

CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS

Ing. For. Gonzalo A. Peña



A. DEFINICIONES PREVIAS

**Torrente:** Corriente natural de agua que por lo general corre por valles estrechos, que posee una cuenca relativamente reducida, pendientes irregulares y fuertes, caudal de estiaje bajo, arrastra grandes cantidades de materiales y que son muy sensibles a lluvias de excepcional intensidad.

**Cuenca Pequeña:** En gran parte se asimila al concepto anterior, aunque debemos estar claros en que no toda cuenca pequeña tiene que ser necesariamente un torrente. Esencialmente están caracterizadas por su gran sensibilidad a lluvias de alta intensidad y corta duración, así como también al uso de la tierra. El efecto del escurrimiento superficial sobre las vertientes, más que el efecto del flujo en los cruces, es el factor dominante que controla los picos de crecidas.

**Corección de torrentes:** Conjunto de actividades tendientes a disminuir los picos de crecida y por lo tanto sus efectos desastrosos - aguas abajo. Esos trabajos incluyen, lógicamente, sistemas de conservación de suelos y aguas que garantizan la estabilidad de las vertientes y el uso adecuado del recurso agua.

**Manejo de Cuencas:** "Aplicación de métodos y principios técnicos para el manejo de todos los recursos naturales renovables en una cuenca, con el objeto de asegurar máximo suministro de agua usable, régimen deseado, prevención y control de erosión y reducción de inundaciones y sedimentación". (Sociedad de Forestales Americanos).

La labor del técnico al frente de un proyecto de Manejo de Cuencas estará encaminada primordialmente a reducir o evitar

las pérdidas ocasionadas por las crecidas. La magnitud de estos daños dependen de:

- 1.- Tamaño de los procesos naturales.
- 2.- Tipo y magnitud de la actividad humana.

La zona propensa a daños podemos disminuirla de dos formas:

- 1.- Disminuyendo la zona bajo actividad humana y
- 2.- Disminuyendo la zona torrencial.

La reducción de los procesos torrenciales y de su zona de influencia es objeto de la Corrección de torrentes.

La disminución de la actividad humana es tarea de la planificación.

Unidas estas dos actividades pueden determinar las zonas de posible desarrollo, predecir los daños para un nivel dado de crecida, y proponer medidas para el uso de los suelos, construcción de edificios, etc.

#### DAÑOS QUE SE PRESENTAN

- EN CANALES:
- 1.- Sedimentación excesiva
  - 2.- Socavación
  - 3.- Destrucción parcial por el golpeteo del material sólido.
  - 4.- Destrucción por socavación al final de la obra.

- EMBALSES:
- 1.- Disminución de la vida útil de la obra por excesiva sedimentación.

OBRAS CIVILES: Daño parcial o destrucción total de:

- 1.- Inmuebles
- 2.- Vías de Comunicación
- 3.- Obras de recreo y turismo

#### EFFECTOS DE LOS DIQUES:

- 1.- Sobre el caudal líquido: Modifica el régimen hidrológico
- 2.- Sobre el caudal sólido: Reduce o elimina el aporte de material aguas abajo.

Estas obras traen consigo dos tipos de problemas:

- 1.- Sedimentación aguas arriba
- 2.- Agradación o degradación, respectivamente, aguas abajo según existan o no afluentes que aporten material sólido.

MÉTODOS DE CORRECCION DE TORRENTES.

- 1.- PARA EL CAUDAL LIQUIDO:
  - a.) Desviar las aguas de inundación
  - b.) Aumentar el canal de desagüe
  - c.) Retardación de los afluentes
  - d.) Retención de las aguas
  - e.) Reducción del agua.
- 2.- PARA EL CAUDAL SOLIDO:
  - a.) Retardación del transporte
  - b.) Retención del caudal sólido
  - c.) Reducción del caudal sólido

MEDIDAS DE CORRECCION DE TORRENTES.

- 1.- Medidas Técnicas
- 2.- Medidas Agronómicas y Forestales
- 3.- Medidas Socio-Económicas
- 4.- Otras Medidas de Protección.

La magnitud de las obras, y la intensidad del tratamiento de la cuenca, dependerán básicamente de la intensidad de las crecidas, frecuencia de las mismas, magnitud de los daños para cada nivel de crecida, y del grado o nivel de protección que le vayamos a dar a la zona de inundación.

MEDIDAS TECNICAS (MECANICAS)

- 1.- En el Cauce
  - 1.1 Obras Transversales
    - Diques de retención. Plazoletas de sedimentación.
    - Diques de Consolidación
    - Espolones
  - 1.2 Obras Longitudinales
    - Muros laterales
    - Revestimiento de orillas
    - Empedrados
    - Canales

- 2.- En las Vertientes
  - Canales de desviación
  - Canales Colectores
  - Zanjas de absorción (Zanjas de ladera)
  - Terrazas individuales
  - Muros de piedra para terrazas
  - Drenajes subterráneos.

B. CONCEPTOS Y CALCULOS DE ALGUNAS OBRAS DE CONSERVACION

1.- Canales de Desviación

Como su nombre lo indica, es una obra que se utiliza para desviar las aguas de escorrentía desde un lugar donde su acción es inconveniente a otro donde no causan ningun daño. Su uso es muy frecuente en zonas de alta pluviosidad para evitar la concentración del agua de escurrimiento superficial en terrenos con escasa cobertura protectora. También se emplean para desviar las aguas lejos de una zona que consideremos crítica, tal como un deslizamiento.

1.1 Recomendaciones para su Uso

- a.) Cuando la faja superior es sembrada con cultivos de limpia, es conveniente proteger el canal con una práctica, mecánica o vegetativa, que impida o retarde su inutilización por exceso de sedimentos.
- b.) La obra debe ser construída sobre terreno firme para asegurar estabilidad y funcionamiento permanente. En los sitios críticos deberan forrarse con piedra u otra material de construcción.
- c.) Para protección de cárcavas, no deben construirse a una distancia inferior a tres veces la profundidad de dichas cárcavas.
- d.) La obra debe ser construída a la menor distancia posible de la zona que se desea proteger de escorrentías de -

aguas superiores.

- e.) Si se hace necesario cambiar la pendiente del canal, se recomienda comenzar con valores pequeños y aumentarlos para evitar cambios en el diseño de la sección transversal del canal.
- f.) La velocidad máxima del agua en el canal depende del material que sirve de lecho y ribera al mismo. La Tabla No.1, da algunos valores para diferentes condiciones.

TABLA No.1 VELOCIDAD MAXIMAS PERMITIDAS EN CANALES ( AYRES y SCOATES,1939)	
MATERIAL	VELOCIDAD (m/seg.)
Suelo arenoso muy suelto	0,30 - 0,45
Arena gruesa o suelo arenoso suelto	0,45 - 0,60
Suelo arenoso promedio	0,60 - 0,75
Suelo franco arenoso	0,75 - 0,83
Suelo franco de aluvión o ceniza volcánica	0,83 - 0,90
Suelo franco pesado o franco arcilloso	0,90 - 1,20
Suelo arcilloso o cascajoso	1,20 - 1,50
Conglomerados, cascajo cementado, pizarra blanda.	1,80 - 2,40
Roca dura	3,00 - 4,50
Hormigón	4,50 - 6,00

### 1.2 Cálculo del Canal

La fórmula más empleada es la de Manning.

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (1)$$

$$Q = A \cdot V \quad (2)$$

donde,

- V = Velocidad media del agua en el canal en m/seg.  
n = Coeficiente de fricción. Su valor depende de las condiciones del canal. Tabla No.2  
r = Radio hidráulico en metros ( $r = A/P_m$ ).  
s = Gradiente hidráulico en m/m.  
Q = Gasto a caudal en m<sup>3</sup>/seg.  
A = Area de la Sección transversal del canal en m<sup>2</sup>.  
P<sub>m</sub> = Perímetro mojado en metros.

### 1.3 Pasos para el Cálculo:

- 1.- Se selecciona n de Manning.
- 2.- Se escoge la pendiente del canal (S).
- 3.- El caudal a conducir debe ser conocido.
- 4.- En la Tabla No.1 se obtiene la velocidad máxima permitida.
- 5.- Calculamos el área transversal tentativa.

$$A = \frac{Q}{V}$$

- 6.- Se asignan dimensiones al canal. Con esas dimensiones calculamos una nueva área que debe ser igual o ligeramente superior a la calculada en el punto 5.
- 7.- Calculamos el radio hidráulico

$$r = A/P_m$$

- 8.- Elevamos r a la potencia 2/3 y S a la 1/2 .
- 9.- Calculamos Q y V.  
Q debe ser igual o ligeramente superior al gasto de diseño.  
V debe ser igual o ligeramente inferior a la velocidad máxima permitida.

### 1.4 Problema

Calcular un Canal para un terreno franco arcilloso capaz de conducir sin causar erosión, un caudal de 900 lts/seg. S=5 por mil.

Valores de "n" dados por Horton para ser empleados en la  
 TABLA No.2 fórmula de Manning.

Canales y Zanjas	Condiciones de las paredes		
	Buenas	Regulares	Malas
En tierra, alineados y uniformes.	0,020	0,0225	0,025+
En roca, lisos y uniformes . . . .	0,030	0,033+	0,035
Sinuosos y de escurrimiento lento.	0,025+	0,0275	0,030
Dragados en tierra.....	0,0275	0,030+	0,033
Con lecho pedregoso y bordes de - tierra enhierbados .....	0,030	0,035+	0,040
Fondo (plantilla) de tierra, talu- des ásperos.....	0,030+	0,033	0,035
CORRIENTES NATURALES			
Limpias, bordes rectos .....	0,0275	0,030+	0,033
Con algo de hierba y piedra .....	0,033	0,035	0,040
Playas muy enhierbadas .....	0,100	0,125	0,150

$$Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

1.5 Resolución:

1.-  $n = 0,03$

2.-  $S = 0,005$

3.-  $Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{seg.}$

4.-  $V = 0,9 \text{ a } 1,2 \text{ m/seg.}$   
mex

5.- Area tentativa =  $Q/V = 0,9 \text{ m}^2$

6.- Se asignan dimensiones

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 0,60 \text{ mt}$$

$$B = 3,4 \text{ mt}$$

talud 2 : 1

$$A = 1,32 \text{ m}^2 \quad (\text{Mucho}) !$$

6.- Repetimos este paso:

$$b = 1 \text{ mt}$$

$$h = 0,50 \text{ mt}$$

$$B = 3,00 \text{ mt}$$

$$A = 1,0 \text{ m}^2 \quad (\text{Aceptable}) !$$

7.- Radio hidráulico =  $A/Pm = 0,309$

8.-  $r^{2/3} = 0,458$

9.-  $S^{1/2} = 0,0707$

10.-  $Q = 1,08 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$$V = 1,08 \text{ m/seg.}$$

2. Terrazas de Banco o Bancales

Son plataformas o escalones construidos en serie a través de la pendiente con el fin de establecer sobre su superficie diversos cultivos, sin que las labores que ellos requieren causen daño al recurso suelo. Ha sido una práctica de conservación muy empleada en países con una gran presión demográfica y en donde las tierras aptas para cultivo son muy escasas o están totalmente utilizados. En otras condiciones, como las de Venezuela por ejemplo, se deben estudiar antes las conveniencias económicas, pues es una obra que

requiere grandes inversiones tanto en su construcción como en su mantenimiento.

### 2.1 Algunos Detalles para su Construcción

Se justifican en terrenos con pendientes superiores al 20%. La plataforma debe tener una pequeña caída hacia el talud superior (más o menos del 5%); además su pendiente longitudinal puede tomar un valor máximo del 1%.

Aunque cada situación debe ser estudiada cuidadosamente, la pendiente de los taludes pueden construirse siguiendo las siguientes consideraciones generales:

Para terreno firme	0,5:	1
Para terreno suelto	1:	1
	1,5:	1

Para el cálculo de las diversas dimensiones de una terraza de banco, se han empleado las siguientes fórmulas:

$$C = \frac{3h}{4P} \qquad T = c - h$$

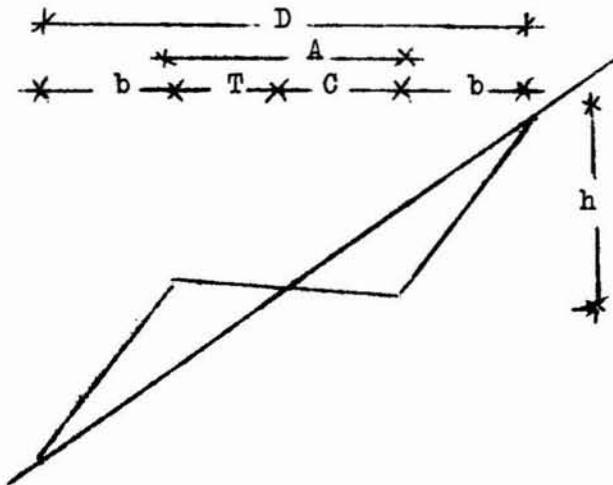
donde,

h es el espesor del horizonte A en metros y

P es la pendiente del terreno en porcentaje.

Ejemplo:

Para un terreno con 30% de pendiente ( $P = 0,30$ ) y un horizonte A de 40 cm de profundidad ( $h = 0,40$  metros), tenemos:



$$C = \frac{3 \times 0,40}{4 \times 0,30} = 1 \text{ mt}$$

$$T = C - h = 1,00 - 0,40 = 0,60 \text{ mt.}$$

$$A = T + C = 1,00 + 0,60 = 1,60 \text{ mt.}$$

Si utilizamos para los taludes la relación 1:1

$$D = A + 2b = 1,60 + 0,80 = 2,40 \text{ mt.}$$

También se emplean las siguientes relaciones:

$$\text{Caprox.} = \frac{h}{P} \text{ metros}$$

$$c = \frac{h}{P} \left( 1 - \frac{5}{P} \right) \text{ metros}$$

Algunas veces se acostumbra hacer  $T = C$

### 3. Terrazas Individuales

Se puede considerar como una terraza de banco modificada; consiste en un terraplen circular que se contruye alrededor de cada árbol.

Entre las ventajas de su uso tenemos:

- 1.- Acción antierosiva
- 2.- Fácil recolección de frutos
- 3.- Mayor utilización del agua
- 4.- Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.

#### 3.1 Algunos Detalles de su Construcción

- a.) Se utiliza en terrenos con pendientes superiores al 10%

TABLA 3. Tabla para el cálculo de bancales (taludes de I:I)  
Tomada de Suarez de Castro.

Pendiente del terreno por 100 (p)	Profundidad del horiz.A. metros. (h)	Anchura del corte metros (c)	Anchura del terraplen metros. (T)	Anchura del talud metros. (b)	Anchura total del bancal metros. (D)
20 por 100	0,2	0,75	0,55	0,19	1,68
	0,3	1,12	0,82	0,28	2,50
	0,4	1,50	1,10	0,37	3,34
	0,5	1,90	1,40	0,48	4,26
	0,6	2,25	1,65	0,56	5,02
30 por 100	0,2	0,50	0,30	0,18	1,16
	0,3	0,75	0,45	0,26	1,72
	0,4	1,00	0,60	0,35	2,30
	0,5	1,25	0,85	0,44	2,98
	0,6	1,50	0,90	0,53	3,46
40 por 100	0,2	0,38	0,18	0,17	0,90
	0,3	0,56	0,26	0,25	1,32
	0,4	0,75	0,35	0,34	1,78
	0,5	0,94	0,45	0,43	2,25
	0,6	1,13	0,53	0,51	2,68
50 por 100	0,2	0,30	0,10	0,17	0,74
	0,3	0,45	0,15	0,25	1,10
	0,4	0,60	0,20	0,33	1,46
	0,5	0,75	0,25	0,42	1,84
	0,6	0,90	0,30	0,50	2,20

- b.) Su diámetro varía con la pendiente del terreno
- c.) Su inclinación interior es del 5 al 10%, contraria a la pendiente del terreno.
- d.) En zonas de alto pluviosidad se combinan con estructuras que transportan los excesos de humedad.
- e.) Recomendables para zonas secas, por permitir mejor aprovechamiento del agua.
- f.) Su construcción debe ser previa a la plantación del árbol.
- g.) Cuando las dimensiones son muy pequeñas, crea condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas.
- h.) Sus costos de construcción son elevados.

Pendiente del Terreno.	Diámetro total de la Terraza, Metros.	Diámetro del corte. Metros.	Diámetro del Terraplen. Metros.	Profundidad del corte. Centímet.
Menor del 20%.	2,00	1,00	1,00	30
Del 20 al 30%.	1,80	0,90	0,90	Hasta 36
Del 30 al 40%.	1,50	0,75	0,75	Hasta 38
Del 40 al 50%.	1,20	0,60	0,60	Hasta 35

Figura 1 Especificaciones de las Terrazas Individuales Circulares. (Tomado de Suarez de Castro).

TABLA No.4 .-- Dimensiones para Terrazas Individuales Rectangulares.

Pendiente	C	T	B	D	Profundidad del Corte.
Menor del 20%	0,90	0,50	0,30	2,00	Hasta 0,30
20 - 30 %	0,80	0,44	0,28	1,80	Hasta 0,36
30 - 40 %	0,70	0,30	0,25	1,50	Hasta 0,38
40 - 50 %	0,45	0,25	0,25	1,20	Hasta 0,38

4.- Zanjas de Absorción

También se les denomina zanjas de ladera, y consisten en cajones - que se construyen en el terreno en contra de la pendiente a manera de un canal tabicado con la finalidad de impedir que el agua de escurrimiento superficial adquiriera velocidades erosivas, logrando además que gran proporción de la misma se infiltre en el terreno.-

TABLA No.5. Distanciamiento entre Zanjas de Absorción o entre Muros de Piedra para Terrazas.

P%	C A L C U L O		DIST.LIMITES	D.I.
	D.I. (m)	DH (m)	Cultivo Limpio	Potrero conserva do.
10	30,00	29,85	30	60
15	28,33	28,02	28	50
20	26,66	26,14	26	44
25	25,00	24,26	25	40
30	23,33	22,35	23	34
35	21,66	20,44	21	41
40	20,00	18,57	20	30
45	18,33	16,72	18	27

Experiencias de campo en Proyecto de Recuperación de la Cuenca - Alta del Rfo Chama. Lloviosidad promedio = 600 mm. Suelos Franco Arenosos en su gran mayoría. (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y - CRIA. Dirección de R.N.R.)

El espaciamiento entre zanja y zanja depende de la pendiente del terreno y de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, aunque la Tabla No.5 da una primera aproximación para dicho distanciamiento.

Las dimensiones de la obra dependen de las características de la precipitación en la zona tratada, fundamentalmente de la Intensidad Máxima de precipitación esperada para el período comprendido en la vida útil del conjunto de obras ejecutadas.

5.- Muros de Piedra para Terrazas.

Son obras transversales construidas en piedra con el fin de disminuir el efecto erosivo del escurrimiento superficial, logrando a su vez la formación de terrazas o bancos que disminuyen la pendiente del terreno en cada tramo facilitando las labores de cultivo o impidiendo el arrastre del suelo.

Se utilizan en terrenos con cualquier tipo de pendiente, pero preferiblemente donde la misma es superior al 10%. En zonas de alta pluviosidad se combinan con obras que conduzcan el agua, a sitios protegidos.

El espaciamiento entre una y otra obra depende de muchos factores pero la experiencia e ingeniosidad del Jefe del Proyecto son fundamentales; la Tabla No.5 da, de una manera general, este distan- ciamiento.

Su cálculo es sencillo, debido a que por lo general son de poca altura; debe tenerse especial cuidado en su construcción y manteni- miento.

