques Nacionales
DNV:	Dirección Nacional de Vialidad de Argentina
DPH:	Dominio Público Hidráulico
D <sub>50</sub> :	Apertura del tamiz que deja pasar el 50% del suelo ensayado
EIA:	Evaluación del Impacto Ambiental
ENOS:	El Niño – Oscilación del Sur
Hw:	El tirante de agua limpia medido en ensayos de laboratorio
LdR:	Líneas de Ribera
Lr:	Cota o nivel del agua alcanzado con una recurrencia de r años
NOA:	Noroeste Argentino
OT:	Ordenamiento Territorial
PNA:	Prefectura Naval Argentina
Q <sub>máx</sub> :	Caudal máximo de crecidas para una recurrencia determinado
RGI:	Registro General Inmobiliario
RH:	Riesgo Hídrico
RVN:	Red Vial Nacional

Tr: Tiempo r (en años) para la recurrencia de un evento hídrico  
Vc: Velocidad crítica de un flujo de agua limpia (en ensayos de laboratorio) que superada produce erosión y transporte de las partículas con granulometrías  $\leq$  al D<sub>50</sub>

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Suárez Díaz, Jaime** (2001). “Control de Erosión en Zonas Tropicales”. *División Editorial de la Universidad Industrial de San Andrés*, Bucaramanga, Colombia, nov. 2001. ISBN 958-33-2734-4.
- [2] **Correa, Néstor R.** (2011). “Congruencia entre las Líneas de Ribera, el Riesgo Hídrico y las Obras de las Rutas Nacionales”, *3º Jornadas Nacionales de Línea de Ribera y Riesgo Hídrico*, mayo 2011, 20 p., Ciudad de Resistencia, Chaco, Argentina.
- [3] **Dirección Nacional de Vialidad** (2010). “Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial - DNV”, actualización abril 2010, *DNV*, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.
- [4] **Rosgen, D.L.** (1994). “A classification of natural rivers”. *Catena*, 22(3): pp. 169-199.
- [5] **Rosgen, D.L.** (1996). “Applied River Morphology”. *Wildland Hydrology*, Pagosa Springs, Colorado, U.S.A.
- [6] **Correa, Néstor R.** (2009). “Evolución de las Líneas de Ribera y del Camino Público por Efecto de los Cambios Regionales”, Ríos 2009 trabajo D2, *IV Simposio Regional de Hidráulica de Ríos, Procesos Fluviales e Ingeniería de Ríos*, Ciudad de Salta, Argentina, 20 p., noviembre 2009.
- [7] **Depetris, P.J. & Pasquini, A.I.** (2008). “Riverine Flow and Lake Level Variability in Southern South America”, *EOS*, Vol. 89, Number 28, 8 July 2008, pp. 253-256, AGU, U.S.A.
- [8] **Congreso de la Nación** (1871). “Código Civil”, *Ley Nacional 340 del 25-sept.1869 y complementarias* según texto actualizado en <http://www.infoleg.gov.ar>.
- [9] **Código de Aguas** (1996). “Ley N° 4148”, Art. 6, Provincia de Chubut, Argentina.
- [10] **Gordillo, Agustín** (2003). Tratado de Derecho Administrativo, Tomo 1, Parte General, octava edición, *Fundación de Derecho Administrativo*, Buenos Aires, Argentina.
- [11] **Dirección Nacional de Vialidad** (2007). “Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales MEGA II”, *DNV*, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.
- [12] **Nebraska Department of Roads** (2006). “Drainage Design and Erosion Control Manual”, 317 p., Nebraska/EUA.



Instituto de Recursos Hídricos



Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías



Universidad Nacional de Santiago del Estero



Instituto Nacional del Agua



Subsecretaría de Recursos Hídricos



Agencia Nacional de Promoción Cient. y Tec.



Gobierno Prov. de Santiago del Estero



Ministerio de la Producción



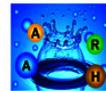
Secretaría del Agua



Secretaría de Desarrollo, Ciencia y Tecnología



Consejo Prof. de la Ingeniería y Arq.



Asociación Argentina de Recursos Hídricos



Asoc. Internacional de Investig. Hidroamb.



Comisión Regional del Río Bermejo



CORPORACION ARGENTINA TECNOLÓGICA S.A. INGENIERIA CIVIL E HIDRAULICA

