# OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL Y CONECTIVIDAD: UN PROBLEMA, UNA OPORTUNIDAD

**AMBER & Dam removal Europe** 

Traspasando Barreras en los Rios Europeos

16 y 17 de Abril, 2018 | Madrid, España

José A. FERNÁNDEZ YUSTE Carolina MARTÍNEZ SANTA-MARÍA

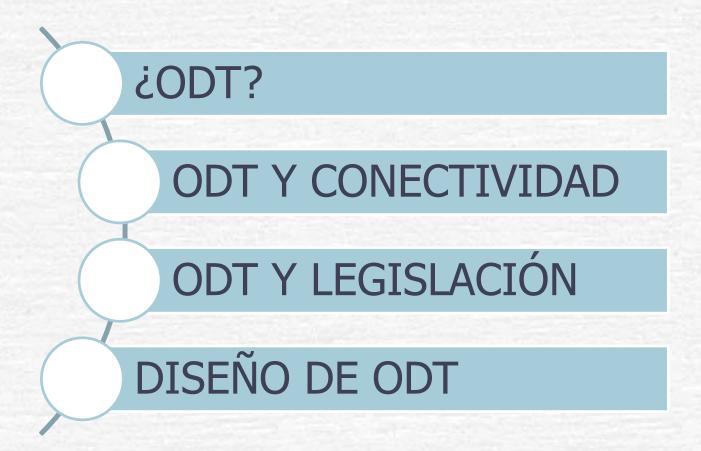


ETS INGENIERÍA DE



MONTES, FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL Abril 2018

# OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL



## La carretera y la red de drenaje natural

Empezamos por lo obvio: La carretera, la pista forestal, el camino... interfieren el drenaje natural



**PROBLEMA:** Corta la red de natural de drenaje: vaguadas, arroyos, riachuelos y ríos.

✓ Solución: Puentes y ODT





**PROBLEMA:** Interrumpe el drenaje difuso de laderas.

Solución: Cunetas

## ¿Son importantes las ODT?

- Si no consideramos adecuadamente esa interferencia, la operatividad de la carretera estará comprometida.
- Por tanto, el proyecto debe incorporar las obras necesarias para asegurar que ese drenaje se mantiene sin afectar la funcionalidad de la carretera.









## **ODT: DEFINICION**



#### **BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO**



m. 60 Jueves 10 de marzo de 20

Sec. I. Pág. 18882

#### I. DISPOSICIONES GENERALES

#### MINISTERIO DE FOMENTO

2405 Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.



#### Definición:

Obra de drenaje transversal (ODT): Obra de sección cerrada, es decir provista de solera con función estructural. Normalmente responde a las tipologías de tubo o marco y sus dimensiones son inferiores a las de los puentes.



#### Condicionado:

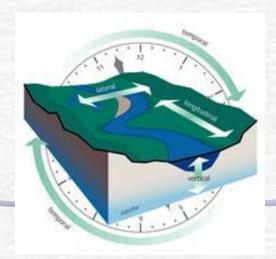
Los puentes y ODT deben perturbar lo menos posible la circulación del agua por el terreno natural, cumpliendo al paso del caudal de proyecto las condiciones de desagüe que se refieren en los apartados 4.3 y 4.4 y las condiciones que establezca la Administración Hidráulica.

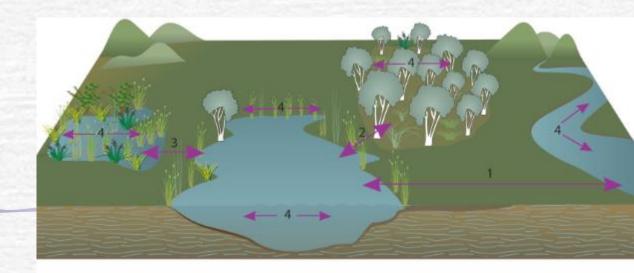
Las ODT deben cumplir las condiciones de desagüe para el caudal de proyecto

## CONECTIVIDAD

### **CONCEPTO**

- Ecología del paisaje:
  - Capacidad que ofrece un territorio para el movimiento de especies y otros flujos ecológicos (Saura, 2014).
  - The degree to which the landscape facilitates or impedes movement among resource patches (Taylor et al., 1993).
- *Ecología fluvial:* Capacidad de un sistema fluvial para transferir energía, materia y organismos (Pringle, 2003).





## ODT y PECES

# Causas más frecuentes de pérdida de conectividad:

- Salto excesivo a la salida.
- Velocidad excesiva.
- Profundidad insuficiente en el interior del paso.







# ODT y OTROS ANIMALES

# Causas más frecuentes de pérdida de conectividad :

Además de las señaladas para peces,

> Lecho artificial.

> Ausencia de paso seco.

> Falta de luz.



## **ODT y SEDIMENTOS + GRV**

## Causas más frecuentes de pérdida de conectividad :

- Sección insuficiente.
- Alteración de la pendiente original del lecho.



Figure 1.16—Debris and sediment at culvert inlet can be a fish barrier. Photo courtesy of Ross Taylor and Associates, McKinleyville, California.

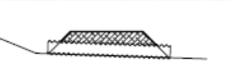




Figure 4.8—Brewster Creek road replacement box culvert, filled to 85 percent of its rise after 1 year.

The year after construction, the new culvert also filled with sediment to about 85 percent of its rise. The stream still overflows the road frequently. A simple recognition that the crossing was located in a depositional zone, coupled with an easy road-location change to only 150 feet upstream (figure 4.7), could have avoided this problem.

#### Tomadas de:

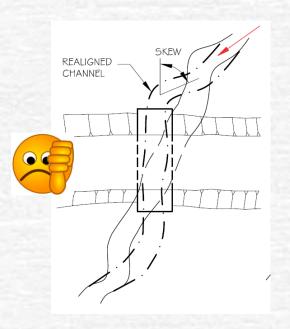
Stream Simulation: An Ecological Approach To Providing Passage for Aquatic Organisms at Road-Stream Crossings

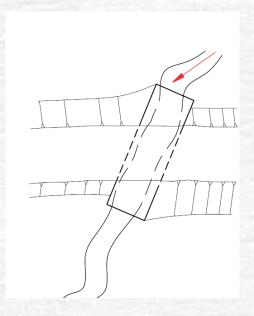
## ODT y DINÁMICA MORFOLÓGICA

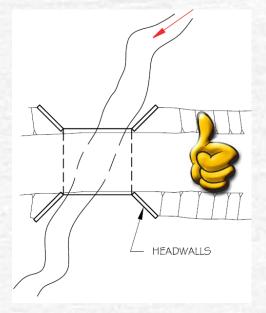
Los cursos de agua se mueven en un proceso de equilibrio dinámico: La ODT debe tenerlo en cuenta.

 En general, las ODT no tienen en cuenta ese dinamismo.



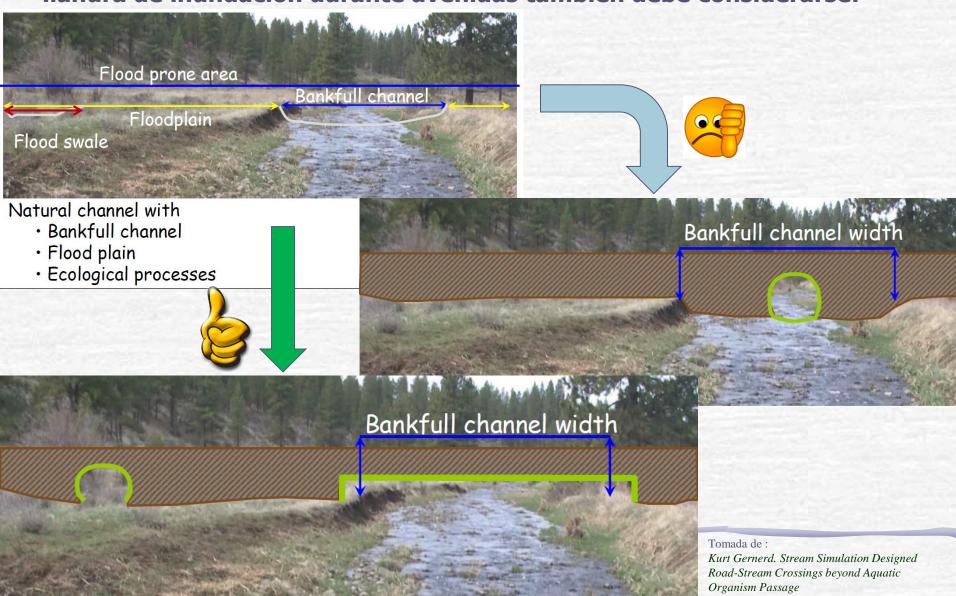






## ODT y LLANURA DE INUNDACIÓN

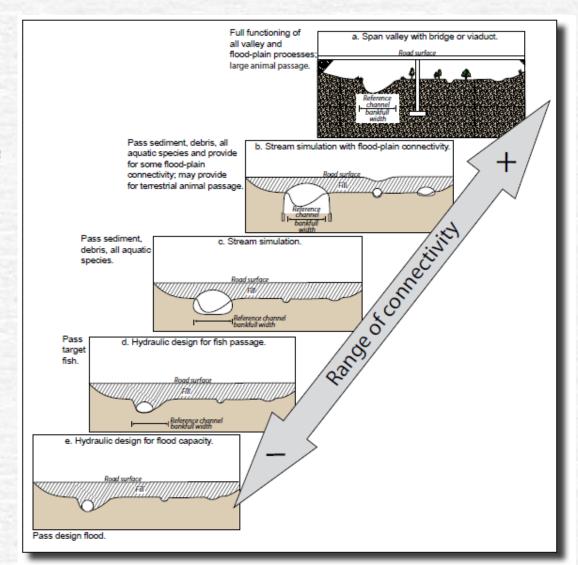
La circulación de agua, GRV, sedimentos, propágulos y organismos por la llanura de inundación durante avenidas también debe considerarse:



## DISEÑO DE ODT: REQUISITOS

Mantener la <u>operatividad de la</u>
<u>carretera</u> (condiciones de
desagüe)... y también la
integridad ambiental de
arroyos y riachuelos.

Por tanto, el proyecto debe contemplar, además de los criterios hidráulicos que garanticen la capacidad para evacuar el caudal de diseño y la estabilidad de la estructura, los criterios adicionales que garanticen la conectividad para biota, sedimentos, GRV y también su compatibilidad con la dinámica morfológica.



## DISEÑO DE ODT: REQUISITOS

### USDA FOREST SERVICE









### **National USFS AOP "Policy"**

"Protect and Restore the Physical, Biological and Chemical integrity of the nations waters" (Intent of the Clean Water Act)

### **Primary Design Priority:**

 Aquatic organism passage and ecological connectivity is the goal and the first design priority for crossing streams that provide habitat for aquatic life.

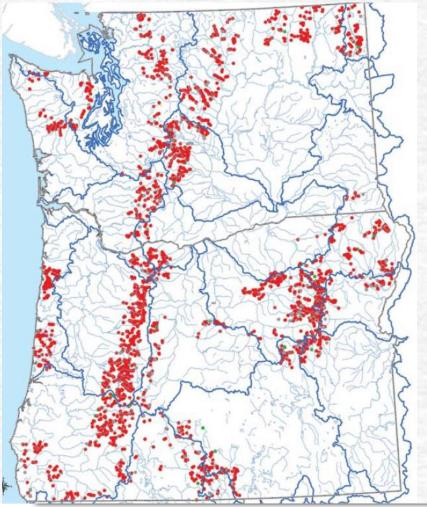
### Other Design Considerations:

- Minimizing the consequences of plugging and overtopping, including the ability to prevent stream diversion.
- Sufficient hydraulic capacity, including the requirement that headwater depth does not cause pressurized flow at the maximum flood.
- Maximize benefits while minimizing life cycle cost.

### ODT y conectividad... ¿es un problema importante?



## ODT y conectividad... ¿es un problema importante?



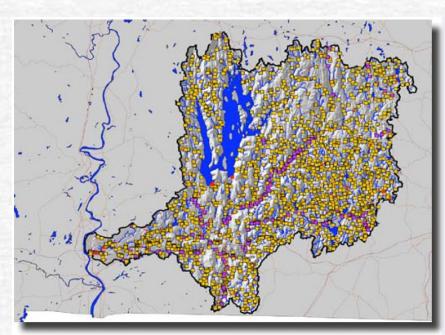
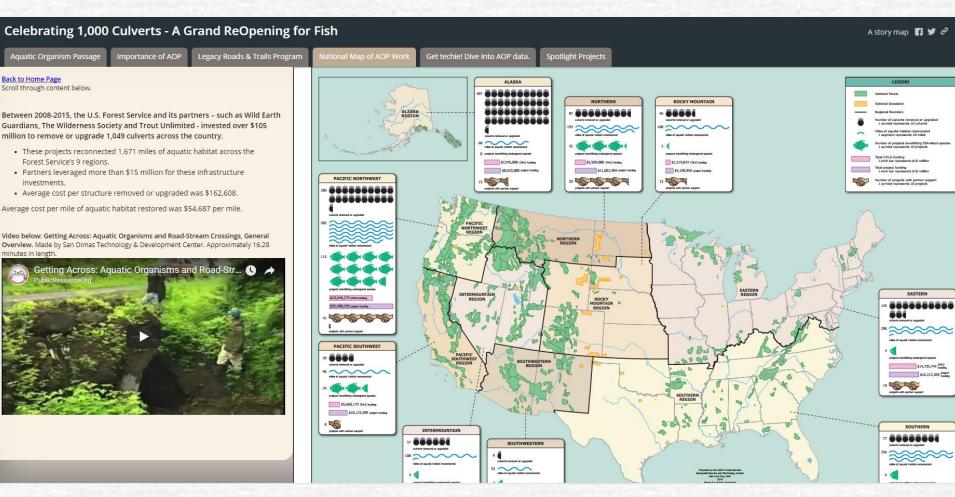


Figure 1.29—Aquatic organism passage barriers in the 721-square mile Chicopee River watershed, Massachusetts, include 195 old small-scale industrial dams and 2,230 rail and road crossings.

Figure 2—Forest Service Pacific Northwest Region map of road-stream crossing barrier status, 2005. Red dots indicate road-stream crossings that, at least partially, blocked passage of juvenile and/or adult anadromous salmonids.

### ODT y conectividad... ¿preocupa a la administración?

 $\underline{http://usfs.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=c001b7d3212845129086ad7a88a6e775}$ 



# DISEÑO de ODT: LEGISLACIÓN

#### MINISTERIO DE FOMENTO

Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

#### 4.4.3.2 Secciones especiales para paso de fauna

Cuando en el proyecto se determine que es necesario facilitar el paso de fauna por una ODT se pueden proyectar secciones o dispositivos especiales que requieren un cálculo hidráulico específico, tales como:

En las 142 páginas de la Norma...

jes la única mención explícita a las funcionalidades ambientales!

Canal de aguas bajas

Obra semienterrada (lecho móvil)

Escalas de peces

Rampas en arquetas para pequeña fauna

Otras

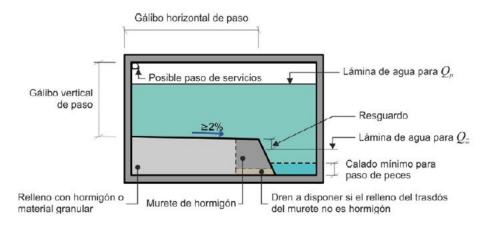
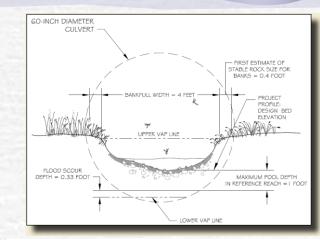
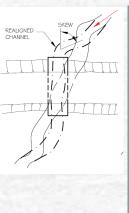


FIGURA 4.21 EJEMPLO DE SECCIÓN TRANSVERSAL ADAPTADA PARA PASO DE FAUNA

# DISEÑO DE ODT: SOLUCIÓN

- **Criterio:** mimetizar lo más fielmente posible la ODT con el curso natural.
  - Más ancha que el cauce natural adyacente, con paso seco para caudales ordinarios.
  - Lecho natural continuo y dinámicamente estable.
  - Morfología y perfiles longitudinal y transversal similares a los del curso natural.





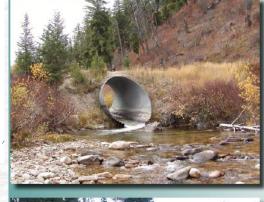
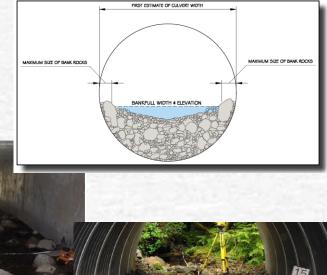




Figure 3.1—Roaring River crossing site before-and-after culvert replacement in 2007. Boise National Forest, Idaho.

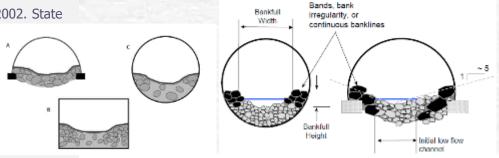


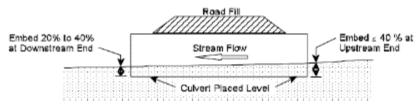
## DIMENSIONADO AMBIENTAL DE ODT

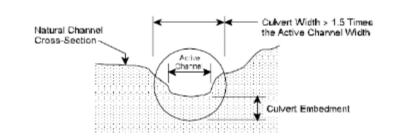
#### Dimensionado ambiental: (Modificado de Bates, 2002. State

of California. Resources Agency Department of Fish and Game)

- Aplicable para:
  - Pendiente del cauce ≤3%.
  - Longitud de la ODT ≤30 m.
- Anchura ODT:
  - ≥ 1,2\*anchura de bankfull
  - ≥1,5\*ancho activo del cauce
- Base ODT:
  - Pendiente nula (0%).
  - Parcialmente enterrada en el lecho del río:
    - Espesor lecho en la sección de salida>= MAX(2\*Dmax; 20% de la altura interior de la ODT)
    - Espesor lecho en la sección de entrada: Garantizar pendiente similar a la del cauce natural y no más de un 40%. de la altura interior de la ODT
- Lecho en ODT:
  - Pendiente similar a la del cauce natural.
  - Geometría y granulometría similar a la del cauce natural, conformando un cauce de aguas bajas.
  - Si hay coraza, asegurar que la capa superficial se repone con el mismo material y en esa misma situación.









### CONDICIONADO HIDRÁULICO: GARANTIZAR EL DESAGÜE

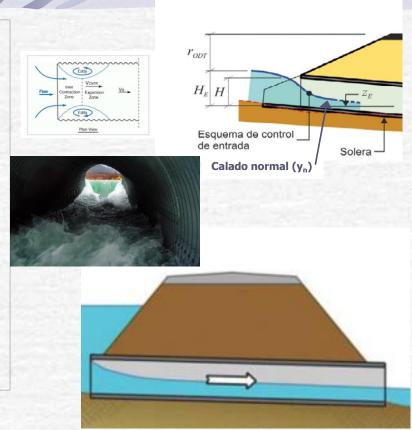
### Condicionado hidráulico (N5.2-IC 2016):

**H1:**  $Q_{ODT} \ge Q_{proyecto}(T \text{ años})(m^3/s)$  (25 años $\le T \le 100 \text{ años}$ )

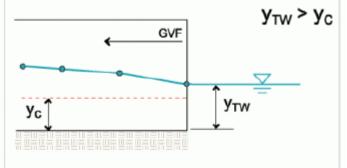
**H2:** Sobreelevación aguas arriba de la entrada a la ODT (H<sub>E</sub>-y<sub>n</sub>)≤0,5m

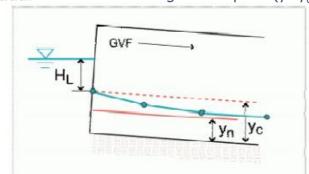
**H3:** Altura de lámina de agua aguas arriba de la entrada a la ODT  $(H_F) \le 1,2*$ altura libre en el marco a la entrada

**H4:** Resguardo hasta plataforma  $(r_{ODT}) \ge 0.5m$ .









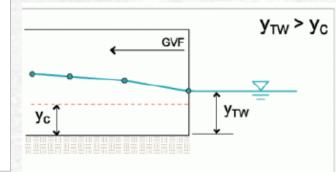
### CONDICIONADO AMBIENTAL: GARANTIZAR LA CONECTIVIDAD

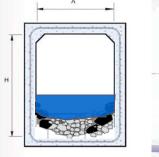
#### **Condicionado ambiental:**

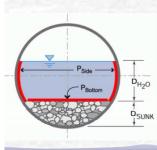
- 1. Establecer los caudales de referencia considerando:
  - a) Especie(s) objetivo y estacionalidad de ciclos vitales.
  - b) Cuantiles de la curva de caudales clasificados (p.e.  $Q_{10\%}$   $Q_{90\%}$ ).
- 2. Estimar calados y velocidades (modelos hidráulicos).
- 3. Verificar transitabilidad para especie(s) objetivo.
- 4. Para  $Q_{\text{ODT}} > Q_{\text{gl }(m^3/s)}$ , estimar cortantes y verificar la estabilidad del lecho.



• **Control de salida:** circulación en régimen lento (y>y<sub>c</sub>; F<1)







## **DIMENSIONADO** de ODT

El dimensionado hidráulico y ambiental requiere conocimientos específicos de hidráulica general y fluvial, y de las especies presentes en el curso y en su entorno.

Las ODT dimensionadas con criterios ambientales... ¿son mucho más caras?



MESBOAC aims to match the culvert width with natural stream dimensions, while maintaining sediment balance (sediment in = sediment out). In addition to buring the culvert bottom below the streambed, it also provides a low-flow channel that is important for late season migrations which occur from August to November. MESBOAC has the advantage of not requiring analysis

Table 4.4. Cost Comparison				
	A	-	Difference	Difference as percent
Locatio	V	1		
Aitkin (Snake R.			6.8	9
Cass (Leavitts L				
Cottonwood (Sc Watonwan)			9	4
Cottonwood (Ur			0.4	6
Fillmore (Donald			08.4	13
Fillmore (Duschee			7.8	1
Fillmore (Money			4	7
Jackson (Little S			8	5
Kandiyohi (CD2		_	.8	25
Lincoln (Unnamed L			The state of the s	
Lincoln (Yellow Medicine)				
Meeker (Unnamed)	29197	38920.4	9723.4	33
Mille Lacs (Mike Drew)	39041.8	42084.6	3042.8	8
Mille Lacs (Tibbets Brook)	20178.2	22370	2191.8	11
St. Louis (Stanley Creek)				

Table 4.4. Cost Comparison

### CONCLUSIONES

### HOUSTON WE HAVE A PROBLEM

Hay que aportar datos objetivos para caracterizar el problema.

¡Soy una ODT y tengo problemas de conectividad!



Generar documentación técnica para el dimensionado ambiental de las ODT.



No se trata de buscar culpables... ¡Hay que establecer sinergias entre todos los actores vinculados con la gestión de los ecosistemas acuáticos y de las infraestructuras.

### OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL Y CONECTIVIDAD: UN PROBLEMA, UNA OPORTUNIDAD





MONTES, FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL Abril 2018