

# Introducción

El Sistema de Presas del Río Grijalva juega un papel muy importante como regulador de los volúmenes provenientes de las avenidas extraordinarias que se generan en la región de Chiapas y Tabasco; de ahí que el buen diseño y la correcta operación de sus obras de excedencias sea fundamental para evitar daños por inundaciones que suelen afectar las condiciones de vida y producción de la población tabasqueña, dejando un saldo de cientos de damnificados y muertes de personas.

Dadas las características excepcionales de las avenidas que se han presentado en 1999, 2005 y 2010 en la cuenca del Río Grijalva, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) la actualización de las avenidas de diseño, lo cual motivó a la realización del presente trabajo de investigación.

La regulación que ofrece el sistema Grijalva es fundamental para evitar mayores daños a la población, ya que de no existir las presas del complejo Grijalva se presentarían volúmenes de magnitud importante adicionales a los que comúnmente afectan a la planicie tabasqueña, situación que sería sumamente devastadora para la infraestructura y economía del estado de Tabasco. En la cuenca del Río Grijalva-Usumacinta específicamente el Sistema de Presas del Grijalva se deben realizar estudios hidrológicos de manera constante para el manejo óptimo de los vertedores de las presas, debido a que en los últimos años se han presentado eventos extremos cada vez con mayor frecuencia; los científicos consideran que las variaciones en los caudales pueden estar asociados al fenómeno del cambio climático en el orbe.

Una avenida es un fenómeno hidrológico ocasionado por precipitaciones, que se generan mediante la combinación de corrientes de aire frío (frentes) y almacenamiento de humedad originada en las partes altas como lo son las montañas. Las avenidas extremas se definen

por su gasto pico y su volumen total de entrada al embalse, son de vital importancia para el diseño de los aprovechamientos hidráulicos, especialmente para las obras de control.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental actualizar las avenidas de diseño, para periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años correspondientes a las cuencas propias de las Presas: Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”, Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, Netzahualcōyotl “Malpaso” y Ángel Albino Corzo “Peñitas”, utilizando el método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, además de verificar que los niveles en los embalses de las presas no rebasen el NAME.

El capítulo 1, “Antecedentes”, aborda los aspectos generales sobre avenidas de diseño, así como la importancia que se tiene al actualizarlas a través del tiempo, se discute los estudios realizados con anterioridad en el Sistema de Presas del Río Grijalva, se comparan las avenidas de diseño estimadas en los estudios de 1993 con los reportados en el año 2000.

A continuación, en el capítulo 2, “Descripción de la zona en estudio”, se describen las características principales de la cuenca del Río Grijalva, como son: localización, hidrología y por supuesto las centrales hidroeléctricas que integran dicha cuenca. Se describe el impacto que tiene el Complejo Grijalva en la generación hidroeléctrica nacional y la aportación respecto a la capacidad total nacional.

Con el propósito de tener fundamentos sólidos de Probabilidad y Estadística, se presenta el capítulo 3, “Elementos de Probabilidad y Estadística”, en este capítulo se presentan conceptos generales utilizados en este estudio, tales como: periodo de retorno, cálculo de funciones de distribución de probabilidad de variables aleatorias continuas más usadas en hidrología; específicamente la distribución general de valores extremos tipo I (Gumbel) y Gumbel mixta (2 poblaciones) aplicando el algoritmo de Rosenbrock para estimar sus parámetros estadísticos.

En el capítulo 4 “Estimación de avenidas de diseño”, se desarrolla el procedimiento de cálculo de una avenida de diseño a través del análisis estadístico de escurrimientos medios diarios aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Se describe la metodología para estimar tránsitos de avenidas empleando el método de aproximaciones sucesivas. De manera general se aborda el manejo de programas para estimar gastos medios máximos anuales, extrapolación probabilística de eventos de diseño para diferentes periodos de retorno y tránsitos de avenidas.

En el capítulo 5, “Actualización de las avenidas de diseño del sistema de presas del Río Grijalva”, se aplica la metodología para estimar las avenidas de diseño para cada una de las cuatro presas. En lo que respecta a la Presa La Angostura se presenta la comparación de gastos pico, volúmenes de avenidas y tránsitos de las avenidas de diseño correspondientes a los estudios realizados en los años 2006, 2009 y 2010. Para las Presas Chicoasén, Malpaso y Peñitas se hace la comparación respecto a los resultados obtenidos en los estudios 2006 y 2008.

Finalmente en el capítulo 6, se reportan las principales conclusiones y recomendaciones derivados de este estudio; en este capítulo se reflexiona sobre los daños que pudiesen causar al no contar con una óptima política de operación, sobre todo en las presas de La Angostura y Malpaso.

Se incluyen los siguientes apéndices: **Apéndice A**, “Algoritmo de Rosenbrock para variables no restringidas”, se presenta la metodología para programar dicho algoritmo en lenguaje FORTRAN 2003; en el **Apéndice B**, “Cálculo de gastos máximos de diseño para diferentes periodo de retorno”, se presenta el código fuente del programa QG2P.exe en FORTARN 2003 programado por Luis Eusebio Ramírez Salazar, este programa calcula gastos de diseño para diferentes periodos de retorno; el **Apéndice C**, “Componentes de un vaso de almacenamiento de una presa”, se refiere a los tipos de almacenamiento y sus características de interés en hidrología.

Es importante mencionar que este trabajo también tiene el propósito de ser una herramienta útil para los estudiantes de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que engloba los conceptos relativos a la estimación de avenidas de diseño empleando el método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, debido a que este tema no está difundido en gran medida en los planes de estudio a nivel Licenciatura.

