Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales.

Informe de estudios Hidrológico

Puente Ignacio Chávez

Elaborado por:

Instituto de Ingeniería

UNAM

Control documental

Información del documento

	Información
Numero de documento	*Hidro- Ignacio Chávez*
Elaboro	*Ing. David Flores Vidriales*
Fecha de Expedición	*10/11/2017*
Fecha de Última Edición	*10/11/2017*
Nombre del archivo	*Hidro- Ignacio Chávez*

Historia del documento

Versión	Fecha	Cambios
1.0	*10/11/2017*	*Propuesta para comentarios*

Contenido

Informe general 3
Objetivo 3
1.- Generalidades 3
2.- Estudio Hidrológico 5
Observaciones 5
3.- Estudio Hidráulico 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 7
Memoria de cálculo 9
1.- Recopilación de información 9
Estudio Hidrológico 9
ANALISIS HIDROLÓGICO 10

1

Informe general

Objetivo

El objetivo del estudio es obtener el gasto de diseño asociado a un periodo de retorno 100, 500 y 1,000 años, hasta el sitio donde se localiza el cruce, mediante la aplicación de métodos hidrológicos apropiados a las características de la cuenca.

1.- Generalidades

La corriente nace a 777.0 km del sitio de cruce y desemboca a 7.0 km, en el Océano Pacífico; dicha descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 110,856 km^2 y pertenece a la Región Hidrológica No. 18 Bajo Balsas, según clasificación de la extinta SARH. Ver croquis de localización. En la zona del cruce, la vegetación se puede clasificar como de pastizales y huertas y el terreno es sensiblemente plano.

El cauce en la zona de cruce es sensiblemente recto, estable y encajonado. El escurrimiento es de carácter perenne.

El período de lluvias en la región comprende los meses de junio a septiembre.

La precipitación media anual es de 1280 mm.

La corriente que se estudia corresponde al río Balsas, el cual es uno de los ríos más largos del país. El río discurre por los estados de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Guerrero y Michoacán, y en su curso alto (en que lleva el nombre de río Atoyac) también discurre por Tlaxcala y Puebla. Drena además parte de los estados de Veracruz, Morelos, Oaxaca, México y Jalisco, la que es conocida como depresión del Balsas. El río Balsas es conocido como Atoyac en el estado de Puebla y como Mezcala en gran parte de la región norte de Guerrero. El tributario más alejado del río Balsas es el río Zahuapan.

El río Balsas avanza en dirección oeste por la parte norte del estado de Guerrero, un tramo en el que es llamado a veces río Mezcala. Recibe muchos afluentes no muy largos, de pequeños valles, como el río Amacuzac, que llega por la margen derecha desde Morelos. El cauce del río es cruzado por el Puente Mezcala Solidaridad de la Autopista del Sol (95D) que comunica a la ciudad de Cuernavaca (en el estado de Morelos) con Acapulco, en la costa del estado de Guerrero.

Después el río llega a la cola del embalse de la presa de El Caracol, donde recibe por la derecha, al río San Juan. Sigue hacia el este su discurrir incorporando nuevos afluentes, como los ríos Yextla y El Aguacate y atravesando varias localidades, como San Miguel Totolapan, Ajuchitlán del Progreso y Tlapehuala. Bordea por el sur Ciudad Altamirano, casi en la frontera entre Guerrero y Michoacán, que es la ciudad más importante en el curso medio del río y tras atravesar Coyuca de Catalán recibe por la margen derecha al río Cutzamala, justo en la frontera interestatal. A partir de aquí y hasta su desembocadura, el Balsas forma la frontera entre los estados de Guerrero (al sur) y Michoacán (al norte). En este largo tramo incorpora las aguas de los afluentes Placeres del Oro y Chiquito y pasa por la pequeña localidad de Zirándaro de los Chávez. Llega después el río a la larga cola del embalse de la presa del Infiernillo, y, en ese tramo embalsado, recibe al río Grande y al río Cupatitzio. Tras más de 70 km de tramo embalsado llega a la presa, en Infiernillo, y tras virar finalmente hacia el sur, sale de los valles montañosos interiores y emprende su último tramo, ya en la vertiente costera para llegar a la presa La Villita (José María Morelos). Desemboca en el océano Pacífico en la bahía Petacalco, cerca de la ciudad de Lázaro Cárdenas, que es la ciudad más importante localizada en sus orillas.

El cruce de estudio queda localizado en el tramo de río comprendido entre la Presa La Villita y la desembocadura en el Océano Pacífico, siendo conveniente destacar que hacia aguas abajo de la cortina de la presa, se forman dos brazos del río, el brazo derecho bordea la ciudad de Lázaro Cárdenas, Mich, y el brazo izquierdo ubicado hacia el oriente de las instalaciones del puerto de Lázaro Cárdenas, siendo precisamente el puente para cruzar el brazo izquierdo la estructura de estudio, mismo que se conoce como puente Ignacio Chávez.

2.- Estudio Hidrológico

Método aplicado No se aplicó ningún método establecido, ya las condiciones del caudal no son aplicables, ya que este gasto está sumamente controlado por varias presas.

Es importante mencionar que para el caso de cuencas grandes, regularmente se efectúa la determinación de gastos máximos mediante métodos Estadísticos, los cuales se aplican a partir funciones de distribución de probabilidad e información de gastos máximos registrados en estaciones de aforo hidrométrico, colocadas sobre la misma corriente de estudio; sin embargo, en las proximidades al cruce no se cuenta con este tipo de aforo; además, como se hizo referencia anteriormente, la corriente, por su gran potencial hidráulico, es aprovechada para la generación de energía eléctrica en diversos sitios de la cuenca, destacándose que el 75% de la generación se realiza en las presas El Caracol, Infiernillo y La Villita.

Las presas Infiernillo y La Villita operan en serie, la primera turbina aproximadamente 11,000 millones de metros cúbicos anuales, volumen que vuelve a turbinarse en la segunda, por lo que el régimen de entradas al vaso de la presa La Villita, debido a su ubicación, queda totalmente supeditado a las descargas de la presa Infiernillo, y a su vez las estimaciones de los gastos en el sitio de cruce de la autopista quedan también regidos por la operación y descargas de la presa La Villita.

Información utilizada para la ubicación del cruce se utilizaron las cartas topográficas del INEGI, E13B89 La Mira y E13D19 Lázaro Cárdenas, escala 1: 50,000, así como información de la región hidrológica y las presas Infiernillo y La Villita.

Se obtuvo un caudal máximo hasta el cruce, de 7,552.00 m3/s, asociado al período de retorno de 100 años.

Adicionalmente los gastos para períodos de retorno de 500 y 1000 años, mismos que resultaron de 9,022 y 9,952 m^3/s, respectivamente.

Observaciones

El gasto obtenido es confiable, y corresponde a gasto de diseño del vertedor u obra de excedencia de la Presa La Villita, el cual fue recabado con personal de la dependencia competente de la operación del sistema de presas en el río Balsas.

3.- Estudio Hidráulico

Para realizar el estudio hidráulico se utilizó tres secciones hidráulicas que fueron levantadas en campo, en la siguiente tabla se presenta el resumen una vez que se han obtenido los resultados, es conveniente aclarar que el gasto calculado para un periodo de retorno de 1000 años se transitó el gasto por las secciones hidráulicas.

El gasto asociado a un periodo de 100 años se obtuvo al transitar el caudal obtenido del estudio hidrológico.

Sección hidráulica Núm.	Ubicación	Velocidad m/s	Gasto obtenido en **m^3/s**	NAME elevación en m.
01	220.00 m aguas arriba del cruce	3.74	7,623.13	85.773
02	En el cruce	3.67	7,622.15	84.866
03	120.00 m aguas abajo del cruce	3.74	7,620.24	84.371
PROMEDIO		**3.71**	**7,621.84**	

Se obtuvo un caudal máximo hasta el cruce, de 7,552.00 m^3/s, asociado al período de retorno de 100 años, reportado en el estudio hidrológico, al transitarlo por sección-pendiente, se obtuvo un caudal promedio de 7,621.84 m^3/s asociado a una velocidad de 3.71 m/s.

El gasto asociado a un periodo de 1000 años se resume en la siguiente tabla.

Sección hidráulica Núm.	Ubicación	Velocidad m/s	Gasto obtenido en **m^3/s**	NAME elevación en m.
01	220.00 m aguas arriba del cruce	4.05	9,980.54	86.793
02	En el cruce	3.99	9,986.49	85.886
03	120.00 m aguas abajo del cruce	4.07	9,983.95	85.391
PROMEDIO		**4.04**	**9,983.66**	

Se obtuvo un caudal máximo hasta el cruce, de 9,983.66 m^3/s, asociado al período de retorno de 1000 años, y una velocidad de 4.04 m/s.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se considera que este puente es suficiente, desde el punto de vista hidráulico para drenar el caudal de diseño de 100 años, inclusive el de 1000 años, ahora bien, la corriente, por su gran potencial hidráulico, es aprovechada para la generación de energía eléctrica en diversos sitios de la cuenca, destacándose que el 75% de la generación se realiza en las presas El Caracol, Infiernillo y La Villita.

Las presas Infiernillo y La Villita operan en serie, la primera turbina aproximadamente 11,000 millones de metros cúbicos anuales, volumen que vuelve a turbinarse en la segunda, por lo que el régimen de entradas al vaso de la presa La Villita, debido a su ubicación, queda totalmente supeditado a las descargas de la presa Infiernillo, y a su vez la estimación de los gastos en el sitio de cruce de la autopista quedan también regidos por la operación y descargas de la presa La Villita, la cual es aparentemente de reciente construcción.

Planta Hidroeléctrica y de Riego La Villita

Su construcción fue financiada por la SARH y ejecutada por la Comisión del Balsas, entre 1964 y 1968, sobre el cauce del río Balsas. Está situada a 170 km de Apatzingán, Michoacán, a 55 km del Infiernillo y a 13 km de la desembocadura del Balsas al océano Pacífico. Entró en operación en 1973 y anualmente produce 1430 millones de kWh.

El lugar donde se construyó la cortina sirve como límite a los estados de Guerrero y Michoacán, quedando a la margen izquierda el municipio de La Unión de Isidoro Montes de Oca, Guerrero, y a la derecha el de Melchor Ocampo, Michoacán.

Consta de cuatro unidades con 75 mil kW cada una. Trabaja a la frecuencia de 60 ciclos/segundo y proporciona energía eléctrica al complejo siderúrgico Lázaro Cárdenas, Las Truchas, Michoacán.

Esta presa, interconectada con la planta del Infiernillo y con El Caracol, además de servir a la hidroeléctrica, cuya producción es aplicada a las industrias y ciudades citadas, también proporciona energía eléctrica a Zihuatanejo, San Isidro, La Unión y Melchor Ocampo y, asimismo, proporciona riego a 18 mil hectáreas de ejidos de ambos estados.

2

Memoria de cálculo

1.- Recopilación de información

Para realizar el estudio hidrológico se consultó la siguiente información:

Localización y ubicación del cruce.

1. Cartas topográficas del INEGI, E13B89 La Mira y E13D19 Lázaro Cárdenas, escala 1: 50,000, editada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.

2. Atlas de comunicaciones y transportes, de los estados de Guerrero y Michoacán, editado por la Coordinación General de Planeación, de la SCT.

3. Información de la región hidrológica correspondiente a la corriente en estudio.

Estudio Hidrológico

Con la información obtenida durante la visita de campo efectuada previamente a la realización del estudio, se localizó el cruce en la carta topográfica E13B89 La Mira y E13D19 Lázaro Cárdenas, escala 1: 50,000 y en el plano de la región hidrológica correspondiente.

Debido a que se observó que la cuenca de aportación hasta el cruce es importante, se revisó el boletín hidrológico de la región 18 “Bajo Balsas”, y la base de datos BANDAS, para investigar sobre la existencia de estaciones hidrométricas que aforen la corriente en estudio.

En las bases de datos consultadas no se encontró una estación cercana al cruce, que afore la misma corriente del río Balsas, si bien en alguna información gráfica se indica de la existencia de la estación hidrométrica La Villita, no se localizaron valores aforados de dicha

corriente. Por lo anterior, no fue posible determinar el gasto máximo de diseño con métodos estadísticos, que por la magnitud de la cuenca resultarían los más confiables.

Con base en lo anterior se investigaron los datos de diseño del vertedor, y los correspondientes gastos asociados a los periodos de retorno que se requieren para el presente estudio.

ANALISIS HIDROLÓGICO

Datos del escurrimiento:

La Región Hidrológica número 18 Balsas, incluye en su totalidad al Estado de Morelos (100%) y parcialmente a los Estados de Tlaxcala (75%), Puebla (55%), México (36%), Oaxaca (9%), Guerrero (63%), Michoacán (62%) y Jalisco (4%), así como muy pequeñas porciones del Distrito Federal y del Estado de Veracruz; con un total de 422 municipios y una superficie total de 117,305.9 kilómetros cuadrados.

Hidrología superficial

Para el análisis del escurrimiento en la Región Hidrológica número 18 Balsas, ésta se ha integrado en quince cuencas hidrológicas, la división se realizó a partir de las condiciones físicas que las definen y de las estructuras de control existentes, ya sean presas o estaciones hidrométricas. Lo anterior, a excepción de las cuencas cerradas, definidas exclusivamente por sus límites físicos. Por otro lado, para fines de planeación y manejo administrativo, la Región Hidrológica número 18 Balsas, se ha dividido en las Subregiones Hidrológicas Alto, Medio y Bajo Balsas. La primera está integrada por las cuencas hidrológicas Río Libres Oriental, Río Alto Atoyac, Río Nexapa, Río Bajo Atoyac, Río Mixteco, Río Tlapaneco y Río Amacuzac. La Subregión Hidrológica del Medio Balsas está formada por las cuencas hidrológicas Río Medio Balsas y Río Cutzamala. Por su parte, las cuencas hidrológicas de Río Tacámbaro, Río Cupatitzio, Río Zirahuén, Río Paracho, Río Tepalcatepec y Río Bajo Balsas, están consideradas en la Subregión Hidrológica Bajo Balsas.

Respecto a las presas para el aprovechamiento eléctrico, el 75% de la generación se realiza en las presas El Caracol, Infiernillo y La Villita con un uso no consuntivo, con un total de 38,141.2 millones de metros cúbicos anuales. Las presas Infiernillo y La Villita operan en serie, la primera turbina aproximadamente 11,000 millones de metros cúbicos anuales, volumen que vuelve a turbinarse en la segunda.

La construcción de la presa José María Morelos (De 1964 a 1968) estuvo a cargo de la Comisión del Río Balsas dependiente de la S.R.H., para aprovechar las aguas del río Balsas en el desarrollo de energía, riego y además control de avenidas. Consiste básicamente en una cortina de roca con eje ligeramente curvo hacia aguas abajo, provista de una pantalla de concreto tipo ICOS de 74 m de profundidad máxima, contada a partir del lecho del río, y longitud de 288 m para interceptar el relleno permeable sepultado de grava y arena del cauce. Una obra de excedencias localizada en la margen derecha, del tipo de vertedor provisto de compuertas siete compuertas radiales de 14.00 m de ancho por 10.50 m de altura, operadas con mecanismos eléctricos desde el puente de operación y un obturador de emergencia de 14.61 x 10.76 m, formado por siete elementos y operado totalmente con mecanismos eléctricos. Dos túneles en la margen derecha para desvío durante la construcción y posteriormente para aprovecharlos para las tomas de la planta hidroeléctrica. Dos tomas de riego en ambas márgenes. La planta hidroeléctrica que está situada al pie de la cortina, fue construida por la Comisión Federal de Electricidad.

El propósito de la presa es para riego de 18 000 Ha y la generación de energía eléctrica (304 000 KW) y queda ubicada sobre el río Balsas, aproximadamente a 170 km al sur de Apatzingán, 55 km aguas abajo de la presa de Infiernillo y 13 km aguas arriba de la desembocadura del Balsas en el Océano Pacífico.

La obra de control y excedencias de la presa La Villita se encuentra alojada en un puerto en la margen derecha. Es una estructura de concreto formada por un cimacio vertedor con siete grandes compuertas radiales que se apoyan, estando cerradas, sobre la cresta del cimacio y quedan alojadas entre pilas y muros extremos desplantados sobre el cimacio. El soporte de las compuertas en muros y pilas se hizo mediante estructuras de concreto preesforzado. El vertedor descarga una avenida de diseño de 13,886 m^3/s asociado a un periodo de retorno de 10,000 años. Sobre las pilas, además de apoyarse los puentes de operación, se apoya las superestructuras de los puentes carretero y de ferrocarril.

Determinación del gasto de diseño.

Debido a que el sitio de estudio queda localizado a 7 km aguas abajo de la presa La Villita, sobre el brazo izquierdo, se consideró conveniente adoptar los gastos de descarga de la presa, considerando que este brazo es la salida natural directa del escurrimiento hacia el mar, mientras que el brazo derecho está controlado. Los gastos de vertedor son de 7552 m^3/s, asociado al período de retorno de 100 años, de 9022 m^3/s para períodos de retorno de 500 años y 9952 m^3/s para períodos de retorno de 500 y 1000 años, que fueron obtenidos con personal responsable de la operación de las presas en el rio Balsas.

Barranca Marlejo
Las Guacamayas
Río Balsas