



MISEREOR
IHR HILFSWERK

WILD GEESSE
FOUNDATION
PROJECTS THAT MAKE A DIFFERENCE

EL AGUA, UNA BENDICION DE DIOS

Reservorios Circulares para el almacenamiento de Agua,
Construidos con molde de adobe
"Sistemas de Riego Andinos"



German Vargas A.

*“Haces brotar vertientes en los cerros, que corren por el valle...”
(Sal. 104)*

GUÍA PARA HACER RESERVORIOS O DEPÓSITOS DE AGUA CIRCULARES SEMI-SUBTERRANEOS, SUBTERRÁNEOS, CONSTRUIDO CON MOLDE DE ADOBES, EN LA ZONA ANDINA DE COCHABAMBA

ELABORACIÓN:

- German Vargas Aguilar (Administrador Ejecutivo AAF).
- Equipos técnicos de las zonas de Sipe Sipe, Tacopaya y Periurbano, de la Asociación Agroecología y Fe.

APOYO EN LA PUBLICACIÓN:

- Fundación SAMAY, Trees for All, Wilde Ganzen (Holanda), MISEREOR (Alemania)

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta tierra contiene dos terceras partes de agua, por esto es también conocido como "planeta azul", el total de agua existente en la tierra el 95 % es agua salada (mares y océanos), y solamente el 5 % es agua dulce, de los cuales el 1 % está congelado en los glaciares de los polos y en las altas montañas, entonces solamente tenemos el 4 % de agua disponible es para el uso humano, animal, agrícola e industrial

En nuestro país Bolivia, que posee muchas riquezas y recursos naturales, se encuentra la segunda reserva más grande de agua dulce de Sudamérica, vivimos en un lugar privilegiado por Dios y lo que nos corresponde es cuidar este valioso y vital soporte de la vida

En particular en la zona andina, por los efectos adversos del cambio climático, las acciones negativas de los habitantes rurales, urbanas y el crecimiento de la población, hacen que, las vertientes o fuentes de agua han disminuido considerablemente y en algunos casos se han secado, razón por la cual en el proceso "Ecológico y de Fe para la conservación de los soportes de la vida", se prioriza el manejo del agua, con la construcción de "sistemas andinos de riego", para aprovechar las pequeñas fuentes de agua, con caudales bajos, que benefician a familias, grupos de familias y eventualmente comunidades.

"Porque tuve sed y Ustedes me dieron de beber..." (Mt: 25)



FOTO 1: Obra de tioma en lecho de río



FOTO 2: Cámara desarenadora



FOTO 3: Aducción o conducción del agua

2. CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCION DE RESERVORIOS DE AGUA CIRCULARES

Contar con una fuente de agua permanente, en vertiente, quebrada o rio, que proporcione agua todo el año, algunas de estas condiciones son:

- Participar del "Proceso Ecológico y de Fe para el cuidado de los soportes de la vida"
- Proteger las fuentes de agua y las zonas de recarga hídrica (siembra y crianza de agua)
- Aportar materiales y mano de obra local
- Aportar económicamente y en efectivo hasta un 50 % del costo total de los materiales no locales
- Elaborar un plan de manejo y mantenimiento del sistema de riego andino
- Proteger y mejorar la fertilidad/salud de los suelos, que utilizarán el riego
- Utilizar recursos y técnicas orgánicas, para la producción agropecuaria
- Obtener resultados en las cosechas (incremento del número de siembras por año y diversificación)
- Compartir las experiencias obtenidas como principio de "solidaridad"

3. OBRAS DE UN SISTEMA DE RIEGO ANDINO POR GRAVEDAD

- Obra de toma en lecho de quebrada, de rio o vertiente de agua
- Cámara desarenadora o sedimentadora
- Conducción o aducción del agua en tubería plástica (politubos)
- Reservorio o depósito de agua circular, semi-subterráneo o subterráneo
- Red de distribución con terminales o hidrantes para aspersores y/o goteros



FOTO 4: Marcado y excavación del reservorio circular

4. DEPOSITO O RESERVORIO CIRCULAR DE AGUA CONSTRUIDO CON MOLDE DE ADOBES

4.1. Ubicación; Se construye en la parte alta de las parcelas a regar, con el fin de utilizar la energía de la gravedad y tener presión para el funcionamiento de los aspersores

4.2. Volumen del depósito circular de agua; En función del caudal de la fuente de agua, para el ejemplo es: 0,23 litros/seg., se calcula para el llenado en 24 horas, logrando almacenar 19.872 litros, redondeando 20.000 litros o 20 metros cúbicos

4.3. Dimensiones del depósito de agua; Tendrá la forma geométrica del "cilindro", para el cálculo del ejemplo se utiliza la fórmula del volumen de un cilindro

$$\text{Volumen del cilindro (depósito circular)} = (\pi r^2) h$$

Dónde:

π (coeficiente "pi")	=	3,1416
r (radio del círculo)	=	2,00 metros
h (altura del depósito)	=	1,60 metros

$$\text{Volumen del depósito: } 3,1416 \times (2 \times 2) \times 1,60 = 20.106 \text{ litros}$$

4.4. Espesor de piso y pared; De acuerdo al cuadro 1, para el depósito de 20.000 litros. El espesor del piso será de 0,12 m. y el ancho de la pared de 0,20 m. (0,15 de hormigón ciclópeo y 0,05 de hormigón armado)



FOTO 5: Soladura o empedrado y armado del canastillo



FOTO 6: Vaciado y enlucido del piso

CUADRO 1: ESPESOR DE PARED Y PISO SEGÚN VOLUMEN

VOLUMEN DEPOSITO	PARED (espesor en m)	HºCº (espesor en m)	HºAº (espesor en m)	PISO (espesor en m)
5.000 litros	0,12	0,07	0,05	0,08
10.000 litros	0,15	0,10	0,05	0,10
20.000 litros	0,20	0,15	0,05	0,12
50.000 litros	0,25	0,20	0,05	0,15
100.000 litros	0,30	0,25	0,05	0,18
150.000 litros	0,40	0,35	0,05	0,20

5. CALCULO DE MATERIALES, PRESUPUESTO Y MANO DE OBRA

5.1. Calculo del volumen de obra; Calcular el volumen de obra, para saber cuánto de arena, piedra y cemento se utilizará, para el ejemplo del reservorio de 20.000 litros

a) Volumen de obra del piso;

Volumen de Obra (piso) = Área (piso) x espesor de vaciado (piso)

$$V.O. (piso) = (2 \times 2 \times 3,1416) \times 0,12 = 1,51 \text{ m}^3$$

b) Volumen de obra de la pared;

Volumen de obra de la pared = Perímetro x espesor del muro x altura

$$V.O. (pared) = 12,57 \text{ m.} \times 0,20 \text{ m.} \times 1,60 \text{ m.} = 4,02 \text{ m}^3$$



FOTO 7: Armado del molde interno con adobes y molde externo con piedra



FOTO 8: Desarmado del molde interno del reservorio circular

c) Volumen total de obra;

$$\begin{aligned}\text{Volumen total de obra} &= \text{Volumen de obra de piso} + \text{volumen de obra de pared} \\ \text{V.O. (total)} &= 1,51 \text{ m}^3 + 4,02 \text{ m}^3 = \mathbf{5,53 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

5.2. Requerimiento de arena; Comprende la arena boleado (para el vaciado del piso y pared) y arena fina (para el afinado o enlucido del piso y pared). El requerimiento estimado es:

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de arena} &= \text{Volumen de obra (total)} \times 1,4 \text{ (coeficiente fijo)} \\ \text{Cantidad de arena} &= 5,53 \text{ m}^3 \times 1,4 = \mathbf{7,74 \text{ m}^3 \text{ (8 cubos)}}$$

5.3. Requerimiento de cemento; Se utiliza el cemento de primera (Coboce IP40):

$$\begin{aligned}\text{Numero de bolsas} &= \text{Volumen de obra (total)} \times 3,8 \text{ (coeficiente fijo)} \\ \text{Numero de bolsas} &= 5,53 \times 3,8 = \mathbf{21,01 \text{ (22 bolsas)}}$$

5.4. Requerimiento de piedra; Se utiliza 2 tamaños de piedra: medianas a grandes para la soladura del piso y medianas para el hormigón ciclópeo de la pared

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de piedra grande-mediana} &= \text{Área del piso} \times \text{espesor de la soladura} \\ \text{Cantidad de piedra grande-mediana} &= 12,57 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = \mathbf{1,89 \text{ m}^3 \text{ (2 cubos)}}$$

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de piedra mediana} &= \text{Volumen de obra pared} \times 0,80 \text{ (coeficiente fijo)} \\ \text{Cantidad de piedra mediana} &= 4,02 \text{ m}^3 \times 1,0 = \mathbf{4,02 \text{ m}^3 \text{ (4 cubos)}}$$



FOTO 9: Limpieza del reservorio circular



FOTO 10: Enlucido o afinado de la pared

5.5. Requerimiento de adobes; Dimensiones: 0,40x0,25x0,12

Numero de adobes por fila = Perímetro interno del depósito / 0,25

Numero de adobes por fila = $11,31 / 0,25 = 45,2$ unidades **(46 unidades)**

Número total de adobes = Numero de adobes por fila x número de filas

Número total de adobes = 46 unidades x 4 filas = 184 unidades **(200 unidades)**

5.6. Requerimiento de fierros; En función al cuadro 2, se utilizará Fierro corrugado de 5/16' para los verticales y Fierro corrugado de 3/8' para los horizontales o anillos, estos se armarán como un canastillo a una distancia entre fierros de 0,50 x 0,50 metros en lo vertical y horizontal

Fierros en "U" (4 unidades): base 3,70 m y altura 1,60 m = $6,9 \text{ m} \times 4 = 27,6 \text{ m}$ (2,3 barras)

Fierros en "L" (19 unidades): base 1,50 m y altura 1,60 m = $3,10 \times 19 = 58,9 \text{ m}$ (4,9 barras)

Fierros para el piso (3 unidades): 16,05 m (1,34 barras)

TOTAL DE FIERRO REQUERIDO (5/16'): $2,3 + 4,9 + 1,34 = 8,54$ barras **(9 barras)**

Fierros de 3/8' (tipo anillo 4 unidades): diámetro del canastillo x π

Fierros de 3/8' (tipo anillos): $3,70 \text{ m} \times 3,1416 = 11,62 \text{ m} \times 4 = 46,48 \text{ m}$ **(4 barras)**



FOTO 11: Reservorio circular concluido, con agua (volumen de 833.000 litros)

5.7. Resumen de materiales requeridos; En el cuadro 2, se describen los materiales y mano de obra requeridos, la cantidad, el uso y el costo estimado en moneda boliviana

CUADRO 2: MATERIALES REQUERIDOS PARA EL DEPOSITO DE 20.000 LITROS

MATERIAL/ITEM	CANT/UNID	APORTE LOCAL	APORTE NO LOCAL	COSTO TOTAL (Bs)	USO DEL MATERIAL
Piedra	6 Cubos	720.-	-	720.-	Soladura y pared
Arena boleada	8 Cubos	1.200.-	-	1.200.-	Piso y pared
Adobes	200 Unidad	600.-	-	600.-	Molde
Cemento IP40	22 Bolsas	-	1.540.-	1.540.-	Piso y pared
Fierro 5/16"	9 Barras	-	630.-	630.-	Canastillo
Fierro 3/8"	4 Barras	-	320.-	320.-	Canastillo
Alambre de amarre	3 Kilos	-	60.-	60.-	Canastillo
Cañería PVC 1 ½"	1 Barra	-	180.-	180.-	Salida y rebalse
Te FG 1 ½"	1 Unidad	-	30.-	30.-	Salida agua
Tapón FG 1 ½"	1 Unidad	-	25.-	25.-	Limpieza
Niple hexagonal FG 1 ½"	3 Unidad	-	60.-	60.-	Salida y limpieza
Llave cortina 1 ½"	1 Unidad	-	200.-	200.-	Salida agua
Teflón	5 Unidad	-	20.-	20.-	Salida agua
Mano de obra local	30 Jornal	3.000.-	-	3.000.-	Construcción
Mano de obra calificada	5 jornal	-	1.000.-	1.000.-	construcción
TOTAL (Bs)		5.520.-	4.065.-	12.595.-	



Foto 12: Reservorio concluido, almacenando 80.000 litros

6. CONSTRUCCION DEL DEPOSITO O RESERVORIO CIRCULAR

Después de la excavación, el acopio los materiales locales, no locales, con la mano de obra local y mano de obra calificada disponible, se procede a la construcción del reservorio circular, para el almacenamiento de agua, en promedio hasta 60.000 litros en 3 días

6.1. Primer día; Se realiza la soladura del piso, con piedras grandes y medianas, con un pequeño desnivel hacia la tubería de salida, paralelamente se cortan y doblan los fierros (en "U", en "L" y los anillos), para armar y amarrar el canastillo dentro del reservorio, posteriormente se procede a vaciar el piso y luego de enlucir con arena fina y cemento, se lo deja fraguar toda la noche. En este día se estima el trabajo de 8 personas y el uso de 5 bolsas de cemento

6.2. Segundo día; Esta dedicado al vaciado de la pared, para lo cual se alistan los adobes (lo más uniforme y regular posible), el barro lo más fino posible (sin grumos, ni piedras), luego se marca el círculo interno donde se colocaran los adobes, a 0,05 metros (5 centímetros) separado del fierro y se procede a colocar los adobes parados unidos por el barro preparado, los adobes deben estar en plomada y bien apretados, se puede armar una o dos filas y se procede a vaciar; con hormigón armado 0,05 m (entre el fierro y el molde de adobe) y con hormigón ciclópeo 0,15 m (entre el fierro y la pared excavada), de la misma forma se arma con adobe las otras filas, se procede a vaciar hasta completar las 4 filas de adobe y concluir el vaciado de la pared. En este trabajo se requiere el apoyo de 12 personas y se utilizan 13 bolsas de cemento. Después del fraguado o secado del vaciado de la pared, de unas 3 horas, se procede a deshacer el molde y sacar los adobes para posteriormente limpiar y uniformizar la pared, de tal forma que esté lista para realizar el enlucido o afinado de la pared



FOTO 13: Reservorio de 50.000 litros de doble propósito; Riego y criadero de peces trucha

6.3. Tercer día; Se realiza el afinado o enlucido interno del depósito, inicialmente aplicando a la pared lecheo (agua con cemento), para luego realizar el kajchado con arena fina y cemento en una dosificación de 3:1, esta pared se reglea, se rellena, se frotachea y se plancha con cemento puro. Una vez concluido el afinado de la pared se colocan las tuberías de entrada, salida y rebalse del agua y para finalizar se coloca el cinturón de seguridad, entre el piso y la pared, con lo cual se concluye el reservorio circular para almacenar 20.000 litros de agua, En este día se necesita el apoyo de 8 personas y se utilizan 4 bolsas de cemento

6.4. Cuarto día; se procede a llenar el depósito con agua, el cual debe permanecer por 21 días, para tener un adecuado fraguado de los hormigones (ciclópeo y armado)

7. EXPERIENCIAS A LO LARGO DE 35 AÑOS

- Se cuentan con depósitos contruidos desde hace 35 años, en actual funcionamiento, desde 3.000 hasta 833.000 litros de volumen de almacenamiento de agua y se han difundido por todo nuestro país
- La construcción hasta 60.000 litros se realiza en 3 días, siendo hasta 10 días de trabajo, para los reservorios más grandes
- Los reservorios circulares, son de fácil replica por los propios productores, son mucho más económicos, durables en el tiempo, estéticos y muy eficientes
- En este proceso de establecimiento, se apoya y asesora en la producción sostenida de alimentos de forma orgánica
- Los reservorios de agua para consumo humano, se construyen con tapa de loza alivianada



**“Haces brotar vertientes en los cerros,
que corren por el valle ...”**

(Sal. 104)