

**EL GRAN SISMO DE CHINA DEL 2008 Y EL DEBIDO MOVIMIENTO SISMICO
DE VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD DE LA PRESA ZIPINGPU
UBICADA EN SU AREA EPICENTRAL**

Juan S. Carmona
Instituto de Investigaciones Antisísmicas “Ing. Aldo Bruschi”
Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina
jscarmona@interredes.com.ar

Resumen

Un gran sismo estremeció violentamente el 12 de mayo de 2008 a la región centro sur de China, ocasionando gran destrucción, principalmente en la Provincia de Sichuan, y casi 60.000 muertos y 25.000 desaparecidos.

A casi 17km del epicentro está ubicada la Presa de Zipingpu de 156m de altura, del tipo de escollera con pantalla impermeable de hormigón en su paramento de aguas arriba. Esta Presa fue habilitada en 2006 y aunque a la fecha de ocurrencia de este gran sismo el nivel de su embalse estaba cercano a solo un tercio de su altura, ocurrieron importantes daños.

Según las informaciones disponibles, en la etapa de proyecto de la Presa Zipingpu se verificó su estabilidad para un terremoto de Intensidad VII, mientras que durante el gran sismo de 2008 la Intensidad alcanzó a IX, valor que explica los daños observados en la Presa.

En el presente Informe se citan los antecedentes sísmicos instrumentales del área en que ocurrió la ruptura de 2008, de casi 300km de largo, y también las referencias históricas de terremotos que afectaron áreas adyacentes a la Presa Zipingpu. Del análisis de ambos tipos de antecedentes no es fácilmente deducible la probable ocurrencia del gran sismo del 2008. En cambio, al considerar las particularidades geológicas del área, la ubicación de importantes fallas y el proceso tectónico que en ella se desarrolla, es entonces ampliamente justificable la posible ocurrencia de un sismo de $M_w=7,9$ con el área de ruptura cercana a la Presa Zipingpu como ha sido el del 2008.

Este importante resultado reitera las recomendaciones que para la selección del movimiento sísmico de verificación de la estabilidad de las grandes presas deben ser considerados e interrelacionados tanto los aspectos sismológicos instrumentales e históricos como los geológicos tectónicos del área circundante.

**THE BIG CHINESE EARTHQUAKE OF 2008 AND THE SEISMIC MOTION TO BE
APPLIED IN THE STABILITY STUDIES OF ZIPINGPU DAM LOCATED IN ITS
EPICENTRAL AREA**

Abstract

On May 12, 2008, a powerful earthquake with $M_w=7,9$ shaken violently to the southern central part of China, causing a large and extended destruction, principally on the Sichuan Province, and killing more than 60.000 persons and another 25.000 missing.

At about to 17km from its epicentre, is located the Zipingpu Dam which is a concrete face rockfill type with 156m of height. The Dam construction was completed in 2006 and although its reservoir level was only at one third of the total height when the earthquake occurred, important damage happened in the Zipingpu Dam.

According to the available information, on the seismic stability studies for the

Zipingpu Dam, a motion with seismic intensity VII was considered, while during the 2008 Chinese Earthquake the seismic intensity reach to IX, shaking level which explain the observed damage in the Dam.

In the present report, the previous instrumental seismic information of the area in which occurred the 300km length of the 2008 rupture are mentioned, and also the historical references about destructive earthquakes on the surrounding area to Zipingpu Dam location are detailed. From the analysis to both groups of information as a whole, it is not easy to understand the eventual occurrence of the 2008 Chinese Earthquake. However, if besides to that information, the geological characteristics of the area with the location of large important faults and the tectonic process in which they are involved are also considered, the occurrence of such earthquake with $M_w=7,9$ with rupture trace nearly to Zipingpu Dam location like to the 2008 Chinese Earthquake, it is possible.

This outstanding result reiterates the well known recommendation that to select the level of shaking to be applied in the seismic stability studies of large dams, the seismic instrumental information with the historical references about earthquakes and the geological and tectonic characteristics of the surrounding area, must be considered in a whole.

El Sismo de China del 12-05-2008

El 2 de mayo del 2008, un gran sismo estremeció violentamente a la región centro sur de la milenaria China, ocasionando gran destrucción y elevado número de víctimas fatales principalmente en la Provincia de Sichuan cuya superficie es de 485.000 km² y la población de 87.250.000 habitantes. Los muertos y desaparecidos han sumado casi 85.000 personas, por lo que este evento ha adquirido el nivel de catástrofe.

Según el Servicio Geológico de Estados Unidos, USGS, la magnitud ha sido estimada en $M_w=7,9$ mientras que el epicentro ha sido ubicado a los 31°,02 de Latitud Norte y a los 103°,36 de Longitud Este, Figura 1, y su profundidad de foco a 19km.

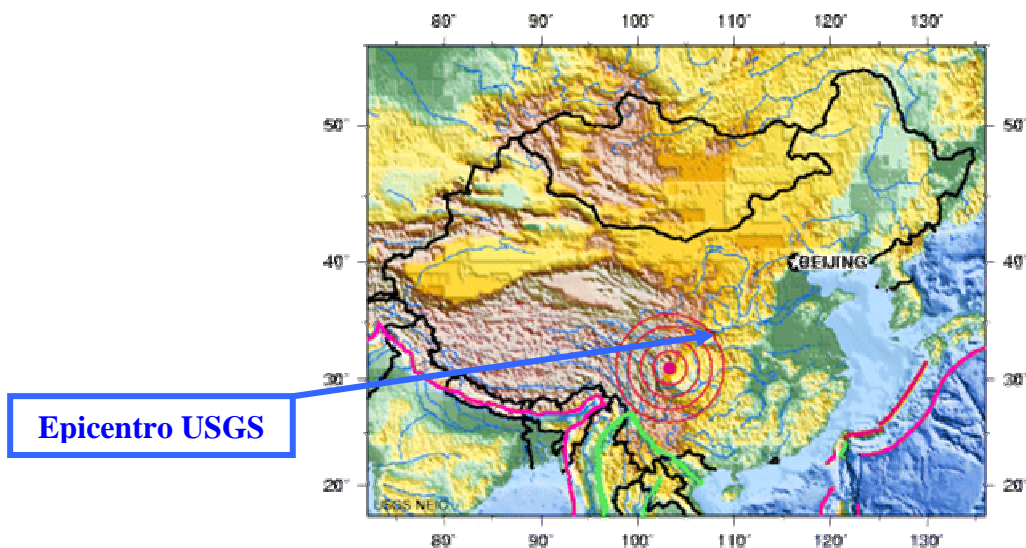


Figura 1- Mapa de China con epicentro sismo 12-05-08.

Esta ubicación epicentral dista 90 km. hacia el O-NO de la ciudad de Chengdu, Figura 2, cuya población es de casi 4 millones de habitantes y es la capital provincial de Sichuan, ciudad en la que según USGS, la Intensidad Mercalli ha sido evaluada en Imm=VII.

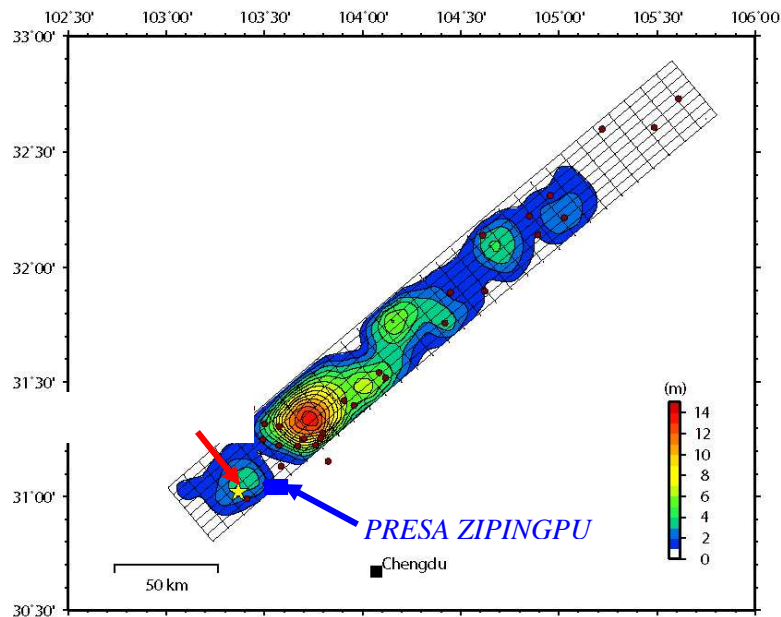


Figura 2 – Proyección sobre la superficie del deslizamiento en el plano de la ruptura según Earthquake Research Institute de la Universidad de Tokyo.

Los epicentros de las réplicas se han ubicado cercanos a la traza del sistema de fallas paralelas de LongmanShan, las que por las importantes rupturas observadas han mostrado que se han activado durante este sismo. Según el Earthquake Research Institute de la Universidad de Tokyo, la ruptura de falla de tipo inverso se habría desarrollado en no menos de 120seg a lo largo de casi 250km, ó 300km según la distribución de las réplicas, desde SO al NE con rumbo 50° y en un plano que se profundiza hacia el NO a 32° de inclinación, habiendo ocurrido deslizamientos internos de hasta 13m., Figura 2.



Figura 3 - Mapa de la región afectada preparado por la BBC

Los efectos en los municipios de Beichuan y Wenchuan han sido catastróficos por la gran destrucción de edificios y la cantidad de víctimas fatales. Como consecuencia de la violencia del movimiento sísmico en las cercanías de la extensa ruptura colapsaron numerosas escuelas y edificios multipisos con pocos lustros de antigüedad en los que se habían aplicado previsiones sismorresistentes correspondientes a la Intensidad VII, menor que la VIII y IX que generó el movimiento sísmico. También numerosos puentes fueron severamente dañados afectando gravemente a las comunicaciones terrestres. En la zona montañosa ocurrieron grandes deslizamientos de taludes que represaron las aguas de los cauces al crear presas en las que por su precaria resistencia fue necesario abrir brechas aliviaderos que redujeran el volumen de los embalses y así disminuir la posibilidad de que su brusca ruptura originase aguas abajo crecidas de gran destructividad. El movimiento fue captado por más de 500 acelerómetros ubicados en su área de percepción. Las mayores aceleraciones se obtuvieron en la ubicación Wolong, a 19km del epicentro, con 957,7gal (1g=980gal) en la componente EW y 948,1gal en la componente vertical. (Li Xiaojun et al., 2008)

La Presa Zipingpu

En la ciudad de Dujiangyan, Figura 3, se ubica la cabecera de una extensa red de riego de casi 2 milenios de antigüedad que no fue afectada. En el área cercana a la ruptura se ubican más de dos centenares de pequeñas presas formadas principalmente por terraplenes, en las que se han producido extensos daños. Entre las grandes presas ubicadas en las cercanías de la ruptura del sismo del 12 de mayo del 2008, por su importancia se destaca la Presa de Zipingpu, distante a sólo 17Km del epicentro, Figuras 3 y 4.

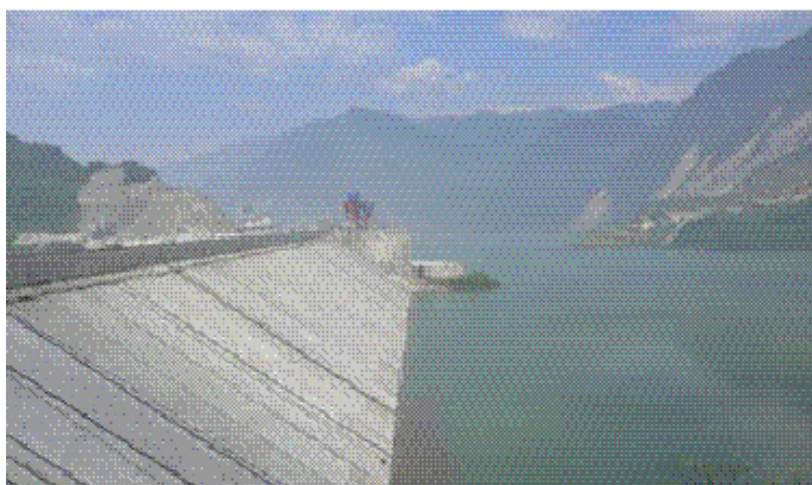


Figura 4 - Presa Zipingpu- Vista del paramento de hormigón de aguas arriba.

Imagen enviada por el Dr. N. Matsumoto al CAS-ICOLD

La Presa tiene 156m de altura y es del tipo CFRD con pantalla impermeable de losa de hormigón en el paramento de aguas arriba que es similar a las de las Presas Argentinas de Potrerillos y Caracoles ubicadas en la Precordillera; está ubicada sobre el Río Min, a 10Km aguas arriba de Dujiangyan y fue completada en el 2006. El volumen de su embalse tiene una capacidad de 1100 Hm³, aunque durante la ocurrencia del sismo el nivel de embalse era menor a 1/3 de la altura. En la etapa de proyecto de la Presa se adoptó un movimiento sísmico

con Intensidad VII para verificar su comportamiento sismorresistente. (Xu Zeping, 2008). Como consecuencia de la violencia del movimiento sísmico, que se estima alcanzó la Intensidad IX, el coronamiento de la Presa descendió 75cm y ocurrieron daños en las juntas verticales y roturas horizontales en las losas de hormigón que forman la pantalla impermeable de la Presa Zipingpu y, además, Figura 5, importantes daños en su coronamiento que evidencia las elevadas aceleraciones que ocurrieron como consecuencia de haber estado ubicada sobre el área de la ruptura de este sismo. De este modo, la Presa de Zipingpu con 156m de altura es la más reciente e importante experiencia acerca del comportamiento de las presas tipo CFRD, semejante a las de Potrerillos y Caracoles, en zonas de elevado riesgo sísmico como es también la Precordillera.



a-Ruptura Horizontal de las Losas

b-Daños en el Coronamiento

Figura 5- Daños en la Presa Zipingpu por Efecto del Sismo del 12-V-2008

Aspectos Tectónicos y Sismológicos del Área de la Ruptura

Tanto el epicentro del sismo del 12-V-2008 como los de sus réplicas se ubicaron cercanos a la traza del sistema de fallas casi paralelas de Longmen Shan, las que por las importantes rupturas observadas, con máximos desplazamientos vertical y horizontal de 6,2 y 4,9m, respectivamente, han mostrado que se han activado durante este gran sismo como fallas inversas, Figura 6. (Li Xiaojun et al., 2008)

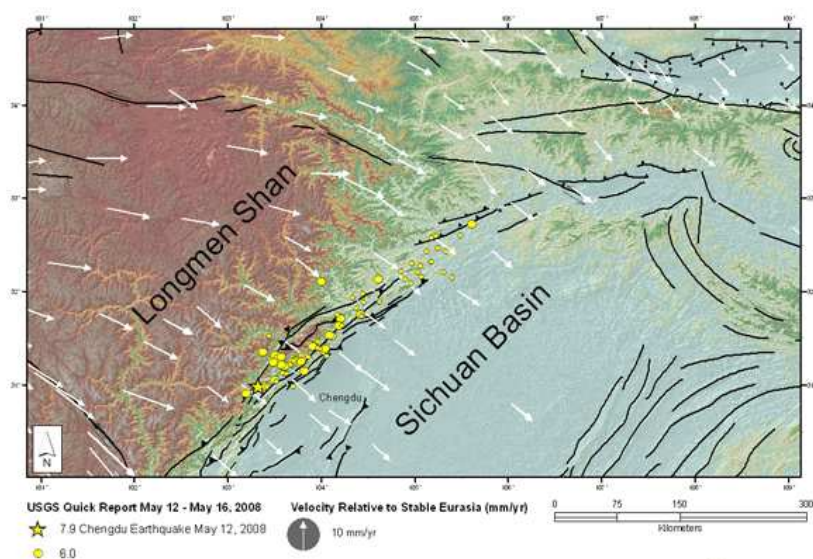


Figura 6- Tectónica del área de la ruptura del sismo del 12-V-2008

La ruptura se extendió a lo largo de casi 300Km desde el epicentro en dirección E-NE, longitud que está en correspondencia con la Magnitud del sismo $M_w=7,9$. La existencia de este extenso sistema de fallas de Longmen Shan (Tectonic Observatory, 2008) de un ancho aproximado de 60km, son la evidencia del proceso tectónico de choque que se desarrolla entre el Meseta del Tibet y la Llanura de Sichuan que yace sobre un Macizo rígido. Los estudios acerca de su actividad neotectónica detectan que la velocidad de su deslizamiento vertical es aproximadamente de 1 a 2 mm/año y de lo que se infiere una velocidad de convergencia entre la Meseta y el Macizo de 4 a 6 mm/año que es consistente con la de $6,7\pm 3,0$ mm/año obtenida con medidas de GPS. (Honglin HE and Eikichi TSUKUDA, 2003) Para comparación, en la extensa falla El Tigre de la Precordillera, Argentina, el movimiento estimado tiene una velocidad entre 1 y 5 mm/año.

De la actividad sísmica histórica e instrumental localizada en el sistema de fallas Longmen Shan, en los últimos 400 años se destaca por su magnitud el sismo de Diexi que ocurrió en agosto de 1933, con $M=7,3$ (USGS) y que ocasionó cerca de 6.500 muertos, lo que muestra la capacidad destructiva que pueden alcanzar estos eventos sísmicos que ocurren en el sistema de fallas Longmen Shan al que se puede considerar como una provincia sismotectónica.

El Terremoto de Seguridad para las Grandes Presas

Para seleccionar las previsiones sismorresistentes a emplear en el análisis de la estabilidad de las grandes presas de embalse es necesario conocer las intensidades sísmicas que tendrían una baja probabilidad de ocurrencia durante la vida útil de la presa, intensidad que define al Terremoto de Seguridad. A tal efecto, es usual suponer que las intensidades sísmicas mas destructivas que afectan a una ubicación se presentan en el tiempo como una secuencia aleatoria que corresponde a un fenómeno del tipo de Poisson, en cuyo caso para riesgos de ocurrencia bajos (menores del 0,02) es necesario determinar las intensidades que ocurrirían con tiempos medios de ocurrencia de varios milenios. No disponiendo de información de tanta extensión temporal, se recurre a metodologías alternativas que dependen de la disponibilidad, extensión y calidad de la información y que básicamente parten de integrar los aspectos sismológicos históricos e instrumentales con los geológicos y tectónicos. Una muy adecuada para conocer un posible valor superior es estimar la Intensidad del Terremoto Máximo Creíble, a cuyo efecto a partir de la interrelación de los aspectos detallados precedentemente se selecciona una magnitud superior de un evento posible que se localice en la provincia sismotectónica en que se ubica la presa, de modo tal que genere en su emplazamiento la mayor Intensidad sísmica. Aunque es muy simple el proceso numérico para su determinación, la Intensidad resultante está muy condicionada al adecuado juzgamiento de la información sismológica y tectónica disponible.

Con estas consideraciones y sin que hubiera ocurrido aún el sismo del 12-V-2008, el Terremoto Máximo Creíble para la Presa Zipingpu sería la Intensidad cercana a IX que corresponde al área epicentral del citado sismo de Diexi que ocurrió en 1933 con $M=7,3$. Esta Intensidad es coincidente con la estimada para el sismo del 12-V-2008 y es mayor que la VII empleada en el proyecto.

Conclusiones

Las metodologías detalladas precedentemente son ampliamente aplicadas en el estudio de la peligrosidad sísmica y en la selección de la amplitud de las acciones sísmicas en el emplazamiento de toda obra de gran importancia como son las presas de embalse. Sin embargo, los resultados que se obtengan son muy dependientes de la amplitud y confiabilidad de los antecedentes sismológicos y tectónicos disponibles y más aún, de la adecuada interrelación con que sean considerados. La Intensidad sísmica IX con que el sismo de China del 12-V-2008 afectó a la Presa Zipingpu, que es mayor que la Intensidad VII considerada en su proyecto, es el más reciente ejemplo de que no habrían sido adecuadamente valoradas la interrelación entre las distintas clases de antecedentes disponibles para seleccionar la Intensidad del Terremoto de Seguridad.

Referencias

- Li Xiaojun et al - 2008 – “ INTRODUCTION AND PRELIMINARY ANALYSIS OF STRONG MOTION RECORDINGS FROM THE 12 MAY 2008 Ms8.0 WENCHUAN EARTHQUAKE OF CHINA” – 14th World Conference on Earthquake Engineering – October 12-17, 2008, Beijing, China.
- Xu Zeping -2008- “PERFORMANCE OF ZIPINGPU CFRD DURING THE STRONG EARTHQUAKE” - China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2008.