

Presas de ferrocemento, opción económica para retención de agua pluvial: caso de estudio

MsC. Margarito Ortiz Guzmán,
CIIDIR unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.
email: margarito_og@yahoo.com

MI. Manuel Dino Aragón Sulik, CIIDIR unidad Oaxaca. IPN, México.

MsC. Valentín Juventino Morales Domínguez, CIIDIR unidad Oaxaca, IPN, México.

RESUMEN

México, como muchos países, presenta déficit hídrico a pesar del patrón de lluvias entre los 500-1000 mm anuales. El estado de Oaxaca al sureste del país cuenta con alta marginalidad especialmente en la Mixteca, siendo el factor hídrico determinante en su desarrollo. El Instituto Politécnico Nacional, junto con la comunidad de San Jerónimo Silacayoapilla construyó una presa innovadora de ferrocemento para retener el agua proveniente de un arroyo intermitente. En la construcción de este tipo de obras, el sitio debe cumplir con características específicas siendo el tipo de suelo el más significativo. La distancia al nivel freático facilitó la recarga del acuífero, aflorando aguas abajo donde se construyeron dos bordos de tierra para almacenamiento, aprovechamiento en invernaderos y riego de auxilio.

Palabras Clave: ferrocemento, micropresas, desarrollo, comunidad rural, presa económica.

Ferrocement dam, a low cost option for harvesting rainfall: case study

ABSTRACT

Mexico like other countries suffers from water shortages despite having a rainfall pattern of 500-1000 mm a year. The state of Oaxaca, located southeast of the country, has a high marginality especially in Mixteca zone and water is a primary factor of development. The National Polytechnic Institute (IPN), in agreement with San Jerónimo Silacayoapilla authorities, built an innovative ferrocement dam in an intermittent stream in order to retain rainwater. For the construction of these works, the site must comply with some specific features, the soil class being the most significant. The depth to the water table enabled groundwater recharge and water emerged three kilometers downstream where the community built two earth dikes for storage, use in greenhouses and irrigation support.

Keywords: ferrocement, small dams, development, rural community, low cost dam

INTRODUCCIÓN

La Mixteca se ubica en la confluencia de la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur. En esa región se encuentra la comunidad de San Jerónimo Silacayoapilla, perteneciente al distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México, clasificada como de alta marginación (López, 1989). Por un deficiente manejo de suelo y bosque se manifiesta una tasa alta de deforestación y erosión. En la Mixteca se pierden en promedio dos centímetros de suelo en cada temporada por efecto de las lluvias, es decir se han destruido 300 años de formación de tierra en la región. La Universidad Autónoma Chapingo reporta un 13.3% de la superficie total con un muy alto grado de erosión, un 46% con un alto grado de erosión y un 2% con una fuerte erosión [UACH, 1986].

El medio físico presenta la mayor ocurrencia de lluvia en verano y periodos fuertes de sequía en los meses restantes del año, anteriormente se contaban tres meses de sequía, ahora son cinco, aunado al patrón de lluvias de fuerte intensidad, se cuenta con suelo desnudo por el material calizo predominante, lo que origina avenidas fuertes en lapsos cortos de tiempo.

Las razones de construcción de las presas pueden ser variadas de acuerdo con el clima y amenazas de recursos para prevenir inundaciones y posibles peligros de sequías, incremento en la agricultura continua y generación de energía eléctrica. (Güler 2007) menciona que las presas pequeñas tienen efectos sociales y de medio ambiente más limitadas, algunas perspectivas actuales interpretan a las presas pequeñas como éxitos y las grandes como problemas. Aparte del suministro de agua para poblaciones estas obras tienen otros beneficios: ayudan a la recarga del agua subterránea, proporcionan agua para uso doméstico y municipal, apoyan en el control de la erosión, control de avenidas en planicies y sierras, ayuda en el desarrollo de la acuicultura y actividades de recreación (Kahlow et al. 2004).

El proceso de construcción del ferrocemento es innovador en la construcción de pequeñas presas; tiene ventajas como la esbeltez de su pantalla, su rapidez de construcción y lo económico que resulta, comparados con otros sistemas constructivos como el concreto armado o la mampostería, principalmente por el traslado de materiales industrializados en lugares inaccesibles como lo es la geografía de San Jerónimo Silacayoapilla. La construcción de la presa proporcionará beneficios importantes en la calidad de vida en este tipo de comunidades dispersas, con la intención consciente de que cualquier proyecto productivo que desarrollen, demanda agua.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS MICROPRESAS

El objetivo de este trabajo es promover en las comunidades rurales el sistema constructivo del ferrocemento para la construcción de micropresas de retención de aguas de lluvias en las corrientes intermitentes o perennes, la labor de convencimiento es la primer etapa para estos proyectos debido al desconocimiento de las bondades del ferrocemento por parte de muchas comunidades de la región que mayoritariamente se dedican a la agricultura. Posteriormente sigue un proceso de capacitación del proceso constructivo que se realiza en forma manual. Consiste de forma general en habilitar un esqueleto de acero entramado de varilla con malla electrosoldada y metal desplegado a fin de reducir las aberturas y originar una mejor adherencia del mortero, que se aplica de dos a tres capas hasta alcanzar espesores de cinco centímetros.

Esta estructura adquiere una alta resistencia permitiendo en conjunto un adecuado trabajo mecánico. La altura máxima de micropresas construidas por parte del IPN ha sido de cinco metros, más un metro de muro para proteger a las laderas, protección contra oleaje y encauzamiento del excedente de agua.

La micropresa consta de cascarones curvos, que se construyen en posición vertical, con entramados de tres tipos de mallas y un aplanado de mortero cemento-arena, de espesor comprendido entre 5 y 7 cm. El cascarón lleva refuerzos intermedios del mismo material en posición horizontal y vertical denominados *tímpanos* y *cartabones* respectivamente.

El desplante de estas obras depende del tipo de terreno, se han practicado principalmente en suelos muy compacto y de baja deformabilidad, en estas obras se favorecen los materiales rocosos. En Silacayoapilla se buscó un sitio con el mayor vaso de almacenamiento y una boquilla angosta para reducir costos constructivos (figura 1).



Figura 1. Localización de la boquilla y vaso de almacenamiento.

El trazo de la obra se realiza de forma parabólica, los empotres principales se ubican en las laderas y la excavación se realiza con herramienta menor para favorecer el empleo de mano de obra de la localidad (figura 2).



Figura 2. Trazo de la curvatura de la pantalla

En la excavación se alcanza el suelo rocoso, la superficie es nivelada con piedra regional, de tal forma que formen muros escalonados para una adecuada transferencia de los esfuerzos al subsuelo (figura 3).



Figura 3. Nivelación con mampostería y en los extremos muros escalonados para la mejor transmisión de esfuerzos.

El armado estructural de la losa de cimentación, se realiza con acero longitudinal, reforzado con bastones transversales; sobre el eje del muro se sujetan las mallas que servirán de anclaje al muro y los cartabones (figura 4).



Figura 4. Construcción de los cartabones y tímpanos

La losa de cimentación se construye con espesores de 12 cm o mayores, y para mejorar la impermeabilidad del concreto y la protección del acero se apisona en dos ocasiones.

Las mallas tejidas previamente se tensan y alinean para formar el muro; para que éste se mantenga vertical se colocan cartabones con separación de 1.50 m entre ellos y los tímpanos se ubican con una separación de 1.20 m en forma horizontal, sirviendo estos últimos para rigidizar al muro (figura 5) y se aplica mortero al muro hasta alcanzar un espesor mínimo en los muros de 5 cm.

Con la finalidad de propiciar un mejor manejo de los azolves e incrementar la vida útil de la obra se coloca una compuerta de ferrocemento, que se sella después de las primeras lluvias, y también se coloca un hidrante aguas abajo. Los resultados muestran una estructura esbelta, rígida, y confiable para el almacenamiento de agua (figura 5).



Figura 5. Vista de la pantalla en periodo de estiaje

El vertedor de demasías se ubicó al centro de la pantalla y sus dimensiones dependieron del periodo de retorno de 100 años que, con un ajuste de la función Gumbel, se determinó un gasto de diseño de $12.37 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo que se construyó un vertedor tipo Creager recortado mediante un pequeño desnivel en el centro de la pantalla y que se eleva a los costados para proteger las márgenes y aleros de una posible socavación por el escurrimiento del agua.

FUNCIONAMIENTO DE LA MICROPRESA

La construcción de esta obra permitió el retardamiento del flujo subsuperficial, con afloramiento aguas abajo de la pantalla, a escasos 3 km, mejorando la humedad de suelos en los alrededores de la micropresa y estimuló a la comunidad con la retención del agua con obras de menor costo como bordos de tierra, la construcción de pozos artesianos e invernaderos, para cumplir con el propósito principal de satisfacer la demanda para los riegos de auxilio (figura 6).

Los costos de construcción con ferrocemento resultaron menores por metro cuadrado (76.41 USD) en comparación con el concreto armado (125.00 USD) y de mampostería (117.92 USD), la obra terminada tiene un volumen de almacenamiento de 4.5 millones de litros (4500 m³).



Figura 6. Beneficios por la filtración subterránea, aguas abajo, estimulación de actividades productivas.

CONCLUSIONES

La necesidad de aprovisionamiento hídrico no solo es privativa de las comunidades rurales sino también de los núcleos urbanos donde el agua ha empezado a escasear, principalmente en la época de estiaje, por lo que la necesidad de construir obras de retención, almacenamiento e infiltración de agua de lluvia es apremiante.

El problema de suministro de agua se agudiza cada vez más tanto por el incremento en su demanda como por los cambios climatológicos a nivel mundial. Se requiere de obras de almacenamiento que permitan dotar de este vital líquido a las personas a un costo razonable y que propicien el desarrollo de las comunidades.

Se ha visto que el ferrocemento es una alternativa viable para la construcción de estas obras, mediante la asesoría técnica adecuada y con un costo muy por debajo de otros procesos constructivos. Además el propio sistema alienta la participación activa de la comunidad que es uno de los preceptos que se buscan en la gobernanza del agua.

Las actividades del tejido y armado de la pantalla hacen partícipes al género femenino en estos proyectos, aunado a que la tecnología del ferrocemento ha permitido su transferencia de manera sencilla hacia las comunidades.

RECONOCIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional y a la comunidad de San Jerónimo Silacayoapilla Huajuapán, Oaxaca, México, que han confiado en la técnica del ferrocemento.

REFERENCIAS

Güler, P. Z. (2007) "Dams and sustainable development: the example of Ataturk dam". International Congress on river basin management. pp 283-293. General Directorate of state hydraulics works. Turkey.

Kahlow, M.A., Ashraf, M. and Ashfaq, A. (2004) "Contribution of small dams in the development of water resources of the Pothwar Region". Pakistan Journal of Water Resources. Vol 8(1), pp 23-38.

López, R. E. (1989). "Pueblos indígenas de México y agua: mixtecos de Oaxaca. El pueblo de la lluvia". Atlas de culturas del agua en América latina y el Caribe, extraído de: http://www.unesco.org.uy/phi/aguaycultura/fileadmin/phi/aguaycultura/Mexico/09_Mixtecos.pdf . en julio 2010.

Universidad Autónoma Chapingo (1986). "Levantamiento fisiográfico y evaluación de la erosión de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja". UACH. Centro Regional Universitario Sur. Pinotepa Nacional, Oaxaca. México.