

# ALGUNAS EVIDENCIAS DE EFECTO DE SITIO DEL TERREMOTO Mw. 7.3 EN HONDURAS.

Luis A. Carvajal Soto (luis@carvajalvado.com)

Ingeniero Estructural, Investigador y Especialista en Ingeniería Sísmica

## Resumen

Presentar evidencias de ocurrencia de efecto de sitio durante el terremoto Mw. 7.3 (año 2009), en territorio hondureño a través de los daños observados en algunas estructuras localizadas en sectores de San Pedro de Sula y alrededores. Incentivar a la realización de estudios instrumentados para la determinación más precisa de ocurrencia de este efecto.

**Palabras claves:** Terremoto, Efecto de Sitio, Daños Estructurales y Microtremores.

## Introducción:

El día 28 de mayo del año 2009, a las 2:24 a.m se sintió en el sector noreste del territorio centroamericano un sismo de 7.3 Mw. Este sismo fue de origen tectónico con una profundidad de 10 km, producto de la fricción de la Placa del Caribe con la Placa Norteamericana.

El sismo fue percibido mayormente en el territorio hondureño, donde al menos 7 personas fallecieron producto de las fallas estructurales ocurridas.

El presente artículo ha sido elaborado tomando como referencia algunos daños encontrados principalmente en la ciudad de San Pedro de Sula y alrededores como La Lima y El Progreso. Las evidencias encontradas han sido mediante observación y no hasta la fecha mediante medición instrumentada.

Los objetivos son (a) mostrar algunas evidencias de ocurrencia de efecto de sitio en varios sectores analizados, representado a través del daño observado en algunas estructuras y (b) incitar a la realización de estudios más profundos al respecto.

## Efecto de Sitio:

Es de nuestro conocimiento que a lo largo de sus recorridos las ondas sísmicas atraviesan diversas capas de suelo en donde se reflejan y refractan, atenuándose conforme se alejan de la zona epicentral. Sin embargo, en su trayectoria, estas ondas

pueden atravesar estratos de suelos clasificados geotécnicamente como blandos (normalmente no consolidados) y localizados cerca de la superficie, los cuales causan un aumento de las amplitudes de dichas ondas así como un aumento también del tiempo de sacudida, afectando con ello el contenido frecuencial del registro sísmico.

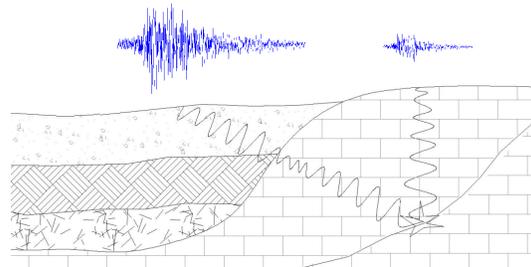


Figura 1. Efecto de sitio

## Evidencias encontradas:

La ciudad de San Pedro de Sula se encuentra localizada a 250 kilómetros de la capital hondureña Tegucigalpa y aproximadamente a 235 kilómetros de la zona epicentral del terremoto. En dicha ciudad se presentaron algunos daños estructurales principalmente en casas, algunos edificios y puentes.



Figura 2. Daños en casas de habitación



Figura 3. Daños en edificios

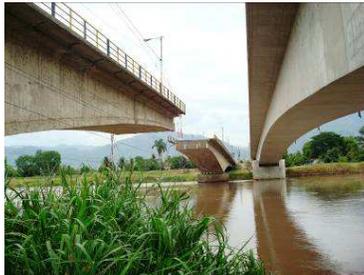


Figura 4. Daños en puente

En el caso particular de los puentes sobre el Río Ulua, ubicados a 20 km de San Pedro de Sula, uno de ellos construido en los años 60's y el otro después del paso del Huracán Mitch, ambos sufrieron daños debido a la intensidad con la que se sitió en dicho punto. El puente más antiguo perdió parte de la superestructura, mientras que el nuevo sufrió serios agrietamientos en su subestructura.

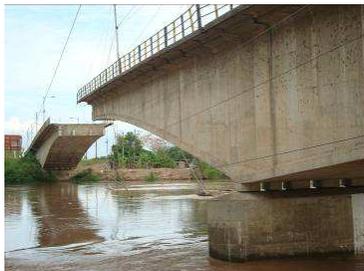


Figura 5. Puente antiguo, Río Ulua.



Figura 6. Puente nuevo, Río Ulua.

En el sitio de estos dos puentes se aprecia la magnitud de los desplazamientos provocados por el sismo en estas

estructuras, los cuales acorde con las mediciones realizadas superan los 8.00 cm. El sismo provocó desplazamientos en ambas direcciones principales del puente, siendo la dirección transversal la de mayor intensidad según las evidencias reflejadas.



Figura 7. Desplazamientos de estructuras

Los grandes desplazamientos ocurridos en superficie y la respuesta del puente antiguo ante dicha excitación provocaron que el tramo central del mismo experimentara desplazamientos y giros mayores a los previstos por la meseta de apoyo, provocando finalmente su colapso.



Figura 8. Colapso del tramo central del puente antiguo

Sin embargo, puentes ubicados a 3 y 6 km al Oeste de los puentes sobre el Río Ulua no presentaron evidencias de daño ni señas de desplazamientos de la magnitud vista en los otros dos puentes.



Figura 9. Puentes sin daños relevantes

En la ciudad de San Pedro de Sula existe infraestructura que podría encontrarse en

un amplio rango de frecuencias dentro del espectro de respuesta, ya que existen obras muy rígidas (edificios bajos y antiguos) y otras más flexibles (edificios altos).



Figura 10. Ejemplo de estructura rígida y estructura más flexible

A pesar de la gran variedad de comportamientos dinámicos de las estructuras existentes, los daños vistos dentro de la ciudad no son representativos de un evento con una magnitud  $M_w$  superior a 7, ya que existen edificios muy vulnerables como lo son edificios esquineros (grandes excentricidades) que prácticamente no presentan daño.



Figura 11. Edificios vulnerables a torsión

No obstante, hacia el sector Sur de la ciudad se encuentra el edificio de La Corte Suprema de Justicia el cual dinámicamente se puede encontrar dentro el rango de frecuencias de los edificios típicos de la ciudad, pero este último si fue afectado en gran manera por el sismo, hasta el punto de generarle fallas de tipo columna corta en muchas zonas cercanas a las uniones estructurales

columna-viga y fallas en los paños de pared, los cuales no fueron previstos de la mejor manera para no participar como elementos rigidizantes.



Figura 12. Edificio con serios daños

Existen otros casos más donde se produjo serios daños tanto en viviendas como en edificios y otros en donde construcciones con tipologías semejantes no se vieron afectadas.

#### Conclusiones:

Tal como se ha descrito, este sismo se manifestó drásticamente en algunos sectores donde existen estructuras con características dinámicas semejantes a otras que no se vieron afectadas de igual manera, lo que da valor a la posibilidad de que haya ocurrido efecto de sitio durante este evento sísmico.

Se insta a realizar pruebas instrumentadas (microtremores) en los sitios donde se presentaron los daños más relevantes con el fin de obtener mejores parámetros de verificación de la ocurrencia de este efecto.

#### Agradecimientos:

A las firmas Carvajal & Vado y ARD (Asesoría en Riesgos y Desastres) por aportar los recursos económicos para la realización de las visitas a la zonas afectadas.