

# DETERMINACIÓN DE LA POLÍTICA DE OPERACIÓN DE UNA PRESA INCLUYENDO LAS LLUVIAS DE LA CUENCA DE APORTACIÓN

Claudia Rojas Serna, Agustín Felipe Breña Puyol y Marco Antonio Jacobo Villa

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica  
Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, México, D.F.  
México, Teléfono: (+52) 55 5804 4600, ext. 1010, 1208, 1009  
E-mail: crojas@xanum.uam.mx, puyol88@yahoo.com, majv@xanum.uam.mx

## Introducción

La política de operación de una presa influye en la explotación, en el uso, en el aprovechamiento, y en el manejo y control del agua en una corriente superficial.

En la actualidad la curva de elevaciones-áreas-capacidades del vaso de almacenamiento de una presa es la herramienta fundamental para operar dicha estructura hidráulica. Es decir, esta curva que aporta la información de la cantidad de agua almacenada en la presa en función del nivel del agua existente en la misma, es visiblemente determinante en la política de operación de una presa.

Evidentemente, las precipitaciones ocurridas en la cuenca hasta el punto de localización de la presa determinan las avenidas que entran al vaso de almacenamiento. Esto implicaría considerar también dichas precipitaciones en la definición de la política de operación de una presa. De acuerdo a esta consideración, se utilizarían cuatro tipos de información histórica y para un mismo intervalo de tiempo en la cuenca de aportación hasta la cortina de la presa: las lluvias, las avenidas, los niveles en el vaso de almacenamiento y las capacidades del mismo.

El análisis detallado de esta información es difícil de generar y recopilar para crear una base de datos que involucre las cuatro variables citadas precedentemente dentro de un periodo de tiempo en común. Por lo cual, con el fin de dar un primer antecedente a la importancia de considerar las precipitaciones en la generación de las políticas de operación de las presas, en este estudio se presenta el análisis sólo para el último año de una presa.

La metodología es aplicada en la presa Villa Victoria que forma parte del sistema Cutzamala. La información utilizada es la disponible en la página de internet de la Comisión Nacional del Agua.

## Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es introducir la necesidad de considerar las precipitaciones que ocasionan las avenidas que entran al vaso de almacenamiento y que son una herramienta fundamental para esperar cierto nivel en la presa.

## Metodología

### Presa de estudio

La consideración de las precipitaciones que ocasionan las avenidas que definen los volúmenes de almacenamiento en la presa se realiza en la presa Villa Victoria. La presa Villa Victoria es una de las presas que forman el Sistema Cutzamala, el cual satisface un porcentaje de la demanda de agua potable de la cuenca del Valle de México. En la

Figura 1 se muestra el esquema del Sistema Cutzamala y la ubicación de la presa Villa Victoria.

La cuenca de aportación a la presa Villa Victoria se ubica en el estado de México. Las tres características físicas de la cuenca en estudio que se utilizan en este trabajo son:

- A Área de la cuenca = 550 Km<sup>2</sup>.
- L Longitud del cauce principal = 63 Km
- S Pendiente del cauce principal: 0.030

Utilizando estas características y con la fórmula Kirpich (ecuación 1) se calcula el tiempo de concentración  $t_c$  de la cuenca:

$$t_c = 3.98 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \quad [1]$$

Entonces, el tiempo de concentración calculado con la ecuación 1, es igual a 6.21 horas.

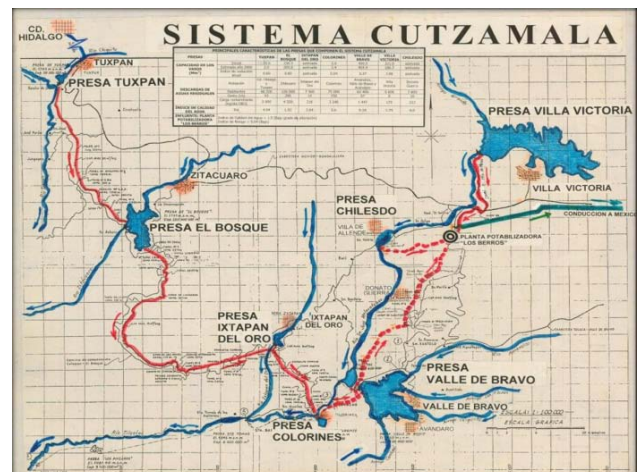


Figura 1.- Esquema de la ubicación de la presa Villa Victoria dentro del Sistema Cutzamala (Conagua, 2011).

## Política de operación tradicional

La política de operación de una presa tradicionalmente considera tres tipos de información en el vaso de almacenamiento:

1. Curva elevaciones-áreas-capacidades
2. Escurrimientos medios mensuales
3. Evaporaciones mensuales
4. Precipitaciones mensuales
5. Demandas

Esta información se resume en las siguientes características físicas del vaso de almacenamiento: a la elevación de la superficie libre del agua, al área formada en planta por el vaso de almacenamiento y su capacidad. Así como a las dos siguientes características climáticas mensuales: los escurrimientos, la evaporación y la precipitación. Finalmente, la información fundamental es la demanda a satisfacer para determinados usos del agua. En México, la generación de la política de operación de

una presa frecuentemente se obtiene con la utilización del *software* “Óptima”. Este eficiente *software* está basado en un modelo numérico de gran utilidad ya que simplifica la determinación de las políticas de operación, por ejemplo, de un sistema de presas, para proveer los máximos volúmenes aprovechables para los usos agrícolas, pecuarios y de agua potable en una cuenca en general. Este modelo está formado de dos partes: un simulador del funcionamiento del embalse y de una función que es optimizada para encontrar los volúmenes óptimos de extracción.

El modelo “Óptima” de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (Conagua, 1993) permite determinar el volumen a extraerse de una presa para un ciclo de demanda –por ejemplo, en el caso del ciclo agrícola generalmente abarca de octubre a septiembre-, en función del volumen almacenado al inicio del ciclo.

### Determinación del intervalo de tiempo $\Delta t$ de incremento del almacenamiento

La propuesta de este trabajo es optimizar la política de operación de una presa, considerando –además de la información citada en el apartado anterior- el intervalo de tiempo  $\Delta t$  a partir del cual se espera que el nivel en el vaso de almacenamiento se incremente de manera paulatina o rápidamente.

En la Figura 2 se muestran para la presa Villa Victoria, los almacenamientos y las lluvias diarias. Se puede observar que  $\Delta t$  es considerablemente más grande que el tiempo de concentración de la cuenca.

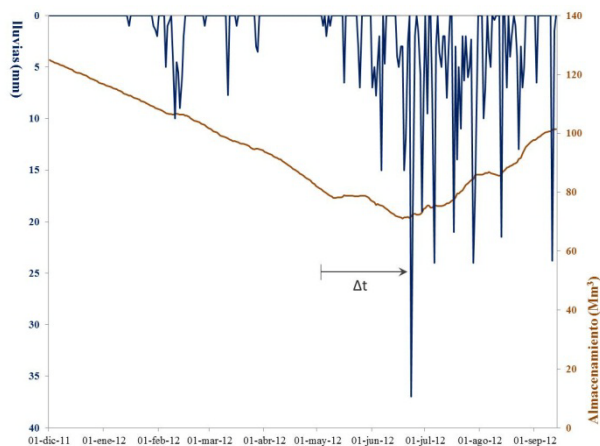


Figura 2.- Variación de la lluvia y del almacenamiento de la presa Villa Victoria.

### Conclusiones y trabajo futuro

El conocimiento del intervalo de tiempo  $\Delta t$  para el cual se esperarían incrementos en el nivel del vaso de almacenamiento sería una herramienta muy útil, particularmente, en los casos cuando la presa está alcanzando los niveles cercanos al Nivel Máximo de Operación, o incluso, cuando ya se ha rebasado este nivel y la presa está muy cerca del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias. El conocimiento de  $\Delta t$  sugeriría un margen de operación extraordinario para mitigar o evitar daños aguas abajo de la presa.

En el caso de la presa Villa Victoria, los primeros resultados muestran que el valor de  $\Delta t$  (intervalo de tiempo a partir del cual se espera que el nivel en el vaso de almacenamiento se incremente considerablemente) no coincide con el tiempo de concentración de la cuenca. Esto sugiere una continuación de este trabajo en miras de investigar los parámetros que aporten un mayor conocimiento del tiempo de operación marginal que se puede tener en una presa, particularmente en situaciones donde la operación optimizada de compuertas evite un desfogue prolongado que pudiera provocar serias afectaciones aguas abajo.

### Referencias

- Conagua, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, “Resumen de la metodología propuesta por la GASIR como apoyo para la toma de decisiones en las extracciones anuales o semestrales a las presas”, México (1993).
- Conagua, Comisión Nacional del Agua, Subdirección Técnica, Arreguín Cortés, F. I. (2011). “Los retos del abastecimiento de agua en México”. *Conferencia magistral*, UAM, Iztapalapa.
- González Villarreal Fernando L., “Operación óptima de compuertas”, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1969.
- Sánchez Camacho E.A, Wagner Gómez A.I. (2003): “Determinación de Reglas de Operación Óptima para Dos Embalses, utilizando un Algoritmo Genético”. XII Escuela Nacional de Optimización y Análisis Numérico Saltillo, Coahuila 16 al 21 de Marzo 2003.