



## Capítulo 4

# Obras y prácticas







# **OBRAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN CÁRCAVAS**





# PRESAS

## **Presa de malla de alambre electrosoldada o ciclónica**



FIGURA 33. PRESA DE MALLA DE ALAMBRE ELECTROSOLDADA O CICLÓNICA

Es una estructura que sirve para controlar la erosión en cárcavas. Es similar a la presa de gaviones (véase más adelante), sólo que en este caso no es prefabricada sino que se arma en el lugar, a partir de las características de las cárcavas (Figura 33).

## ¿Para qué sirve?

- Controlar la erosión.
- Reducir la velocidad de la escorrentía.
- Impedir el crecimiento de las cárcavas.

## Beneficios

- Retiene azolves.
- Disminuye la cantidad y velocidad de los escurrimientos.
- Estabiliza las cárcavas.

## a) Elementos de diseño

Entre las presas de piedra acomodada y las presas de gaviones, las presas de malla de alambre electrosoldado o ciclónicas son estructuras intermedias en cuanto a su uso y costo, por lo que representan una alternativa viable en lugares donde las presas de piedra acomodada no resisten los embates de la escorrentía o donde las presas de gaviones se consideran muy costosas para el tamaño de las cárcavas.

Antes de la construcción se deben considerar los aspectos que se abordan a continuación.

## b) Altura

Se recomienda construirlas a una altura entre 1.20 metros y 3 metros (medida de la corona de la presa a la superficie de la cárcava), ya que para alturas mayores es preferible construir una presa de gaviones.





FIGURA 34. VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA DE LA PRESA

La altura efectiva de la presa es la distancia del suelo al vertedor, ya que hasta ahí se retendrán los azolves. Asimismo, ésta es la variable relacionada directamente con el espaciamiento (Figura 34).



FIGURA 35. DISEÑO DE ESPACIAMIENTO ENTRE PRESAS DE MALLA

### c) Espaciamiento

Considerando que estas presas son pequeñas y que se usarán para estabilizar cárcavas pequeñas con poca carga de escorrentía, se recomienda distribuirlas con el criterio de doble espaciamiento, es decir, al doble del distanciamiento pie-cabeza (Figura 35).

### d) Empotramiento

El empotramiento es una de las actividades más importantes en la construcción de presas ya que de ella depende la efectividad de la obra.

En el caso de una presa de malla electrosoldada, el empotramiento se debe hacer con medidas promedio de 40 a 50 centímetros a los lados y cimentarse en el fondo. Pero si el suelo es muy arenoso, se debe empotrar hasta el piso firme o hasta 70 centímetros, para que el agua no flanquee la estructura o la derribe (Figura 36).



FIGURA 36. EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA EMPOTRAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

### e) Corona de la presa

La corona es la parte superior de la presa y quedará al nivel original del suelo si la presa se construye a una altura igual a la profundidad de la cárcava, tal como se observa en la ilustración correspondiente (Figura 37).

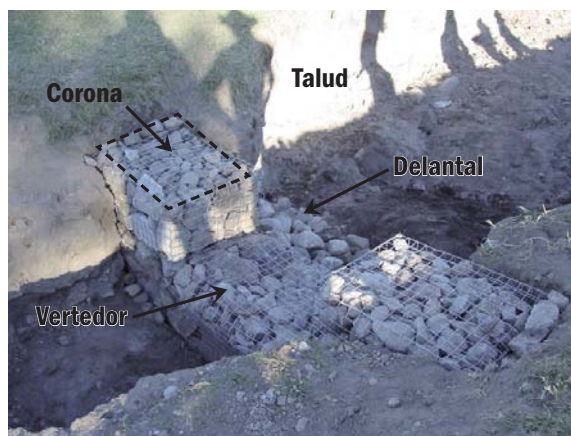


FIGURA 37. VERTEDOR DE UNA PRESA DE MALLA

### f) Vertedor

El vertedor es la parte de la presa prevista para desalojar el agua de la cárcava. Debido a que la obra constituye un obstáculo a la corriente del agua, ésta buscará una salida; en caso de no existir el vertedor, el agua se disipará, lo que podrá ocasionar la destrucción de la presa.

El vertedor debe medir un tercio del ancho de la presa y una cuarta parte de su altura. Para evitar que el agua provoque erosión a los lados de la cárcava, el vertedor se debe ubicar por donde pasa la corriente principal, lo que no forzosamente sucede en el centro de la presa.





### g) Delantal

El delantal es una plataforma de piedra que se coloca aguas abajo de la presa y que sirve para amortiguar la caída del agua e impedir que ésta socave la estructura. En el caso de las presas de malla electrosoldada, las cuales se construyen en forma piramidal, los escalones ejercen la función de delantal.

Cuando no haya escalones, el delantal se formará acomodando, debajo de las aguas de la presa, piedras que formen una calzada para amortiguar la caída del agua que desaloja el vertedor.

### h) Procedimiento de construcción

**Primer paso.** Se mide el ancho de la cárcava y, de acuerdo con esta medida, se excava a los lados y hacia el fondo para empotrar la presa (Figura 38).



FIGURA 38. EXCAVACIÓN DE ZANJA DENTRO DE LA CÁRCAVA PARA EMPOTRAR LA PRESA

**Segundo paso.** Los cajones más usados con este tipo de malla son los de 60 x 60 centímetros. Después de definir el largo de los cajones y, tomando en cuenta que tienen 1.20 m de ancho, se doblan para obtener la mitad del cajón (60 centímetros).

**Tercer paso.** Luego se dobla el resto de la malla para obtener la otra mitad. Por alguno de sus lados se cosen las dos mallas ya dobladas para obtener el cajón completo. El otro lado formará la tapa del cajón y se coserá una vez que éste se haya llenado de piedras (Figuras 39 y 40). Se armarán tantos cajones como sean necesarios.



FIGURA 39. UNIÓN DE PAREDES DE MALLA



FIGURA 40. ARMADO DE CAJONES DE MALLA

**Cuarto paso.** El cajón vacío se coloca dentro de la zanja excavada al fondo de la cárcava y se rellena con piedras; el acomodo de las piedras debe ser de tal forma que las caras más planas queden a los costados del cajón. También, se deben combinar piedras grandes y chicas para reducir los espacios vacíos, lo que permitirá que el cajón sea más pesado y estable (Figura 41).



FIGURA 41. LLENADO DE CAJONES CON PIEDRA

**Quinto paso.** Al momento de llenar los cajones, hay que colocar tensores a la mitad de la altura del cajón, así como a lo ancho, esto es, cada 50 centímetros aproximadamente. Los tensores son muy importantes, pues, si no se colocan, los cajones se deformarán por el efecto de la fuerza de la escorrentía y esto ocasionará que la presa se debilite y se derrumbe (Figura 42).





FIGURA 42. COLOCACIÓN DE TENSORES EN EL LLENADO DE CAJONES



FIGURA 43. CIERRE DE CAJÓN CON ALAMBRE

**Sexto paso.** Una vez que se ha llenado el cajón, se procede a coser la tapa para cerrarlo (Figura 43). Siguiendo el mismo procedimiento se colocan tantos cajones como sean necesarios.



FIGURA 44. FORMACIÓN DEL VERTEDOR EN LA PRESA DE MALLA

**Séptimo paso.** Hay que recordar que, para que sirva como vertedor, se deberá dejar un espacio del ancho de la presa en el tercio medio o por donde pase la corriente principal (Figura 44).



FIGURA 45. CALZADA O DELANTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS

**Octavo paso.** Después de colocar todos los cajones, se debe construir una pequeña calzada de piedras, de manera que sirva como delantal y disipe la energía causada por la caída del agua al pasar por el vertedor de la presa (Figura 45).



## i) Costos

Cuadro 6

Costos promedio para la construcción de presas de malla de alambre, por metro cúbico				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Ubicación, limpia y trazo	Jornal	45	0.15	7
Excavación, cimentación	Jornal	45	0.50	23
Conformación de presa (alambre)	Jornal	45	0.75	34
Acomodo de piedra	Jornal	45	3.00	135
Colecta de piedra	Jornal	45	2.00	90
Acarreo de piedra	Jornal	45	2.00	90
Excavación para el delantal	Jornal	45	0.50	23
Construcción del delantal	Jornal	45	0.50	23
Malla ciclón o electrosoldada	Rollo	540	0.25	135
Alambre galvanizado	Kilogramo	18	0.20	4
TOTAL				<b>\$ 564</b>

El costo de un metro cúbico de presa de malla de alambre requiere de 9.40 jornales, que corresponden a \$425.00, así como los siguientes materiales: malla ciclónica (\$135.00) y alambre (\$4.00).

De esta manera, el costo total por metro cúbico de presa de malla de alambre sería de \$564.00 (\$425.00 de jornales + \$139.00 de materiales). Para estimar el costo, se ha considerado una presa de 5 metros de ancho x 0.80 metros de grosor x 2 metros de altura.





# PRESAS

## Presa de morillos



FIGURA 46. PRESA DE MORILLOS

Es una estructura conformada con postes o troncos de diámetros mayores a 10 centímetros. Esta estructura se usa temporalmente y se construye en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales, en cárcavas pequeñas y angostas, para el control de azolves (Figura 46).

## ¿Para qué sirve?

- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Retener azolves.
- Propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal que estabilice el lecho de la cárcava.
- Proteger obras de infraestructura rural, tales como presas hidráulicas, caminos y puentes.
- Retener humedad.

## Beneficios

- Disminuye la erosión hídrica.
- Controla azolves.
- Detiene el crecimiento de cárcavas.

### a) Elementos de diseño

Como primera actividad en la construcción de presas, se deben identificar las cárcavas pequeñas en las que aún sea posible detener su crecimiento con prácticas sencillas y de bajo costo (Figura 47).



FIGURA 47. LOCALIZACIÓN DE CÁRCAVAS EN ÁREAS VERDES





FIGURA 48. APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS DE INCENDIOS FORESTALES PARA ELABORAR EL CABECEO DE CÁRCAVAS

Como práctica previa, es conveniente realizar cabeceo de cárcavas, para evitar su crecimiento aguas arriba y suavizar taludes. Los materiales de construcción pueden provenir de productos obtenidos en aprovechamientos forestales, incendios, podas o residuos de material muerto (Figura 48).

Hay que aclarar que, para que se considere como presa de morillos, los troncos deben tener un diámetro mayor de 10 centímetros.

## b) Espaciamiento

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva y la pendiente de la cárcava. Por lo general, se recomienda construir una presa con separación cabeza-pie, mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E = espaciamiento entre presas (m).

H = altura efectiva de la presa (m).

P = pendiente de la cárcava en (%).

Así, en las cárcavas que presenten 10% de pendiente y una altura efectiva de un metro, la separación entre presas debe ser de 10 metros, aproximadamente.



Cabe señalar que la distribución espacial calculada no se debe aplicar estrictamente, ya que en campo se debe dar prioridad a sitios cuyas características sean más apropiadas para su construcción (Figura 49). De esta manera, una presa podrá moverse uno o dos metros en relación con el dato estimado.



FIGURA 49. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRESAS DE MORILLOS EN ÁREAS FORESTALES

### c) Proceso de construcción

**Primer paso.** La construcción se inicia colocando una hilera de postes o morillos (con un corte en forma de punta en uno de sus extremos para que puedan anclarse fácilmente al suelo), separados cada 0.80 metros en sentido transversal a la cárcava y anclados al suelo a una profundidad aproximada de un metro. Estos postes deberán medir, preferentemente, 2.5 metros de largo y 10 centímetros o más de diámetro (Figura 50).



FIGURA 50. ESTABLECIMIENTO DE HILERA DE MORILLOS BASE



**Segundo paso.** Una vez colocada la hilera de morillos, se procede a construir una zanja en la base y paredes laterales de la cárcava para empotrar la estructura.



FIGURA 51. VISTA FRONTAL DEL VERTEDOR EN UNA PRESA DE MORILLOS

**Tercer paso.** Luego se colocan morillos a lo largo de la zanja excavada, sujetando uno sobre otro con la ayuda de alambre, clavos u otro material resistente para fijar la presa (Figura 51).

**Cuarto paso.** El empotramiento o anclado de morillos en las partes laterales de la cárcava deberá quedar asegurado, de tal manera que se evite que los escurrimientos socaven las partes laterales de la presa y afecten su funcionamiento. Es conveniente que la altura efectiva de las presas de morillos no sea mayor a 1.5 metros.

**Quinto paso.** Es recomendable compactar el suelo circundante a la presa de morillos y colocar el material obtenido de la zanja aguas arriba, para proporcionar mayor estabilidad a la estructura.



FIGURA 52. COLOCACIÓN TRANSVERSAL DE MORILLOS Y FORMACIÓN DEL VERTEDOR EN UNA PRESA

**Sexto paso.** Es importante también realizar un corte en la parte central del muro para formar un vertedor que controle el flujo del agua. Las dimensiones recomendables para formar el vertedor son de un tercio de la longitud transversal de la presa y una altura de 0.25 veces la altura total de la presa. Por ejemplo, si la presa tiene una longitud de 2 metros y 1.20 metros de altura, el vertedor deberá tener aproximadamente 70 centímetros de ancho por 30 centímetros de alto (Figura 52).

**Séptimo paso.** Con el fin de proteger el fondo de la cárcava de la erosión hídrica provocada por la caída de agua que pasa por el vertedor y para mantener la estabilidad de la presa, se recomienda construir, aguas abajo de la presa, un delantal con piedra acomodada o morillos empotrados a 10 o 15 centímetros de profundidad. La construcción del delantal no requiere el uso de materiales específicos y medidas estrictas; sin embargo, se deben preferir aquellos que no sean fáciles de arrastrar por las corrientes de agua. Si se cuenta con trozos de morillos, es conveniente que éstos queden lo suficientemente sujetos para evitar que se deslicen a lo largo de la cárcava (Figura 53).

Cuando se usen piedras se recomienda que éstas sean mayores de 15 centímetros de diámetro y muy consistentes, para evitar que se desintegren. Si la pendiente de la cárcava es menor de 15%, el delantal deberá ser en promedio de 1.5 metros de largo, pero si es mayor que eso, se recomienda que el delantal sea de 1.7 metros de largo (Figura 54).



FIGURA 53. FORMACIÓN DEL DELANTAL UTILIZANDO TROZOS DE MORILLOS

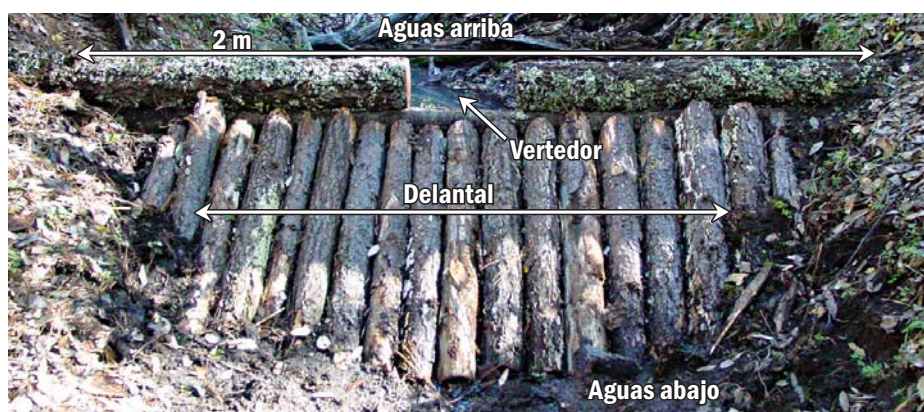


FIGURA 54. VISTA FRONTAL DEL DELANTAL EN UNA PRESA DE MORILLOS EN ÁREAS FORESTALES

## **d) Recomendaciones**

---

- Las presas de morillos se recomiendan para cárcavas con pendientes máximas de 35%.
- El control de cárcavas se debe iniciar desde la parte alta, donde se origina el problema de erosión.
- Se recomienda construir la primera presa a un metro de donde inicia la cárcava.
- En caso de que se requiera, se recomienda estabilizar los taludes de las presas. La estabilización total del fondo de las cárcavas sólo se alcanzará cuando se desarrolle vegetación permanente que retenga el suelo.
- La altura total de la estructura no debe exceder de 1.5 metros y el área de aporte de escurrimientos no debe exceder las 10 hectáreas.  
El material para construir las presas (morillos, troncos o postes) debe proceder de residuos de incendios, podas o material vegetal muerto y no de la tala de árboles.
- Para alcanzar mejores resultados en la aplicación de presas de morillos, cuya vida útil se estima de dos a cinco años, y para estabilizar el fondo de las cárcavas, se sugiere que se acompañen de otras prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, reforestación, zanjias derivadoras de escorrentía y terrazas, entre otras.

## e) Costos

Cuadro 7

Costos promedio para presas de morillos				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Recolecta y distribución de material	Jornal	45	0.75	34
Limpia y excavación para empotramiento	Jornal	45	0.20	9
Conformación de presa	Jornal	45	0.75	34
Estacado y amarrado	Jornal	45	0.50	23
Alambre galvanizado calibre 14	Kilogramo	15	0.75	14
				<b>TOTAL \$ 114</b>

En el cuadro se consideró que los materiales ya existían en los predios: subproductos de aprovechamientos forestales, incendios forestales, podas y residuos de material muerto.

Las presas que se consideraron para obtener el costo tienen las siguientes dimensiones: 2 metros de largo y 1m de altura. El costo por pieza es de \$114 y serán espaciadas cada 10 metros. Es decir, en una hectárea se colocarán diez presas, equivalentes a \$1,140.00.





# PRESAS

## Presa de ramas



FIGURA 55. PRESA DE RAMAS

Es una estructura pequeña, construida con ramas entretrejidas, en forma de barreras, que se coloca en sentido transversal a la pendiente, para controlar la erosión en cárcavas (Figura 55).

## ¿Para qué sirve?

- Controlar la erosión.
- Reducir la velocidad del escurrimiento.
- Retener azolves.
- Proteger obras de infraestructura rural.

## Beneficios

- Reduce la erosión hídrica.
- Detiene el crecimiento de cárcavas.
- Permite la acumulación de sedimentos favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.

## a) Elementos de diseño

Las presas de ramas se pueden utilizar para el control de la erosión en cárcavas pequeñas que se deben identificar previamente en recorridos de campo, en específico en áreas que dispongan de material vegetal muerto (ramas, troncos, producto de podas, incendios o aprovechamientos forestales).

## b) Espaciamiento

El espaciamiento entre presas se debe calcular de acuerdo con la altura efectiva y la pendiente de la cárcava (Figura 56). La fórmula utilizada para estimar la distancia entre presas es la siguiente:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$





FIGURA 56. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRESAS DE RAMAS DE UNA CÁRCAVA

Donde:

$E$  = espaciamiento entre presas (m)

$H$  = altura efectiva de la presa (m)

$P$  = pendiente de la cárcava (%)

Ejemplo:

Considerando una cárcava con 10% de pendiente y una altura efectiva de la presa de 0.6 metros la distancia entre presas será de 6 metros.

### c) Proceso de construcción

**Primer paso.** Un aspecto importante a considerar en el diseño de las presas de ramas es asegurar su estabilidad, por lo que su construcción se debe iniciar con la excavación de una zanja transversal a la cárcava, con medidas de 30 centímetros de ancho x 25 centímetros de profundidad, ampliando la longitud de la zanja hacia los taludes de la cárcava (Figura 57).

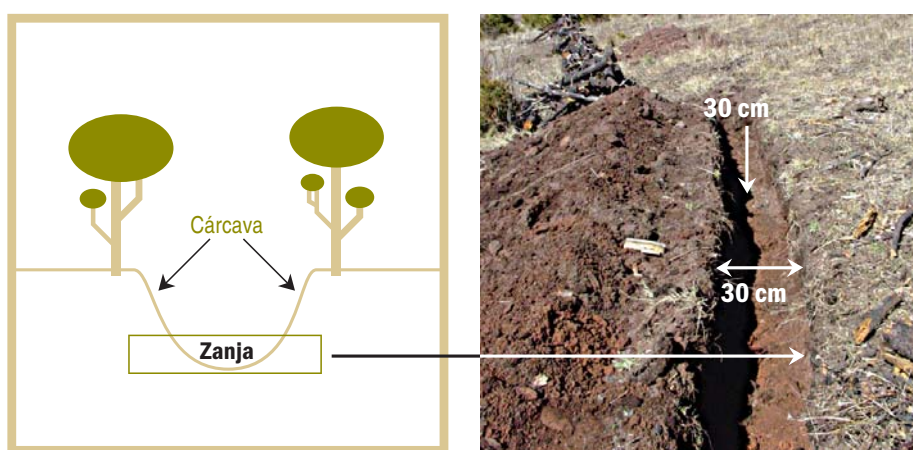


FIGURA 57. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CÁRCAVA Y ÁREA DE CORTE PARA ZANJA

**Segundo paso.** Posterior a la excavación de la zanja, se debe colocar una hilera de estacas base en forma transversal a la cárcava. Se aconseja que las estacas tengan una longitud igual a 1.5 veces la altura total de la presa, más de 10 centímetros de diámetro en promedio y que se anclen al suelo tratando de que queden firmes. (Figura 58).

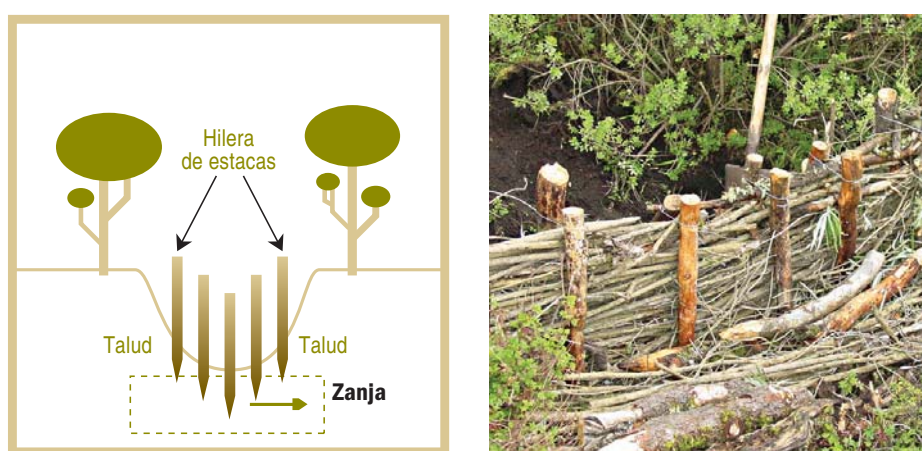


FIGURA 58. COLOCACIÓN TRANSVERSAL DE HILERA DE ESTACAS

**Tercer paso.** Luego, se debe proceder a formar la barrera. Para ello, en la zanja construida primero, se colocan las ramas de mayor longitud, diámetro y peso. Hay que procurar que queden insertadas firmemente para lograr mejor estabilidad de la estructura.

**Cuarto paso.** Después, se colocan ramas flexibles entretrejidas entre sí y adheridas a la hilera de estacas base con la ayuda de alambre u otro material útil para unir la estructura, que deberá quedar empotrada por lo menos a 0.25 metros en las áreas laterales de la cárcava.



**Quinto paso.** Como el diseño de la presa de ramas se puede adaptar de acuerdo con el material disponible en cada lugar, la hilera de estacas base se puede constituir de una o dos líneas paralelas. Este método tiene la ventaja de proporcionar mayor equilibrio a la estructura (Figura 59).



FIGURA 59. PRESA DE RAMAS CON DOBLE HILERA DE ESTACAS BASE

**Sexto paso.** Las presas de ramas deben tener una parte que funcione como vertedor, ubicada en el área donde se concentre la escorrentía, por lo general el centro. Esto sirve para evitar que las corrientes de agua impacten las paredes y afecten su funcionamiento (Figura 60).

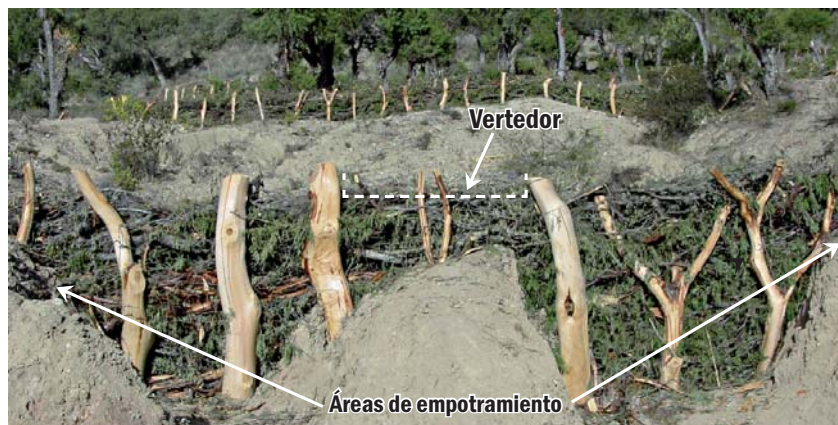


FIGURA 60. DISEÑO DE PRESA DE RAMAS EN CÁRCAVAS

**Séptimo paso.** También, es conveniente que la altura efectiva de las presas de ramas no sea mayor a un metro. Se aconseja utilizar el suelo extraído en la construcción de la zanja para compactar la base de la presa. Asimismo, los materiales a utilizar deben provenir de residuos de material muerto, aprovechamientos forestales, incendios o podas (Figura 61).

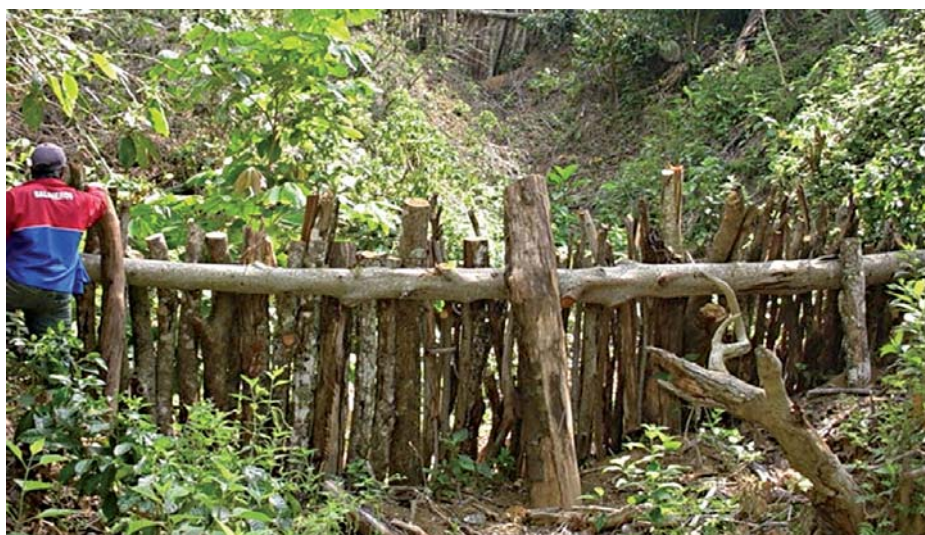


FIGURA 61. APROVECHAMIENTO DE RAMAS PRODUCTO DE PODAS

**Octavo paso.** Con la finalidad de evitar que el agua que se vierte abajo socave el fondo de la cárcava y derribe la presa, se recomienda construir un delantal con ramas, troncos, piedras u otro material acomodado en el fondo de la cárcava. Es también conveniente que se propicie el desarrollo de pastos o especies forestales en al área donde se hayan acumulado los sedimentos con la finalidad de estabilizar la cárcava con mayor éxito.

#### d) Recomendaciones

- Es conveniente integrar algunas prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, afine de taludes, presas de piedra acomodada, de morillos, reforestación, zanjas derivadoras de escorrentía, entre otras.
- También, se recomienda plantar especies vegetales fáciles de adaptar a cada región, sobre los sedimentos depositados aguas arriba de las presas, una vez estabilizada la cárcava.
- La altura total de la barrera de ramas no debe exceder de un metro.

#### e) Costos

Cuadro 8

Costos promedio para la construcción de presas de ramas				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Recolecta y distribución de material	Jornal	45	0.50	23
Limpia y excavación para empotramiento	Jornal	45	0.25	12
Conformación de presa	Jornal	45	0.30	14
Estacado y amarrado	Jornal	45	0.35	16
Alambre galvanizado 14	Kilogramo	18	0.50	9
				TOTAL \$ 74



Para estimar el costo anterior se consideraron presas de 2 metros de largo por 0.6 metros de alto y 0.2 metros de empotramiento, colocadas con 6 metros de distancia entre cada una.

El costo por presa es de \$74.00 y el metro lineal tiene un costo de \$32.50. Por lo tanto, si se construyen 16 presas en una hectárea el costo será de \$1,184.00.





# PRESAS

## Presa de piedra acomodada



FIGURA 62. PRESA DE DE PIEDRA ACOMODADA

Es una estructura construida con piedras acomodadas, que se coloca transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de la erosión en cárcavas (Figura 62).

## ¿Para qué sirve?

- Controlar la erosión en cárcavas.
- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Retener azolves.

## Beneficios

- Retiene suelo.
- Estabiliza lechos de cárcavas.
- Permite el flujo normal de escurrimientos superficiales.
- Incrementa la calidad del agua.

## a) Antecedentes

La construcción de presas de piedra acomodada ha sido una de las prácticas de conservación de suelos más utilizada para el control de azolves en cárcavas en las diferentes regiones del país, debido a la facilidad de su construcción y a la disponibilidad del material que requiere.

## b) Elementos de diseño

Para construir presas de piedra acomodada se deben identificar previamente los sitios donde se ubicarán, así como considerar la disponibilidad de piedra en dicha zona.

Las dimensiones de una presa de piedra acomodada dependen de la pendiente o grado de inclinación que presente la cárcava, así como de la profundidad y cantidad de escurrimientos superficiales.



La obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen, ya que son estructuras pequeñas. En promedio miden entre 1.2 metros y 2.5 metros de altura, por lo que, en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión, sólo se construirán hasta este límite. En cuanto a su ancho, de preferencia se deben ubicar en sitios no mayores de 7 metros.

Es conveniente asegurar que la estructura sea lo más resistente a volcaduras provocadas por las corrientes de agua que impactan las paredes, por lo que se recomienda fijar adecuadamente.

En la planeación de su construcción es importante considerar las partes de la presa (Figura 63).

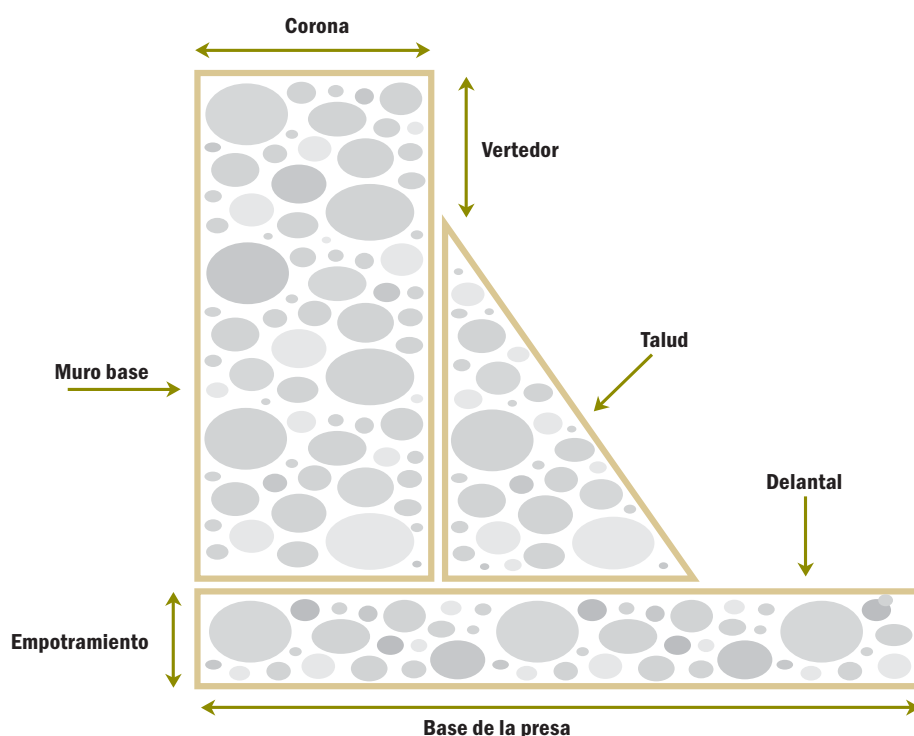


FIGURA 63. PARTES QUE CONSTITUYEN A UNA PRESA DE PIEDRA ACOMODADA

### c) Cimentación y empotramiento

Una actividad inicial en la construcción de presas de piedra es la excavación de una zanja en el fondo y partes laterales de la cárcava para obtener el empotramiento o cimentación. Dependiendo de las dimensiones de la presa se establece la profundidad de la zanja, la que se recomienda sea de un cuarto de la presa y con un ancho ligeramente mayor que el grosor de esta misma.

Se recomienda extremar medidas de seguridad en la construcción de estas presas cuando se trata de suelos de textura gruesa o arenosos o en aquellos donde se presenten grietas en sus taludes.

Ejemplo:

Si se construyen presas de piedra de 0.70 metros de grosor por 0.90 metros de alto, entonces las medidas de la zanja serán de 0.75 metros de ancho y 0.22 metros de profundidad por el ancho de la cárcava (Figura 64).



FIGURA 64. SECCIONES DE EXCAVACIÓN PARA EL EMPOTRAMIENTO DE LA PRESA EN UNA CÁRCAVA

Es conveniente que el fondo de la zanja esté bien nivelado para evitar deslizamientos del material y, durante el acomodo de piedras para la cimentación, se debe procurar que el material quede colocado lo más estable posible. Cuando se trata de “piedra bola”, se debe buscar el ángulo de reposo, es decir, la parte de mayor peso debe quedar hacia abajo.







FIGURA 65. COLOCACIÓN DE PIEDRAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA

#### d) Formación de la estructura

La construcción de la cortina consiste en el acomodo de piedras para formar una barrera o trinchera que servirá para controlar la erosión en cárcavas, así como para filtrar el agua de escurrimiento y retener azolves (Figura 65).

Los métodos de construcción dependen del tipo de piedra que se disponga. Si las piedras son tipo “laja” o planas sólo se acomodan unas sobre otras siguiendo las dimensiones iniciales para formar una barrera de la misma anchura y con paredes rectas y estables. En cambio, si se cuenta con piedra “bola” o redondeada se recomienda manejarla de acuerdo con su forma, es decir, colocar la parte de mayor peso hacia abajo (como se encuentran de manera natural en el suelo).

Se debe preferir roca o piedra que tenga mayor peso y dureza, pero también es posible aprovechar otros materiales disponibles (Figura 66).



FIGURA 66. PRESA DE PIEDRA ACOMODADA, CONSTRUIDA CON ROCA CALIZA

No es conveniente usar rocas que se desintegren o desmoronen fácilmente y sean de bajo peso, debido a que pueden ocasionar la destrucción de la presa, el arrastre de material y el mal funcionamiento de la obra.

Con el fin de lograr que la barrera retenga la mayor cantidad de sedimentos y funcione como presa filtrante, se debe procurar que entre las piedras acomodadas no queden espacios grandes y que sean cubiertos con piedras pequeñas (Figura 67).



FIGURA 67. PRESA FILTRANTE

**Primer paso.** La primera etapa en la formación de la estructura es la construcción de un muro o trinchera de 0.75 a un metro de ancho en promedio, que se extiende a lo ancho de la cárcava abarcando los taludes laterales excavados para el empotramiento.

**Segundo paso.** Durante la construcción del muro base, se debe formar el vertedor, el cual es una sección rectangular o cóncavo sin piedras que sirve para encauzar el paso de los volúmenes de agua. Puede consistir de una sección más baja que el resto de la presa ubicada en la parte central de la estructura o ligeramente a un costado de ella, por donde pase la corriente principal (Figura 68).

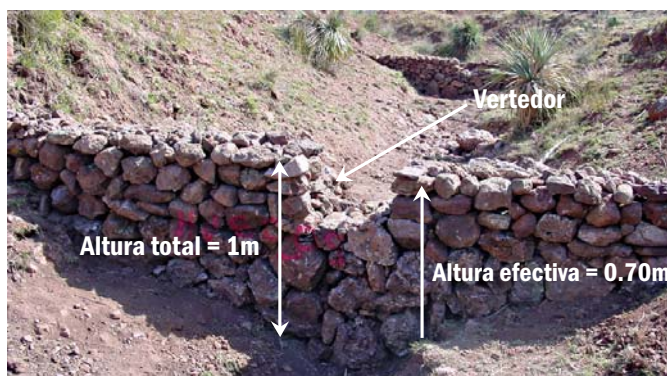


FIGURA 68. DISEÑO DEL VERTEDOR EN UNA PRESA DE PIEDRA ACOMODADA







FIGURA 69. VISTA LATERAL DE UNA PRESA DE PIEDRA ACOMODADA

**Tercer paso.** Luego se forma el talud, con el fin de dar mayor resistencia a la estructura ante la fuerza de las corrientes que impactan en las paredes de la presa. Existen diseños de presas de piedra acomodada con dos taludes: uno, aguas arriba y otro en aguas abajo. Sin embargo, se ha observado que con un talud aguas abajo las presas funcionan adecuadamente y se reducen costos en mano de obra y material (Figuras 69 y 70).



FIGURA 70. FORMACIÓN DEL DELANTAL

**Cuarto paso.** Para proteger el fondo de la cárcava de la erosión hídrica provocada por la caída del agua que pasa por el vertedor y mantener la estabilidad de la presa, se recomienda construir un delantal con piedra acomodada aguas abajo.



FIGURA 71. ESPACIAMIENTO PIE-CABEZA ENTRE PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA

## e) Espaciamiento

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva de la presa y la pendiente de la cárcava. Por lo general, se recomienda construir una presa con separación pie-cabeza (Figura 71).

La fórmula para estimar el espaciamiento entre presas es la siguiente:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E = espaciamiento entre presas (m).

H = altura efectiva de la presa (m).

P = pendiente de la cárcava (%).

La distribución de presas de piedra depende de las características topográficas que presente el terreno, del tipo de suelo, pendiente y grado de erosión que se encuentre en el sitio donde se aplicará la práctica.

La separación entre presas de piedra acomodada de un metro de altura es de 10 metros en cárcavas que presentan 10% de pendiente (Figura 72).



FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA

La distribución espacial calculada no se debe aplicar estrictamente con las medidas estimadas, ya que en campo se deben localizar los sitios más apropiados para su construcción y en algunos casos se debe recorrer la presa a un lugar más angosto, recto o en donde capte la mayor cantidad de azolves.





Las presas de piedra acomodada se pueden utilizar tanto en regiones tropicales como en zonas áridas, para la retención de azolves ocasionados por la erosión hídrica (Figura 73).



FIGURA 73. RETENCIÓN DE AZOLVES EN UNA PRESA DE PIEDRA ACOMODADA



FIGURA 74. FILTRACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA

La cantidad y calidad del agua de lluvia superficial en las microcuencas no se ven afectadas por la construcción de presas de piedra acomodada, ya que su diseño permite el paso del agua sin sedimentos (Figura 74).

## f) Recomendaciones

- El control de cárcavas se debe iniciar por la parte alta de las cuencas, donde inicia.
- Las presas de piedra acomodada se recomiendan en cárcavas con pendientes máximas de 35%.
- La altura total de la estructura no debe exceder 2.5 metros de altura total.

- La piedra que se utilice debe proceder de bancos de piedra o que afloren en la superficie y no de lugares que presenten problemas de erosión por la extracción del material.
- Es conveniente plantar especies forestales o pastos en los terraplenes que se van formando con la acumulación de sedimentos, una vez que se hayan estabilizado.
- Los resultados de la aplicación son más efectivos si se integran otras prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, afine de taludes, reforestación, zanjas derivadoras de escorrentía, terrazas, protección de caminos, entre otras.

## g) Costos

Cuadro 9

Costos promedio para la construcción de presas de piedra acomodada, por metro cúbico				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Medición de pendientes y ubicación de presas	Jornal	45	0.10	5
Limpieza, trazo, nivelación y retiro de material	Jornal	45	0.25	11
Excavación para cimentación	Jornal	45	0.50	23
Excavación para empotramiento	Jornal	45	0.50	23
Acomodo de piedra	Jornal	45	3.00	135
Pepena	Jornal	45	2.50	113
Acarreo	Jornal	45	2.50	113
TOTAL \$				423

El costo promedio para la construcción de presas de piedra acomodada es de \$423.00 por metro cúbico.



# PRESAS

## Presa de geocostales



FIGURA 75. PRESA DE GEOCOSTALES

Es una estructura de geocostales (geotextiles rellenos con suelo) que se ordena en forma de barrera o trinchera y se coloca en contra de la pendiente, para el control de la erosión en cárcavas (Figura 75).



## ¿Para qué sirve?

- Controlar la erosión hídrica.
- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Detener azolves.
- Filtrar agua.

## Beneficios

- Estabiliza el fondo de cárcavas a corto plazo.
- Favorece la acumulación de sedimentos.
- Protege obras de infraestructura rural.

## a) Elementos de diseño

El diseño de presas con geocostales debe partir de la localización y medición de cárcavas pequeñas, conseguir los materiales para la construcción de la presa (geocostales), construir zanja para el empotramiento, formar la barrera de geocostales y calcular espaciamiento entre presas.

## b) Localización y medición de cárcavas

Las presas de geocostales se recomiendan para el control de la erosión en cárcavas menores de un metro de profundidad, con pendientes máximas de 35%, donde el escurrimiento superficial no es de gran volumen.

Es conveniente calcular la profundidad y el ancho de las cárcavas o barrancas para estimar la cantidad de geocostales que se requerirán en la construcción de la presa. Las medidas de cada geocostal son de 50





centímetros de ancho x 75 centímetros de altura (Figura 76). Por ello, para formar un metro cúbico se requieren 20 geocostales.

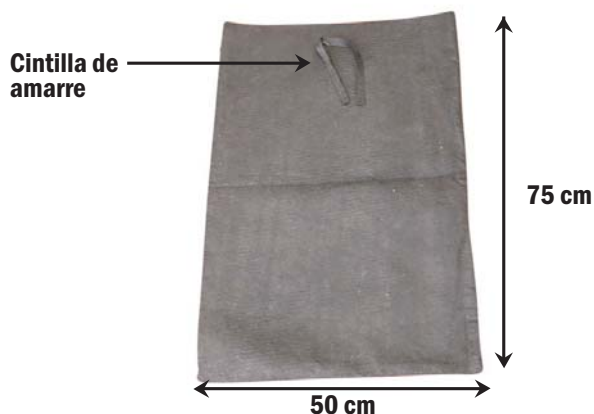


FIGURA 76. DIMENSIONES PROMEDIO DE LOS GEOCOSTALES UTILIZADOS EN LAS PRESAS PARA EL CONTROL DE AZOLVES

### **c) Materiales (geocostales)**

Los geocostales se pueden adquirir con empresas comercializadoras de productos agrícolas o directamente con fabricantes de geotextiles. Dentro de las características favorables que poseen estos materiales destacan:

- Su fabricación con fibras de polipropileno, las cuales forman un arreglo estable.
- Son permeables, resistentes a ácidos y álcalis que se encuentran de manera natural en el suelo, a la acción de los rayos ultravioletas y a la intemperie.
- Disponen de una cintilla de amarre en la boca del geocostal para cerrarlos con seguridad.
- La apertura de la malla (0.212 milímetros = malla núm. 70) de los geocostales permite el crecimiento de vegetación inducida (siembra de pastos) o natural que posteriormente se integra al paisaje y le da mayor estabilidad a la estructura.

#### d) Empotramiento

En cárcavas con pendientes de 10% a 35%, es conveniente construir una zanja de 1.5 metros de ancho x 0.25 veces la altura a la corona, en forma transversal, para insertar en ella la primeras hileras de costales base. El suelo extraído en la construcción de la zanja se puede utilizar para llenar los geocostales (Figura 77).



FIGURA 77. LLENADO DE LOS GEOCOSTALES CON TIERRA EXTRAÍDA DE LA ZANJA

#### e) Proceso de construcción

**Primer paso.** La construcción consiste en acomodar costales llenos de tierra para formar una barrera o trinchera transversal a la cárcava que se quiere estabilizar.

**Segundo paso.** Durante este proceso, es conveniente colocar los costales llenos de tierra en forma intercalada para lograr mayor estabilidad en la estructura (Figura 78). Para lograr mayor eficiencia en la obra, es conveniente que la altura efectiva de las presas de geocostales no exceda de 1.5 metros.



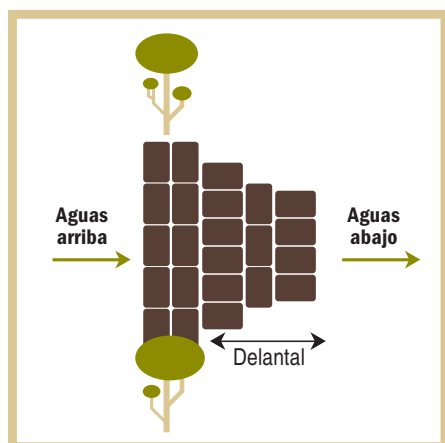


FIGURA 78. DISEÑO DE PRESA DE GEOCOSTALES CON DELANTAL

**Tercer paso.** Es necesario crear un vertedor en el centro de la barrera, con el fin de evitar que las corrientes de agua que llegan a la presa impacten en las paredes de la cárcava, la socaven y provoquen desequilibrio o mal funcionamiento de la obra. La construcción del vertedor se diseña con los mismos geocostales durante la formación de la barrera (Figura 79).



FIGURA 79. PRESA DE GEOCOSTALES CON VERTEDOR EN UNA CÁRCAVA

**Cuarto paso.** Otro aspecto importante a considerar es la construcción de un delantal o estructura de protección en el fondo de la cárcava aguas abajo; esto ayudará a que las crecientes de agua que atraviesan por la presa no tengan caída directa en el fondo de la cárcava y proporcionen mayor estabilidad a la obra (Figura 80).



FIGURA 80. PRESA DE GEOCOSTALES

**Quinto paso.** La siembra o plantación de especies vegetales sobre los sedimentos acumulados aguas arriba, además de la vegetación natural que aparecerá sobre el material de la presa, ayudarán a estabilizar la cárcava en menor tiempo.

## f) Espaciamiento

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva y la pendiente de la cárcava (Figura 81). La fórmula que se utiliza para estimar la distancia entre presas es la siguiente:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E = espaciamiento entre presas (m).

H = altura efectiva de la presa (m).

P = pendiente de la cárcava (%).





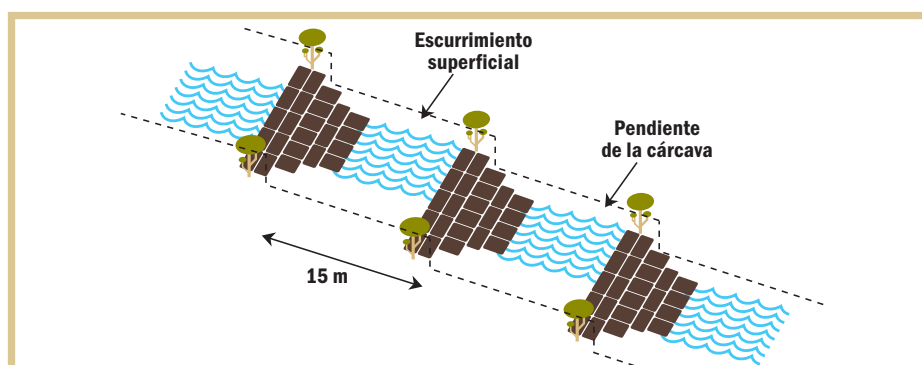


FIGURA 81. ESPACIAMIENTO DE PRESAS DE GEOCOSTALES CON UN METRO DE ALTURA Y 10% DE PENDIENTE

Las distancias entre presas de geocostales se pueden ajustar de acuerdo con las condiciones de cada lugar (tipo de suelo, cantidad y velocidad del escurrimiento, entre otros), así como con la aplicación de otras prácticas de protección, conservación y restauración de suelos que se integren en el área donde se ubique la obra.



FIGURA 82. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRESAS DE GEOCOSTALES EN UNA CÁRCAVA

### g) Recomendaciones

- La construcción de presas de geocostales se recomienda para el control de la erosión en cárcavas que presentan de 5% a 35% de pendiente (Figura 82).
- Además de realizar este tipo de obra, es conveniente integrar otras prácticas de conservación de suelos, como el afine de taludes, cabeceo de cárcavas, reforestación, presas de piedra acomodada, presas de rama, zanjas derivadoras de escorrentía, entre otras.

## h) Costos

Cuadro 10

Costos promedio para la construcción de las presas geocostales				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	NÚMERO DE JORNALES	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Medición de pendientes y ubicación de cárcavas	Jornal	45	0.10	5
Limpieza trazo, nivelación y retiro de material	Jornal	45	0.25	11
Excavación para cimentación y empotramiento	Jornal	45	0.50	23
Excavación para llenado de geocostales	Jornal	45	0.75	34
Llenado y acomodo de los geocostales	Jornal	45	2.00	90
Geocostales	Pieza	13.3	20.00	266
TOTAL \$				429

Cabe aclarar que estos costos están calculados por metro cúbico, por lo que el costo total dependerá del tamaño de la presa y el número de presas que se va a construir



# PRESAS

## Presa de llantas



FIGURA 83. PRESA DE LLANTAS

Es una barrera o trinchera para el control de azolves, que se forma con llantas de desecho y se coloca de manera transversal al flujo de la corriente de las cárcavas (Figura 83).

## **¿Para qué sirve?**

- Controlar erosión.
- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Detener azolves.

## **Beneficios**

- Reduce la erosión hídrica.
- Estabiliza el fondo de cárcavas.
- Favorece la acumulación de sedimentos para el establecimiento de especies vegetales.
- Para su construcción, se utiliza material durable y de bajo costo.

## **a) Elementos de diseño**

Las presas de llantas se recomiendan para el control de cárcavas pequeñas con pendientes máximas de 20%, su altura no debe ser mayor a 1.5 metros y el escurrimiento superficial de la cuenca no debe ser de gran volumen.

Es importante ubicar los sitios donde se construirán las presas para estimar las dimensiones de las cárcavas y calcular los volúmenes de material que se requieren.

## **b) Cimentación o empotramiento**

Cuando las cárcavas presenten pendientes de 10% a 20%, es conveniente construir una zanja transversal a la cárcava para insertar en ella llantas que servirán como base de la estructura.





El tamaño de la zanja dependerá de las medidas de llanta que se disponga, así como de la dimensión de las cárcavas: si éstas son de 2 metros de ancho, la zanja se construirá aproximadamente de 2 metros de largo, la profundidad será 0.25 veces la altura de la presa y el ancho necesario que permita el acomodo de dos hileras de llantas.

### c) Proceso de construcción

**Primer paso.** La construcción de la presa consiste en acomodar, en forma de barrera, llantas de desecho rellenas de tierra (para lograr mayor resistencia), colocadas en contra del flujo de la escorrentía. Es conveniente que las partes laterales de la estructura queden insertadas en los taludes laterales y fondo de la cárcava.

**Segundo paso.** Al formar el muro en cárcavas mayores a 2 metros de ancho, se recomienda colocar dos hileras de llantas; si son menores a 2 metros y con inclinación moderada, funcionan adecuadamente si se forman con una sola hilera (Figura 84).



FIGURA 84. EMPOTRAMIENTO Y FORMACIÓN DE LA PRESA CON UNA HILERA DE LLANTAS

**Tercer paso.** En regiones tropicales donde se presentan suelos arcillosos se recomienda además colocar estacas entre las llantas para evitar deslizamientos y mal funcionamiento (Figura 85).



FIGURA 85. ACOMODO DE LAS LLANTAS EN LA FORMACIÓN DE LA PRESA

**Cuarto paso.** Debido a que las corrientes de agua impactan directamente contra las paredes de la presa y ocasionan desequilibrio o destrucción de la estructura, se recomienda formar el vertedor entre las mismas llantas para encauzar el paso del flujo (Figura 86).



FIGURA 86. FORMACIÓN DEL VERTEDOR EN UNA PRESA DE LLANTAS

#### **d) Delantal**

Una actividad importante que debe considerarse en el diseño de la presa de llantas es la elaboración de un delantal o estructura de protección, mismo que deberá colocarse en el fondo de la cárcava, aguas abajo, con el objetivo de amortiguar el impacto del agua que llega al fondo de ésta y evitar deslizamientos o destrucción de la barrera.

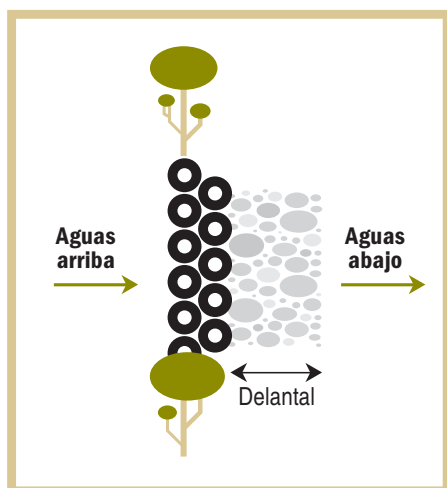


FIGURA 87. DISEÑO DEL DELANTAL EN UNA PRESA DE LLANTAS

El delantal se puede construir con piedras u otro material disponible, cuidando que quede fijo en el fondo de la cárcava y no sea arrastrado fácilmente por la corriente que cruza por la presa (Figura 87).

Para lograr el buen funcionamiento de la obra es conveniente que la altura efectiva de la presa no exceda los 1.5 metros. Si se dispone de material vegetal muerto como ramas o troncos,

producto de incendios, podas o aprovechamientos forestales en la zona donde se realizan las obras, se puede emplear para rellenar el fondo de las cárcavas. Se recomienda establecer especies forestales en el área de retención de azolves, aguas arriba de la presa, cuando se haya colectado el total de azolves (Figura 88).



FIGURA 88. SERIE DE PRESAS DE LLANTAS PARA CONTROLAR LA EROSIÓN EN UNA CÁRCAVA

## e) Espaciamiento

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva (del nivel del suelo a donde inicia el vertedor) y la pendiente (inclinación) de la cárcava. La fórmula utilizada para estimar la distancia entre presas es la siguiente:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E = espaciamiento entre presas (m).

H = altura efectiva de la presa (m).

P = pendiente de la cárcava (%).

A medida que la pendiente o inclinación de la cárcava sea mayor, la distancia entre presas de llantas será menor.

Utilizando la fórmula anterior, en cárcavas que presentan 15% de pendiente en promedio y una altura de 1 metro, el espaciamiento sería de 6.6 metros (Figura 89).

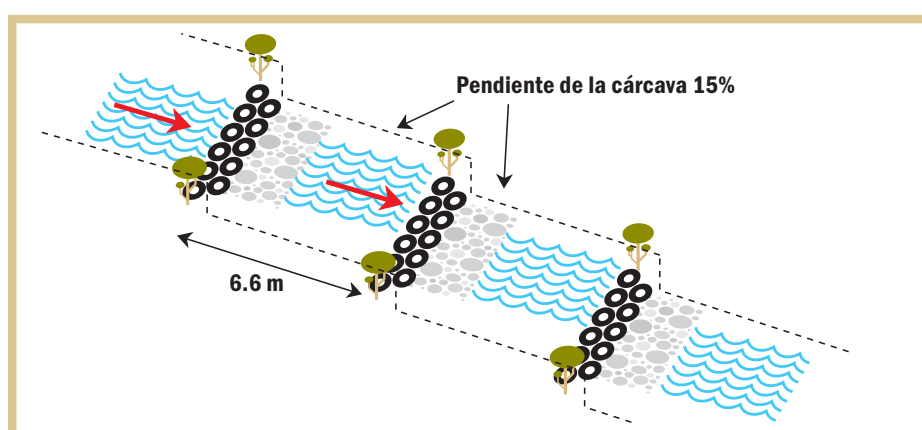


FIGURA 89. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRESAS DE LLANTAS EN UNA CÁRCAVA





## **f) Recomendación**

---

Es conveniente combinar las presas de llantas con otras prácticas de conservación de suelos, como el afine de taludes, cabeceo de cárcavas, reforestación, presas de piedra acomodada, presas de ramas, zanjas derivadoras de escorrentía y mantenimiento de brechas forestales, entre otras.

## **g) Costos**

---

A continuación, se describen los principales costos que se deben considerar en la construcción de presas de llantas. Se ejemplificará con estructuras de un metro de altura, un metro de largo y una hilera de llantas.



Cuadro 11

Costos promedio para la construcción de presas de llantas				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	NÚMERO DE JORNALES	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Medición de pendientes y ubicación de presas	Jornal	45	0.10	5
Limpieza, trazo, nivelación y retiro de material	Jornal	45	0.25	11
Excavación para cimentación	Jornal	45	0.25	11
Excavación para empotramiento	Jornal	45	0.25	11
Acomodo de llantas y llenado	Jornal	45	2.00	90
Colocación de estacas y compactación de suelo	Jornal	45	2.50	113
Alambre galvanizado calibre 14	Kilogramo	18	2.50	45
Acarreo	Jornal	45	1.00	45
				TOTAL \$ 331

Hay que tomar en cuenta que las llantas son material de desecho y no tienen costo.



# PRESAS

## Presa de mampostería



FIGURA 90. PRESA DE MAMPOSTERÍA

Es una estructura de piedra, arena y cemento, que se construye perpendicular a las cárcavas, controla la velocidad de escurrimiento al formar un escalón que reduce la erosión hídrica y almacena agua (Figura 90).



## ¿Para qué sirve?

- Reducir la velocidad de los escurrimientos en las cárcavas.
- Retener azolves.
- Almacenar agua.

## Beneficios

- Retiene azolves.
- Reduce la pendiente media de la cárcava.
- El agua que se almacena puede tener diversos aprovechamientos para poblaciones rurales.

## a) Elementos de diseño

Para realizar el diseño de una presa de mampostería es necesario ubicar previamente el lugar donde se va a construir, determinar el área de la cuenca que lo alimenta, estimar o cuantificar el escurrimiento máximo, así como caracterizar la cárcava en cuestión tomando en cuenta su ancho, profundidad y tipo de suelo.

La profundidad de la cárcava es una característica importante, porque a partir de ella se determina la altura de la presa. Por lo general, las presas de mampostería se construyen con la finalidad de cubrir la totalidad de la profundidad de la cárcava.

Existen dos factores fundamentales para asegurar el éxito de la presa: el empotramiento y el tamaño de la base.





## b) Empotramiento

El empotramiento consiste en excavar una zanja perpendicular al flujo de la cárcava y extenderla hasta las taludes de la misma, con la finalidad de asentar la obra más allá del nivel original de la cárcava y con esto evitar posibles franqueamientos (Figuras 91 y 92).

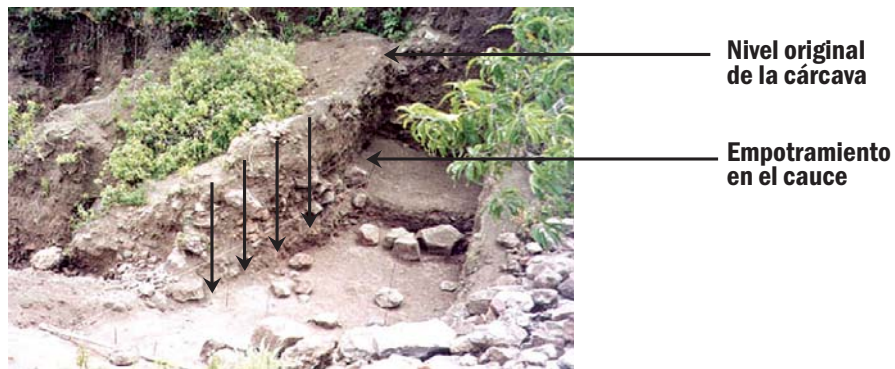


FIGURA 91. EMPOTRAMIENTO EN EL CAUCE

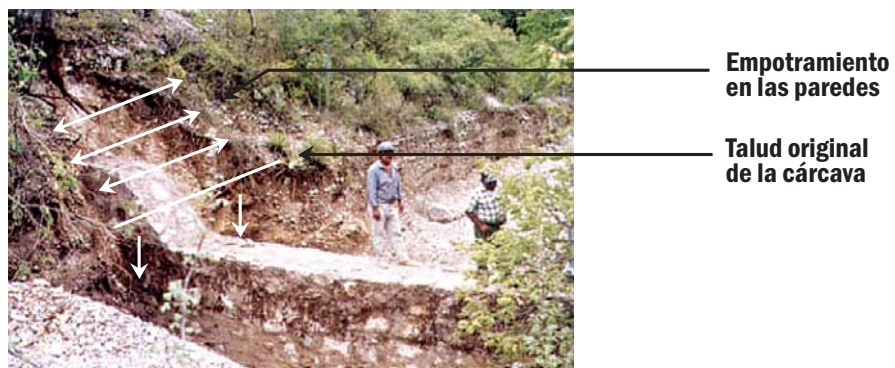


FIGURA 92. EMPOTRAMIENTO EN LAS PAREDES DEL CAUCE

La profundidad del empotramiento recomendable es de 0.6 metros en terrenos sueltos y de 0.2 metros a 0.6 metros en terrenos consolidados.

Durante la construcción del empotramiento, se recomienda plantar dos bases de anclaje a los extremos de la base (dentellones o zapatas), colocadas al inicio y al final de la misma (Figura 93). La profundidad del primero puede variar desde 0.6 metros hasta un metro, dependiendo del tamaño de la presa; la del segundo se establece dividiendo la anterior entre dos.

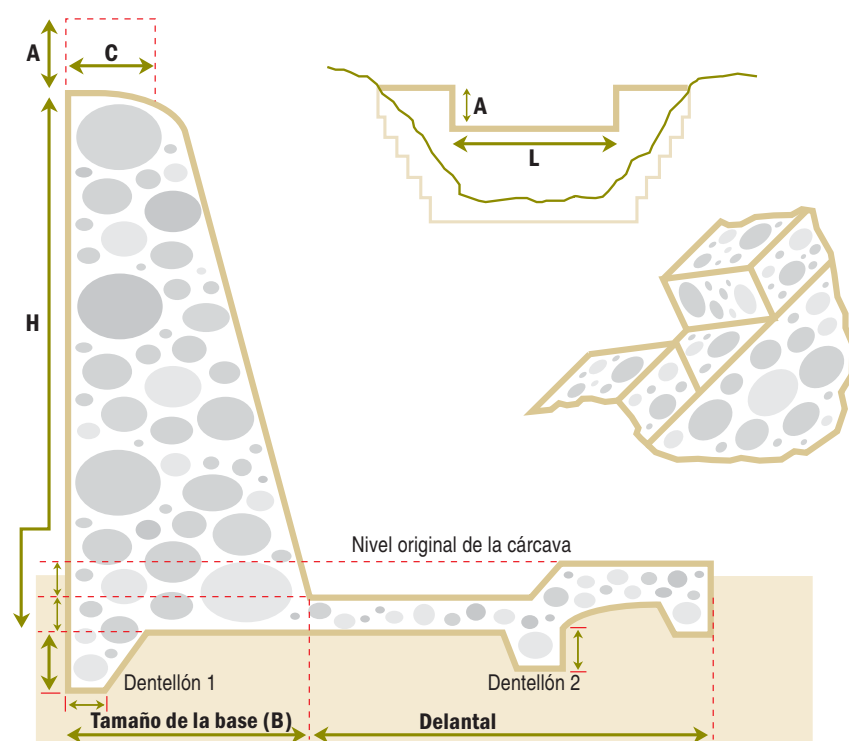


FIGURA 93. DISTINTOS PERFILES DE UNA PRESA DE MAMPOSTERÍA

### c) Tamaño de la base

El tamaño de la base está relacionado con la estabilidad de la presa en el sentido de que tiene la función de evitar que el agua la socave o la derribe. Estas presas están catalogadas como de gravedad, ya que es su peso el que les permite mantenerse en pie.



Partiendo de esto, se calcula el área y el peso de la estructura para evaluar si el peso y su diseño son capaces de soportar la fuerza de empuje a la que se va a someter la obra. Para comprender este aspecto, hay que estudiar la Figura 94.

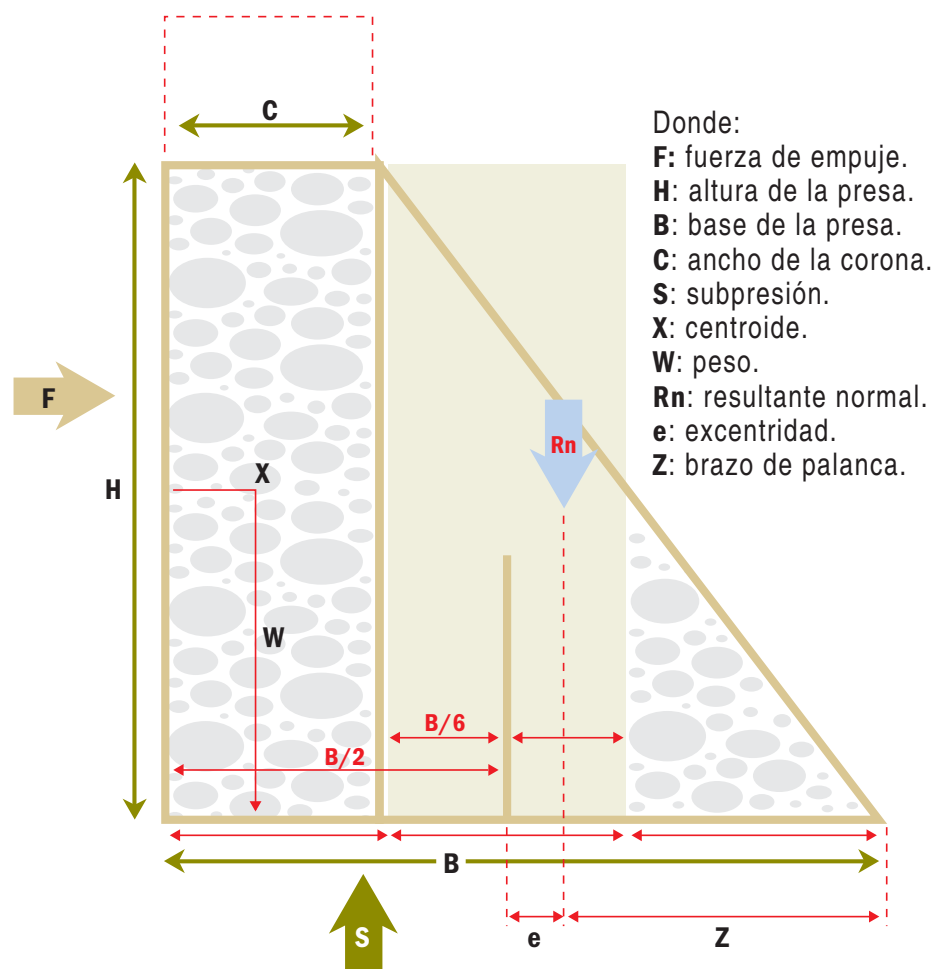




FIGURA 94. FUERZAS Y DIMENSIONES DE UNA PRESA DE MAMPOSTERÍA

Con base en la Figura 94, se debe desarrollar la metodología contenida en el siguiente cuadro:

Cuadro 12

Centros de gravedad y área			
FIGURA	CENTRO DE GRAVEDAD (X)	ÁREA (A)	XA
	$\frac{C}{2}$	CH	$C^2H$
	$\frac{(B-C)}{3} + C$	$(B-C) \frac{H}{2}$	
		$\Sigma A$	$\Sigma XA$

A partir de este cuadro, se puede obtener el centro de gravedad utilizando la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\Sigma XA}{\Sigma A}$$

Y posteriormente el peso (W):

$$W = \gamma_m \Sigma A$$

Donde:

$\gamma_m$  = densidad de la mampostería.

La densidad de la mampostería depende en gran medida del tipo de roca con la que se construya la presa. El rango de variación va de 2,300 a 2,900 kilogramos / metro cúbico (basaltos vesiculares o tobas a granito o basalto). Asimismo, la fuerza de empuje de los sedimentos se calcula con:

$$F = \gamma_{az} \frac{H^2}{2}$$





Donde:

$\gamma_{az}$  = densidad de los sedimentos (se considera que la densidad de los sedimentos puede variar desde 1,100 a 1,400 kilogramos / metro cúbico).

H = altura de la presa (m).

La subpresión del agua está dada por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{K \gamma_w H B}{2}$$

Donde:

K = coeficiente de subpresión determinado por el material sobre el que se va a asentar la presa (K = 0 para roca; K = 1/3, K = 1/2 y K = 2/3 para arena).

B = tamaño de la base (m).

La resultante normal se calcula a partir de:

$$R_n = W - S$$

Donde:

W = peso.

S = subpresión.

Y el espaciamiento Z se calcula con la fórmula:

$$Z = \frac{W(B - X) - F\left(\frac{H}{3}\right) - S\left(2\frac{B}{3}\right)}{R_n}$$

Donde:

X = centroide de la presa.

W = peso.

B = tamaño de la base.

F = fuerza de empuje.

H = altura de la presa.

S = subpresión.

Rn = resultante normal.

A partir de Z, se puede calcular la excentricidad de la presa utilizando la siguiente fórmula:

$$e = \frac{B}{2} - Z$$

Donde:

B = tamaño de la base.

Para finalmente calcular R a través de:

$$R = 600 \frac{e}{B}$$

Donde:

B = tamaño de la base.

e = excentricidad de la presa.

A este procedimiento también se le conoce como cálculo por tanteo, ya que en él se supone una base inicial y se desarrolla el procedimiento hasta obtener una R que se aproxime a 90%.

Si la R es mayor a 90%, es necesario aumentar el tamaño de la base y desarrollar nuevamente los cálculos anteriores; si la R es menor de 90%, hay que reducir el tamaño de la base.

Posterior a la determinación de la altura de la presa y el tamaño de la base, es necesario calcular las dimensiones del vertedor. Éste se calcula en función del escurrimiento máximo por evento estimado para un periodo de retorno de diez años y se usa la siguiente fórmula:

$$Q = 1.75 L A^{3/2}$$



Donde:

$Q$  = volumen máximo de descarga ( $m^3/seg$ ).

1.75 = coeficiente del vertedor.

$L$  = longitud efectiva del vertedor (m).

$A$  = carga sobre la cresta del vertedor (m).

Hasta este punto, se ha mencionado cómo determinar la profundidad del empotramiento, la corona, la altura de la presa, el tamaño de la base; sólo queda calcular el tamaño del delantal.

Para el delantal se requiere de un cálculo que debe tomar en cuenta varios supuestos, por lo que, para facilitarlo, se considera una tercera parte de la altura de la presa.



FIGURA 95. TRAZO DEL EMPOTRAMIENTO

#### d) Proceso de construcción

Después de haber cumplido con los requerimientos mínimos de diseño para una presa de mampostería se puede comenzar a construir siguiendo los pasos que a continuación se describen:

**Primer paso.** Se realiza el trazo de empotramiento, que consiste en marcar, con cal o pintura, el área a excavar para el empotramiento (Figura 95).

**Segundo paso.** La excavación del empotramiento y el delantal se realiza para impedir que el agua y los sedimentos flanqueen la estructura y evitar socavaciones que pongan en peligro la obra.

**Tercer paso.** Se realiza el transporte de materiales, que incluye la piedra, la arena o el cemento, dentro de los costos.

**Cuarto paso.** Se procede a la conformación del empotramiento, la base y el delantal según se muestra en la imagen (Figura 96).

**Quinto paso.** Se construyen las paredes y el vertedor. Para las paredes se debe seguir con la misma forma con que se construyó la base. Al final, se le da forma el vertedor (Figura 97).



FIGURA 96. CONFORMACIÓN DEL EMPOTRAMIENTO Y LA BASE

## e) Recomendaciones

Los costos de una presa de mampostería indican que son obras de carácter permanente, por lo que se debe asegurar, antes de iniciar su construcción, que el tiempo útil de esta obra sea el mayor posible.



FIGURA 97. PAREDES DE LA PRESA Y EL VERTEDOR





No se debe perder de vista que las presas de mampostería por lo general se construyen al final del control de los escurrimientos y azolves y después de una cárcava–cabeceo de la cárcava, presas de ramas, de morillos, de piedra acomodada, de gaviones u otro.

Una característica que se asegura con estas acciones previas es la calidad del agua, ya que se puede almacenar en la presa en cuanto a sedimentos totales y en suspensión, pues éstos se retienen en la serie de presas antecesoras a la presa de mampostería o almacenamiento. De lo contrario, se corre el riesgo que la inversión realizada en la construcción de esta obra se esfume en un lapso no mayor a la temporada de lluvia, dependiendo de la cantidad de sedimentos que acompañen a los escurrimientos.

Otra cuestión importante a considerar es la ubicación más adecuada de la presa, para maximizar el vaso de captación que se quiere generar, por lo que se ha de recorrer la cárcava en busca del sitio en donde se genere el vaso de captación más amplio.



## f) Costos

En el siguiente cuadro, se muestran los conceptos y costos mínimos que se deben considerar en la construcción de presas de mampostería. Como base para su cálculo se estimaron a partir de una presa de 30 metros cúbicos.

Cuadro 13

Costos promedio para una presa de mampostería, por metro cúbico				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	NÚMERO DE JORNALES	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Ubicación, limpia y trazo	Jornal	45	0.20	9
Excavación para desplante de cortina	Jornal	45	0.40	18
Construcción de cimentación, cortina empotramiento de mampostería	Jornal	45	5.00	225
Excavación para desplante de colchón	Jornal	45	0.10	5
Construcción de colchón	Jornal	45	1.00	45
Pepena de piedra	Jornal	45	2.00	90
Acarreo	Jornal	45	2.00	90
<b>Subtotal</b>				482
Cemento	Tonelada	1600	0.25	400
Arena	Metro cúbico	80	0.47	38
Agua	Metro cúbico	15	0.13	2
<b>TOTAL \$ 922</b>				

El costo por metro cúbico de presa de mampostería requiere de 10.70 jornales, lo que corresponde a \$428.00. Además, se requieren los siguientes materiales: cemento (\$400.00), arena (\$37.60) y agua (\$1.95), cuyo costo requerido es de \$439.55. Así, por metro cúbico el costo total es de \$922.00.



# PRESAS

## Presa de gaviones



FIGURA 98. PRESA DE GAVIONES

Es una estructura que consiste en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre de triple torsión, rellena de piedras. Este tipo de presa es de bajo costo y larga duración. Sirve como protección contra la erosión y, por sus dimensiones, puede variar dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas con alturas mayores de 2 metros (Figura 98).



## ¿Para qué sirve?

- Reducir la erosión hídrica.
- Disminuir la velocidad del escurrimiento y su poder erosivo.
- Evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas.
- Retener y favorecer la filtración de agua de lluvia.

## Beneficios

- Retiene azolves y evita que suelos infértiles se depositen sobre terrenos fértiles.
- Evita el azolvamiento de los vasos de almacenamiento, canales y otras obras hidráulicas.
- Estabiliza el fondo de la cárcava.
- Favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos.

## a) Elementos de diseño

El diseño de las presas depende del objetivo para el cual se realicen. En este caso, simplemente es un tratamiento para estabilizar y evitar el crecimiento de las cárcavas, aunado a una retención e infiltración de agua.

Las presas de gaviones por lo general se utilizan en cárcavas con dimensiones mayores a los 2 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad o más. Estas presas no se recomiendan en cárcavas con dimensiones menores, por su alto costo, además de requerir un cálculo de ingeniería específico.





Cabe señalar que si se realiza un buen diseño y construcción, tienen una alta eficiencia y durabilidad (mayor a cinco años), por lo que se consideran de tipo permanente, además de ser flexibles y permeables. En caso de que exista una falla geológica, pueden sufrir deformaciones sin perder eficiencia; permiten el flujo normal del agua, reteniendo azolves, y debido a que los cajones de gaviones forman una sola estructura tienen mayor resistencia al volteo y al deslizamiento (Figura 99).

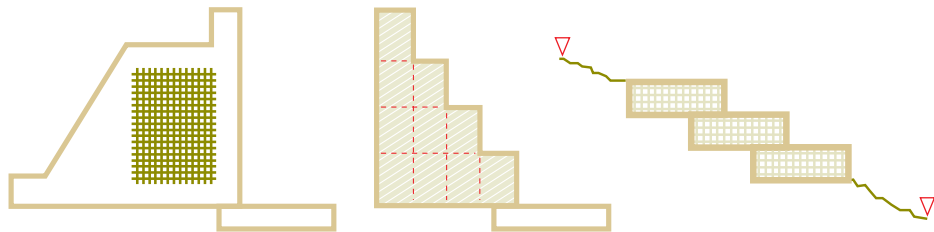


FIGURA 99. MÓDULOS DE UNA PRESA DE GAVIONES

En el diseño de las presas es necesario dimensionarlas hidráulica y estructuralmente en cuanto a su altura, espaciamiento, empotramiento, vertedor y colchón hidráulico.



FIGURA 100. ALTURA EN EL DISEÑO DE UNA PRESA DE GAVIONES

## b) Altura

La altura efectiva de la presa se debe calcular con respecto al vertedor. Por lo tanto, se debe considerar la profundidad de la cárcava para no sobrepasarla al colocar los gaviones que formarán el vertedor, para lo que se debe considerar el tamaño de los mismos (Figura 100).

### c) Espaciamiento

El espaciamiento entre las presas depende de la pendiente de la cárcava. Si se requiere estabilizar la cárcava, las presas se colocarán con el criterio de “doble espaciamiento” y no como en ocasiones que se realizan bajo el criterio “pie-cabeza”, lo cual, por su alto costo y durabilidad, generaría gastos innecesarios.

Considerando que por los sedimentos retenidos por la presa presentan una pendiente, que varía de acuerdo con el material sedimentado y la pendiente de la cárcava, el distanciamiento puede ser bajo el criterio “pie-cabeza”. Para arenas gruesas mezcladas con grava, la pendiente es de 2%; para sedimentos de textura media de 1%, y para sedimentos finos limosos arcillosos de 0.5%. De esta forma, el espaciamiento entre presas sería igual a:

$$E = (H / P_c - P_s) 100$$

Donde:

E = distancia entre dos presas consecutivas (m).

H = altura efectiva de la presa (m) (al vertedor).

$P_c$  = pendiente de la cárcava (%).

$P_s$  = pendiente estable del sedimento, varía entre 0.5 y 2%.

En caso de que la pendiente de los sedimentos sea muy baja o nula, la fórmula que se debe utilizar es:

$$E = (H / P_c) 100$$



Una vez obtenido este dato, lo que aplica es colocar una presa sí y otra no, y a esto se refiere el criterio de doble espaciamiento (Figura 101).

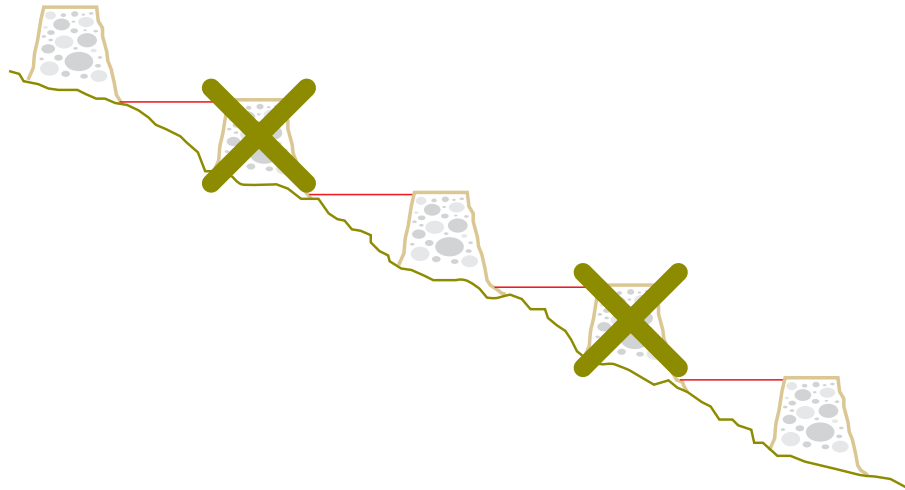


FIGURA 101. DOBLE ESPACIAMIENTO ENTRE PRESAS DE GAVIONES



FIGURA 102. CIMENTACIÓN Y EMPOTRAMIENTO DE LA PRESA

#### d) Cimentación

Es importante que se realicen la cimentación y el empotramiento de la presa tanto en el fondo de la cárcava como en las partes laterales, ya que esto impide que se flanquee la estructura y se socaven los taludes.

Cuando la presa es de dimensiones grandes (más de 3 metros de altura), el empotramiento se debe realizar hasta encontrar roca o piso firme; pero si es un suelo muy profundo, se recomienda hasta un metro como mínimo. En el caso de los taludes debe ser de un metro o más (Figura 102).

Para realizar la cimentación es necesario que se conozca el ancho de la base de la presa (Figura 103). Para ello, se requiere consultar los cálculos para el diseño de presas de mampostería, ya que emplea datos de equilibrio de fuerzas.



FIGURA 103. DIMENSIONES DE UNA PRESA DE GAVIONES

### e) Vertedor

El vertedor debe ser capaz de conducir el gasto máximo, ya que es el área que recibe un empuje considerable por el agua.

Por ello, se debe tener en cuenta el tamaño de la cuenca y el número de corrientes que confluyen.

La forma de determinar el escurrimiento máximo se reporta en el Capítulo 3. Sin embargo, de manera general se puede mencionar que la fórmula utilizada para vertedores rectangulares es:

$$Q = C L H^{3/2}$$

Donde:

Q = gasto máximo ( $m^3 / s$ ).

C = coeficiente de descarga.

L = longitud del vertedor (m).

H = carga hidráulica (m).





Con fines prácticos, se puede considerar que dependiendo del tamaño de la presa será el alto del vertedor. Se recomienda de 0.50 metros para presas menores de 4 metros de alto y de un metro para presas mayores de 4 metros de alto; todos, por un tercio del largo de la presa (Figura 104).



FIGURA 104. DIMENSIONES DEL VERTECTOR EN UNA PRESA DE GAVIONES

#### f) Delantal o colchón hidráulico

El delantal protege la caída del agua del vertedor hacia la cárcava. En el caso de las presas de gaviones, el delantal puede estar conformado por una hilera de estos en el fondo de la cárcava (Figura 105).



FIGURA 105. DELANTAL EN UNA PRESA DE GAVIONES

Para conocer la medida del delantal se debe considerar la precipitación promedio anual y la cantidad de escurrimientos que pasa por la cárcava.

Cuando el suelo del área es fácilmente erosionable, es necesario construir protecciones aguas arriba de la obra.

### g) Proceso de construcción

Existen diferentes tamaños de gaviones (en largo, ancho y alto), así como diferentes tamaños de malla y grosores de alambre. Los tamaños más comerciales de gavión son los que se presentan en el Cuadro 14. En cuanto al grosor del alambre que forma la malla, éste deberá ser proporcional al tamaño de la malla. Las medidas más usuales se enlistan en el Cuadro 15.

Cuadro 14

Tamaños comerciales de gaviones	
Dimensiones (largo x ancho x alto, en metros)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
2 x 1 x 0.3	0.6
3 x 1 x 0.3	0.9
4 x 1 x 0.3	1.20
2 x 1 x 0.50	1.0
3 x 1 x 0.50	1.5
4 x 1 x 0.50	2.0
2 x 1 x 1	2.0
3 x 1 x 1	3.0
4 x 1 x 1	4.0
3 x 1.50 x 1	4.5



Cuadro 15

Dimensiones comerciales de alambre en diámetro	
Diámetro del alambre (mm)	Tamaño de la malla (cm)
2	5 x 7
2.4	8 x 10
3	12 x 14

Los materiales que se utilizan para realizar esta obra son:

- Excavadoras mecánicas (si se cuenta con recursos suficientes).
- Zapapico.
- Pala cuadrada.
- Pinzas de corte núm. 9 (de electricista).
- Ganchos de fierro.
- Barra de línea de 60 centímetros.

En caso de que se requiera construir varias presas a lo largo de la cárcava, una vez determinado el distanciamiento respectivo, se debe marcar la ubicación de cada una de presa sobre la cárcava. No necesariamente se debe marcar la medida exacta, ya que puede variar algunos metros, y se debe buscar siempre la parte más estrecha y más recta de la cárcava, con el fin de captar la mayor cantidad de azolves.

Para construir las presas se tendrán que seguir los siguientes pasos:

**Primer paso.** Se desempacan y despliegan cada uno de los gaviones, desdoblado sus partes, cuidando que queden uniformes (Figura 106).

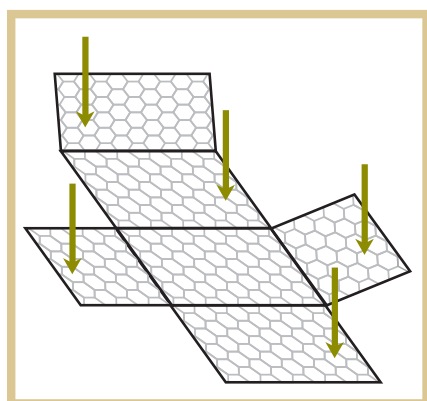


FIGURA 106. DESPLIEGUE DE GAVIONES



**Segundo paso.** Se comienza a armar el gavión uniendo los extremos con alambre galvanizado y cuidando que queden en escuadra para darle una forma rectangular (Figura 107).



FIGURA 107. ARMADO DE GAVIONES UNIDOS CON ALAMBRE

**Tercer paso.** Inicialmente, en el sitio donde se coloque el gavión, perpendicular a la dirección de la cárcava, se deberá abrir un cimiento de donde se habrá de colocar el gavión. Las dimensiones de la cimentación dependerán del tamaño de la presa (Figura 108).





FIGURA 108. COLOCACIÓN DE GAVIONES

**Cuarto paso.** Una vez armado el gavión, se traslada para ser colocado en la zanja abierta para el cimiento. Ahí se unen los distintos gaviones entre sí antes de ser llenados y se conforma una sola unidad. El amarre se debe realizar con alambre (Figura 109).



FIGURA 109. GAVIONES EN LA ZANJA

**Quinto paso.** Una vez colocados y unidos los gaviones de la primera hilera, se procede a llenarlos con la piedra. Ésta se debe ir colocando por capas para que tenga el mejor arreglo posible (Figura 110).



FIGURA 110. LLENADO DE GAVIONES

**Sexto paso.** Conforme se va relleno cada gavi3n con la piedra, se deben colocar tensores del mismo alambre galvanizado, a un tercio o dos tercios de su altura, sujet3ndolos de las partes laterales de los cajones del gavi3n, para dar mayor resistencia a la deformaci3n (Figura 111).



FIGURA 111. TENSORES ENTRE PAREDES DE GAVIONES





FIGURA 112. ACOMODO DE PIEDRA EN LOS GAVIONES

**Séptimo paso.** Al colocar la piedra, es muy importante que vaya quedando compactada y con el menor número de huecos posibles para dar el mayor peso específico a la obra sin sobrepasar el límite del gavión. Si es necesario, los huecos que queden se deben rellenar con piedra de menor diámetro. Para rellenar los armazones se puede coleccionar piedra de algún área cercana a donde se realiza la obra (Figura 112).



FIGURA 113. UNIÓN DE GAVIONES LLENOS DE PIEDRA

**Octavo paso.** Una vez puesto y rellenado el primer gavión, se colocan los siguientes, uniéndolos entre sí con alambre galvanizado. Así se hacen todas las hiladas que sean necesarias, dependiendo de las dimensiones de la presa (Figura 113).



FIGURA 114. CIERRE DE GAVIONES CON ALAMBRE

**Noveno paso.** Finalizado el relleno, se procede a cerrar el gavión con la tapa que debe contener, con alambre galvanizado. Para ello, es posible auxiliarse con una barra para hacer palanca y para que la tapa llegue a la cara del gavión. Se recomienda hacer puntos de amarre cada 30 centímetros aproximadamente y en seguida se cose a lo largo del mismo (Figura 114).

**Décimo paso.** El delantal puede construirse de gaviones de menor altura; la dimensión depende de la cantidad de escurrimientos superficiales esperados (Figura 115).



FIGURA 115. CONSTRUCCIÓN DEL DELANTAL EN UNA PRESA DE GAVIONES

**Undécimo paso.** El vertedor se forma durante la colocación de la última hilera de la base principal que cubre la cárcava. Para ello se deja una tercera parte del largo de la presa sin gavión (Figura 116).

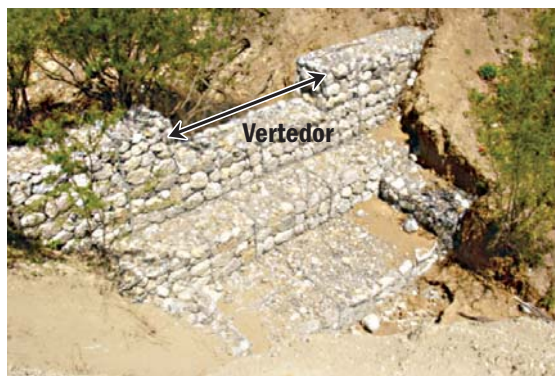


FIGURA 116. VERTEDOR EN UNA PRESA DE GAVIONES

## h) Recomendaciones

- Es importante señalar que debe elegirse piedra de mayor firmeza y peso. Por ello, se debe considerar qué material se encuentra disponible.
- Cuando se construya una presa de gavión o un sistema de gaviones, se debe considerar la protección de taludes con otros materiales para poder estabilizar totalmente la cárcava.
- Se deben tomar en cuenta todas las medidas de seguridad del personal responsable de la construcción (cascos, guantes, zapatos antiderrapantes), así como utilizar las herramientas adecuadas.





- Cuando las presas se construyen con el objetivo de realizar una obra hidráulica, es decir, para la captación de agua para consumo, su ubicación se debe realizar en la boquilla del área de captación y revestir la parte que se impacta con los escurrimientos.

## i) Costos

Cuadro 16

Costos promedio para construcción de presas de gaviones, por metro cúbico				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO \$	NÚMERO DE JORNALES	COSTO DE LA ACTIVIDAD \$
Ubicación, limpia y trazo	Jornal	45	0.15	7
Excavación cimentación	Jornal	45	0.50	23
Conformación de presa (alambre)	Jornal	45	0.75	34
Acomodo de piedra	Jornal	45	3.00	135
Pepena de piedra	Jornal	45	2.00	90
Acarreo de piedra	Jornal	45	2.00	90
Excavación para delantal	Jornal	45	0.50	23
Construcción de delantal	Jornal	45	0.50	23
<b>Subtotal</b>				<b>425</b>
Gaviones	m <sup>3</sup>	540	0.25	135
Traslado de gavión	m <sup>3</sup>	50	1.00	50
Alambre galvanizado calibre 14	Kg	18	0.20	4
<b>TOTAL \$ 614</b>				

Para este cálculo, se consideraron presas de 5 metros de ancho x 0.80 metros de grosor x 2 metros de altura.

El costo por metro cúbico de una presa de gaviones requiere de 9.40 jornales, que corresponden a \$425.00. Además, se requieren \$189.00 de materiales (gavión \$250.00 y alambre \$3.60), por lo que el costo total por metro cúbico es de \$614.00.

