

SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



Subsecretaría de Desarrollo Rural
Dirección General de Producción Rural
Sustentable en Zonas Prioritarias

Obras de captación,
derivación y regulación
del agua

Diseño y Construcción de Jagüeyes



Colegio de
Postgraduados

Las sociedades asentadas en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas han luchado por sobrevivir en ambientes donde la carencia de agua es el pan de cada día, los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia han ayudado a resolver los problemas de abastecimiento para uso doméstico y agropecuario.

La recolección y el almacenamiento del agua de lluvia, se ha practicado desde tiempos inmemoriales, con la finalidad de satisfacer la demanda de agua de la población y del consumo de los animales domésticos, ya sea en depósitos a cielo abierto o subterráneos (8); menciona algunos de los antecedentes históricos del aprovechamiento del agua de lluvia en la época prehispánica y colonial, y menciona la importancia de estas técnicas de captación de agua de lluvia en la producción agropecuaria y la vida en general de la población. Las evidencias arqueológicas de estas estrategias se muestran en la cultura maya con la construcción de “Chultúns” (Figura 1).

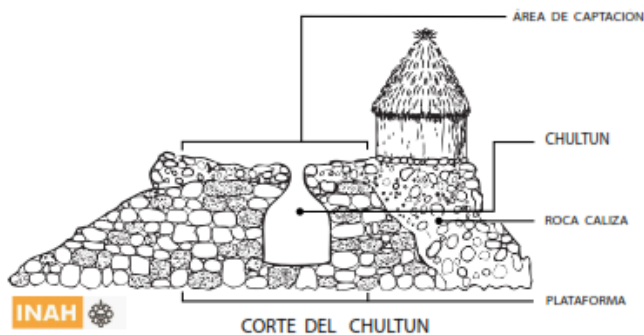


Figura 1. Corte esquemático del sistema de captación de agua de Lluvia

Los jagüeyes son obras comunes en el centro de México, especialmente en zonas áridas y semiáridas, a estas estructuras, construidas o acondicionadas en hondonadas naturales, se

acompañan con zanjas de conducción o canales de llamada con lo que se encauzan los escurrimientos de las laderas cercanas hacia el área de almacenamiento. No obstante, la existencia de jagüeyes naturales, esta ficha se enfoca a los criterios y consideraciones que deben cuidarse en la construcción de jagüeyes artificiales como alternativas económicas para captar, almacenar y distribuir el agua de lluvia para el aprovechamiento pecuario, que satisfaga las demandas de agua del ganado, especialmente durante la época de estiaje.

Definición

Los jagüeyes, también conocidos como balsas, embalses, estanques, cajas de agua, aljibes, trampas de agua o bordos de agua, es el termino genérico que se emplea para designar a depresiones del terreno o pequeñas y medianas presas artificiales, que permiten almacenar el agua proveniente de los escurrimientos superficiales y destinarla a fines pecuarios, o a suplir las necesidades humanas. El vocablo Jagüey es de origen taíno (diccionario de palabras indígenas del Caribe) y significa balsa, zanja o pozo lleno de agua, en el que abreva el ganado (Figura 2).

Descriptivamente los jagüeyes son lagunas, con aparente similitud con los lagos; su existencia puede corresponder a cualquier origen, drenaje y dimensiones. Permanecen relativamente estancados y tienen variaciones en el nivel de agua; pueden ser temporales o permanentes, dependiendo del régimen de lluvias. Son depósitos con una profundidad media menor a los 8 metros y de forma cóncava. Aun cuando no hay un rango de tamaño bien definido, se ha adoptado una extensión para este tipo de obras de entre varios m² y 2 ha, siempre que sobre

estas se retenga agua por al menos cuatro meses del año.



Figura 2. Pequeño Jagüey en forma de media luna

Objetivos

El objetivo de los jagüeyes es captar, almacenar y regular la distribución del agua para diversos usos del medio rural, principalmente pecuario, mediante el aprovechamiento de escurrimientos en áreas de captación menores a 50 ha y en laderas con canales de llamada. El objetivo es aprovechar agua proveniente de lluvia y escurrimientos para abrevadero por al menos cuatro meses del año.

Ventajas

Aun cuando los jagüeyes se construyen para abastecer de agua para abrevadero del ganado o riego de pequeñas superficies, también pueden mejorar el aspecto estético de los terrenos y el ambiente, proveer de oportunidades de recreación y proporcionar hábitat de vida silvestre y contribuyen a la

conservación del suelo y el agua. Si son bien manejados pueden proporcionar un hábitat valioso para la piscicultura y vida silvestre y satisfacer las necesidades de la población por varios años (6). En general, entre los beneficios que se alcanzan con esta obra se encuentran:

- Contribuye a mantener el suministro de agua, especialmente en la época de estiaje, lo que disminuye la mortandad y/o estrés del ganado, causado por escases de agua.
- Son de bajo costo, con un horizonte de recuperación de inversión de uno a dos años.
- Mejora la eficiencia en el uso de agua de lluvia.
- Mejora el entorno micro.
- No requiere consumo de energía adicional.
- Las estructuras son sencillas de construir y los materiales necesarios son adaptables a las condiciones particulares de cada sitio.
- No requiere conocimientos técnicos avanzados para el manejo y administración del jagüey.
- El agua almacenada se distribuye por gravedad y de manera controlada.

Desventajas

- Se debe disponer de la superficie necesaria para formar el cuerpo de agua, así como la extensión necesaria para la colecta de agua de lluvia.
- Requiere supervisión técnica especializada durante el diseño y construcción para garantizar el buen funcionamiento hidráulico del sistema.
- El costo inicial de la construcción puede

llegar a ser una inversión fuerte, dependerá del diseño y proyección de cada caso.

- El productor tiene poco o ningún control sobre el almacenamiento del agua, ya que depende directamente de la probabilidad del evento de la lluvia.

Crterios preliminares para establecer un jagüey

El tamaño del jagüey y la obra de toma se basa en las características de la cuenca de captación, que incluye la precipitación media anual, el tipo de suelo, la pendiente y la vegetación. Un estanque bien construido puede incluir una obra de toma, que usualmente es un tubo metálico a través de la cortina y un vertedor de demasiás.

Los jagüeyes deben diseñarse considerando elementos como, seguridad y estabilidad de la obra, superficie de captación de agua (microcuenca) y el registro pluviométrico de entre 15 y 20 años. La precipitación en las zonas áridas es tan errática, que sería mejor utilizar como requisito mínimo para la captación de agua de lluvia una precipitación media anual de 500-600 para obras pequeñas, ya que la relación oferta demanda de agua inciden en el volumen de almacenamiento y por ende en la rentabilidad de la obra.

Los suelos deberán tener una textura franca o arcillosa para asegurar un grado de impermeabilidad adecuado. Los suelos arenosos no son aptos para la construcción de

jagüeyes, a menos que se consideren inversiones adicionales para la impermeabilización, con arcillas expansivas o colocación de geotextil o geomembrana.

La mayoría de los jagüeyes se construyen en tierras donde hay una recarga más o menos constante de agua de lluvia (superior a los 400 mm por año). En áreas secas existe el peligro que se evapore demasiada agua y la restante se salinice, por lo que se deberá recurrir a un sistema de almacenamiento cerrado.

Crterios de diseño

Los jagüeyes son un caso particular de captación de agua de lluvia por lo que se deberá conocer:

- La cantidad de lluvia anual disponible y su distribución en el tiempo (frecuencia, duración e intensidad) y
- La demanda diaria de agua.

Con esta información inicial se calcula el área mínima de captación y el volumen de almacenamiento de la obra.

La información de precipitación media anual para el país puede consultarse en las normales climatológicas disponibles en la página del Servicio Meteorológico Nacional (<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>); en la Figura 3 se puede obtener el valor medio de lluvia anual para cada región del país de acuerdo con los datos de las superficies climáticas de México (2).

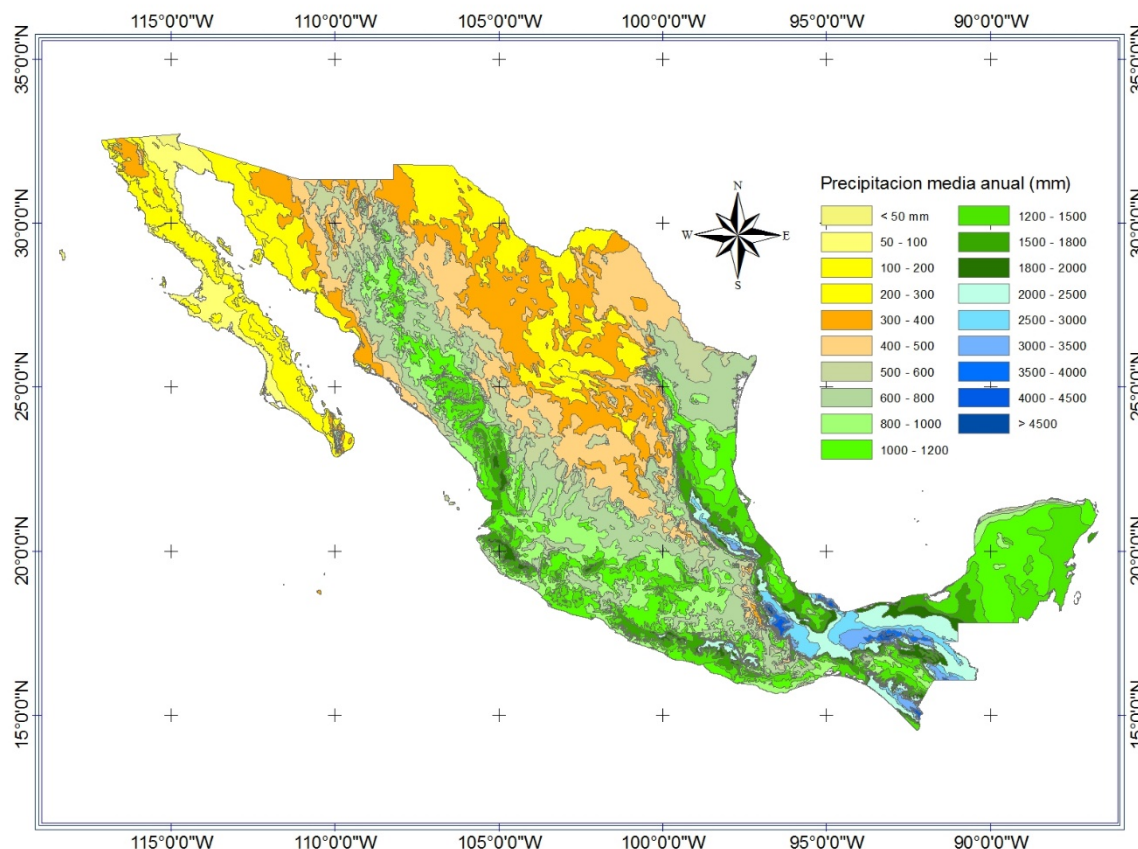


Figura 3. Isoyetas de precipitación media anual (2)

Cuadro 1. Demanda diaria de agua para las principales especies domésticas (1 y 4)

La demanda diaria de agua para diferentes especies de ganado doméstico puede estimarse con los datos de referencia del Cuadro 1.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta demanda puede modificarse de acuerdo con la temperatura, por lo que el productor puede obtener sus propios valores por medición directa, para lo cual deberá garantizar la disponibilidad total de agua a un número de cabezas que servirán como testigo durante 3 a 5 días y monitorear de manera cuantitativa los consumos medios.

| Especie | Condiciones de consumo | Consumo (Litros/día) |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Bovinos | Vacas secas | 40 |
| | Producción de leche de 10 a 30 l/día | 30-80 |
| | Producción de leche de > 30 l/día | 90 |
| | Producción de carne | 26-66 o el 8% de su peso |
| Cerdos | Primeros 12 meses | 12 litros por 100 kg de peso |
| | Engorda | 4 litros por cada kg de MS* consumida |
| | Marranas en lactancia | 14-23 |
| Ovinos | | 11 |
| Cabras | | 4.5-8 |
| Conejos | | 0.50 |
| Aves | Gallinas | 0.15 |
| | Pavos | 0.25 |

*MS= Materia Seca

Se debe identificar el periodo crítico de demanda de agua por los animales, por lo que es conveniente conocer la distribución mensual de la lluvia y calcular el balance de la oferta y a demanda de agua. Para esta condición es necesario conocer la superficie mínima que debe destinarse para abastecer de agua a una unidad animal.

En el nomograma de la Figura 4 se muestra un balance entre la distribución anual de la lluvia y la demanda diaria de agua, por lo que se obtiene de manera estimada el volumen de agua que deberá ser capaz de almacenar el jagüey.

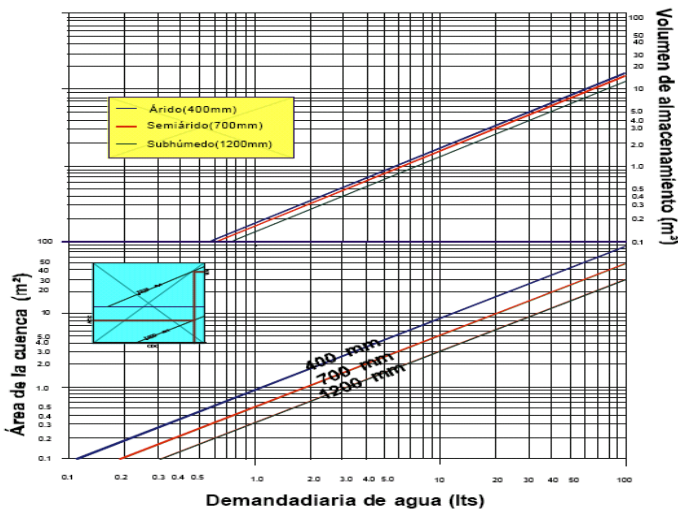


Figura 4. Área de captación y volumen de almacenamiento mínimo necesario por unidad animal para tres regiones del país (4)

La lectura del nomograma inicia en la parte inferior (Demanda diaria de agua individual) y se proyecta en línea vertical hacia el primer grupo de líneas, a partir de la intersección de esta primera línea se proyecta en sentido horizontal hasta el extremo izquierdo que nos indicaran el área de la cuenca necesaria (por cada cabeza). La proyección vertical en el segundo grupo de líneas y su proyección horizontal a la derecha indicara la capacidad de almacenamiento (por

cabeza) necesaria. El total del área y de la capacidad será el producto de los correspondientes valores individuales por el número de cabezas.

Si la superficie del área de captación no es impermeable, el valor obtenido del nomograma deberá multiplicarse por el inverso del coeficiente de escurrimiento.

Ejemplo, si el coeficiente de escurrimiento es de 0.2 el valor del área de la cuenca deberá multiplicarse por cinco (1/0.2).

En el caso del volumen de almacenamiento, no se debe alterar el valor obtenido del nomograma.

Dimensionamiento del jagüey

Dada la irregularidad de las formas que puede tener un jagüey, el técnico responsable del diseño puede recurrir a dos métodos. El primero consiste en realizar un levantamiento topográfico del sitio de construcción y seguir el anexo de cálculo de cortes y rellenos para jagüey semicircular empleando el programa CIVILCAD, este método se sugiere para jagüeyes grandes. Otra aproximación sencilla sugerida para obras más pequeñas es el cálculo a partir de aproximaciones a figuras regulares conocidas, (10) recomienda el siguiente método, cuya fórmula expresada en metros resulta:

$$V = \frac{A + 4B + C}{6} * D$$

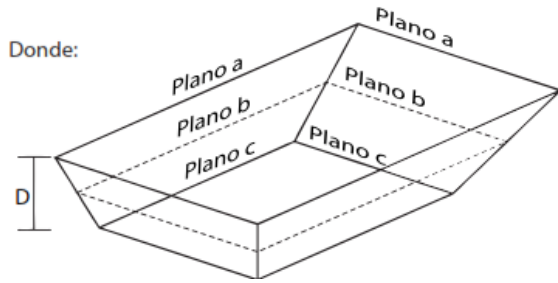


Figura 5. Ejemplo de Jagüey rectangular

$V =$ Volumen de excavación (m^3)

$A =$ Área del plano a (m^2)

$B =$ Área del plano b (m^2)

$C =$ Área del plano c (m^2)

A partir de esta fórmula se pueden aproximar volúmenes para proyectar formas tan irregulares como la siguiente:

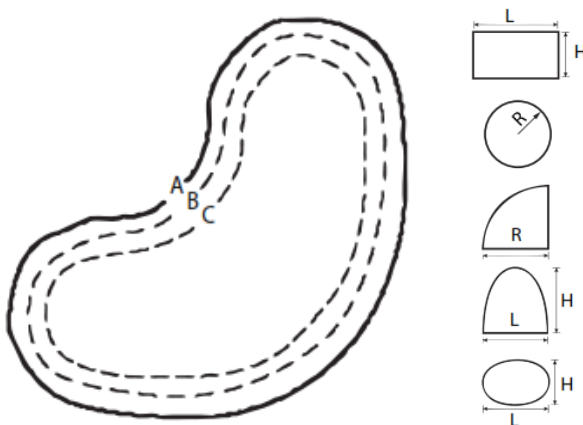


Figura 6. Ejemplo de Jagüey forma irregular

Donde el área de cada plano se puede estimar por el método de la cuadrícula. Así mismo el técnico responsable deberá estar familiarizado con el cálculo de las áreas para las formas más comunes que se encontrara durante el diseño de un jagüey.

Rectángulo $A = HL$
 Círculo $A = 3.14 R^2$
 Cuadrante $A = (3.14 R^2) / 4$
 Parábola $A = 0.67 LH$
 Elipse $A = 0.7854 LH$

Gasto máximo Q para el diseño del vertedor

Existen metodologías para estimar el gasto máximo con buena aproximación, entre ellos, el método de las curvas numéricas del SCS o el método racional; sin embargo, estos métodos demandan conocer las condiciones hidrológicas del suelo, las condiciones de cobertura, la intensidad de la lluvia máxima y el tiempo de concentración, por lo que resultan poco práctico para lugares donde se carece de información. El método racional simplificado y el método de las huellas máximas resultan soluciones sencillas, con aproximaciones de menor precisión que para obras pequeñas se pueden considerar como válidas.

Este método racional modificado es una manera simple y práctica de estimar el caudal máximo de descarga, para diseñar obras pequeñas. Sin embargo, no es recomendable aplicarlo para cuencas mayores a 80 ha (4), la fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{C_e \times i \times A}{360}$$

Donde:

$Q =$ Gasto máximo Q (m^3/s)

$C_e =$ Coeficiente de escurrimiento (Adim.)

$i =$ Intensidad de la precipitación (mm/h)

$A =$ Área de captación (ha)

El valor aproximado de C_e se obtiene del Cuadro 2, si existe más de una condición de uso de suelo de debe ponderar en función del área. El área de la cuenca se podrá obtener a partir de planos topográficos o por recorrido en campo con Global Positioning System (GPS).

Cuadro 2. Aproximación del valor del coeficiente de escurrimiento

| Uso de suelo | Pendiente (%) | Textura | | |
|---------------------|---------------|---------|------|------|
| | | G | M | F |
| Bosque | 0-5 | 0.10 | 0.30 | 0.40 |
| | 6-10 | 0.25 | 0.35 | 0.50 |
| | 11-30 | 0.10 | 0.30 | 0.40 |
| Pastizales | 0-5 | 0.16 | 0.36 | 0.55 |
| | 6-10 | 0.22 | 0.42 | 0.60 |
| | 11-30 | 0.30 | 0.50 | 0.60 |
| Terrenos cultivados | 0-5 | 0.40 | 0.60 | 0.70 |
| | 6-10 | 0.52 | 0.72 | 0.82 |
| | 11-30 | 0.30 | 0.50 | 0.60 |

La modificación al método racional consiste en utilizar los valores de lluvia máxima en 24 horas, para diferentes periodos de retorno, en lugar del valor de la intensidad de lluvia. El método considera que, para un periodo crítico, la lluvia reportada en 24 horas puede presentarse en una hora; por tal razón este valor se debe expresar en mm/h. El valor de lluvia máxima registrado en 24 horas se puede consultar en la Figura 7, ubicando previamente el área de trabajo.

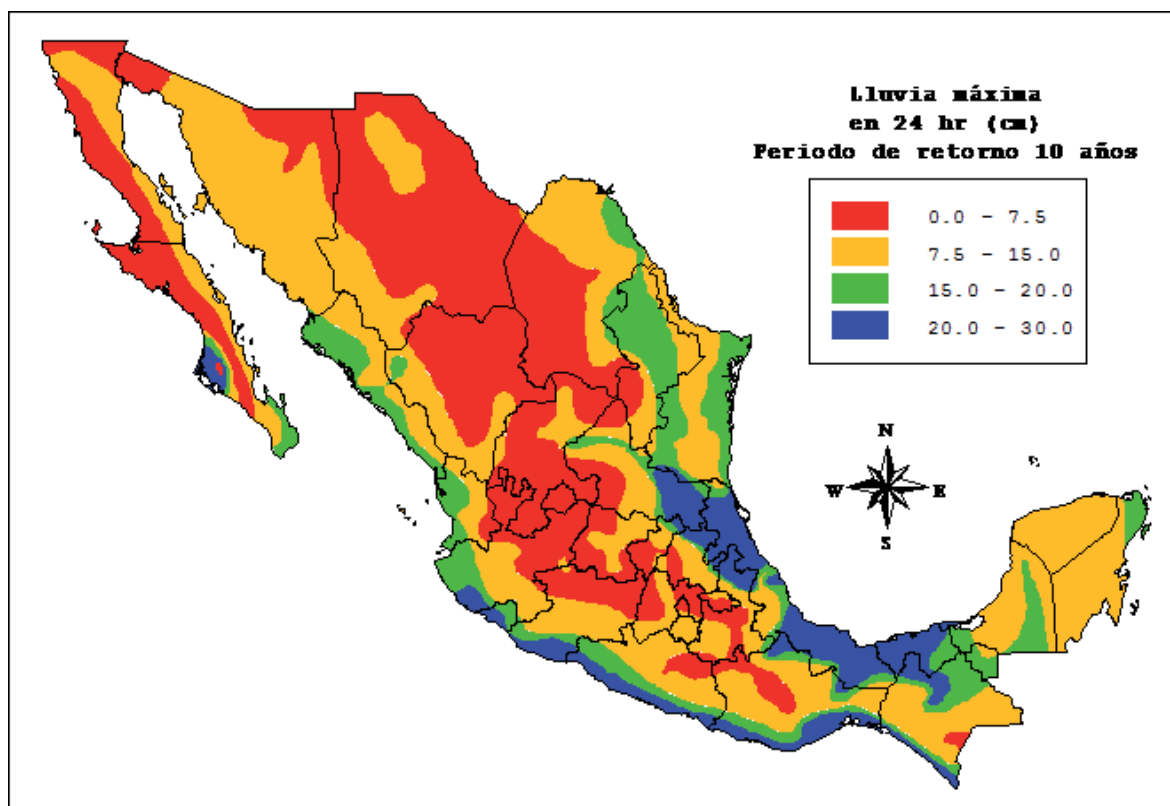


Figura 7. Lluvia máxima en 24 hr con periodo de retorno de 10 años

Canal de llamada

Para captar el agua proveniente de laderas que permitan conducirla al jagüey, algunas veces es necesario incluir canales de llamadas en las márgenes de la obra, con las dimensiones y ubicación precisa para su buen funcionamiento y adaptación a la obra principal (Figura 8).



Figura 8. Ejemplo de canal de llamada



Figura 9. Desarenador en canal de llamada

Desarenador o tanque sedimentador

El desarenador es una estructura en la cual la velocidad del agua es menor a la velocidad de arrastre del material en suspensión, permitiendo así que este material decante por su propio peso en el fondo de una caja de captación o canal de alimentación antes de llegar al extremo del propio desarenador. En seguida se muestra en la Figura 9 un desarenador.

Vertedor de excedencias

La SAGARPA (9) menciona a detalle los criterios para el diseño de varios tipos de obras de excedencia. Para este tipo de obras el vertedor se diseñará con la fórmula de Francis que se aplicó a un vertedor rectangular de cresta gruesa.

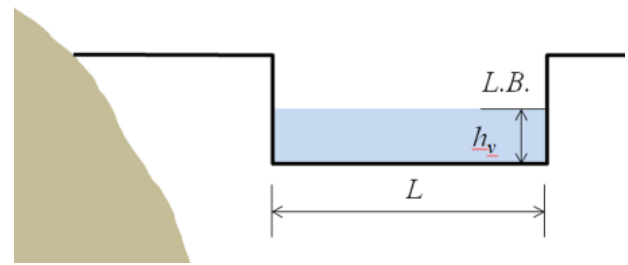


Figura 10. Esquema del vertedor rectangular.

$$Q = C_R \times L \times h_v^{3/2}$$

Donde:

Q = Gasto de diseño, m^3/s

C_R = Coeficiente del vertedor (adim) = 1.45

L = Longitud del vertedor, m

h_v = Carga sobre el vertedor, m

Como el valor de Q es conocido, se proponen valores de L y h_v para obtener las dimensiones del vertedor, las propuestas van a variar de acuerdo con el tipo de restricciones de cada sitio. Si no existe alguna restricción evidente se propone el valor de L de acuerdo con la proporción del terraplén del vertedor y se calcula el valor de h_v :

$$h_v = \left(\frac{Q}{C_R \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Se sugiere que el vertedor no quede sobre el terraplén que forma el bordo del jagüey, ya que se trata de una obra a construir en tierra compactada. De lo contrario, debe asegurarse la superficie con mampostería o zampeado seco (empedrado) bien compactado en la base y los taludes del vertedor (Figura 11).

Se debe proveer un libre bordo (*L.B.*) de al menos 0.2 m, el libre bordo es la diferencia de altura entre el espejo del agua con el vertedor funcionando a gasto máximo y la corona del jagüey.



Figura 11. Ejemplo de un vertedor en jagüey

Fuente:

www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Paginas/tecnologiasatualcance.aspx

Estabilidad de taludes

Para garantizar la estabilidad de la estructura se sugiere que el talud mínimo sea 2:1 en lado en contacto con el agua y 3:1 aguas abajo (5) en la Figura 12 se muestran los taludes. Se sugiere poner pasto en los taludes del jagüey para evitar erosión y colocar un cerco para evitar el acceso directo del ganado, es recomendable que en lugar del acceso directo de ganado se coloquen bebederos aguas abajo, para evitar contaminación del agua y daño al jagüey.

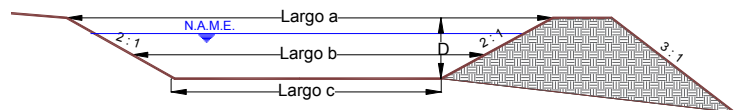


Figura 12. Ejemplo de sección transversal longitudinal (no está a escala)

Compactación

La compactación se determina con base en el grado de compactación (C) que es la relación del peso volumétrico seco (γ_s) sobre el peso volumétrico seco óptimo expresado en porciento (γ_0). El valor de γ_0 se obtiene de mediante una prueba Proctor en laboratorio.

$$C = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} * 100$$

La compactación de terraplenes es afectada por diversas variables como: cohesión de suelos, grado de humedad, maquinaria utilizada, etc. Para determinar el número de pasadas de equipo disponible necesarias para obtener el grado de compactación de proyecto empleando materiales del sitio se recurre a ensayos de

compactación de campo hechos en terraplenes de prueba.

Los terraplenes de prueba se efectúan generalmente de acuerdo con la siguiente práctica: Se hacen terraplenes de 30 por 5 m aproximadamente, donde se va a probar el número conveniente de pasadas del equipo. El terraplén está dividido en zonas, de tal manera que cada una reciba un número distinto de pasadas. El terraplén debe estar formado por 6 u 8 capas de material colocado de 20 en 20 cm (7).

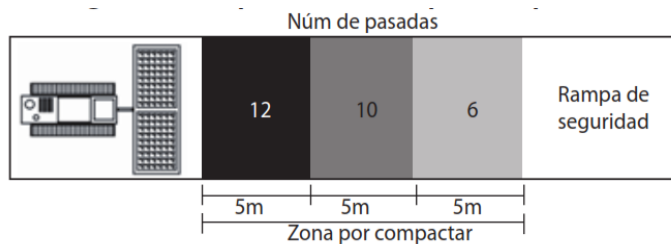


Figura 13. Esquema de terraplén de prueba

Con el grado de compactación y con el número de pasadas de cada zona se hace una gráfica similar a la Figura 14. Los terraplenes generalmente se llevan a un grado de compactación mínimo de 85%, resultando en terraplenes económicos.

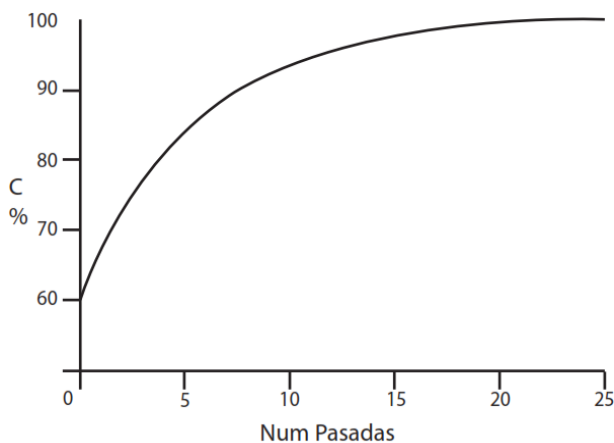


Figura 14. Esquema de terraplén de prueba

Procedimiento para construcción

Si se cumplen las condiciones de precipitación media anual mínima necesaria para que el jagüey se justifique, este puede ser adaptado a casi cualquier condición de relieve en el terreno. Algunas de las condiciones más comunes son: Aprovechar una corriente intermitente bien definida; acondicionar un terreno con un bordo en forma de media luna o rectangular para captar agua en un terreno de ladera con pendiente uniforme, realizar una excavación para coleccionar agua en un terreno de pendiente muy ligera.

La condición más simple es la que se muestra en el esquema A (Figura 15), ya que el relieve se encarga de encauzar de manera natural el agua al punto de interés, sin embargo cuando no se dispone de un sitio con estas características se deberá garantizar el sentido correcto de flujo hacia la estructura mediante canales colectores.

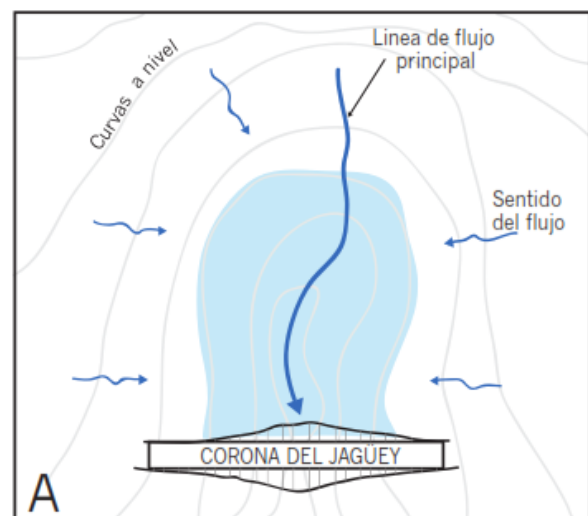


Figura 15. Vista aérea de un jagüey construido sobre una línea de flujo natural

1. Desmonte. El primer trabajo en el proceso constructivo de la obra es

desmontar el terreno donde se ubicará el bordo de la obra, incluyendo el pequeño vaso de almacenamiento, el canal de llamada y el vertedor, para esta actividad se puede utilizar un tractor con cuchilla normal (Tipo D4).

2. Trazo. Posteriormente se marcan los puntos y se trazan las líneas de referencia del proyecto, con el fin de realizar el despalme en la base del terraplén de la cortina, excavación del vaso de almacenamiento y la conformación del bordo.
3. Conformación y compactación. La conformación del terraplén del bordo de la obra y las excavaciones, generalmente se realizan con tractor tipo Bulldozer D6 o D8, con el cual se desplaza el material producto de la conformación del vaso de almacenamiento hacia la cortina de la obra para su tendido, conformación y compactación. Se sugiere como mínimo un grado de compactación de 85% de la prueba Proctor estándar. En la Figura 16 se muestran las condiciones de superficie de corte para la formación del terraplén compatible con este tipo de obras en terrenos con pendiente uniforme y terrenos sin pendiente.

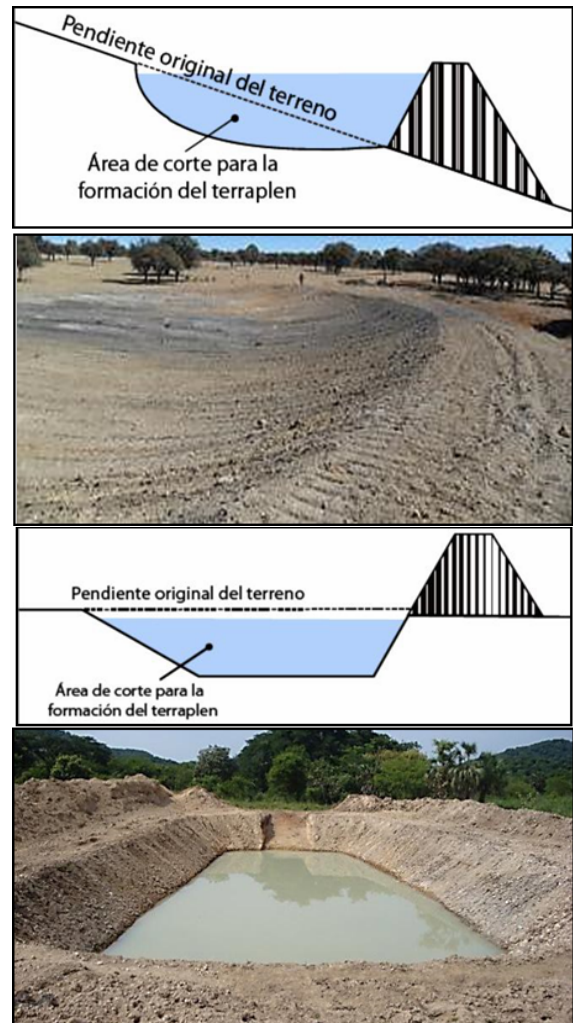


Figura 16. Condiciones de corte para la formación del terraplén para condiciones de pendiente (izquierda) y terraplén en terrenos sin pendiente.

En este tipo de obras también se ha trabajado de manera exitosa con maquinaria como Bulldozer D4, excavadora 321DLCR (Figura 14) y retroexcavadora del tipo “Mano de Chango” (Figura 17).



Figura 17. Máquina excavadora CAT 321DLCR en proceso de formación de la obra



Figura 18. Máquina retroexcavadora CASE 580 en proceso de formación de un jagüey.

$$DDT = 45L \times 55 = 2,475 \text{ L dia}^{-1}$$

Área mínima de la cuenca (AMC)

De la Figura 4 se tiene que para un consumo diario de 45 L en una región semiárida (700 mm) se deberán garantizar 30 m² de área de captación (por cabeza).

AMC impermeabilizada

$$AMC_{C/IMP} = 30 \text{ m}^2 \times 55 = 1,650 \text{ m}^2$$

AMC sin impermeabilizar

$$AMC_{S/IMP} = 1,650 \text{ m}^2 \times (1/C_e)$$

Donde:

Ce = Coeficiente de escurrimiento = 0.42 (Cuadro 2).

$$AMC_{S/IMP} = 1,650 \text{ m}^2 \times (1/0.42) = 3,928.6 \text{ m}^2.$$

Capacidad Total del Jagüey (CTJ)

$$CTJ = 8 \text{ m}^3 \text{ (Figura 4)} \times 55 = 440 \text{ m}^3$$

Ejemplo de aplicación

Se desea construir un jagüey que cubra la demanda de agua de 55 cabezas de ganado vacuno, dentro de un predio destinado a pastizales con textura media y una pendiente de 15% y una lluvia media anual de 700 mm y una máxima en 24 h de 75 mm.

Demanda Diaria Total (DDT)

Para ganado vacuno se tiene una demanda diaria de 45 L por cabeza (Cuadro 1).

Gasto Máximo del vertedor

$$Q = \frac{C_e \times i \times A}{360}$$

$$Q = \frac{0.42 \times 75 \text{ mm} \times 0.3928 \text{ ha}}{360} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nota: este cálculo se realizó con base en el área mínima de la cuenca, cuando se conoce el área

de la cuenca se debe utilizar el área medida con GPS o con levantamiento topográfico.

Diseño del vertedor

Se utiliza el gasto máximo de diseño y con base en las condiciones del sitio si se diseña el vertedor con una longitud de 2 m.

$$h_v = \left(\frac{Q}{C_R \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$h_v = \left(\frac{0.035 \text{ m}^3/\text{s}}{1.45 \times 2\text{m}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.05 \text{ m}$$

El libre bordo (*L.B.*) mínimo es de 0.2, para tener datos cerrados se propone un (*L.B.* = 0.25 m) con lo cual la estructura vertedora resulta con 2 m de ancho y 0.3 m de altura.

Operación y mantenimiento

El mantenimiento no requiere supervisión especializada. Sin embargo, el productor deberá tener presente dos aspectos fundamentales.

- El consumo diario de agua deberá apegarse a los criterios de diseño para garantizar la disponibilidad de la misma durante el periodo de sequía.
- El principal enemigo del almacenamiento son los azolves que dentro de él se acumulan y disminuyen su vida útil por lo que el productor deberá, necesariamente, de complementar la obra con pequeñas estructuras aguas arriba diseñadas para retener los sedimentos.

Si el área de captación esta impermeabilizada, un desarenador o sedimentador en la entrada al

jagüey puede ser suficiente, de lo contrario se deberán realizarse prácticas de conservación de suelos como presas filtrantes sobre los cauces bien definidos y bordería al contorno sobre las laderas.

La Figura 19 muestra una propuesta de acomodo de prácticas, cualquier práctica conservacionista enfocada en retener sedimentos resulta útil sin importar el orden en que estas se distribuyan.

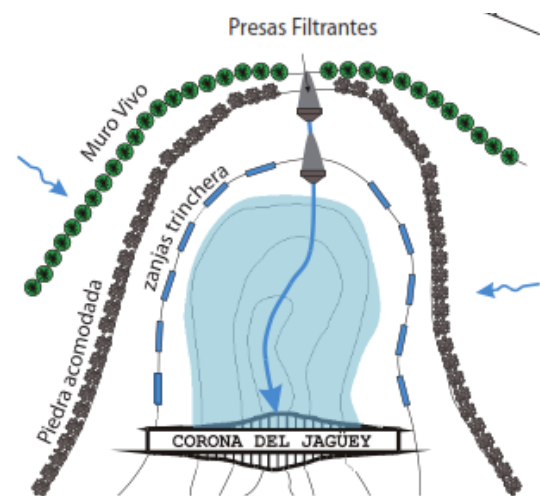


Figura 19. Esquema de las trampas de sedimento en perfil (arriba) y en planta (abajo)

Bibliografía de apoyo

1. Anaya G. M., Salazar C. J. J., Tunaroza M. V., Trejo M. J. 1998. Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe, ICCA, México.
2. Cuervo Robayo, A. P., O. Téllez V., M.A. Gómez A., C.S. Venegas B., J. Manjarrez, E. Martínez M. 2014. Precipitación anual en México (1910-2009). Modificado por CONABIO 2015, Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
3. Domínguez A. A., 2009. Ollas de Agua, Jagüeyes, Cajas de Agua o Aljibes. Especialidad de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
4. FAO, 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. E-ISBN 978-92-5-307581-2 (PDF), en línea http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf
5. Helfrich L. A. and Pardue G. B., 2009. Pond Construction: Some practical considerations. Virginia Polytechnic Institute and State University, publication 420-011.
6. NRCS, 2006. Farm Pond Ecosystems. Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet. 29
7. Rico R. A. y Castillo M. H., 1992. Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte. Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Documento Técnico No. 7, Sanfandila, Qro, México.
8. Rojas Rabiela, T. 2009. Las obras hidráulicas en las épocas prehispánica y colonial. En. CONAGUA. 2009. Semblanza Histórica del Agua en México. México, D.F. pp 9-26.
9. SAGARPA, 2012. Obras de excedencias. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_OBRAS%20DE%20EXCEDENCIAS.pdf
10. USDA, 1997. Ponds planning, design, construction. Agriculture Handbook 590. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_030362.pdf

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
JAGUEYES”
Segunda Edición**

México, Noviembre 2017

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación**

**Subsecretaría de Desarrollo Rural,
Dirección General de Producción
Rural
Sustentable en Zonas Prioritarias.**

Responsables de la Ficha

**Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso
(demetrio@colpos.mx)**

**Dr. Mario R. Martínez Menes
(mmario@colpos.mx)**

**M. C. Hilario Ramírez Cruz
ramirezacruzhi@gmail.com**

Ing. Bulmaro Luis Martínez

Colegio de Postgraduados.

**Carretera México-Texcoco, km 36.5
Montecillo, Edo. de México 56230. Tel.
01 (595) 95 2 02 00 (ext 1213)**