

Plan Hídrico Integral de Tabasco

1ª parte

POR JAVIER CARRILLO SOSA Y VERÓNICA BENÍTEZ

A fines de octubre de 2007, varias depresiones tropicales y frentes fríos en el sureste y golfo de México generaron lluvias intensas y continuas que provocaron la peor inundación reportada en Tabasco; éstas precipitaciones cubrieron buena parte del territorio del Estado, además de inundar parte de la sierra de Chiapas.

La población afectada fue cerca de un millón de personas, y surgieron problemas sociales, de salud, económicos y ecológicos severos, los cuales aún ahora están siendo evaluados. Los daños más serios se presentaron en la ciudad de Villahermosa, 80 % inundada por el desbordamiento de los ríos Grijalva y Carrizal, la cual quedó incomunicada además, al colapsarse las vías de comunicación (GTE, 2008). Se calcula que los daños materiales superan tres millones de dólares.

La inundación sucedió por haber fallado el sistema de protección, al sobrepasarse, romperse o estar inconclusos los bordos y diques que lo integraban. Entre las principales causas se encuentran: zonas donde el suelo contiene materia orgánica que le resta resistencia, y otras generadas por el hombre: carreteras y caminos, crecimiento urbano en zonas de alto riesgo, etc, acrecentadas a lo largo de los años.

Estos eventos evidenciaron la necesidad de elaborar un Plan Hídrico Integral para Tabasco (PHIT). Para ello, la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) acordó en 2008 solicitar apoyo al II UNAM, y entre las primeras tareas por hacer surgieron el Plan de Acción Urgente (PAU) y el Plan de Acción Inmediata (PAI).

Para establecer las acciones a seguir en el PAU y PAI, y dar forma al PHIT, se realizó un estudio integral del sistema hidrológico de Tabasco. Éste es muy complejo, con abundancia de escurrimientos relacionados con fenómenos de carácter geológico, climático y biológico, en constante in-

teracción. Los motivos de inundación en Tabasco son muy variados, influyen problemas con las presas, los ríos, la cimentación de las obras para controlar la avenida de las aguas, sea por lluvia o por escurrimientos, además de los asentamientos humanos en las zonas de riesgo.

Entre las primeras acciones, se consideraron el proceso de reparación de daños y la mitigación de riesgos, involucrando la rehabilitación de la infraestructura existente, especialmente la estructura de control. Ésta se está construyendo en la bifurcación Mezcalapa-Samaria-Carrizal; está parcialmente terminada en la actualidad y consiste en diques de estrechamiento y el canal derivador de la margen izquierda.

Durante la implantación del Plan Hídrico en su primera etapa, se siguieron los pasos presentados a continuación:

- Caracterizar y documentar el evento de octubre y noviembre de 2007.
- Determinar las causas e impactos asociados con los fenómenos hidrometeorológicos extremos que afectan al estado de Tabasco. Lo anterior incluye el diagnóstico de la infraestructura del sistema del río Grijalva-La Sierra-Usumacinta.
- Desarrollar, adaptar y aplicar modelos matemáticos, de simulación, optimización y evaluación, así como modelos físicos, técnicas de percepción remota y otras herramientas de apoyo a la toma de decisiones, asociadas con la predicción de eventos meteorológicos, la operación óptima del sistema hidroeléctrico del Grijalva, los ríos de la Sierra y el control de inundaciones en la planicie Tabasqueña.

ANTECEDENTES

Aunque hay registros de inundaciones en Villahermosa desde 1879, éstas no tuvieron el impacto de las ocurridas durante octubre y noviembre de 2007, cuando fueron afectadas diferentes localidades, además de Villahermosa. También se

analizó la información hidrometeorológica correspondiente a los registros históricos de precipitación, así como de los escurrimientos que tienen lugar en el territorio tabasqueño, incluyendo el territorio chiapaneco, por su contribución a través de los ríos de la Sierra y Mezcalapa.

Comparando los registros históricos de precipitación, se comprobó que los fenómenos ocurridos durante 2007 alcanzaron 548.7 mm; esto es, poco más del doble del valor medio histórico para ese mes. En esa ocasión, como consecuencia de las lluvias de días anteriores el terreno se humedeció, lo que saturó el suelo y con ello hubo una disminución del coeficiente de infiltración y un aumento en el de escurrimiento; así, los caudales de los ríos se incrementaron y los niveles de agua en ellos estuvieron cerca o por encima de las cotas críticas.

Gran parte de la lluvia escurrió sobre el terreno, otra se almacenó en las lagunas y una más llegó a los cauces de los ríos incrementando los niveles del agua en ellos por encima de la elevación de las coronas de sus bordos o barrotos. Esto causó, el desbordamiento de agua que provocó las inundaciones en Tabasco.

Tabla 1. Eventos hidrometeorológicos extremos durante 2007

FECHA	FENÓMENO NATURAL	UBICACIÓN
Octubre 11 y 12 de 2007	Frente frío No 2 y la circulación de una baja presión cerca de la frontera con Guatemala	Tabasco y Guatemala
Octubre 21 y 24 de 2007	Frente frío No 3	Tabasco
Octubre 28 a 1 de noviembre de 2007	Frente frío No 4 combinado con la tormenta tropical Noel en el mar Caribe	Tabasco y Caribe

Los trenes de lluvias que se presentaron debido a los fenómenos anteriormente mencionados son:

a) Del 21 al 24 de octubre, con una lámina promedio diaria del orden de 100 mm

b) Del 28 de octubre al 1 de noviembre de 2007, con una lámina promedio diaria mayor de 100 mm, sobre todo en la región del río de la Sierra, donde fue del orden de 160 mm.

En cuanto a las lluvias de la zona del sistema de presas y el río Mezcalapa, éstas generaron avenidas que dieron lugar a la entrada de grandes volúmenes de agua en el vaso de la presa Peñitas.

Datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) señalan un ingreso, entre el 11 y 12 de octubre, superior a los 5000 m³/s y otro, del mismo orden, el 29 de octubre. La primera creciente se descargó en la forma convencional, es decir, por las turbinas, pero la avenida generada por el segundo tren de lluvias se presentó cuando aún estaba siendo desalojada la primera creciente y no había bajado lo esperado el nivel del almacenamiento de la presa.

La acción para no poner en peligro de una rotura a la cortina de la presa Peñitas fue descargar por el vertedor de excedencias, lo que trajo como consecuencia que en las estaciones hidrométricas Samaria y González, se presentaran gastos máximos de 2 300 y 1 450 m³/s, respectivamente. La fig 1 muestra el funcionamiento de la presa en octubre y noviembre de 2007.

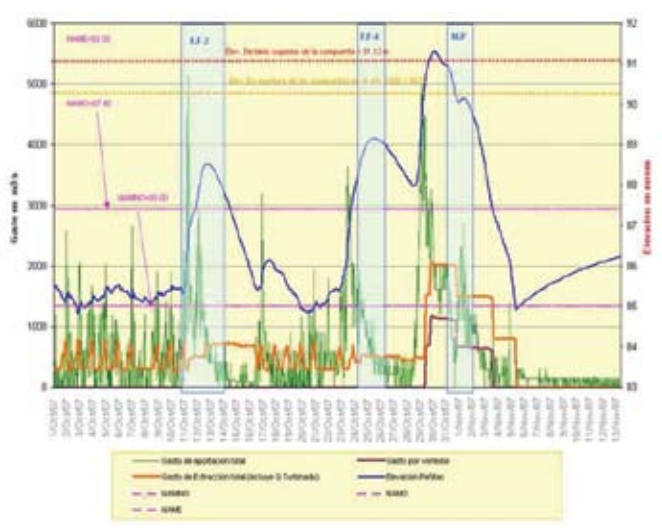


Fig 1. Funcionamiento de la presa Peñitas durante los fenómenos hidrometeorológicos de octubre, 2007

Durante el segundo tren de precipitación, el registro de los caudales de las estaciones Tapijulapa y Teapa, en la cuenca de los ríos, indicó gastos de 3 300 y 600 m³/s, respectiva-

mente. Por último, en la cuenca del río Chilapa, el periodo de retorno fue mucho menor de 100 años.

También se realizaron estudios donde se descartó el efecto de la marea como causa de las inundaciones.

HIDROLOGÍA

Para conocer plenamente el funcionamiento hidrológico, se estudiaron los escurrimientos máximos ocurridos en la cuenca baja del río Grijalva (fig 2), la cual se dividió en tres subcuencas:

- La de los ríos de la Sierra delimitada por las estaciones hidrométricas de Pichualco, Teapa, Puyacatengo y Tapijulapa,
- La del río Chilapa, delimitada por las estaciones Salto de Agua y Macuspana,
- La del río Usumacinta.

Adicionalmente, se revisaron los escurrimientos en la cuenca de la “bifurcación” comprendida entre la presa Peñitas y los sitios de las estaciones hidrométricas González y Samaria, así como las políticas de operación del conjunto de presas: La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas.



Fig 2. Sistema Hidrológico del Bajo Grijalva

En todos los casos, se calcularon las avenidas de diseño a partir de los gastos medios diarios registrados en las estaciones hidrométricas considerando la información disponible hasta 2008.

Se hizo un análisis estadístico de los eventos históricos comparando los resultados con los obtenidos en un estudio previo realizado en el año 2000 por el Instituto de Ingeniería, UNAM.

El análisis de los resultados obtenidos para toda la cuenca baja del Grijalva muestra que el evento de 2007 fue significativo en el proceso de estimación de los gastos máximos anuales que definen las avenidas de diseño. Asimismo, se concluye que dicho evento corresponde aproximadamente a un periodo de retorno de 100 años en los ríos de la Sierra y a un periodo de retorno sólo ligeramente menor para la cuenca de la bifurcación.

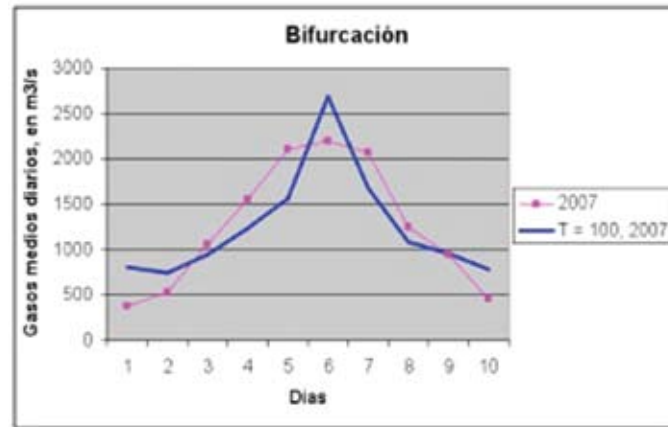


Fig 3. Comparación entre los escurrimientos registrados y los de 100 años de periodo de retorno para la cuenca de la bifurcación

En la cuenca del río Chilapa, los escurrimientos registrados en 2007 fueron mucho menores que los correspondientes a 100 años de periodo de retorno, lo mismo que en la cuenca del río Usumacinta.

Finalmente, debido a que las descargas de la presa Peñitas, y particularmente su frecuencia, dependen de la operación de todo el sistema Grijalva situado aguas arriba (véase fig 1), en el estudio de las avenidas de diseño de las descargas de Peñitas, se analizaron las políticas de operación de las presas La Angostura y Malpaso, para determinar después las avenidas de diseño de Malpaso y Peñitas y, en particular, de las cuencas formadas como resultado del caído. Se llama caído a la acumulación de tierra producto de una falla geotécnica, que impide el paso del agua.

La simulación de las políticas óptimas, obtenida mediante programación dinámica, mostró que ni en La Angostura ni en Malpaso se presentan derrames para el registro histórico de 25 años. Al simular diez series sintéticas de 100 años cada una, se estimó que los derrames en La Angostura se presentan con un periodo de retorno (T_r) de 110 años mientras que en Malpaso se tienen derrames para un T_r aproximado de 70 años. Las avenidas en ambas cuencas no son simultáneas.

Adicionalmente, se simuló el tránsito de las avenidas de diseño por la obra de excedencias de Malpaso para varios periodos de retorno, estableciendo como gasto máximo de descarga en Malpaso 3 150 m³/s para un Tr de 100 años.

En el caso del tránsito de las avenidas de diseño para un Tr de 10 000 años por Peñitas, se determinó que no se rebasa el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) incluso en caso de que ingrese a Peñitas, proveniente de Malpaso, un gasto correspondiente a una avenida con un Tr de 10000 años; se encontró que el nivel del agua estaría 1.26 m abajo del NAME.

Puesto que las crecientes en la cuenca de Peñitas son de corta duración y la ocurrencia de dichas crecientes no es simultánea en las dos cuencas (Malpaso y Peñitas), se estimó que las descargas de Peñitas con Tr de 50 y 100 años serían de 3 700 y 4 700 m³/s, bajo el supuesto de que se cuente con

un sistema telemétrico de medición que garantice la posibilidad de cerrar temporalmente Malpaso, mientras transitan por Peñitas las avenidas extraordinarias que ocurren en su cuenca propia.

El funcionamiento del vaso de la presa Peñitas fue determinante para establecer los gastos de diseño presentes durante el caído.

Finalmente, se recomienda considerar un gasto medio diario total para la bifurcación de 6 500 m³/s para un Tr de 100 años y de 5 300 m³/s para un Tr de 50 años.

La tabla siguiente presenta un resumen de los gastos medios diarios calculados para avenidas con duración de diez días asociadas a un Tr de 100 años en las cuencas del bajo Grijalva y para la cuenca de la bifurcación. 🚧

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ríos de la Sierra										
Picualco reg	70	137	119	439	1589	780	309	223	156	207
Teapa reg	101	140	112	465	1628	808	318	282	242	241
Puyacatengo reg	24	52	38	152	709	255	139	114	76	96
Tapijulapa reg	281	336	361	1231	3719	1738	1058	839	507	707
Total reg	621	730	617	2448	7331	3599	1853	1506	970	1193
Chilapa										
Macuspana	1181	1212	1147	1351	1431	1481	1417	1285	1212	1173
Salto de Agua	845	1105	1250	1608	2146	2570	1824	1372	1221	899
Total	1896	1986	1948	2444	3187	3685	2680	2304	1910	2050
Usumacinta										
Boca del Cerro	7705	8153	8394	8586	8615	8671	8556	8502	8323	7935
Bifurcación										
Gon+Sam-Peñi	806	738	946	1238	1564	2680	1678	1080	964	776

Tabla 2. Gastos máximos para 1 a 10 días de duración