

ISSN: 1665-4668



Revista

PAKBA L

Año 16 Abril 2017 Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Chiapas

latindex

Folio: 23060
www.latindex.org

PUENTE MEZCALA SOLIDARIDAD

UNO DE LOS PUENTES ATIRANTADOS MAS BELLOS DEL PAIS



ingeniería

MÁRTIR DE CUILAPAN, GUERRERO



DIRECTORIO

Dr. Carlos Eugenio Ruiz Hernández
Rector de la UNACH

Mtro. Hugo Armando Aguilar Aguilar
Secretario General-UNACH

Mtro. Roberto Sosa Rincón
Secretario Académico-UNACH

Lic. Erick Emmanuel Luis Gijón
Encargado de la Secretaría Administrativa-UNACH

Dr. Lisandro Montesinos Salazar
Director General de Planeación

Dra. María Eugenia Culebro Mandujano
Directora General de Investigación y Posgrado

Mtro. Víctor Fabián Rumaya Farrera
Director General de Extensión Universitaria

FACULTAD DE INGENIERÍA

Mtro. José Ernesto Castellanos Castellanos
Director

Mtro. Ricardo Gabriel Suárez Gómez
Secretario Académico

COMITÉ CIENTÍFICO EXTERNO

Dra. Gabriela Buendía Abalos
*Departamento de Matemática Educativa
CINVESTAV-IPN, Zacatenco*

Dra. Alba Nérida García Beltrán
Universidad Autónoma de Zacatecos, "Francisco García Salinas"

Dr. Pedro Castro Borges
*Departamento de Física Aplicada,
CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, Yucatán*

Dr. Carlos Artemio Coello Coello
*Departamento de Computación
CINVESTAV-IPN, Zacatenco*

Dra. Sandra Graciela Orlandi
*Universidad Nacional de la Patagonia
San Juan Bosco, Argentina*

Dr. Luis Gil Espert
*Universidad Politécnica de Catalunya,
Campus Terrassa*

Dr. Noé Villegas Flores
*Universidad Federal de la Integración Latinoamericana (UNILA)
Foz de Iguazú, Brasil.*

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNO

M.I José Edgar Villalobos Enciso
Ingeniería Hidráulica y Ambiental

M.I Jorge Alfredo Aguilar Carboney
Prevención de Desastres Naturales

M.I José Francisco Grajales Marín
Construcción Sustentable

Dr. Hipólito Hernández Pérez
Desarrollo y Didáctica de la Matemática Educativa

Dr. Hugo Alejandro Guillen Trujillo
Centro de Eco Tecnologías y Desarrollo Sustentable

CONSEJO EDITORIAL

Mtro. José Ernesto Castellanos Castellanos

Dra. Patricia Elke Rodríguez Schaeffer
LCC. Marcela Aguilar Aquino

Dra. Patricia Elke Rodríguez Schaeffer
Directora de la Revista

LCC. Marcela Aguilar Aquino
L.C Miguel Alejandro Espino Guzmán
Departamento Editorial

LCC. Marcela Aguilar Aquino
Formación y Diseño Editorial

CONTENIDO

Editorial	3
Sumario	4

Metodología para estimar la capacidad sísmica de puentes existentes

Laura Landa R. Manuel Jara D. 5

Propiedades mecánicas de laminados de Bambú Guadua Angustifolia Kunt

José J. Guerrero C., Rafael Sabanero 14

Diseño y análisis de blocks con agregados PET

Patricia E. Rodríguez S. José E. Villalobos E., Francisco J. González D., José E. Burguete F. 25

Cambio climático: compromisos institucionales y comunitarios desde una perspectiva de la ética ambiental (Segunda parte)

Hugo A. Guillén T., Daisy Escobar C., Alejandra Guillén G. 33

Estudio experimental del salto hidráulico libre para detectar formación de vórtices en la zona de alta turbulencia

José G. Pinto S., Moisés Nazar B., José A. Figueroa G., Óscar González O. 39



Foto Portada:

<http://ingenieriareal.com/impresionante-puente-mezcalapa-solidaridad/>

EDITORIAL

Estimados Lectores..



Lo que distingue a esta revista es su público objetivo, el cual está representado por estudiantes, académicos y profesionales. El compromiso que tiene el Comité Científico y el Consejo Editorial es recopilar artículos relacionados a la ingeniería civil, con el fin de que sean difundidos, ya sea para consulta o generar conocimiento de algún tema a fin a la ingeniería.

En ese sentido la Revista Pakbal reúne en esta edición cinco artículos de gran relevancia tanto en la generación de nuevas metodologías y aplicación de algunos modelos.

Nos es grato presentar al lector, a través de la revista Pakbal, los trabajos de investigación realizados por docentes de esta facultad y universidades invitadas, utilizando una serie de temas, cuya diversidad deja de manifiesto, la ya conocida amplitud que tiene la ingeniería civil al momento de ser estudiada e investigada para aplicarla a la solución de problemas.

El Consejo Editorial invita a nuestros lectores a participar en artículos que contribuyan a la labor académica y de investigación para fortalecer la función sustantiva de esta revista y así mismo, envía a nuestros lectores, autores, Comité Científico Interno y Externo buenos deseos y esperando que tengan lo mejor del 2017.

Dra. Patricia Elke Rodríguez Schaeffer
Directora de la Revista Pakbal

SUMARIO

METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD SÍSMICA DE PUENTES EXISTENTES

Laura Landa R., Manuel Jara D.

5

Este artículo propone un procedimiento para estimar la capacidad sísmica de puentes existentes, el cual pueda aplicarse a un gran número de estructuras con una aproximación confiable.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAMINADOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNT

José J. Guerrero C., Rafael Sabanero G.

En esta investigación se determinan las propiedades mecánicas básicas de probetas de bambú (*Guadua Angustifolia Kunt*) laminado.

14

DISEÑO Y ANALISIS DE BLOCKS CON AGREGADOS PET

Patricia E. Rodríguez, José E. Villalobos E., Francisco J. González D., José E. Burguete F.

Esta publicación tiene como base las normas mexicanas para la industria de la construcción que pondrán a prueba el diseño de blocks con agregado PET para certificar tanto su calidad, como su durabilidad.

25

CAMBIO CLIMÁTICO: COMPROMISOS INSTITUCIONALES Y COMUNITARIOS DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA ÉTICA AMBIENTAL (SEGUNDA PARTE)

Hugo A. Guillén T., Daisy Escobar C., Alejandra Guillén G.

En este artículo presenta una reseña de los compromisos institucionales a nivel internacional, los declarados a nivel nacional y estatal sobre las medidas de prevención, mitigación y restauración de los impactos ambientales causados por el cambio climático.

33

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SALTO HIDRÁULICO LIBRE PARA DETECTAR FORMACION DE VORTICES EN LA ZONA DE ALTA TURBULENCIA

José G. Pinto S., Moisés Nazar B., José A Figueroa G., Oscar González O.

En este trabajo se presentan los resultados experimentales del salto hidráulico libre en un canal rectangular, haciendo énfasis en la búsqueda de patrones de tipo geométrico en la zona donde se observa mayor turbulencia.

39

METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD SÍSMICA DE PUENTES EXISTENTES

Laura Landa Ruiz¹, Manuel Jara Díaz²

RESUMEN

A pesar del gran número de puentes existentes en el país que no fueron diseñados con los criterios sísmicos actuales, no se cuenta con ninguna metodología para estimar su seguridad frente a un sismo. Por tal motivo se desarrolló un procedimiento para estimar la capacidad sísmica de puentes existentes, que pueda aplicarse a un gran número de estructuras con una aproximación confiable. Los resultados obtenidos en puentes dañados en el pasado muestran una buena concordancia con los valores estimados con la metodología propuesta. El procedimiento que se propone permitirá revisar este tipo de estructuras ante eventos sísmicos futuros.

Palabras clave: Capacidad sísmica, evaluación, índice de vulnerabilidad, puentes existentes.

ABSTRACT

A large number of existing bridges in Mexico were designed with non-seismic provisions. For that reason a methodology for the seismic evaluation of existing structures is needed. This paper presents a procedure for conducting an evaluation of the seismic safety of existing bridges. The results obtained with the proposed methodology have been compared with bridges that suffered different damage levels in the past and good corre-

lation was observed. The proposed procedure will contribute to mitigate the seismic hazard posed by existing bridges.

Keywords: Seismic evaluation, evaluation, vulnerability index, existing bridges.

INTRODUCCIÓN

Los daños que producen los sismos en los sistemas de transporte, suelen tener un impacto significativo en la economía de un país, tanto por los gastos que provienen directamente de la rehabilitación y sustitución de las estructuras dañadas, como por los costos indirectos debidos al cierre temporal de las vías de comunicación. La interrupción del tránsito puede obstaculizar las labores de rescate, así como el transporte de víveres, medicinas y materiales a las zonas afectadas, durante periodos que pueden prolongarse varios meses. En algunos eventos sísmicos recientes se han reportado incluso pérdidas humanas. Sismos recientes en México, California, Japón, Centro América y Sur América, provocaron que muchas estructuras de puentes, algunas de ellas diseñadas específicamente para resistir terremotos severos, colapsaran o tuvieran daños cuando fueron sometidas a movimientos sísmicos de intensidades, algunas veces menores que las especificadas en los códigos empleados en su diseño. Si se considera la alta sismicidad de algunas zonas del país, se hace necesaria una revisión masiva de estructuras para verificar su capacidad ante un evento sísmico.

No obstante lo anterior, en nuestro país no hay programas para evaluar la capacidad sísmica de la infraestructura carretera. Los programas existentes se enfocan a determinar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación de puentes. Solamente Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tienen programas para la

¹ Facultad de Geografía. Universidad Veracruzana. Email: lalanda@uv.mx

² División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: mjarad10@gmail.com

conservación de puentes. El último y más ambicioso de estos programas fue propuesto por la SCT en 1992 con el nombre de Sistema de Puentes Mexicanos (SI-PUMEX), cuyo objetivo principal es contar con un procedimiento sistemático para atender las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de los puentes en México. El procedimiento implica la realización de inspecciones visuales de la estructura para determinar sus condiciones y jerarquizar los trabajos de rehabilitación. Estos informes dan información muy valiosa del estado que tienen los puentes en el momento de la visita, sin embargo, recaban muy poca información que permita decidir la vulnerabilidad sísmica de los puentes.

La mayor parte de los puentes de concreto reforzado y presforzado que existen en el país fueron diseñados previamente al inicio de la década de 1980 (ver figura 1), cuando los criterios de diseño sísmico no contemplaban los requisitos que ahora se consideran indispensables para un buen comportamiento durante un temblor.

Para mejorar los criterios de selección de los puentes que deben ser intervenidos, es importante considerar parámetros adicionales de los que hasta ahora incorporan los informes SIPUMEX y mejorar las metodologías de evaluación especialmente para los puentes localizados en zonas sísmicas.

En este trabajo se proponen acciones que deben considerarse para jerarquizar en forma adecuada las intervenciones para rehabilitar y reforzar puentes de

concreto reforzado de mediana longitud. Para ello se propone un procedimiento de evaluación de la capacidad sísmica de puentes existentes que pueda ser aplicada a una población importante de estructuras. El procedimiento se divide en dos etapas principales: 1) una evaluación simplificada que permita clasificar a los puentes que se encuentren en las peores condiciones de vulnerabilidad y 2) una evaluación intermedia, más precisa, que se aplique a los puentes que no superaron la primera etapa de evaluación.

EVALUACIÓN REGIONAL DE PUENTES

El procedimiento que se propone se inicia con una evaluación masiva de puentes en una región determinada del país. En esta primera fase de evaluación se clasifican a los puentes de acuerdo con un índice de vulnerabilidad, que tiene en cuenta aspectos de estructuración y condiciones del sitio, para los cuales se necesitan datos que se pueden obtener a partir de una visita de inspección al puente.

En la figura 2 se muestra un resumen sobre los principales problemas que dan origen a daños sísmicos en puentes (Landa, 2006). Se observa que la longitud de asiento, los criterios de diseño derivados de la fecha en que el puente fue proyectado, la irregularidad en elevación y el tipo de apoyo son los problemas que tienen mayor influencia en la vulnerabilidad sísmica de los puentes.

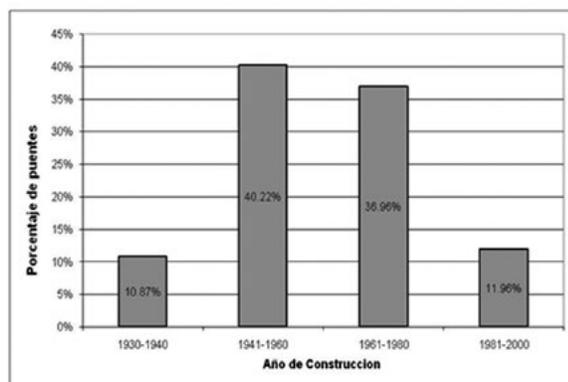


Figura 1. Fecha de construcción de puentes en México (SCT, 1995).

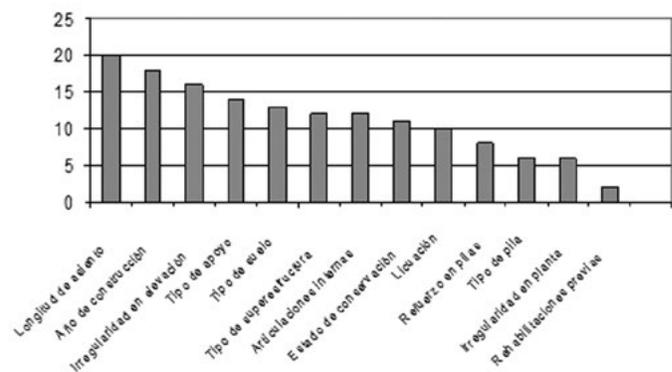


Figura 2. Principales variables en la vulnerabilidad sísmica de puentes

La vulnerabilidad de cada estructura se asigna a partir de un conjunto de nueve parámetros que reflejan los aspectos más relevantes en términos de la seguridad sísmica de un puente. Los parámetros seleccionados son:

1. Irregularidad en la rigidez lateral del puente.
2. Longitud de asiento de la superestructura.
3. Año de proyecto.
4. Irregularidad en planta y esviajamiento.
5. Tipo de apoyos.
6. Estado de conservación.
7. Potencial de licuación.
8. Periodo de vibración.
9. Importancia del puente.

El procedimiento simplificado de evaluación consiste en asignar un índice de vulnerabilidad I_v a cada puente. Un valor de I_v igual a cero significa que el puente es completamente vulnerable, mientras que un valor de I_v igual a 1.0, indica que se trata de un puente nada vulnerable. Los diferentes niveles de vulnerabilidad quedan definidos por el valor del índice que resulte de la "ec.1", la cual se obtuvo como el mejor ajuste de los índices de vulnerabilidad obtenidos con respecto a los niveles de daño observados en puentes en sismos pasados Jara y González (2000).

$$I_v = \left[\frac{C_1 * C_2 * \dots * C_9}{(\bar{C}_i)^7} \right] \tag{1}$$

donde (\bar{C}_i) es el promedio de las calificaciones de cada uno de los nueve parámetros definidos anteriormente. Los límites de cada una de las calificaciones C_i asignadas a los parámetros están comprendidos entre 0 y 1.0.

Las funciones de calificación C_i de los nueve parámetros que se eligieron para definir la vulnerabilidad sísmica de los puentes se presentan a continuación.

Irregularidad en la rigidez lateral del puente

Para calificar la irregularidad provocada por el cambio brusco de rigidez que puede existir entre dos apoyos consecutivos se emplea el factor C_1

$$C_1 = 1.0 - \frac{k_M - k_m}{10k_m} \tag{2}$$

Donde: k_M es la mayor rigidez lateral de una pila o estribo trabajando en serie con el apoyo y k_m es la menor rigidez lateral de una pila o estribo trabajando en serie con el apoyo.

Longitud de asiento

$$\begin{aligned} \text{Si } \bar{L} \geq LR & C_2 = 1.0 \\ \text{Si } LR > \bar{L} > 0.3LR & C_2 = \frac{LR - 0.3LR}{0.7LR} \\ \text{Si } 0.3LR > \bar{L} & C_2 = 0 \end{aligned}$$

LR es la longitud de asiento recomendado en mm, igual a la "ec.3"

$$LR = 400 + 2.5L + 10H \tag{3}$$

LA es la longitud real de apoyo existente en mm. (ver figura 3), L es la longitud del claro en metros y H es la altura promedio de las pilas adyacentes en metros.

Año de proyecto

$$C_3 = \frac{AC - 1900}{100} \leq 1.0 \tag{4}$$

Donde: AC es el año del proyecto del puente

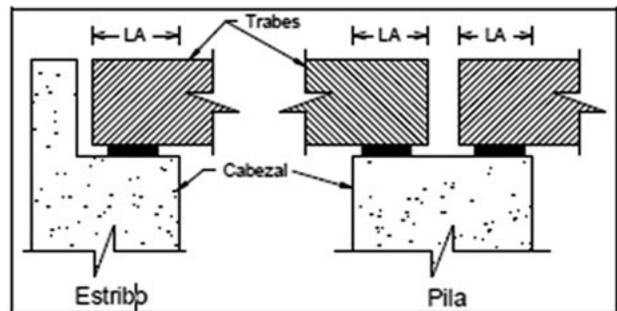


Figura 3. Longitud de apoyo

Irregularidad en planta y esviajamiento

$$\begin{aligned} \text{Si } \alpha < 20^\circ & C_4 = 1.0 \\ \text{Si } 20^\circ < \alpha < 45^\circ & C_4 = 6 * 10^{-4}(90 - \alpha) + 0.46 \\ \text{Si } 45^\circ < \alpha & C_4 = 0.40 \end{aligned}$$

Donde: α es el ángulo de esviajamiento. En puentes de planta irregular y en puentes curvos usar el valor $C_4=0.40$

	Tipos de apoyos
Para apoyos con disipadores de energía o aislamiento sísmico	$C_5 = 1.0$
Para apoyos laminados de neopreno	$C_5 = 0.9$
Para apoyos de rodillos	$C_5 = 0.8$
Para apoyos basculantes o de mecedoras	$C_5 = 0.7$

Estado de conservación

$$C_6 = 1.0 - \sum_{i=1}^5 x_i \geq 0 \quad (5)$$

Donde x_i representa el valor para cada uno de los siguientes aspectos:

Efecto de socavación (x_1)

Si no existen indicios de socavación	$x_1 = 0$
Si se observa socavación ligera que no pone en riesgo la estabilidad del puente	$x_1 = 0.05$
Si existe socavación importante pero no está en riesgo la estabilidad del puente	$x_1 = 0.3$
Si está en riesgo la estabilidad del puente	$x_1 = 1.0$

Estado de conservación de los apoyos (x_2)

No se observa deterioro alguno	$x_2 = 0$
Se observan deterioros menores	$x_2 = 0.05$
Se observan deterioros importantes en los apoyos	$x_2 = 0.3$
Se observan daños que ponen en riesgo la estabilidad del puente	$x_2 = 1.0$

Daño en elementos estructurales (x_3)

No se observa ningún daño	$x_3 = 0$
Se observan grietas menores que 0.7 mm	$x_3 = 0.05$
Se observan grietas entre 0.7 y 1.5 mm	$x_3 = 0.5$
Se observan daños importantes que ponen en riesgo la estabilidad del puente	$x_3 = 1.0$

Daños en uniones y conexiones (x_4)

No se observa ningún daño	$x_4 = 0$
Se observan grietas menores que 0.7 mm o corrosión en los elementos de acero	$x_4 = 0.05$
Se observan grietas entre 0.7 y 1.5 mm, corrosión importante o daños en los elementos de las conexiones	$x_4 = 0.5$
Se observan daños importantes que ponen en riesgo la inestabilidad del puente	$x_4 = 1.0$

Mantenimiento y rehabilitación (x_5)

Puente reciente o con muy buen mantenimiento o trabajo de rehabilitación	$x_5 = 0$
Puente con más de 30 años sin daño aparente y buen estado de conservación	$x_5 = 0.25$
Puente viejo y/o en mal estado (agrietamientos, desconches, humedades, etc.)	$x_5 = 0.5$

Potencial de licuación

Si el suelo no tiene potencial de licuación	$C_7 = 1.0$
Si el suelo tiene potencial de licuación	$C_7 = 0.4$

Periodo de vibración

Si $T_a \leq T_s \leq T_b$	$C_8 = 0.6$
Si $0.7T_a \leq T_s \leq T_a$	$C_8 = 0.8$
Si $T_b \leq T_s \leq 1.3T_b$	$C_8 = 0.8$
Si $T_s < 0.7T_a$ y $T_s > 1.3T_b$	$C_8 = 1.0$

Donde T_s es el periodo de la estructura y T_a y T_b son los valores característicos del espectro de diseño para el sitio en el que se localiza el puente.

Factor de importancia

Se propone un factor de 1/1.5 en el caso de puentes localizados en caminos tipo A, como se establece en las bases de diseño de la SCT.

EVALUACIÓN DE LOS PUENTES MÁS DESFAVORABLES

Después de evaluar a una población de puentes en una región determinada, se identifican aquellos puentes en las peores condiciones de vulnerabilidad, de acuerdo con el índice Iv. Se propone la tabla 1 que sugiere las acciones que deben adoptarse de acuerdo con el Iv determinado en cada estructura.

Tabla 1. Acciones recomendadas

Intervalo de valores de I_v	Acción recomendada	
$I_v < 0.4$	<i>Acción urgente.</i>	El puente debe ser rehabilitado en forma inmediata
$0.4 \leq I_v < 0.6$	<i>Acción a corto plazo.</i> Efectuar estudios detallados en corto plazo.	El puente pasa automáticamente a la segunda etapa de evaluación descrita en el siguiente apartado
$0.6 \leq I_v < 0.8$	<i>Acción a mediano plazo.</i> Requiere evaluación intermedia	
$0.8 \leq I_v$	<i>Medidas preventivas rutinarias.</i> El puente no muestra deficiencias	El puente se considera seguro y no es necesario realizar una evaluación
Intervalo de valores de I_v	Acción recomendada	
	importantes. Seguir un programa de mantenimiento e inspección preventivo.	adicional al puente

La evaluación fue aplicada a trece puentes con distintos niveles de daño con el propósito de calibrar y observar el nivel de daño y el de I_v . En la tabla 2 se observa una adecuada correlación entre el nivel de daño y el valor de I_v .

Tabla 2. Valores de I_v de puentes con distintos daños

Nombre del puente	Nivel de daño	I_v
Ruta SR-14/I-5, North Connector	Colapso	0.17
Fairfax – Washington	Colapso	0.17
La Cienega – Venice	Colapso	0.17
Ruta SR-14/I-5, Separation	Colapso	0.31
Old Road	Medio	0.54
Gavin Canyon	Colapso	0.58
Mission – Gothic	Colapso	0.58
Ball Creek Canyon Channel	Grave	0.58
Santa Clara River	Medio	0.72
Pico – Lyons	Medio	0.74
Valencia Boulevard	Ligero	0.76
Mc Bean Parkway	Sin daño	0.80
Balboa Boulevard	Ligero	0.83

La segunda etapa consiste en estimar los desplazamientos máximos mediante un análisis no lineal (“pushover”), con el cual se determina la curva de capacidad del puente conforme se incrementa la fuerza lateral hasta llegar al mecanismo de colapso. Dado que los puentes existentes construidos hace unas décadas, tienen deficiencias en su capacidad para disipar energía y presentan con frecuencia fallas de tipo frágil, las propiedades de las articulaciones plásticas que se emplean para definir la curva de capacidad de la estructura, se obtienen para las distintas condiciones que se observan en puentes existentes y que derivan en los siguientes tipos de falla: falla prematura por cortante, falla originada por traslapes en las articulaciones plásticas, flexocompresión en pilas sin confinamiento adecuado, y pilas adecuadamente confinadas.

El proceso para estimar el desplazamiento del puente se inicia con un desplazamiento propuesto, a partir del cual se obtiene la rigidez efectiva y el amortiguamiento efectivo asociados a dicho desplazamiento. Se modifica el espectro para tener en cuenta las nuevas condiciones de rigidez y amortiguamiento y a partir de él, se estima la demanda de desplazamiento. Si los desplazamientos no son suficientemente aproximados, se realiza un procedimiento iterativo, en el que se modifica el desplazamiento inicial propuesto y los valores de rigidez y amortiguamiento asociados. Al finalizar los valores obtenidos se comparan con los desplazamientos límites propuestos para fines de evaluación.

Relaciones esfuerzo-deformación

Una vez determinada o estimada la calidad del acero de refuerzo, la curva esfuerzo-deformación que deberá considerarse al evaluar la resistencia debe corresponder a los valores reales en la estructura, y no a valores de diseño como los que proponen las normas.

En la resistencia del concreto es importante considerar el efecto del confinamiento proporcionado por el acero transversal, para lo cual la curva esfuerzo-deformación puede definirse a partir de relaciones como la propuesta por Mander et al (1986).

Deformación última del concreto

Algunos autores (Priestley et al., 1996) recomiendan que el valor que se adopte como deformación última

del concreto ε_{cu} para el caso de concreto pobremente confinado, sea de 0.005. Se recomienda emplear dicha deformación para la evaluación de pilas de puentes en las que se estima que no hay un confinamiento adecuado, como en el caso de puentes construidos con reglamentos anteriores a 1976.

En el caso de concreto bien confinado, la deformación última puede obtenerse con la "ec.6" propuesta por Jara (2004) partir del criterio de balance de energía establecido por Mander, en la que se incorpora, además, la energía de deformación almacenada en el refuerzo longitudinal.

$$\varepsilon_{cu} = \frac{110\rho_s + 3.4\rho_l + 0.017\gamma\sqrt{f'_c}}{\rho_l(0.94f_{y1} + 302) - \gamma(0.015f'_c{}^2 - 1.1f'_c - 8)} \quad (6)$$

Donde $\gamma = 0.45 + 0.5\sqrt{\frac{P}{f'_c A_g}}$ para secciones rectangulares y $\gamma = 0.45 + 0.7\sqrt{\frac{P}{f'_c A_g}}$ para secciones circulares, ρ_s es el porcentaje de acero transversal, ρ_l es el porcentaje de acero longitudinal, P es la carga axial, f'_c es el esfuerzo de compresión de concreto sin confinar y A_g es el área de la sección gruesa de concreto.

Diagramas de momento – curvatura para pilas existentes

En los elementos de puentes existentes, construidos con criterios de diseño diferentes a los actuales, no se alcanza la capacidad máxima por flexión de un elemento adecuadamente confinado. Con base en estas consideraciones, se obtienen diagramas momento-curvatura ($M-\phi$) y momento-rotación ($M-\varphi$) para los diferentes mecanismos de falla que pueden llegar a presentarse en las pilas de puentes existentes. Se contemplan las siguientes posibilidades de falla

1. Flexocompresión para una pila que se encuentra bien confinada.
2. Flexocompresión para una pila sin confinamiento adecuado.
3. Falla originada por la presencia de traslapes en la zona de la articulación plástica.
4. Falla prematura por cortante.

Las hipótesis que se adoptan para el cálculo de las relaciones momento-curvatura son con las siguientes modificaciones: ε_{cu} es la resultante en la

"ec.10" para elementos confinados, para elementos no confinados $\varepsilon_{cu}=0.005$ (Priestley et. al., 1996) y el confinamiento efectivo k_e aplicado en el modelo de Mander es 0, resultando $f'_{cc}=f'_c$ y $\varepsilon_{cc}=\varepsilon_{co}$.

T_b es la fuerza máxima que se puede transferir sin la contribución del acero transversal. Si T_b es menor que la fuerza de fluencia de la barra, la sección no es capaz de desarrollar su resistencia a flexión, entonces el momento máximo de la columna es el que corresponde al esfuerzo máximo de tensión f_s que pueda desarrollar la varilla. Este esfuerzo es el proporcionado por la "ec. 7" (Priestley et. al 1996)

$$f_s = \frac{f_t p l_s}{A} \quad (7)$$

f_t es el esfuerzo a tensión del concreto $f_t = 0.33\sqrt{f'_c}$, l_s es la longitud de traslape, A_b es el área de una barra longitudinal y p es en perímetro asociado a cada barra que se obtiene con las "ecs. 8 y 9" para secciones rectangulares y circulares respectivamente.

$$p = \frac{s}{2} + 2(d_b + c) \leq 2\sqrt{2}(c + d_b) \quad (8)$$

$$p = \frac{\pi D'}{2n} + 2(d_b + c) \leq 2\sqrt{2}(c + d_b) \quad (9)$$

donde n es el número de barras longitudinales, d_b es el diámetro de las barras longitudinales, c es el recubrimiento, D' es el diámetro del núcleo de concreto y s es el espaciamiento promedio entre las barras traslapadas.

Para definir la parte final de la curva momento-rotación es necesario determinar el momento residual de la sección. El momento residual se calcula con las "ecs. 10 y 11" para secciones rectangulares y circulares respectivamente.

$$M_r = P \left(\frac{h' - kd}{2} \right) \quad (10)$$

$$M_r = P \left(\frac{D'}{2} - x \right) \quad (11)$$

Donde $P=0.85f_c A_c$ h' y D son las dimensiones del núcleo de concreto, A_c es el área de la zona a compresión, kd es la profundidad del eje neutro correspondiente al momento último de la sección, x es el centroide de la zona de compresión y f_c es el esfuerzo del concreto correspondiente a la deformación última

que haya presentado la sección (ver figura 4).

Si el porcentaje de refuerzo transversal es mayor que el calculado con la "ec.12" se considera que la sección está bien confinado en la zona de traslape

$$P_h = \frac{1.4A_b f_s}{\rho l_s f_{sh}} \quad (12)$$

Donde A_b es el área de una barra longitudinal, f_s es el máximo esfuerzo que una barra puede transferir, en este caso $f_s = f_y$ y f_{sh} es el esfuerzo máximo de tensión del refuerzo transversal igual a $f_{sh} = 0.0015E_s$. Para cantidades menores de refuerzo transversal se hace una interpolación lineal entre el momento residual de una sección sin confinar y una sección bien

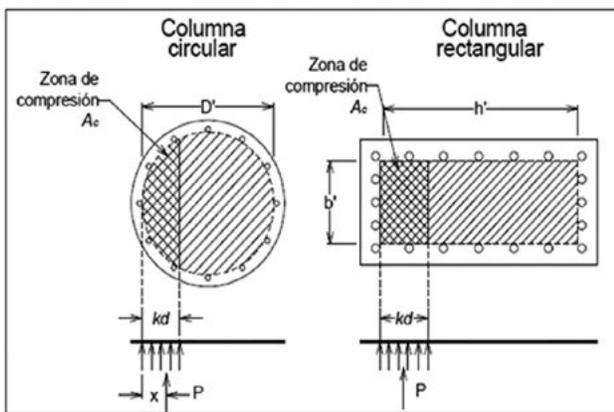


Figura 4. Zona de compresión en el momento residual de las columnas (Adaptada de Priestley et. al, 1996)

confinada.

Resistencia a cortante

Para determinar la capacidad a cortante se considera la contribución del concreto, del acero transversal y de la carga axial mediante la "ec.13" (Priestley et. al, 1996)

$$V_n = V_c + V_s + V_p \quad (13)$$

$$V_c = k \sqrt{f'_c} 0.80 A_g \quad (14)$$

$$V_s = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\pi A_n f_y D' \cot 30}{2} \text{ columnas circulares} \\ \frac{A_v f_y \cot 30}{s} \text{ columnas rectangulares} \end{array} \right\} \quad (15)$$

$$V_p = P \tan \alpha \quad (16)$$

A_g es el área de la sección gruesa, k es el factor que depende de la ductilidad por curvatura obtenido de la figura 5, D' es el diámetro del núcleo de

concreto (ver figura 6), A_n es el área de una barra del refuerzo por cortante, A_v es el área del refuerzo transversal en una capa y en la dirección en donde esta aplicada la fuerza cortante, s es la separación del refuerzo transversal y α es el ángulo que se forma entre el centroide de la zona de compresión por flexión

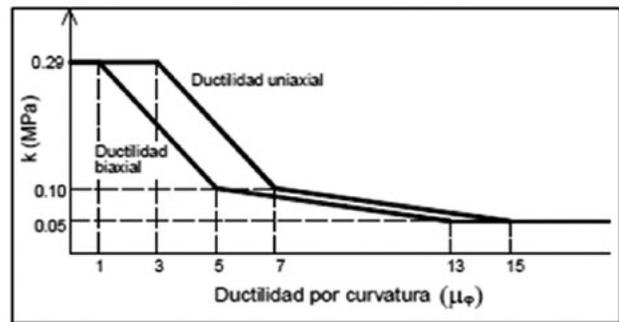


Figura 5. Factor k para columnas

y el punto de aplicación de la carga axial.

Curva de capacidad del puente

El procedimiento consiste en una secuencia de análisis elásticos lineales (pasos) con un sistema estructural que cambia en cada etapa. De cada paso se obtiene un desplazamiento y una fuerza que forman parte de la curva de capacidad del puente, representada en un plano fuerza cortante-desplazamiento, obtenida hasta alcanzar el mecanismo de colapso o deforma-

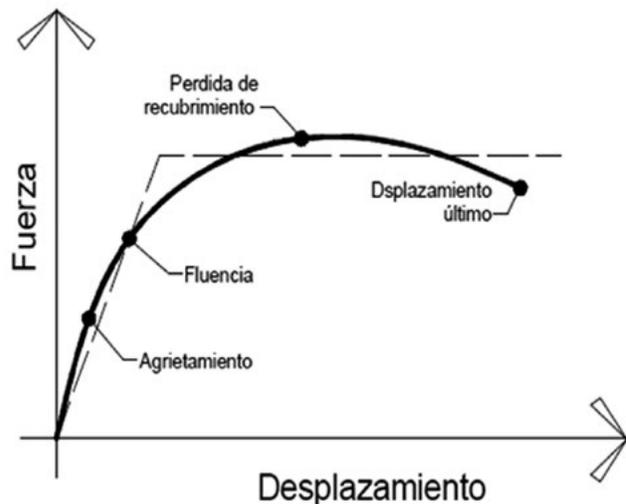


Figura 6. Esquema de la curva de capacidad del puente

ción última del puente (ver figura 6).

Obtención de la demanda de aceleración y desplazamiento

Una vez elegida la aceleración correspondiente al nivel de riesgo adoptado, el espectro para fines de evaluación (EAD) se expresa en términos de la aceleración y el desplazamiento para el sistema no lineal, considerando el nivel de amortiguamiento y la rigidez correspondientes al desplazamiento del sistema. El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

Paso 1. Se define el desplazamiento y la aceleración de fluencia (d_y, a_y). Se selecciona un desplazamiento inicial (d_i) y la aceleración inicial correspondiente (a_i).

Paso 2. Se obtiene el periodo inicial (T_0) y la ductilidad de desplazamiento con las "ecs. 19 y 20".

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{d_y}{a_y g}}$$

$$\mu = \frac{d_i}{d_y}$$
(20)

Paso 3. Se calcula el periodo efectivo (T_{eff}) y el amortiguamiento efectivo (β_{eff}) para el nivel de desplazamiento supuesto, con algunas de las expresiones encontradas en la literatura.

Paso 4. Conocido T_{eff} para el desplazamiento inicial supuesto, se traza una línea radial que representa el valor del periodo efectivo. Dicha línea se puede encontrar fijando dos puntos: el origen (0,0), y un punto cuyas coordenadas corresponden a un desplazamiento cualquiera d y la aceleración asociada

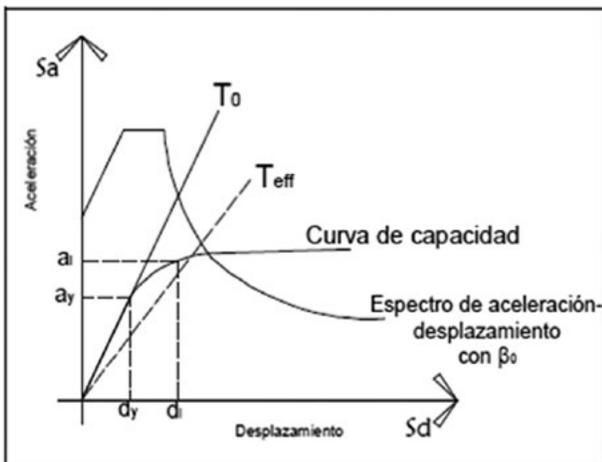


Figura 7. Se traza una línea radial que representa al periodo efectivo

("ec. 21"), según se muestra en la figura 7.

$$S_a = \frac{d}{g} \left(\frac{2\pi}{T_{eff}} \right)^2$$
(21)

Para tomar en cuenta el amortiguamiento efectivo β_{eff} se reducen las ordenadas del EAD mediante un factor (B) como se indica en las "ecs. 22 y 23" propuestas en el documento FEMA 440.

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln \beta_{eff}}$$

$$(S_a)_\beta = \frac{(S_a)_{5\%}}{B(\beta_{eff})}$$
(22)
(23)

Paso 5. El punto de intersección de la línea radial que representa al T_{eff} con el EAD reducido por efecto del amortiguamiento efectivo, conduce al despla-

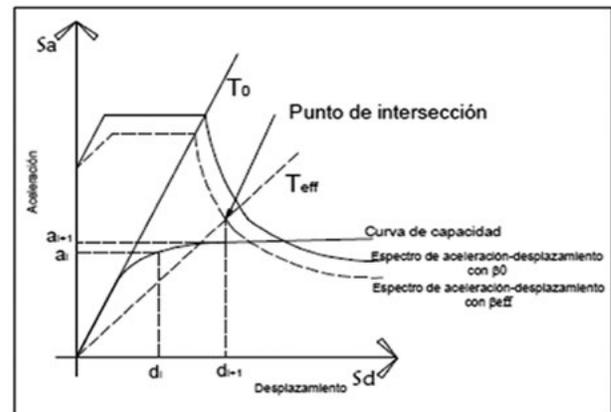


Figura 8. Determinación del desplazamiento máximo en una iteración (FEMA 440)

miento (d_{i+1}), como se ilustra en la figura 8.

La diferencia entre el desplazamiento propuesto inicialmente d_i y el obtenido de la intersección de la línea radial de T_{eff} y el EAD (d_{i+1}), se evalúa con la "ec. 24"

$$\left| 1 - \frac{d_i}{d_{i+1}} \right| \leq \epsilon$$
(24)

Donde ϵ es la tolerancia admitida. Si no se cumple con la desigualdad, se hace otra iteración, tomando como desplazamiento inicial de la iteración $i + 1$ el desplazamiento encontrado en la iteración i . Si se cumple la tolerancia se acepta el desplazamiento obtenido de la última iteración y se obtiene la de-

manda de aceleración directamente del EAD.

Paso 6. Una vez obtenidas las demandas máximas de desplazamiento y de aceleración, deberá verificarse la capacidad de las pilas existentes. En el caso de los desplazamientos de las pilas, Jara (2004) propone valores de los desplazamientos máximos para distintos periodos de retorno.

Paso 7. A partir de la demanda de aceleración obtenida en la última iteración se estima la fuerza de inercia correspondiente. Posteriormente se obtienen los elementos mecánicos y se comparan con la capacidad del elemento expresada en las curvas momento curvatura. Al término de la evaluación se podrá decidir si el puente se considera seguro en el caso de que los elementos sean capaces de resistir los elementos mecánicos obtenidos, o bien, si se necesita una evaluación detallada en la que sea necesario realizar un análisis refinado del sistema.

CONCLUSIONES

El presente trabajo presenta una metodología para llevar a cabo la evaluación de la capacidad sísmica de un conjunto de puentes existentes en una región determinada.

El procedimiento ha sido aplicado a puentes que han sufrido diferentes niveles de daño en sismos pasados y los resultados indican que el método de evaluación produce resultados razonables para estimar el nivel de seguridad de un puente. Se considera que la metodología propuesta permitirá revisar una gran cantidad de puentes existentes que fueron diseñados con criterios que no se consideran aceptables en el diseño sísmico actual.

REFERENCIAS

- ATC-55 Project (2005), "Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures", Applied Technology Council.
- Caltrans (2004), "Seismic design criteria", Versión 1.3, California, USA.
- Jara, M. (2005), "Amortiguamiento equivalente para puentes con aisladores de base hysteréticos", XV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Artículo XI-03, México D.F.
- Jara, M. (2004), "Procedimiento de diseño sísmico basado en desplazamientos, para puentes con aisladores de base hysteréticos", Tesis para obtener el grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Jara, M. y Casas, J. R. (2002), "Criterios de diseño de puentes con aisladores y disipadores de energía", Monografías de Ingeniería Sísmica, Editor A.H. Barbat.
- Jara, M. y González, A. (2000), "Evaluación de la capacidad sísmica de puentes", Proyecto de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Landa, L. (2006) "Procedimiento para determinar la capacidad sísmica de puentes existentes", Tesis de Maestría, División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH, Morelia, Michoacán, México.
- Kwan, W. Y Billington, S. L. (2003), "Influence of hysteretic behavior on equivalent period and damping of structural systems", Journal of Infrastructure Systems, ASCE.
- Maldonado, E. (2000), "Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en puentes", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Mander, J. B., Priestley, M. J. N. y Park, R., (1986), "Theoretical stress-strain model for confined concrete", Journals of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No.8.
- Miranda, E. y Ruiz, J. (2001), "Evaluation of approximate methods to estimate maximum inelastic displacement demands", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31
- Priestley, M. J. N., Seible, F., y Calvi, G. M. (1996), "Seismic design and retrofit of bridges", A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAMINADOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNT

José Juan Guerrero C.¹, Rafael Sabanero García²

RESUMEN

En este trabajo se determinaron las propiedades mecánicas básicas de probetas de bambú laminado, para lo cual se ensayaron probetas de bambú de la especie Guadua Angustifolia Kunt a tensión paralela a la fibra, compresión paralela y perpendicular a la fibra, cortante paralelo y perpendicular a la fibra, y flexión, basados en la normatividad de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los resultados indican que este material podría ser una buena opción para la fabricación de elementos estructurales.

ABSTRACT

In this paper were tested several specimens of bamboo laminate of the species Guadua Angustifolia Kunt for tension, compression, shear, bending stresses according to the existent normativity of the American Society for Testing and Materials (ASTM). The results show that this material can be a good option for the production of structural elements.

INTRODUCCIÓN

El uso de nuevos materiales en ingeniería para la elaboración de elementos que satisfagan alguna necesidad es una de las acciones que se llevan a cabo en la actualidad como una medida de generar alternativas a los materiales tradicionales. El bambú en su presentación geométrica natural, es decir, con una sección transversal circular hueca, es un material que se ha usado desde hace mucho tiempo como elemento constructivo para obras de resguardo del ser humano, cortado en tiras a lo largo de su eje longitudinal para usarlo como elemento de relleno en las paredes de viviendas, con formas variadas para la elaboración de utensilios que satisfagan alguna necesidad de la vida común, etc. En la actualidad se está explorando el usarlo de diferentes maneras, siendo los laminados de bambú una opción potencial para la fabricación de diferentes elementos. En este sentido, el bambú laminado puede tener un alto potencial de uso en la fabricación de placas para mobiliario de casa y oficina, en elementos para piso (duela), en perfiles usados en la industria de la construcción que presenten una sección transversal similar a los existentes en la actualidad elaborados con otros materiales (madera., acero), etc. Como una forma de determinar los alcances y potencial de uso de los laminados de bambú, en este trabajo se obtuvieron las propiedades mecánicas básicas de probetas de bambú laminado de la especie Guadua Angustifolia Kunt, una de las especies de bambú que tiene diferentes usos estructurales y que en nuestro país se cultiva en varias regiones. Los ensayos mecánicos llevados a cabo en este estudio fueron tensión paralela a la fibra, compresión paralela y perpendicular a la fibra, cortante paralelo y perpendicular a la fibra, y flexión, basados en la normatividad de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Cada una de las probetas

¹ Profesor-Investigador, Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Materiales, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, México 02200, D.F. jjgc@correo.azc.uam.mx

² Alumno de la carrera de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco..

para los ensayos a tensión se formaron a partir de una sola lámina y las probetas de los ensayos restantes se formaron con varias capas de láminas de bambú, alternando la dirección longitudinal entre capas sucesivas y manteniendo la dirección longitudinal de las láminas en una misma capa, similar a como se fabrica la madera contrachapada. Las láminas de bambú con que se formaron las probetas tenían una sección transversal rectangular y eje longitudinal recto. El adhesivo usado para pegar las láminas del bambú fue el Acetato de Polivinilo (PVA), pegamento de uso común para diferentes materiales. Los culmos de bambú de los cuales se extrajeron las láminas tenían una edad entre 5 y 7 años y características geométricas adecuadas para su uso en productos laminados con este material. Durante los ensayos se registró la carga aplicada y las deformaciones correspondientes, así como el comportamiento mecánico del material. Se determinó el contenido de humedad en porcentaje y la densidad del material.

LÁMINAS DE BAMBÚ

Las láminas de bambú tuvieron una forma geométrica de barra con sección transversal rectangular y eje longitudinal recto. Las láminas se obtuvieron cortando tiras de bambú en la dirección longitudinal del culmo. Una vez obtenidas estas tiras se eliminaba la curvatura natural que presentaban para que la sección transversal de las láminas tuviera una forma rectangular constante a lo largo de toda su longitud, por lo cual el espesor final, entre 0.5 cm y 1.3 cm, siempre fue inferior al espesor del culmo del que se obtuvieron y su ancho fue de aproximadamente 3cm (figura 1).

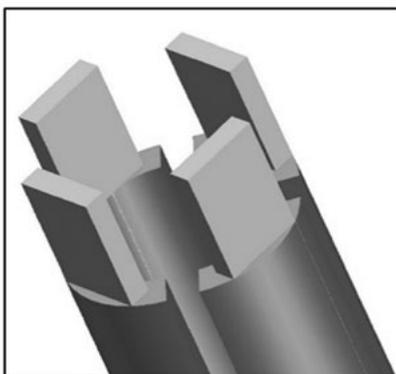


Figura 1. Láminas de bambú.

La maquinaria utilizada para el proceso de corte, cepillado y acabado de las láminas de bambú fue la maquinaria convencional usada para la madera, por lo que en algunas ocasiones el proceso no fue óptimo, ya que el bambú requiere herramientas más especializadas para su procesamiento.

ENSAYES A TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA

Se llevaron a cabo ensayos a tensión paralela a la fibra (figura 2) en 10 probetas de bambú de la especie *Guadua Angustifolia* Kunt de acuerdo a la norma ISO22157, para lo cual se estipuló una longitud calibrada de 50.8mm en la zona central, montar la probeta en la máquina de ensaye, sujetar con las mordazas ambos extremos y aplicar la carga con una velocidad de 0.01 mm/seg hasta la falla de la probeta.

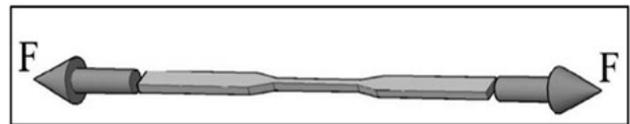


Figura 2. Esquema de ensayos de AnLTPa.

Las probetas tuvieron una sección transversal rectangular, con un espesor constante y ancho diferente en la zona central y en los extremos, siguiendo las recomendaciones para la elaboración de estas probetas establecidas en Guerrero, et al, 2014 (figura 3). Cada una de las probetas se formó a partir de una sola lámina de bambú.

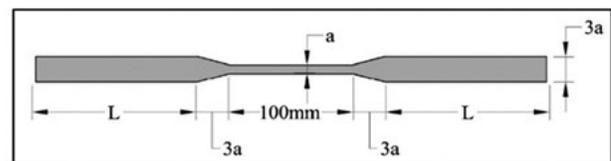


Figura 3. Geometría de las probetas AnLTPa.

En la figura 4 se muestra la gráfica esfuerzo – deformación unitaria (línea continua) obtenidas en los ensayos, así como una recta de ajuste de los datos obtenidos (línea interrumpida) de una de las probetas ensayadas. En la tabla 1 se indica el esfuerzo normal máximo y el módulo de elasticidad obtenidos con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo se determinó con la ecuación 1.

$$\sigma = \frac{F_{\text{máx}}}{A} \quad (1)$$

dónde:

$F_{\text{máx}}$ es la carga máxima soportada por la probeta
 A es el área de la sección transversal de la probeta en la zona central de calibración

El módulo de elasticidad se obtuvo con referencia a la recta de ajuste especificada para cada una de las gráficas obtenidas.

Tabla 1. Ensayes a tensión paralela a la fibra en probetas de bambú laminado.

Probeta	Esfuerzo normal máximo (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)
AnLTPa01	90.08	4,483.74
AnLTPa02	56.19	2,669.35
AnLTPa03	50.00	3,408.11
AnLTPa04	38.83	2,378.15
AnLTPa05	99.54	4,584.59
AnLTPa06	69.29	3,105.78
AnLTPa07	31.93	2,544.06
AnLTPa08	64.45	2,670.91
AnLTPa09	54.35	3,526.70
AnLTPa10	49.90	2,941.69

El esfuerzo normal máximo promedio fue de 60.46 MPa con desviación estándar de 21.23 MPa; el módulo de elasticidad promedio fue de 3,231.31 MPa con desviación estándar de 778.04 MPa. La falla en las probetas se presentó en la zona central debida al esfuerzo normal a tensión inducido en esta zona (figura 5), la cual ocurrió de manera súbita con una deformación muy pequeña antes de que esta se genere.

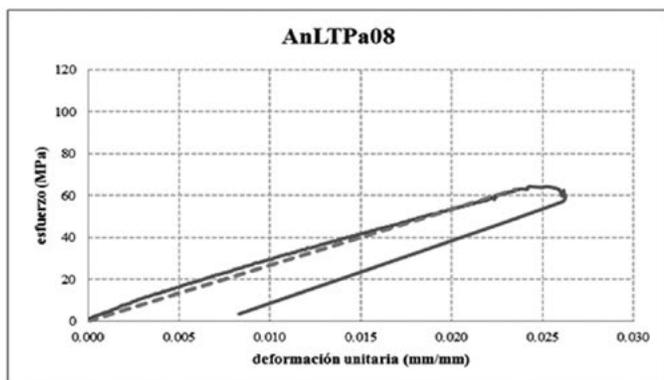
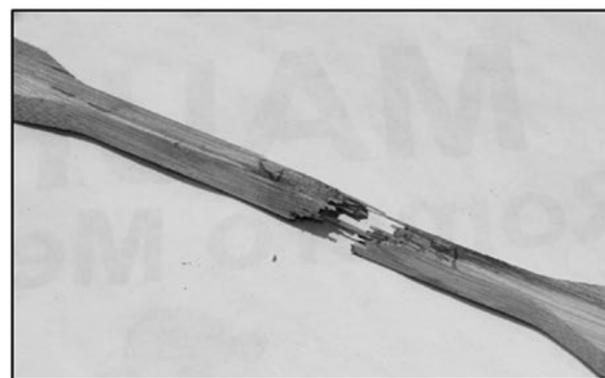


Figura 4. Gráfica de AnLTPa08.



Falla de la probeta AnLTPa04.

ENSAYES A COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

Se llevaron a cabo ensayos a compresión paralela a la fibra en 10 probetas. Se aplicó carga creciente de compresión hasta la falla de la probeta y se registró la carga y la deformación correspondiente en diferentes etapas, así como su comportamiento estructural. En la figura 6 se muestran las dimensiones de la probeta y el esquema general de ensayos. Se formó la probeta con varias capas de láminas de bambú alternando la dirección longitudinal de estas. Se colocó una primera capa con la dirección longitudinal de la lámina paralela a la aplicación de la carga y la siguiente con la dirección longitudinal perpendicular a ella. La dirección longitudinal de las capas externas coincidían con la dirección de la carga, por lo que el número de capas siempre fue una cantidad impar y el número de capas no fue constante para todas las probetas, ya que no todas las láminas que se usaron tenían el mismo espesor. Una vez que se cortaron las láminas al tamaño de la probeta, se formó la probeta pegando las láminas entre ellas por medio de PVA (figura 7). Cuando el pegamento secaba, se ajustaban las dimensiones finales de la sección transversal y la longitud para que fueran similares a las originalmente planeadas.

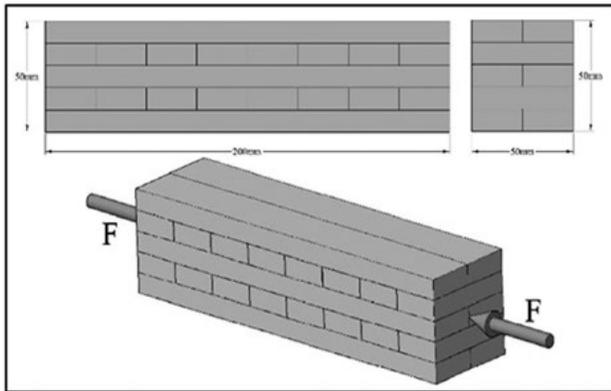


Figura 6. Esquema de ensayos de AnLCPa.



Figura 7. Fabricación de probetas AnLCPa.

En la figura 8 se muestra la gráfica esfuerzo – deformación unitaria (línea continua) obtenidas en los ensayos, así como una recta de ajuste de los datos obtenidos (línea interrumpida) de una de las probetas ensayadas. En la tabla 2 se indican el esfuerzo normal y el módulo de elasticidad obtenidos con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo se determinó con la ecuación 2.

$$\sigma = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad (2)$$

dónde:

$F_{m\acute{a}x}$ es la carga máxima soportada por la probeta
 A es el área de la sección transversal de la probeta en la zona central de calibración

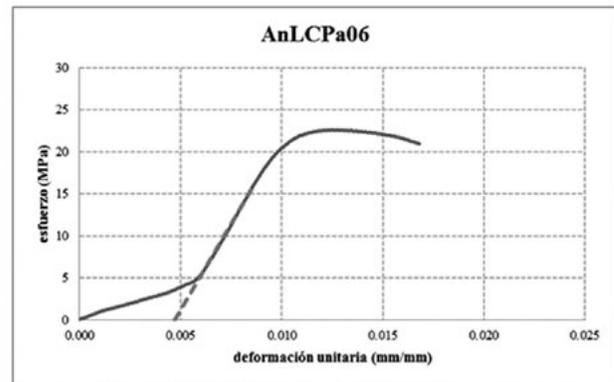


Figura 8. Gráfica de AnLCPa08

Tabla 2. Tabla de Ensayes a compresión paralela a la fibra en probetas de bambú laminado

Probeta	Esfuerzo normal máximo (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)
AnLCPa01	23.33	3,944.13
AnLCPa02	21.78	3,933.51
AnLCPa03	27.53	4,620.48
AnLCPa04	25.84	4,374.60
AnLCPa05	24.70	4,345.60
AnLCPa06	22.60	4,096.26
AnLCPa07	21.71	3,186.67
AnLCPa08	23.68	3,949.91
AnLCPa09	24.62	4,277.46
AnLCPa10	22.40	3,824.25



Figura 9. Falla de la probeta AnLCPa02.

El módulo de elasticidad se obtuvo con referencia a la recta de ajuste especificada para cada una de las gráficas obtenidas.

El esfuerzo normal máximo promedio fue de 23.82 MPa con desviación estándar de 1.82 MPa; el módulo de elasticidad promedio fue de 4,055.29

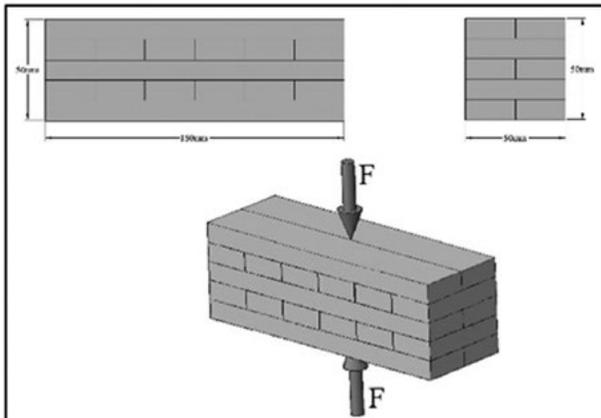


Figura 10. Esquema de ensayos de AnLCPe.

MPa con desviación estándar de 394.81 MPa. La falla en las probetas se inició con el aplastamiento de las diferentes capas que la integraron, y a continuación la separación entre ellas, que no necesariamente coincidió en la zona de unión entre las capas, es decir, en el pegamento usado para unir las, sino en las fibras de las láminas de bambú vecinas a estas zonas (figura 9), la cual ocurrió de manera gradual.

ENSAYES A COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA

Se llevaron a cabo ensayos a compresión perpendicular a la fibra en 10 probetas. Se aplicó carga creciente de compresión hasta la falla de la probeta y se registró la carga y la deformación correspondiente en diferentes etapas, así como su comportamiento estructural. De acuerdo a las normas aplicadas, se tomó como carga máxima aquella que producía una deformación paralela a la dirección de la aplicación de la carga de 2.5 mm. En la figura 10 se muestran las dimensiones de la probeta y el esquema general de ensayos. Se formó la probeta con varias capas de láminas de bambú alternando la dirección longitudinal de estas. Se colocó una primera capa con la dirección longitudinal de la lámina paralela a la dirección longitudinal de la probeta y la siguiente con la dirección longitudinal perpendicular a ella. En todas las probetas las capas externas mantuvieron la dirección longitudinal de las láminas coincidiendo con la dimensión mayor de las probetas, por lo que el número de capas siempre fue una cantidad impar y el número de capas no fue constante para todas las



Figura 11. Fabricación de probetas de AnLCPe.

probetas, ya que no todas las láminas que se usaron tenían el mismo espesor. Una vez que se cortaron las láminas al tamaño de la probeta, esta se formó pegando las láminas entre ellas por medio de PVA (figura 11). Cuando el pegamento secaba, se ajustaban las dimensiones finales de la sección transversal y la longitud para que fueran similares a las originalmente planeadas.

En la figura 12 se muestra la gráfica esfuerzo – deformación unitaria (línea continua) obtenidas en los ensayos, así como una recta de ajuste de los datos obtenidos (línea interrumpida) de una de las probetas ensayadas. En la tabla 3 se indican el esfuerzo normal y el módulo de elasticidad obtenidos con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo se determinó con la ecuación 3.

$$\sigma = \frac{F_{\text{máx}}}{A} \quad (3)$$

dónde:

$F_{\text{máx}}$ es la carga máxima soportada por la probeta

A es el área de la sección transversal de la probeta en la zona central de calibración

El módulo de elasticidad se obtuvo con referencia a la recta de ajuste especificada para cada una de las gráficas obtenidas.

El esfuerzo normal máximo promedio fue de 3.53 MPa con desviación estándar de 0.94 MPa; el módulo de elasticidad promedio fue de 69.42 MPa con desviación estándar de 16.54 MPa. Los ensayos llevados a cabo tomaron como referencia de la capacidad de carga una deformación en la dirección de la aplica-

Tabla 3. Ensayes a compresión paralela a la fibra en probetas de bambú laminado

Probeta	Esfuerzo normal máximo (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)
AnLCPe01	5.40	97.20
AnLCPe02	2.54	50.90
AnLCPe03	2.29	45.90
AnLCPe04	3.39	67.89
AnLCPe05	3.85	77.05
AnLCPe06	3.78	75.57
AnLCPe07	3.94	78.75
AnLCPe08	2.74	54.76
AnLCPe09	2.98	59.59
AnLCPe10	4.33	86.63

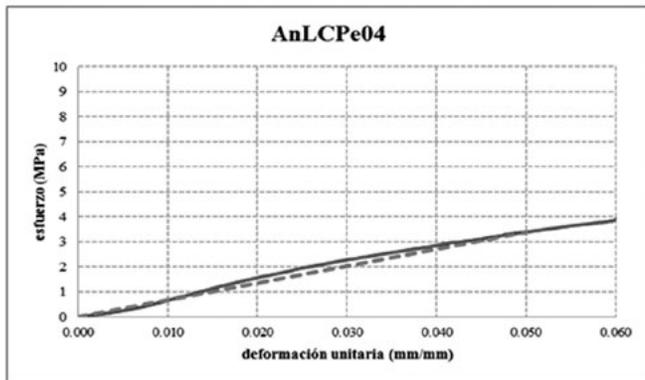


Figura 12. Gráfica de AnLCPe04.



Figura 13. Aspecto final en probetas AnLCPe.

ción de la carga de 2.5mm, generándose una zona deformada en la probeta con la forma del área proyectada del dispositivo de carga utilizado (figura 13), la cual ocurrió de manera gradual.

ENSAYES A CORTANTE PARALELO A LA FIBRA

Se llevaron a cabo ensayos a cortante paralelo a la fibra en 10 probetas. Se aplicó carga creciente hasta la falla de la probeta y se registró la carga y el comportamiento estructural que se presentó durante el ensaye. En la figura 14 se muestran las dimensiones de la probeta y el esquema general de ensayos.

Se formó la probeta con varias capas de láminas de bambú alternando la dirección longitudinal de estas. Se colocó una primera capa con la dirección longitudinal de la lámina paralela a la dirección de la carga y la siguiente con la dirección longitudinal perpendicular a ella. Todas las probetas mantuvieron la misma orientación de las capas externas y se usaron 7 capas para su elaboración. Una vez que se cortaron las láminas al tamaño de la probeta, esta se formó pegando las láminas entre ellas por medio

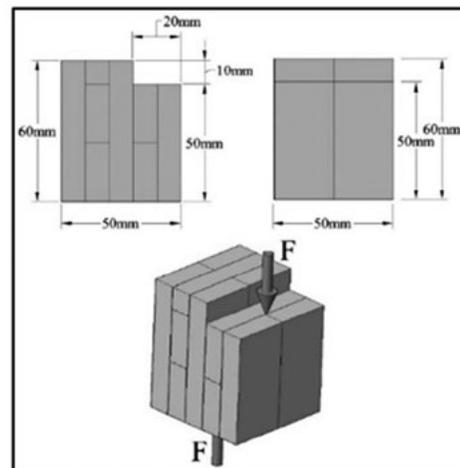


Figura 14. Esquema de ensayos de AnLVPa.



Figura 15. Fabricación de probetas AnLVPa.

de PVA (figura 15). Cuando el pegamento secaba, se ajustaban las dimensiones finales para que fueran similares a las originalmente planeadas.

En la tabla 4 se indica el esfuerzo cortante máximo obtenido con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo cortante se determinó con la expresión 4.

$$\tau = \frac{F_{\text{máx}}}{A} \quad (4)$$

dónde:

$F_{\text{máx}}$ es la carga máxima soportada por la probeta
A es el área de la zona de falla

El esfuerzo cortante máximo promedio fue de 4.01 MPa con desviación estándar de 0.57 MPa. La falla se presentó paralela a la aplicación de la carga, generán-

Tabla 4. Ensayes a cortante paralelo a la fibra en probetas de bambú laminado.

Probeta	Esfuerzo cortante máximo (MPa)
AnLVPa01	4.18
AnLVPa02	4.20
AnLVPa03	4.12
AnLVPa04	3.50
AnLVPa05	5.02
AnLVPa06	4.10
AnLVPa07	4.20
AnLVPa08	4.41
AnLVPa09	3.41
AnLVPa10	2.98



Figura 16. Aspecto final en probetas AnLVPe.

dose en las proximidades de la zona de unión de las capas (figura 16), la cual ocurrió de manera gradual.

ENSAYES A CORTANTE PERPENDICULAR A LA FIBRA

Se llevaron a cabo ensayos a cortante perpendicular a la fibra en 10 probetas. Se aplicó carga creciente hasta la falla de la probeta y se registró la carga y el comportamiento estructural que se presentó durante el ensaye. En la figura 17 se muestran las dimensiones de la probeta y el esquema general de ensayos. Se formó la probeta con varias capas de láminas de bambú alternando la dirección longitudinal de las capas, todas ellas perpendiculares a la dirección de aplicación de la carga. Las probetas mantuvieron la misma orientación de las capas externas y se usaron 7 capas para su elaboración. Una vez que se cortaron las láminas al tamaño de la probeta, esta se formó pegando las láminas entre ellas por medio de PVA (figura 18). Cuando el pegamento secaba, se ajustaban las dimensiones finales para que fueran similares a las originalmente planeadas.

En la tabla 5 se indican las características geométricas de la sección transversal de las probetas, el número de capas que la integraron, la fuerza normal máxima, el esfuerzo normal máximo y el módulo de elasticidad obtenidos con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo normal se determinó con la expresión 5.

$$\tau = \frac{F_{\text{máx}}}{A} \quad (5)$$

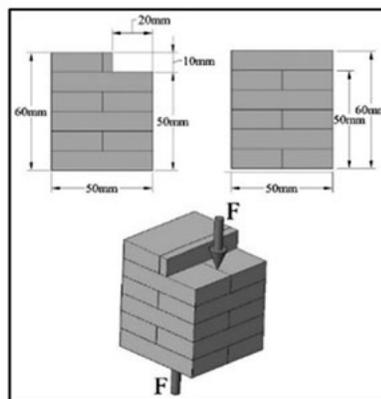


Figura 17. Esquema de ensayos de AnLVPe.



Figura 18. Fabricación de probetas AnLVPe.



Figura 19. Aspecto final en probetas AnLVPe.

Tabla 5 Ensayes a cortante perpendicular a la fibra en probetas de bambú laminado.

Probeta	Esfuerzo cortante máximo (kg/cm ²)
AnLVPe01	3.83
AnLVPe02	2.08
AnLVPe03	3.14
AnLVPe04	2.00
AnLVPe05	5.19
AnLVPe06	4.25
AnLVPe07	4.49
AnLVPe08	3.98
AnLVPe09	2.79
AnLVPe10	4.26

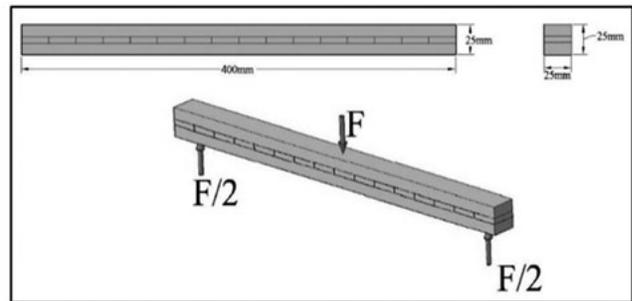


Figura 20. Esquema de ensayos AnLM.

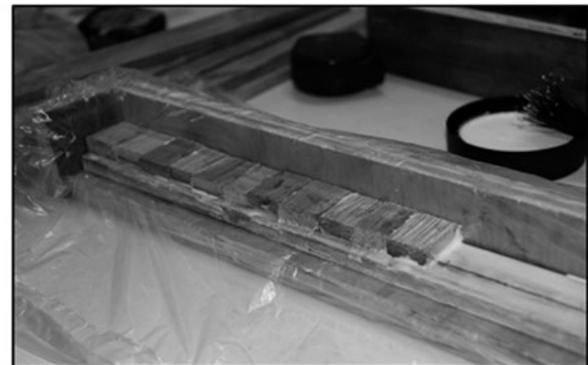


Figura 21. Fabricación de probetas AnLM.

dónde:

$F_{máx}$ es la carga máxima soportada por la probeta
 A es el área de la zona de falla

El esfuerzo cortante máximo promedio fue de 3.60 MPa con desviación estándar de 1.06 MPa. La falla se presentó en la zona de unión de las diferentes capas (figura 19), separándose las capas que se encontraban junto a la zona de carga.

ENSAYES A FLEXIÓN

Se llevaron a cabo ensayos a flexión en 10 probetas. Se aplicó carga transversal creciente hasta la falla de la probeta, se registró la carga y el desplazamiento correspondiente en la zona central, así como el comportamiento estructural que se presentó durante el

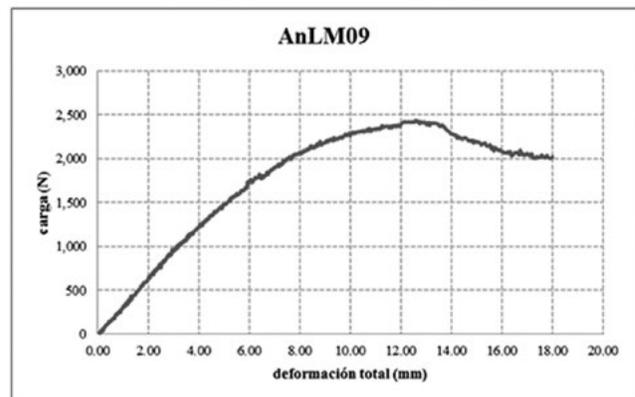


Figura 22. Gráfica F-Δ de AnLM09

ensaye. En la figura 20 se muestran las dimensiones de la probeta y el esquema general de ensayos, la longitud entre apoyos fue de 355.60 mm.

La probeta se formó con tres capas de láminas de bambú alternando la dirección longitudinal de estas. Las capas exteriores se pusieron con el eje longitudinal de las láminas coincidiendo con el eje longitudinal de las probetas y la capa intermedia perpendicular a las exteriores. Una vez que se cortaron las láminas al tamaño de la probeta, esta se formó pegando las láminas entre ellas por medio de PVA (figura 21). Cuando el pegamento secaba, se ajustaban las dimensiones finales de la sección transversal y la longitud para que fueran similares a las originalmente planeadas. En la figura 22 se muestra la gráfica carga F -deflexión vertical Δ al centro del claro obtenidas en los ensayos de una de las probetas.

En la tabla 6 se indica el esfuerzo normal máximo y el módulo de elasticidad obtenidos con los datos provenientes de los ensayos. El esfuerzo se determinó con la ecuación 6.

$$\sigma = \frac{3F_{\text{máx}}L}{2bh^2} \quad (6)$$

dónde:

$F_{\text{máx}}$ es la carga máxima soportada por la probeta

L es la longitud entre apoyos de la viga

b es el ancho de la sección transversal

h es el peralte de la sección transversal

El módulo de elasticidad se determinó con la ecuación 7.

Tabla 6. Ensayes a flexión en probetas de bambú laminado.

Probeta	Esfuerzo normal máximo (MPa)	Módulo de elasticidad E (MPa)
AnLM01	62.60	7,363.01
AnLM02	58.20	6,551.75
AnLM03	80.44	9,957.92
AnLM04	75.03	8,669.46
AnLM05	77.35	8,629.58
AnLM06	68.65	9,270.53
AnLM07	63.81	7,829.50
AnLM08	72.50	8,694.42
AnLM09	72.05	7,122.09
AnLM10	79.17	9,125.91

$$E = \frac{F_{LP} L^3}{4 \Delta_{LP} b h^3} \quad (7)$$

dónde:

F_{LP} es la carga en el límite proporcional

Δ_{LP} es el desplazamiento vertical correspondiente a la carga en el límite proporcional

El esfuerzo normal máximo promedio fue de 70.98 MPa, con desviación estándar de 7.51 MPa. El módulo de elasticidad promedio fue de 8,321.42 MPa, con desviación estándar de 1,070.41 MPa. El tipo de falla que se presentó en las probetas fue debido a compresión en la zona superior, aunque en algunos casos estuvo acompañada por la separación de la capa intermedia con las capas superior e inferior y por la fractura de las láminas de la capa intermedia (figura 23). Es importante hacer notar que el momento de inercia utilizado para los cálculos es el de la sección transversal total.



Figura 23. Aspecto final en probetas AnLM.

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DEL MATERIAL

Se obtuvo el contenido de humedad en porcentaje y la densidad del material de los culmos utilizados para la elaboración de las probetas. El contenido de humedad del material en porcentaje se hizo de acuerdo a lo señalado por la norma ISO22157, para lo cual se obtienen piezas de los culmos utilizados para la elaboración de las probetas, determinar el peso de las piezas después de haber ensayado las probetas y someterlas posteriormente a una temperatura de

103 ± 2 °C durante 24 horas. Finalmente se pesan las piezas. Se determinó el contenido de humedad en porcentaje con la siguiente expresión 8.

$$H_m = \frac{p_h - p_s}{p_s} \times 100 \tag{8}$$

dónde:

p_h es el peso de la pieza antes del secado
 p_s es el peso de la pieza después del secado

La densidad del material se obtuvo con relación al peso seco del material aplicando la siguiente expresión:

$$D_m = \frac{p_s}{V} \tag{9}$$

dónde:

V es el volumen de la pieza

El contenido de humedad tuvo un valor promedio de 10.84%, con una desviación estándar de 0.63%. La densidad del material tuvo un valor promedio de 5.41 kN/m³, con una desviación estándar de 0.68 kN/m³.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Se llevaron a cabo ensayos mecánicos en probetas de laminados de bambú basados en la normatividad ASTM. Los ensayos fueron tensión paralela a la fibra, compresión paralela y perpendicular a la fibra, cortante paralelo y perpendicular a la fibra, y flexión. En la tabla 7 se indican los esfuerzos máximos promedio para cada uno de los

Tabla 7. Ensayes a flexión en probetas de bambú laminado.

Probetas	Esfuerzo máximo promedio (MPa)	Módulo de elasticidad promedio E (MPa)
AnLTPa	60.46	3,231.31
AnLCPa	23.82	4,055.29
AnLCPe	3.53	69.42
AnLVPa	4.01	---
AnLVPe	3.60	---
AnLM	70.98	8,321.42

ensayos llevados a cabo, así como el módulo de elasticidad promedio para aquellas pruebas en que se determinó.

- En los ensayos de las probetas sometidas a tensión paralela a la fibra (AnLTPa) la gráfica esfuerzo deformación unitaria muestra un comportamiento lineal prácticamente hasta la falla, presentándose la falla por tensión en la zona central, la cual ocurrió de manera súbita con una deformación muy pequeña antes de que esta se genere.
- En los ensayos de las probetas sometidas a compresión paralela a la fibra (AnLCPa) la falla se inició con el aplastamiento de las diferentes capas que la integraron y a continuación la separación entre ellas, la cual no necesariamente se presentó por la falla del pegamento usado para unir las.
- En los ensayos de las probetas sometidas a compresión perpendicular a la fibra (AnLCPe) la gráfica esfuerzo deformación unitaria muestra un comportamiento lineal en todo su registro, deformándose al aplastamiento la probeta de forma gradual.
- En los ensayos de las probetas sometidas a cortante paralelo a la fibra (AnLVPa) la falla se presentó paralela a la aplicación de la carga, generándose en las proximidades de la zona de unión de las capas, la cual ocurrió de manera gradual.
- En los ensayos de las probetas sometidas a cortante perpendicular a la fibra (AnLVPe) la falla se presentó en las proximidades de la zona de unión de las capas que se encontraban cercanas a la zona de carga.
- En los ensayos de las probetas sometidas a flexión (AnLM) el tipo de falla que se presentó en las probetas fue debido a compresión en la zona superior, aunque en algunos casos estuvo acompañada por la separación de la capa intermedia con las capas superior e inferior y por la fractura de las láminas de la capa intermedia. El momento de inercia utilizado para los cálculos es el de la sección transversal total.
- Las láminas de bambú con las que se elaboraron las probetas tuvieron una forma geométrica de barra, con sección transversal rectangular y eje longitudinal recto. Para formar la sección transversal rectangular fue necesario eliminar las zonas curvas externas e internas de las tiras del culmo del cual se generaron. Se observó que las fibras se concen-

traban de una manera más apreciable en la curvatura externa de las tiras de bambú, lo cual coincide con la zona externa de los culmos.

- El contenido de humedad tuvo un valor promedio de 10.84%, con un valor mínimo de 9.61% y un valor máximo de 12.77%. La desviación estándar fue de 0.63%.
- La densidad del material tuvo un valor promedio de 5.41 kN/m³, con un valor mínimo de 3.82 kN/m³ y un valor máximo de 7.01 kN/m³. La desviación estándar fue de 0.68 kN/m³.
- En general, los resultados obtenidos presentan una dispersión apreciable, lo cual hasta cierto punto es de esperarse por tratarse de un material orgánico cuyas características geométricas y propiedades mecánicas se ve influenciado por las características ambientales en las cuales se desarrolla este material.
- Los resultados obtenidos no hacen referencia al tramo del culmo del cual se elaboró la probeta ensayada-parte baja, media o alta- debido a que no se contó con esta información.

REFERENCIAS

ISO 22157-1. Bamboo —“Determination of physical and mechanical properties”. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2004-06-01.

Guerrero Correa José Juan, Quiroz Soto Arturo y Terán Gilmore Amador. “Propiedades mecánicas del bambú”. XIX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, 2014, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

Norma ASTM D 143-94 ,2000, “Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber” American Society for Testing and Materials (ASTM International).

DISEÑO Y ANÁLISIS DE BLOCKS CON AGREGADOS PET

Patricia E. Rodríguez¹, José E. Villalobos E.¹,
Francisco J. González D.², José E. Burguete F.²

RESUMEN

La elaboración de blocks con agregado PET (Tereftalato de polietileno) tuvo como principal objetivo comprobar y determinar, que el plástico es una alternativa viable en el área de la construcción, fomentando el reciclaje, dando así, una opción factible como agregado en la producción de blocks.

Este estudio tiene como base las normas mexicanas para la industria de la construcción que pondrán a prueba el diseño de blocks con agregado PET para certificar tanto su calidad, como su durabilidad. Sujeto a esto, en esta investigación se siguieron normas y protocolos, ya establecidos para poder asegurar el uso de este material.

Las constructoras deben de asegurar que estos blocks cumplan con las normativas requeridas, para garantizar la calidad de la construcción de la obra.

Por todo lo anterior, se realizó una comparativa con block comerciales, sometiendo éstos a las mismas pruebas de laboratorio, y así poder comprar los resultados obtenidos.

Palabras Claves: Block, Normas, PET, Construcción.

ABSTRACT

The main purpose to develop PET blocks (Polyethylene Terephthalat) was to verify and determine that plastic is a viable alternative in the construction area, promoting recycling, thus providing a feasible choice as an aggregate in the production blocks.

This study is based on mexican norms for the construction industry that will prove the design of PET blocks as an aggregate to certify both their quality and durability. Subject to this, the research followed rules and protocols, already established to be able to assure the use of this material.

The builders must ensure that these blocks meet the required standards, to ensure the quality of the work construction.

A comparison was made with commercial blocks, bringing them under the same laboratory proof, thus being able to compare the results obtained.

Keywords: Block, Norms, PET, Construction.

INTRODUCCIÓN

Las botellas de plástico Polietileno Tereftalato (PET) de gaseosas y agua demoran entre 100 y 1000 años en descomponerse, el cual es un material muy resistente de degradarse en el ambiente.

En el marco del Día Mundial del Medio Ambiente, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) detalló que Tuxtla Gutiérrez genera 159 mil toneladas de basura. (NTR Periodismo Crítico, 2010).

El principal problema generado por el PET es al final de su ciclo de vida, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje provocando bloqueo y dificultades en los procesos de desazolve, facilitando inundaciones, así como en las calles, bosques, selvas, océano y entre otros lugares, generando "basura".

¹ Docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Email: patricia.rodriguez@unach.mx

² Egresados de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas, Boulevard Belisario Domínguez Km # 1081, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Los blocks con agregados PET fomentaría al reciclaje, ya que se utilizarían para la construcción. Para este estudio, se elaboraron blocks artesanales con agregado PET, sin embargo, este diseño de block debe estar regido bajo los requisitos que estipulan las normas mexicanas de la construcción.

Por todo lo anterior, es de importancia estudiar sus características físicas y mecánicas que estos blocks llegan a tener para evaluar la resistencia bajo las Normas Mexicanas para la Industria de la Construcción, las cuales determinan principalmente las dimensiones, absorción del agua, contracción, resistencia a la compresión.

Las constructoras deben de asegurar que estos blocks cumplan con las normativas requeridas, para garantizar la calidad de la construcción de la obra.

METODOLOGÍA

Este estudio se circunscribirá en las pruebas físicas y mecánicas del block con agregados PET conforme a los requisitos que estipulan las Normas Mexicanas para la Industria de la Construcción.

Para esta investigación se siguieron una serie de pasos conforme a las normativas vigentes de la Norma Mexicana de la Construcción.

Revisión de las normativas mexicanas

La norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 con la cual se rige para las pruebas de este estudio y comprobar que éstas cumplan en los blocks con agregado PET.

Elaboración de block.

Se realizaron blocks con diferentes proporciones de PET. Además de contar con los siguientes materiales:

- Un bulto de cemento Portland de 50kg
- Arena convencional 5 latas.
- Agua 28 lts.
- PET triturado 22Kg.
- Pala
- Molde de block hueco 40x20x15

Para la fabricación de los bloques se propuso una cantidad de material en base a proporciones en la fabricación de éstos mismos, con la finalidad de sustituir la mayor cantidad de arena por el PET triturado.

Trabajo de laboratorio.

Se realizaron las siguientes pruebas de:

- Dimensiones de acuerdo a la NMX-C-038-ONNCCE.
- Determinación de la absorción conforme la NMX-C-037-ONNCCE-2012.
- Determinación de la contracción por secado según la NMX-C-024-ONNCCE-2012.
- Resistencia a la compresión determinado por NMX-C-036-ONNCCE-2012.

Comparación de block.

Las pruebas se realizaron con 3 blocks estándar, comúnmente utilizado en la construcción y con block con agregados PET (de diferentes proporciones) con el fin de verificar cuál de estos blocks son los más adecuados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la investigación se elaboraron blocks, quedando con las siguientes proporciones. (Ver Tabla 1).

Una vez, reposado los blocks por 28 días de secado se procedieron a medir las dimensiones, la mayoría de ellos no obtuvieron ningún problema de deformación, quebradura o porosidad.

El primer lote de 5 blocks cumple con las medidas oficiales que marca la NMX-C-038, luego de ello, se someten a la prueba de humedad para saber el nivel de absorción que estos pueden tener.

Tabla 1. Proporciones Propuestas

Cemento (Lata)	Arena (Lata)	PET (Lata)	Densidad (kg/Dm ³)
*	5	0	2.55
1	4	1	2.013
1	3	2	1.75
1.5	2	3	1.48
1.5	1	4	1.320
1.5	0	5	1.050

*Proporciones de la mezcla del block convencional

PRUEBA DE ABSORCIÓN

Para esta prueba se siguieron los pasos que marca la norma NMX-C037, la cual consiste en dos pruebas una de absorción inicial y la otra de absorción de 24 horas.

En la prueba de absorción inicial se puede observar que conforme aumenta la proporción de PET, disminuye el total de volumen de agua absorbida, por otro lado, se observa que el block tipo 4, su absorción vuelve a incrementar (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la prueba de absorción inicial.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Absorción Inicial (g/min)
Block tipo (N)	14.388	14.571	9.644
Block tipo (1)	13.557	13.700	7.537
Block tipo (2)	12.473	12.590	6.16
Block tipo (3)	11.035	11.131	5.05
Block tipo (4)	9.462	9.640	9.38
Block tipo (5)	6.691	6.896	10.80

Se observa que el block tipo 3 es el que obtuvo mejor resultado (Ver Gráfica 1)

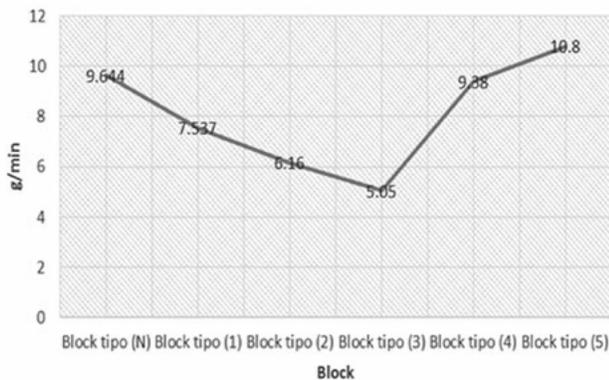


Gráfico 1. Resultados de la prueba de adsorción inicial

En la prueba de 24 horas, se puede notar que conforme va aumentando la proporción de PET, va disminuyendo el total de volumen de agua absorbida. En el block 4 la absorción vuelve a incrementar (Ver Tabla 3).

En las pruebas de absorción el block número 3 fue el que resultó más adecuado. (Ver Gráfica 2).

Tabla 3. Resultados de la prueba de porcentaje de humedad.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Porcentaje de humedad (%)
Block tipo (N)	14.388	14.571	1.27
Block tipo (1)	13.557	13.700	1.054
Block tipo (2)	12.473	12.590	0.938
Block tipo (3)	11.035	11.131	0.87
Block tipo (4)	9.462	9.640	1.88
Block tipo (5)	6.691	6.896	2.97

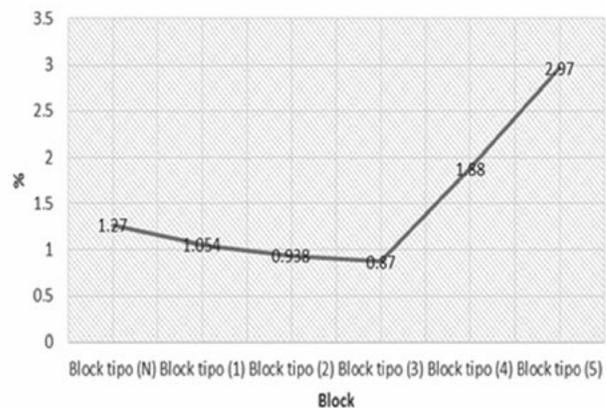


Gráfico 2. Resultados de la prueba de la prueba de humedad

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para esta prueba los blocks primero tienen que pasar por un cabeceo mediante mortero de azufre, en este caso se sometió un azufre industrial de 85%, el cual pasó las normas de calidad, por lo que se tomó la decisión de utilizar este tipo de azufre, siguiendo los pasos de la Norma NMX-C-036 se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver Tabla 4).

En las pruebas de compresión se puede observar que la proporción que obtuvo mejor resultados fue el del block tipo 2 (Ver Gráfica 3).

Tabla 4. Resultado final de la prueba a compresión.

Blocks	Peso en (Kg)	Carga sometida en (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm ²)
Block tipo (N)	13.438	17371	28.95
Block tipo (1)	13.300	22000	36.67
Block tipo (2)	12.820	35120	58.53
Block tipo (3)	11.024	25000	41.67
Block tipo (4)	9.562	20000	33.33
Block tipo (5)	6.751	17000	28.33

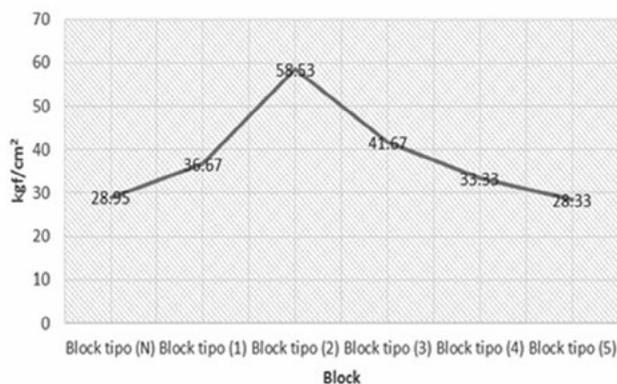


Gráfico 3. Resultados final de la prueba a compresión.

PRUEBA DE CONTRACCIÓN

Para esta prueba se siguieron los pasos que marca la norma NMX-C-024, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de contracción.

Blocks	Peso Húmedo (kg)	Peso Seco (kg)	Contracción %
Block tipo (1)	1.120	1.020	0.155
Block tipo (2)	1.262	1.137	0.074
Block tipo (3)	0.923	0.818	0.158
Block tipo (4)	0.899	0.767	0.157

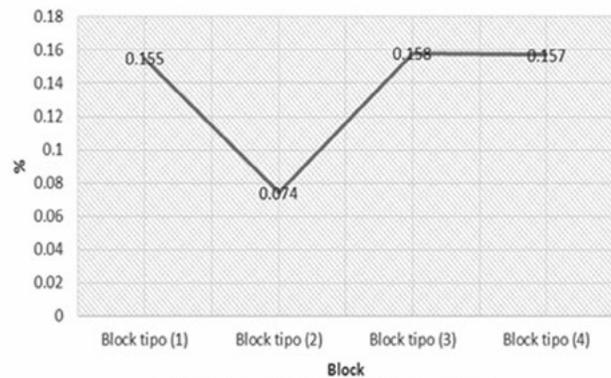


Gráfico 4. Resultados final de la prueba de contracción.

Se puede notar que la proporción que obtuvo mejor resultados fue el del block tipo 2 (Ver Gráfica 4).

Una vez realizados los experimentos a los diferentes porcentajes de blocks con agregado PET, los resultados no eran los adecuados, por lo que se procedió a realizar las pruebas, para ello, se efectuaron las mismas pruebas a blocks comerciales, investigando casas de materiales que fabrican blocks con los dos métodos conocidos, los cuales son artesanales y fabricados en máquinas para ser sometidos a las mismas pruebas antes mencionadas.

Las empresas que se tomaron en cuenta son las siguientes: la empresa Adoblock elaborados en máquina, la siguiente empresa es Proiscon realizados de manera artesanal y la última empresa fue CITSA elaborados en máquina.

Para obtener los mismos resultados que los blocks con PET se procedió a tomar las medidas y saber si estas respetaban las normas oficiales. (Ver Tabla 6).

Confirmando que los blocks respetan las medidas como lo indica la norma, se procedió a realizar la prueba de absorción. (Ver Tabla 7)

Tabla 6. Medidas de los blocks convencionales.

Blocks	Medida Cara 1		Medida Cara 2		Medida Cara 3		Ancho de bordes	
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Exterior	Interior
	cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
Adoblock	15	19.5	40	19.5	40	15	3	3
Proiscon	12	19	40	19.5	39	12	3.5	3
CITSA	12	19.5	40	19.5	40	12	4	5

Tabla 7. Resultados de la prueba de absorción.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Área de la Base (cm)	Agua absorbida	Absorción Inicial (g/min)
Adoblock	14.253	14.554	15x40	1.155	7.5
Proiscon	12.591	12.923	12x39	0.332	29.16
CITSA	12.861	13.042	12x40	0.181	11.92

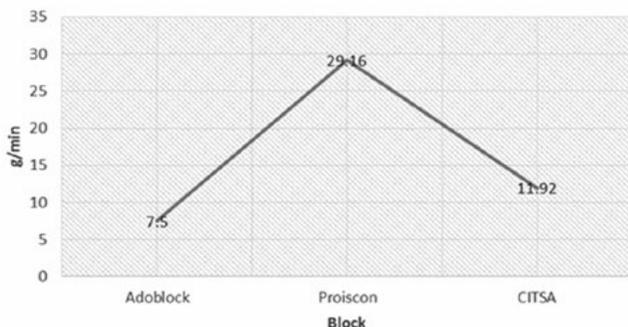


Gráfico 5. Resultados de adsorción inicial

En la gráfica 5 se puede observar que el block Proiscon es el más apto para esta prueba.

Después de haber realizado la absorción inicial pasamos a efectuar la prueba de porcentaje de humedad a cada block. (Ver Tabla 8).

El block CITSA es el que contiene menos humedad. (ver Gráfica 6).

Tabla 8. Resultados de la prueba de porcentaje de humedad.

Blocks	Peso Seco (kg)	Peso Húmedo (kg)	Área de la Base (cm)	Agua absorbida	Porcentaje de humedad (%)
Adoblock	14.253	15.408	15x40	1.155	8.10
Proiscon	12.591	13.720	12x39	1.129	8.9
CITSA	12.861	13.819	12x40	0.958	7.65

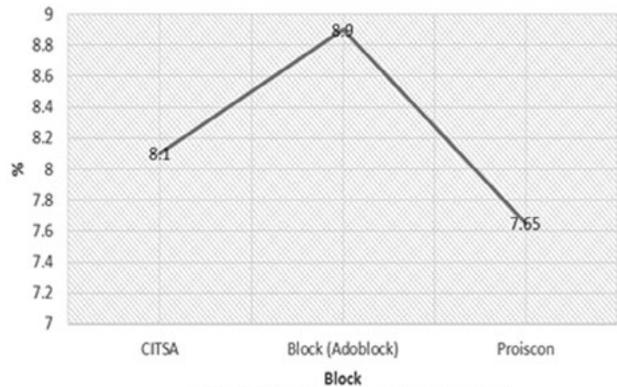


Gráfico 6. Resultados de porcentaje de humedad.

Posteriormente, se realizó la prueba de contracción, sus resultados se observan en la Tabla 9.

El Adoblock no aumenta ni reduce sus dimensiones. (Ver Gráfica 7).

Con base en los procedimientos anteriores de esta prueba, se realiza la prueba de compresión. (Ver Tabla 10).

En esta prueba el Adoblock demuestra que es el block más resistente. (Ver Gráfica 8).

Después de analizar los resultados de las diferentes pruebas en laboratorio de los blocks, hay que considerar los costos de elaboración de éstos mismos.

Tabla 9. Resultados de la prueba de contracción.

Blocks	Distancia Húmedo (mm)	Distancia seca (4 días) (mm)	Distancia seca (2 días) (mm)	Peso Húmedo (kg)	Peso Seco (kg)	Porcentaje De Contracción (%)
Block (CITSA)	100.17	100.02	99.45	1.120	1.020	0.569
Block (Adoblock)	111.00	100.04	99.96	1.262	1.137	0.072
Block (Proiscon)	110.96	110.85	110.19	0.923	0.818	0.594

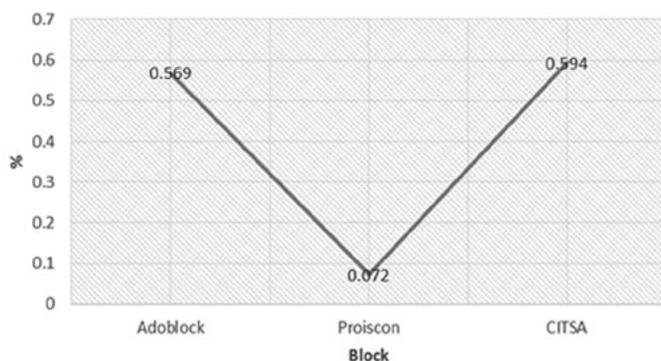


Gráfico 7. Resultados de porcentaje de contracción.

Tabla 10. Resultados de la prueba de compresión.

Blocks comerciales	Peso en (Kg)	Carga sometida (kgf)	Resistencia a compresión (kgf/cm ²)
CITSA	13.438	22934	38.22
Adoblock	12.253	34154	56.92
Proiscon	12.820	7,652	12.75

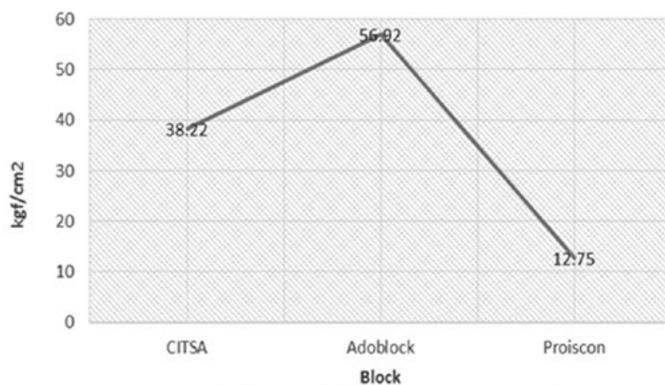


Gráfico 8. Resultados de resistencia de compresión.

Para ello, se tomó en cuenta los precios de los blocks comerciales, siendo éstos los siguientes: la empresa Adoblock con un precio de \$9.00 por cada unidad, la empresa Proiscon, el cual vende sus blocks a \$11.00 por cada unidad y la última empresa fue CITSA, manejando el precio de block de \$10.00 por cada unidad.

Con el fin de conocer el precio de venta de los blocks con PET, y comprobar su factibilidad en el área de construcción, se obtuvieron los costos del PET, tomando en cuenta que la compra del material está a \$2.00 por kilogramo en las recolectoras, además si en el proceso de trituración se logra obtener 10 kg de PET triturado fino, en una jornada de 8 horas pagando \$100.00, se obtiene que el kilogramo de PET triturado es de \$3.25.

A continuación, se procedió a sacar los costos de elaboración por cada block, conforme a las proporciones que se utilizaron (ver Tabla 11), tomando en cuenta el costo de elaboración como subtotal y un 20% en costos indirectos para obtener el costo del block para venta, en los costos indirectos se considera lo que es comercialización y transporte del mismo.

Tabla 11. Costos de blocks.

Blocks	Subtotal (\$)	Costos	
		indirectos (20%) (\$)	Total (\$)
Block tipo (N)	\$7,93	\$1.59	\$9.51
Block tipo (1)	\$10.25	\$2.05	\$12.30
Block tipo (2)	\$12.57	\$2.51	\$15.08
Block tipo (3)	\$17.10	\$3.42	\$20.52
Block tipo (4)	\$19.42	\$3.88	\$23.30
Block tipo (5)	\$21.74	\$4.35	\$26.09

Lo que se observa en el análisis de costo, es que a medida que aumenta la proporción del PET, incrementa el costo de la elaboración del block, por lo mismo la factibilidad de comercializar el block artesanal no es tan posible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de blocks tuvo como principal objetivo comprobar y determinar que el PET es una alternativa viable como agregado en el proceso de la elaboración del block, sujeto a esto, se debieron seguir normas y protocolos, ya establecidos para certificar el uso de este material.

El resultado que se implementa es la sustitución de la arena en diferentes proporciones hasta el punto de reemplazar en su totalidad al agregado, proporcionando así puntos comparativos en las diferentes mezclas obteniendo distintos resultados.

En cuanto a la comparativa de los blocks convencionales contra los artesanales de PET, ambos muestran buenos resultados en cuanto absorción, humedad y contracción, ya que pasan sin ningún problema las normas.

Con respecto a resistencia los blocks convencionales no alcanzan los estándares establecidos por las normas, en lo referente a los blocks con agregado PET, solo el block tipo 3 el cual logra cumplir con la NMX-C-036-ONNCCE-2012. Resultando como prueba que las bloqueras no dedican el trabajo requerido para entregar un block de calidad y las normas mexicanas demandan estándares elevados para su validación.

Esta investigación provee un paso más a nuevas opciones de materiales para la construcción, siendo el PET el material que da vida a este estudio realizado, proporcionando nuevas propiedades y características bajo normas establecidas que prueban la calidad y la resistencia del material, siendo así una mejor opción factible, ya sea artesanal o mediante maquinaria pesada. Por lo anterior, se considera conveniente orientar nuevos estudios o líneas de investigación en el aspecto de recolección de PET y sus usos en la construcción:

- Hacer un análisis para verificar la eficiencia de las normas mexicanas para la construcción, en la forma de los métodos de realizar las pruebas.
- Continuar el estudio con pruebas de laboratorio

con blocks elaborados a máquinas, para ver los beneficios que estos adquieren.

- Costos de la elaboración del block con agregados PET, en un mercado donde se produzca a mayoreo y con las máquinas necesarias para su correcta elaboración.
- Análisis de las constructoras al adquirir e implementar estos nuevos materiales, y como serían recibidos éstos mismos en el mercado.
- Verificar la factibilidad de hacer una bloquera que utilice el PET como un agregado en el proceso de elaboración.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece al maestro Marco Antonio Jiménez Escobar, por apoyarnos en proporcionarnos el equipo necesario para la correcta trituración del PET.

Se le agradece al señor Jesús Díaz Velazco, por el préstamo de herramientas necesarias, además de proporcionarnos ayuda durante la elaboración de los blocks.

FUENTES DE CONSULTA

- DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-E-232-CNCP-2011 y NMX-E-233-CNCP-201, INDUSTRIA DEL PLASTICO-SIMBOLOS DE IDENTIFICACION DE PLASTICOS, (2011); http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=5210376&fecha=21/09/2011 (fecha de acceso marzo, 2016).
- DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas, NMX-C-024-ONNCCE-2012, NMX-C-052-ONNCCE-2012, NMX-C-087-ONNCCE-2012, NMX-C-183-ONNCCE-2012, NMX-C-203-ONNCCE-2012 y NMX-C-404-ONNCCE-2012.(2012); http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=5282167&fecha=13/12/2012. (fecha de acceso febrero, 2017).
- N-CTM-2-01-002/02, características de los materiales para la mampostería, bloques de cemento, tabiques y tabicones. (2002); <http://normas.int.mx/normativa/N-CMT-2-01-002-02>. (fecha de acceso enero,2016)
- NMX-E-232-SCFI-1999, industria del plástico - reciclado de plásticos simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico-nomenclatura, (1999); http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4956958&fecha=25/11/1999 (fecha de acceso marzo, 2016).
- Norma Mexicana NMX-C-404-2012-ONNCCE, Industria de la Construcción Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para Uso Estructural Especificaciones y Métodos de Prueba (2012); <http://www.blockmex.com.mx/skin/images/empresa/ONNCCE/NMX-C-404-ONNCCE-2005>. (fecha de acceso marzo, 2016).
- NTR Periodismo Crítico <http://ntrzacatecas.com/2010/06/06/genera-chiapas-360-mil-toneladas-de-basura-al-ano/> (fecha de acceso febrero, 2016)
- Tiempo en Degradarse las Botellas de PET. <http://manosproductivas.blogspot.mx/2009/07/en-cuanto-tiempo-se-degradan-las.html>. (fecha de acceso febrero, 2017).

CAMBIO CLIMÁTICO: COMPROMISOS INSTITUCIONALES Y COMUNITARIOS DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA ÉTICA AMBIENTAL (SEGUNDA PARTE)*

Hugo Alejandro Guillén Trujillo¹, Daisy Escobar Castillejos¹,
Alejandra Guillén García²

RESUMEN

A pesar de los compromisos institucionales a nivel internacional y los declarados a nivel nacional y estatal sobre las medidas de prevención, mitigación y restauración de los impactos ambientales causados por el cambio climático, a nivel local se observa poca evidencia de que se asuman dichos compromisos a menos que haya una intervención honesta, precisa y efectiva para que los actores locales (campesinos, ejidatarios, rancheros, etc.) lo tomen como propia.

Palabras Clave: Cambio climático, COP 21, impacto ambiental, captura de carbono

ABSTRACT

Although international and national agreements have been done about climate change (COP 21); according to the authors, at the local level it is observed that there is little evidence about climate change resilience. These agreements can be effectively applied unless honest, effective and practical

actions are taken at the local level where actors such as campesinos, ejidatarios and ranchers are involved.

KEYWORDS: *Climate change, COP 21, environmental impact, carbon sequestration.*

COMPROMISOS A NIVEL COMUNITARIO

Para entender la aplicación de las políticas públicas de México ante el cambio climático a nivel comunitario, específicamente en comunidades indígenas, es necesario antes identificar las restricciones para una resiliencia climática, las cuales se enumeran a continuación³.

Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS)

Los remanentes de selva y bosques tropicales en las regiones indígenas de Chiapas están siendo amenazados por altas presiones de colonización en su interior y alrededores, por una historia de decretos contradictorios por el gobierno, por inconsistencias en la tenencia de la tierra, extracción de los recursos naturales, e inestabilidad política y social en la región.

Para entender el problema de la Selva Lacandona (SL) y la Región XIV (RXIV) es importante conocer su historia. Los objetivos de los planes de manejo sustentable para estas regiones que promuevan la conservación tropical al mismo tiempo que un desarrollo económico y cultural sustentable podrá ser alcanzado únicamente, a través de la participación de todos los sectores involucrados en la problemática.

* Este artículo consta de dos partes que son publicadas consecutivamente en esta revista; y son resultado de la ponencia presentada en el panel Ecología y Cambio Climático de la Cátedra ANUIES: Ética del Desarrollo Sostenible "Dr. Manuel Velasco Suárez" que se realizó los días 10 y 11 de octubre de 2016 en la UNACH.

¹ Profesores-investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Email: guillenhugo@hotmail.com, daisyec@hotmail.com.

² Licenciada en Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Celaya y Estudiante Doctoral por la Universidad de Durham, Inglaterra. Email: alegg3319@gmail.com.

³ La información obtenida para desarrollar el tema de los compromisos comunitarios, está basada en el trabajo académico realizado por los autores y el trabajo en campo efectuado en comunidades indígenas de la Selva Lacandona (SL) y la Región XIV Tulijá Tzeltal Chol (RXIV) de Chiapas, México.

ca, y la resolución de la incertidumbre respecto a la tenencia de la tierra y las políticas gubernamentales que se han implementado en la región.

La deforestación en la región SL y RXIV es dramáticamente alarmante y la tasa de deforestación se ha incrementado en los últimos años. Por ejemplo, la SL originalmente ocupaba alrededor de 1.5 millones de hectáreas, la mayoría como selva tropical húmeda, quedando actualmente como un tercio aún en su estado original a pesar de que las tasas de deforestación tuvieron un descenso en la década de los ochentas. En los últimos cincuenta años, la Selva Lacandona ha perdido cerca del setenta por ciento de su extensión original, y dieciocho por ciento de la selva remanente se encuentra de alguna manera perturbada. Actualmente, la Selva Lacandona tiene alrededor de quinientas mil hectáreas de su vegetación original y está conectada al Petén de Guatemala, a través de corredores biológicos como la Sierra de La Cojolita.

En estudios realizados (Guillén Trujillo, 2015) sobre los cambios del uso del suelo en la Región XIV Tulijá Tzeltal Chol, el cual incluye los municipios de Yajalón, Sitalá, Chilón, Tumbalá, Tila, Sabanilla y Salto de Agua, se detectó que menos del diez por ciento de las coberturas actuales corresponden a los ecosistemas nativos que incluyen selvas altas y medianas perennifolias, bosques de pinos y de niebla. Los cambios del suelo se deben principalmente al uso agrícola y ganadero. Siendo los cambios relacionados al cultivo de café de sombra (*coffea arabica*) con los de menor impacto debido a que se conserva parte de la cobertura forestal. Sin embargo, en años recientes con el problema de la roya del café, que disminuyó la producción menos del setenta por ciento; se observó, un cambio del uso del suelo que impacta fuertemente en las coberturas forestales necesarias para este cultivo.

Por otro lado, en estudios realizados sobre el uso del suelo en la región de la SL (Guillén Trujillo, 1998) se identificó que un cuarenta por ciento de la tierra asignada a los comuneros fue transformada a cultivos agrícolas, ganaderos y selvas secundarias (acahuales); En este estudio se calculó una proporción de selva y cultivo, propiedad de los comuneros, de 2.5 a 1. Es decir, por cada dos hectáreas y media de selva tropical que tenían, una fue convertida en cultivo agrícola y/o pastizal. Sin embargo, se requiere actualizar esta información para ver las tendencias

actuales. Con respecto al uso del suelo en la RXIV, el treinta y dos por ciento dijo contar con terreno para la producción (cultivos y selvas secundarias [acahuales]), mientras que únicamente un veintiséis por ciento aun cuenta con porciones de bosques de pinos y selva tropical.

Crecimiento demográfico y económico

Adicionalmente a las altas tasas de deforestación y los cambios de uso de suelo, causas inminentes de la destrucción de los ecosistemas de la región son también las altas tasas de crecimiento de población, la sobre explotación de los recursos naturales, problemas en la tenencia de la tierra y la marginación social en que viven la mayoría de sus habitantes.

En 2013 (Guillén Trujillo, 2013) se realizó un trabajo de campo en el municipio de Sitalá con una brigada universitaria del servicio social donde se aplicaron ciento veinte encuestas en la cabecera municipal (Sitalá) y sesenta encuestas en la comunidad indígena tzeltal de Golonchán, para obtener información sobre variables socioeconómicas, entre otras, que fuesen representativas de la zona. Las encuestas fueran aplicadas de manera aleatoria. Los resultados mostraron que en el municipio de Sitalá, predominantemente población indígena Tzeltal, el treinta y nueve por ciento de la población encuestada cuenta de cinco a seis miembros por familia, mientras un porcentaje menor son familias compuestas de nueve a diez integrantes representando el uno por ciento del total de encuestados.

Con relación al ingreso económico, el quince por ciento de la población percibe un ingreso mensual por familia de \$500.00, mientras un dos por ciento del total de encuestados dijo percibir un ingreso de \$1,560.00 a \$1,800.00 mensuales. Esto refleja una carencia por ingresos por debajo de la línea de bienestar mínimo (LBM). En la región se pudo detectar un alto grado de analfabetismo, ya que un veintitrés por ciento culminó la primaria y; únicamente uno por ciento la licenciatura.

Existe una gran presión sobre los recursos naturales en la región. Cincuenta y tres por ciento del total de padres encuestados en el municipio de Sitalá tiene como principal ocupación la agricultura, lo que implica una gran presión sobre los ecosistemas, ya que el principal cultivo es la milpa (ochenta por ciento de la población siembra maíz y frijol) con el

sistema de roza-tumba-quema; cultivos que inducen generalmente a la deforestación de la zona. Alrededor del trece por ciento está relacionado con el café, cultivo con menor impacto a los ecosistemas por los requerimientos de árboles para proporcionar sombra al café.

La principal fuente de energía es la leña. En la cabecera municipal (Sitalá), un cuarenta y cinco por ciento dijo contar con un fogón, doce por ciento con estufas ahorradoras de leña (estufas ecológicas) y el resto cocina con estufa de gas. Estos datos contrastan con los reportados en la comunidad indígena de Golonchán donde un cien por ciento usa leña como fuente de energía primaria (noventa y dos por ciento; y ocho por ciento, respectivamente, con fogón y estufas ecológicas). Tanto el uso de leña como gas para cocinar son fuentes de carbono a la atmósfera incrementando el cambio climático.

También, en ambas regiones (SL y RXIV) se ha identificado que un sector importante de productores agrícolas no cuentan con el apoyo necesario para mejorar su productividad y la comercialización; así mismo, carecen de asesorías relacionadas a la venta de sus productos tanto en el mercado local como regional de los principales cultivos agrícolas. Se detectó la ausencia de centros de acopio comunitarios; así como de un mercado local; lo que hace que la comercialización de los productos agropecuarios no reditúe de manera significativa en los ingresos familiares.

Políticas y programas gubernamentales

Contradicciones en las políticas gubernamentales son comunes en la región. Por ejemplo, en la SL en 1961, el clamor de la Selva Lacandona como terrenos federales aceleró los procesos de colonización. El gobierno federal decretó en 1967 más de 400,000 hectáreas como tierra federal en el sur de la Selva Lacandona para promover asentamientos poblacionales, especialmente en el área de Marqués de Comillas, declarando que esas tierras eran “designadas para darse o ampliar ejidos, o crear nuevos centros de población” y detener los asentamientos espontáneos en el norte y oeste de la Selva Lacandona. En 1972 por decreto nacional, 614,321 hectáreas de la Selva Lacandona fueron asignadas a los Lacandones, alrededor de sesenta y seis familias, de Najá, Metzabok, Zapote, Caribal y Lacanjá Chansayab. Setenta

por ciento de esta donación era propiedad privada. El decreto de 1972 no reconoció a veintitrés comunidades Tzeltales y Choles que estaban establecidas en esta área. Más de un millar de familias indígenas no Lacandonas establecidas en la región repentinamente pasaron a ser asentamientos ilegales como consecuencia del decreto. El conflicto entre el gobierno y los colonizadores de la región empeoró debido a un tercer decreto (enero de 1978) en el cual se declara sesenta y cinco por ciento de la Selva Lacandona como la reserva de la biósfera Montes Azules (SEMARNAT 2016). Ochenta y seis por ciento de esta reserva se traslapaba con propiedades de la Comunidad Lacandona y otra porción con asentamientos Tzeltales, ya establecidos en la zona. A pesar de que este decreto no es de carácter expropiatorio, controla la forma del uso del suelo en la reserva. En enero de 1989 otro decreto de asignación de tierras a veintiséis ejidos de la región de Las Cañadas creó más confusión en la tenencia de la tierra con traslapes con la reserva de la biósfera Montes Azules. Estas políticas contradictorias y la falta de coordinación institucional han provocado conflictos entre las propias comunidades indígenas, grupos mestizos y áreas naturales protegidas

Conflictos de conservación y tenencia de la tierra

El cambio en la estructura de la tenencia de la tierra en las regiones indígenas es significativo. Por ejemplo, la propiedad privada en la SL que constituía el 95.3 por ciento de la extensión total de la Selva Lacandona en 1950 bajó a 23.4 por ciento en 1970 (Guillén Trujillo, 1997). Los ejidatarios ocupaban el 4.7 por ciento de la superficie total con respecto a la privada en 1950 y en 1970 pasó a ser el 76.6 por ciento. En esta región, hay más de doscientas comunidades que demandan solución a sus problemas de tenencia de la tierra como consecuencia del proceso de colonización mal planificado y erróneas políticas gubernamentales.

Los cambios a nivel constitucional realizados en 1992 sobre las características del ejido y su tenencia, ciertamente incrementaron los conflictos en estas regiones. Ante un ingreso mínimo, muchos indígenas se han visto en la necesidad de vender sus tierras y emigrar a otras regiones para repetir los patrones de deforestación y cambio de uso de suelo. Adicional-

mente, la industria de la explotación de la madera (principalmente pino) por empresarios sin escrúpulos y amparados con programas institucionales, recientemente, se han dedicado a extraer madera en rollo y/o transformada en la zona, sin que exista una garantía que estos terrenos en el futuro sean reforestados y alberguen ecosistemas similares a los de antes de su extracción.

Movimientos sociales indígenas

En enero de 1994, un grupo armado indígena (Ejército Zapatista de Liberación Nacional, EZLN), inició sus protestas contra los finqueros y las instituciones de gobierno en estas regiones. Los Zapatistas exigieron solución a los problemas relacionados a la tenencia de la tierra, educación, salud y derechos humanos, entre otros aspectos. Esta declaración de guerra provocó una militarización por parte del ejército mexicano en la región.

Medir las consecuencias del conflicto armado en términos de la conservación en la región es una tarea difícil debido a la incertidumbre y la inseguridad en la recopilación de información en el área, y la desconfianza de los pobladores locales hacia cualquier persona externa que la solicita. Sin embargo, la inestabilidad política favorece un control menos estricto de los límites de las reservas protegidas y de la aplicación de las leyes relacionadas al cuidado del medio ambiente en ambas regiones.

Los conflictos armados, la corrupción, ineficiencia del uso de los recursos públicos, la inequidad en la aplicación de la justicia; y la presencia cada vez mayor del narcotráfico en la región, generan incertidumbre entre los habitantes locales y la tenencia de la tierra. Por lo que es común observar que una manera de garantizar dicha tenencia; es a través, de la deforestación y transformación de las selvas y bosques tropicales en terrenos agrícolas como un mecanismo de tenencia de la tierra ante la ausencia de títulos de propiedad y garantía de conservar sus terrenos en ecosistemas nativos. Guillén Trujillo (1998) estudió diferentes modelos individuales del uso del suelo y algunos de estos modelos sugieren que una inestabilidad política e inseguridad en la tenencia de la tierra promueven la deforestación.

En ambas regiones, actualmente se están generando movimientos sociales, tales como el Movimiento por la Defensa de la Vida y el Territorio (MODEVIT),

como mecanismos de auto gestión y organización para presentar alternativas ante los mega proyectos externos propuestos en estas zonas relacionados al turismo, extracción de madera, minerales, maquiladoras, entre otros; y en la que, grupos indígenas se organizan para hacer un frente unido y plantear sus propuestas de desarrollo local.

Propuestas de conciliación de las políticas públicas ante el cambio climático a nivel comunitario

Con base a la problemática evaluada anteriormente a nivel comunitario, y a los INDCs presentados por el gobierno federal ante la ONU, a continuación se enumeran algunas propuestas para conciliar los compromisos institucionales internacionales y los locales, de tal forma, que se promueva un desarrollo sustentable sin menoscabo de ninguna de las partes involucradas.

1. La extracción de madera y recursos no renovables en la región debe ser conforme a programas sustentables con un beneficio equitativo para las comunidades indígenas. Específicamente para la extracción de madera, se propone una política de garantía legal por parte de las empresas madereras, que conjuntamente con las comunidades indígenas aseguren la ejecución, monitoreo y supervisión de los programas de reforestación conforme a lo estipulado en los programas de extracción
2. Con relación a los cambios de uso de suelo, para garantizar la permanencia de suelos en ecosistemas nativos y/o programas de reforestación, los pagos por servicios ambientales y/o de secuestro de carbono, deberán ser por lo menos equivalentes a las ganancias que reditúan los cultivos agrícolas básicos de la región.
3. Promover una educación integral en las comunidades indígenas y que las carreras técnicas y/o universitarias sean pertinentes a la región para garantizar que al egreso de los estudiantes indígenas al nivel de educación media y/o superior se les garantice un empleo productivo.
4. Abatir los índices de crecimiento demográfico a través de la educación, estímulos económicos y sancionar el uso de la pobreza para efectos políticos electorales.
5. Combatir la corrupción gubernamental (a nivel

federal, estatal y municipal), de la iniciativa privada y de líderes comunitarios a través de mecanismos transparentes y representaciones a nivel comunitario que garanticen honestidad y transparencia.

6. Fomentar el desarrollo económico regional a través del fortalecimiento de infraestructura adecuada al entorno y las características socioculturales de la región, estimulando el mercado justo.
7. Fortalecer la comunicación local a través de internet gratis, rápido y eficiente que permita a los locales mantener contacto con el exterior para un desarrollo sustentable.
8. Fortalecer los valores comunitarios dentro de un esquema de mercado justo que permita el desarrollo sustentable para romper con los cacicazgos locales enajenantes.
9. Garantizar la tenencia de la tierra a través de programas que estimulen la captura de carbono, la biodiversidad y sistemas agrosilvopastoriles sustentables.
10. Fortalecer las alianzas comunitarias a nivel regional, nacional e internacional para conocer programas pilotos sustentables que puedan ser replicables en la región.
11. Implementar ecotecnologías de baja dependencia exterior y preferentemente que tanto en su instalación, operación y mantenimiento empleen mano local previamente capacitada para este propósito.
12. Proporcionar asistencia técnica y capacitación para el financiamiento, comercialización, acopio transporte y distribución de los productos agropecuarios, fomentando el desarrollo de pequeñas y medianas empresas en un mercado justo.
13. Fomentar el ecoturismo en la región como una alternativa económica y la conservación de los recursos naturales.
14. Fomentar programas gubernamentales sustentables que estén coordinados a nivel interinstitucional.
15. Manejo integral de las áreas naturales protegidas con la participación de las comunidades locales y desarrollo de polos económicos en sus alrededores para aliviar la presión poblacional en la región.
16. Identificar áreas de conversión para la restaura-

ción de los ecosistemas locales para la captura de carbono, biodiversidad y servicios ambientales con pago justo por los servicios ambientales que sean competitivos económicamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque las contradicciones pasadas en políticas gubernamentales y programas de colonización mal planificados han disminuido la credibilidad de los habitantes locales (específicamente las comunidades indígenas) en las instituciones, siempre existe la esperanza de un cambio que debe darse basada en la justicia y la equidad.

Los movimientos sociales (zapatismo, MODEVIT, entre otros) son generalmente por la falta de programas de desarrollo social sustentables e incluyentes, por los problemas económicos actuales en que atraviesa el país, por la políticas neoliberales, la militarización de la región, la presencia del narcotráfico y su inclusión en los gobiernos locales, entre otros elementos que complican el alcance de la sustentabilidad.

A pesar que en la última reunión de Naciones Unidas expertos coinciden que es muy difícil que se pueda alcanzar la meta de los dos grados centígrados, aunado a la problemática local de la industria de la explotación de la madera, la milpa migratoria, la ganadería extensiva, y los procesos irregulares de colonización que han reducido la selva tropical sin un desarrollo sustentable en la región; la conciliación entre los conflictos agrarios y la conservación de las selvas y bosques tropicales será una realidad si se alinean las metas de conservación y los intereses de las comunidades indígenas.

Se requiere de un consenso y coordinación entre comunidades locales, investigadores, e instituciones a nivel nacional e internacional para encontrar un equilibrio entre la conservación y el desarrollo en la región. Es importante que, todos los sectores trabajen en coordinación para alcanzar el objetivo de la conservación y desarrollo social sustentable en la región integrando las variables étnicas, económicas, sociales, culturales y ecológicas de la región. Soluciones inteligentes basadas en el diálogo y la solución pacífica deben ser tomadas inmediatamente para conservar la biodiversidad de las selvas tropicales de Chiapas y la continuidad de las culturas indígenas.

Para alinear los compromisos institucionales y comunitarios de los INDCs de México para la resiliencia del clima, se requiere de un cambio de actitud, donde la directriz esté basada en una ética ambiental con valores de honestidad, eficiencia y equidad. Desde luego, también se requiere de una planeación adecuada que incluya programas de desarrollo sustentable, planes de manejo para las áreas protegidas y áreas para la resiliencia climática que deben integrar no solo aspectos importantes para el éxito de la conservación de las selvas del trópico húmedo, sino también el desarrollo armónico y sustentable de sus pobladores.

Retomando las palabras de la Directora General de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Dr. Margaret Chan: "Un planeta arruinado no puede sostener vidas humanas en buena salud. Un planeta saludable y personas saludables son las dos caras de una misma moneda."; y tomando en cuenta, que si bien el documento final del "Acuerdo Climático Global" ha recibido todo tipo de comentarios positivos y negativos, es en definitiva un documento que refleja el consenso de 195 países y que trae consigo cambios para la humanidad entera.

Por lo que se debe trabajar conjuntamente para alcanzar las metas planeadas en COP21 y recordar que los problemas son globales y las soluciones son locales. El ser humano a través de su desarrollo ha sabido enfrentar los retos que le ofrece su propio desarrollo; siempre existe una esperanza para calibrar el rumbo que queremos seguir y garantizar que las generaciones futuras puedan deleitarse también del regalo evolutivo que nos fue entregado.

REFERENCIAS

- Guillén Trujillo Hugo A. 1997. ¿Podremos Conciliar los Conflictos de Conservación Tropical y Desarrollo en la Selva Lacandona? Revista PAKBAL. Facultad de Ingeniería 1(2):26-37. UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Guillén-Trujillo Hugo A. 1998. Sustainability of Ecotourism and Traditional Agricultural Practices in Chiapas, Mexico. University of Florida. Dissertation. Gainesville, Florida, U.S.A.
- Guillén-Trujillo, Hugo A. 2013. Servicio Social Comunitario 2013: Municipio de Sitalá. Dirección General de Extensión Comunitaria. Universidad Autónoma de Chiapas. www.unach.mx. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Guillén Trujillo, Hugo A. 2015. Diagnóstico de las Coberturas Forestales en la Región XIV Tulijá Tzeltal Chol, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chiapas. www.unach.mx. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2016. Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de México (2020-2030). México.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SALTO HIDRÁULICO LIBRE PARA DETECTAR FORMACIÓN DE VÓRTICES EN LA ZONA DE ALTA TURBULENCIA

José Gpe. Pinto S.¹, Moises Nazar B.¹
José A. Figueroa G.¹, Oscar González O.²

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados experimentales del salto hidráulico libre en un canal rectangular, haciendo énfasis en la búsqueda de patrones de tipo geométrico en la zona donde se observa la mayor turbulencia. El análisis experimental se ha propuesto inicialmente al delimitar la zona de transición mediante dos volúmenes de control que permiten considerar detalles como el movimiento de vórtices en el remolino y el caudal de recirculación. De las observaciones se asume que ambos volúmenes de control no intercambian masa, pero si existe un intercambio de energía y momento debido a las fuerzas cortantes en la interface entre ambos volúmenes.

Palabras clave: Salto hidráulico, turbulencia, remolino, vórtices.

ABSTRACT

In this paper we present the experimental results of the free hydraulic jump in a rectangular channel, emphasizing the search for patterns of geometric type in the area where the greatest turbulence is observed.

The experimental analysis was initially proposed by delimiting the transition zone through two control volumes that allow to consider details such as the movement of vortices in the swirl and the flow of recirculation. From the observations it is assumed that both control volumes do not exchange mass, but if there is an energy and momentum exchange due to the shear forces at the interface between both volumes.

Keywords: Hydraulic jump, turbulence, swirl, vortices.

INTRODUCCIÓN

La transición repentina del flujo supercrítico a subcrítico, se conoce como salto o resalto hidráulico, es un fenómeno que a pesar de ser estudiado durante muchos años, aún presenta aspectos que requieren mayores consideraciones, tales como: la longitud del salto y la determinación de los tirantes alternos, mismos que aún no tienen una formulación definitiva para los diseñadores de estructuras hidráulicas, debido principalmente a las consideraciones y simplificaciones que se hacen en cada estudio. El fenómeno del resalto hidráulico ya había sido observado por Leonardo Davinci, sin embargo en 1819 Bidone realizó una serie de experimentos que fueron analizados teóricamente por Bélanger en 1828; Darcy y Bazin también realizaron una serie de experimentos en 1865, Boussinesq en 1877 propuso las soluciones que llevan su nombre. Con la implementación de nuevas tecnologías se han tenido importantes aportaciones como las de Bakhmeteff en 1932 y recientemente se han hecho revisiones técnicas con el uso de modelos numéricos más sofisticados que abarcan desde Hager (1992), Chanson (2009) y Schulz, et al (2015).

¹Profesor-investigador, Facultad de Ingeniería- Universidad Autónoma de Chiapas. Email: polito_hernandez@hotmail.com.

²Estudiante de la Especialidad en Didáctica de las Matemáticas de la Facultad de Ingeniería- UNACH. Email: greysi_0226@hotmail.com

DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ha delimitado a un área donde se observa una intensa turbulencia junto con la aparición de un flujo bifásico. En dicha zona, la profundidad del flujo, los campos de velocidad, las distribuciones de presiones, la longitud del remolino y la longitud del salto hidráulico, presentan una notable dificultad al intentar cuantificarlos independientemente de las condiciones experimentales del fenómeno, siempre que se trate de un resalto hidráulico fuerte. Como etapa inicial, se ha propuesto estudiar experimentalmente la formación de patrones de flujo en la zona altamente turbulenta en un canal rectangular de acrílico cuando se cambia el régimen de flujo para distintos valores del números de Froude comprendidos entre 3 y 6.

La fase experimental se lleva a cabo en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y para ello se ha automatizado el canal con un osciloscopio de dos bandas de alta precisión, sensores ultrasónicos, lámparas estroboscópicas y cámara de alta definición que permiten detener las imágenes a escalas en tiempos muy pequeños para evaluar comparativamente los datos experimentales con datos teóricos reportados en la literatura. La metodología empleada es la propuesta por Nóbrega y Schulz (2013), y Nóbrega (2014), quienes recomiendan medir la intensidad de la turbulencia vertical y los correspondientes números de Strouhal en cada posición medida. Sugieren además que para determinar la longitud del salto se use el decaimiento en la intensidad de la turbulencia vertical en la superficie libre.

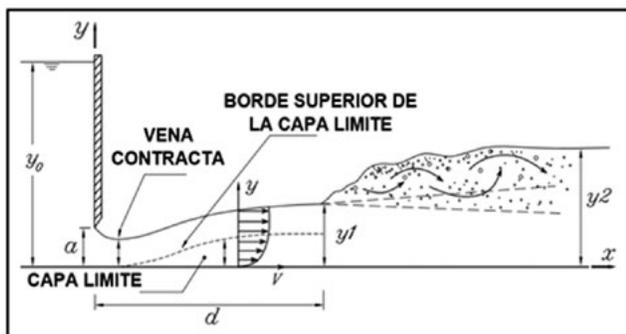


Figura 1. Salto hidráulico

CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS

La figura 1, muestra un resalto hidráulico clásico formado aguas abajo de una compuerta plana. Sobre la longitud del salto la profundidad del flujo cambia de supercrítico y_1 a subcrítico y_2 . El par de tirantes alternos están relacionados con la ecuación de Bélanger:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) \quad (1)$$

En donde

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gy_1}} \quad (2)$$

es el número de Froude en la sección 1, g es la aceleración debida a la gravedad $v_1 = q/y_1$, es la velocidad promedio en términos de la descarga por unidad de ancho q .

En el caso experimental se hace uso de una compuerta plana en donde el flujo volumétrico se determina con la ecuación:

$$q = C_d \sqrt{2gy_0} \quad (3)$$

Donde C_d es el coeficiente de descarga y para lo cual se ha tomado la ecuación propuesta por Ohtsu et al (1991).

$$C_d = 0.71 - 0.85 \left(\frac{y_0}{a} \right) \quad (4)$$

Con buenos resultados reportados por Leutheuser, et al, (2010) para la condición $3.0 < F_1 < 9.5$, a , es la abertura de la compuerta.

Al aplicar la ecuación de la energía

$$P + y_0 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} (1 + K) \quad (5)$$

Donde

$$K = \frac{\Delta E_p}{q^2/2gy_1^2} \quad (6)$$

Es un coeficiente empírico de pérdida que involucra la energía disipada en el salto: $\Delta E_p = (P + y_0) - (y_1 + q^2 / (2gy_1^2))$

Al sustituir (3) en (5) se tiene:

$$\left(\frac{y_1}{y_0}\right)^2 - \left(1 + \frac{P}{y_0}\right)\left(\frac{y_1}{y_0}\right) + \frac{4}{9}C_d^2(1+K) = 0 \quad (7)$$

Al considerar el número de Froude F_1 en la ecuación (7) resulta

$$1 - \left\{ \left(\frac{9}{4C_d^2}\right) \frac{1}{2} F_1^2 \right\}^{\frac{1}{3}} \left(1 + \frac{P}{y_0}\right) + \frac{1}{2} F_1^2 (1+K) = 0 \quad (8)$$

Ecuación experimental con las variables características del salto hidráulico realizadas en laboratorio.

EVIDENCIA EXPERIMENTAL

Con el fin de determinar cuantitativamente las observaciones, se realizaron una serie de estudios del salto hidráulico que ocurren aguas abajo de un vertedor rectangular. Los experimentos se realizaron en un canal horizontal de acrílico con pendiente variable, con un ancho de 7.6 cm, una profundidad de 25 cm y una longitud de 4.87 m. Los resultados reportados fueron hechos con una descarga constante de 3 l/s en toda la investigación. La única variable independiente fue la abertura de la compuerta. Para visualizar los efectos y trayectorias del flujo se utilizaron dos lámparas de luz ultravioleta para resaltar la nube de burbujas de agua y los vórtices que se producen en la turbulencia; aguas arriba del flujo se usó tinta fluorescente como medio de contraste para distinguir distintas trayectorias del flujo.

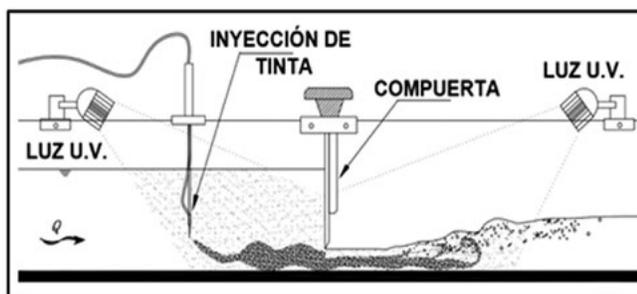


Figura 2. Configuración del experimento

Al observar el flujo con un gasto constante se obtuvieron series de fotografías y videos los cuales se analizaron en cámara lenta mediante el uso de un editor de imágenes que permite observar los detalles de las líneas o patrones de flujo que se forman durante el fenómeno en estudio.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL SALTO HIDRÁULICO

Cuando el resalto no es rechazado por la vena contraída del orificio de la compuerta, se produce un resalto completo desde la sección de ella hacia aguas abajo; misma que se forma después de la vena contraída hacia la región donde comienza a formarse el remolino debido a las fuerzas impulsivas y a la interacción de dos corrientes de flujo con condiciones muy distintas, esto se evidencia experimentalmente en la secuencia de imágenes representadas en la figura 3, las zonas representadas con puntos en el primer volumen de control indican la propagación de centros de vórtices y su evolución a lo largo del volumen de control, estos se desvanecen al atravesar la interface que separa ambos volúmenes, mientras que los puntos en el segundo volumen de control representan las trayectorias de las burbujas que se originan en los vórtices y que por diferencias de presión tienden a ascender a la superficie libre.

RESULTADOS

De un análisis exhaustivo de las imágenes, puede observarse que las turbulencias están directamente relacionadas con la geometría y velocidad media del flujo y se expresan en forma de grandes y claramente reconocibles estructuras comúnmente denominadas "vórtices" que es una característica principal de la turbulencia. En la figura (4) se muestra un esquema en el cual existen dos zonas de recirculación donde se ven con claridad estos efectos.

En flujos con burbujas, estas estructuras son un factor importante cuando se desea analizar el arrastre de las mismas; varios autores han abordado este tema: Heller et al. (2005). En un estudio numérico, Pagliara (2006) descubrió que en los flujos turbulentos, las burbujas se organizan entre si formando grandes agrupaciones (como estructuras) que tienen su eje longitudinal en la dirección de la velocidad media del flujo.

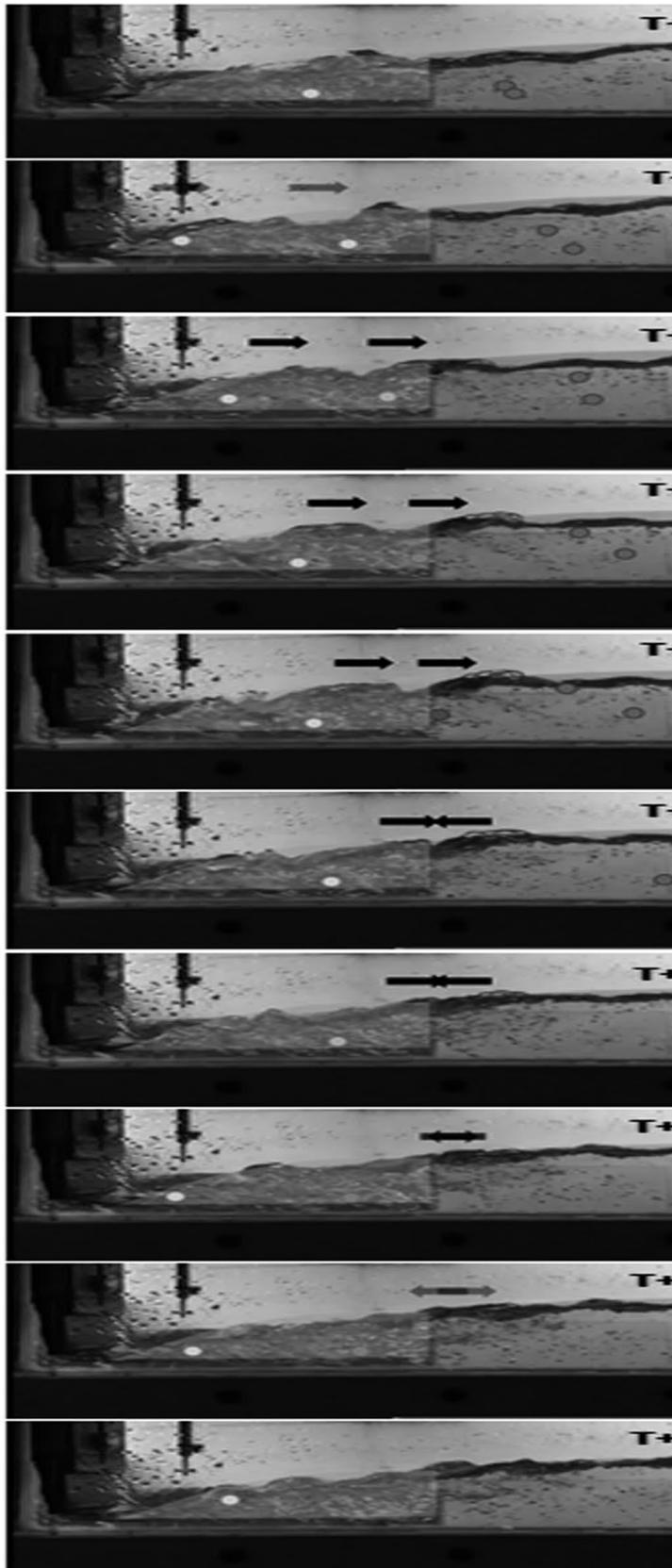


Figura 3. Secuencia de imágenes capturadas con un intervalo de 0.20 segundos.

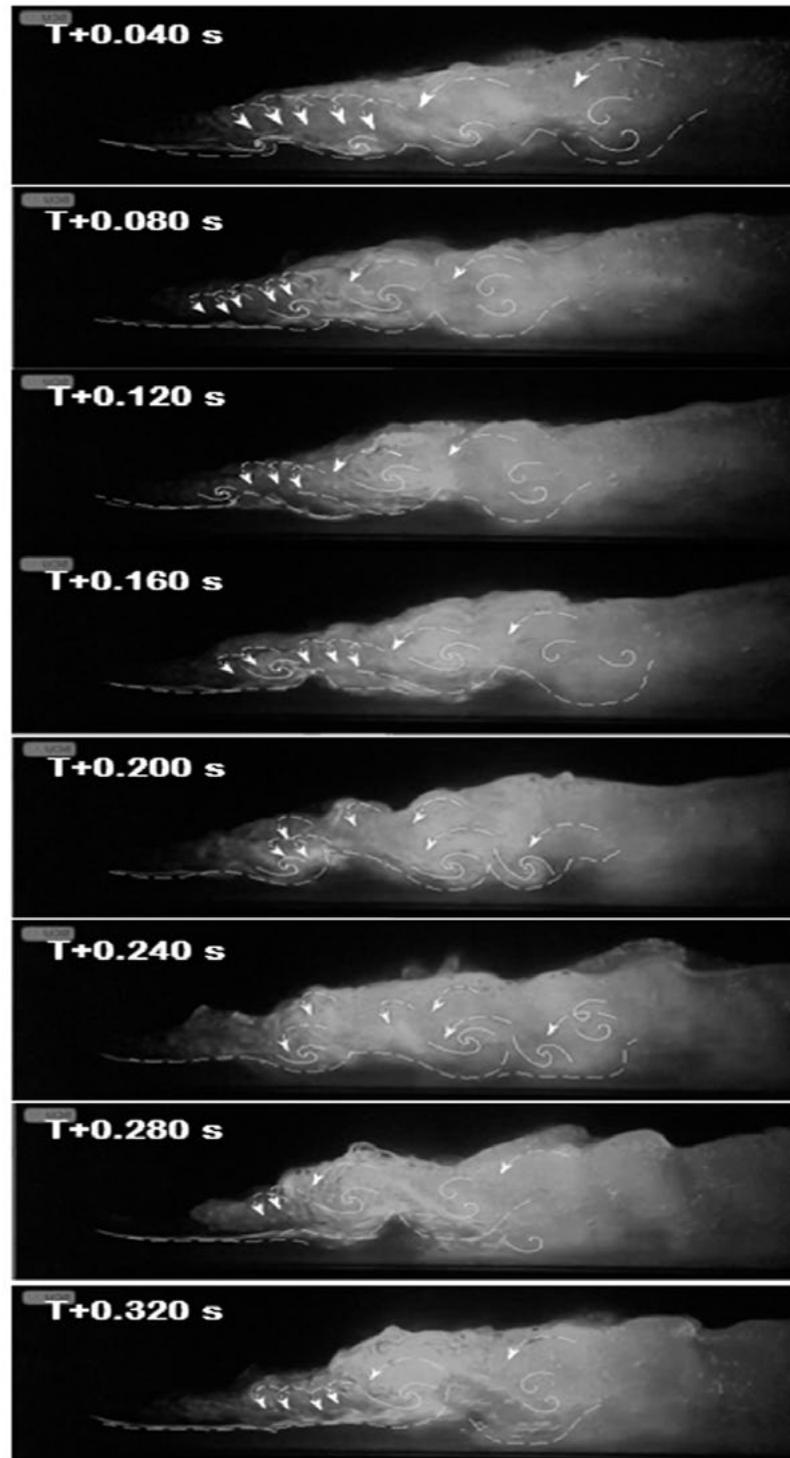


Figura 5. Secuencia de imágenes capturadas a intervalos de 0.040 segundos.

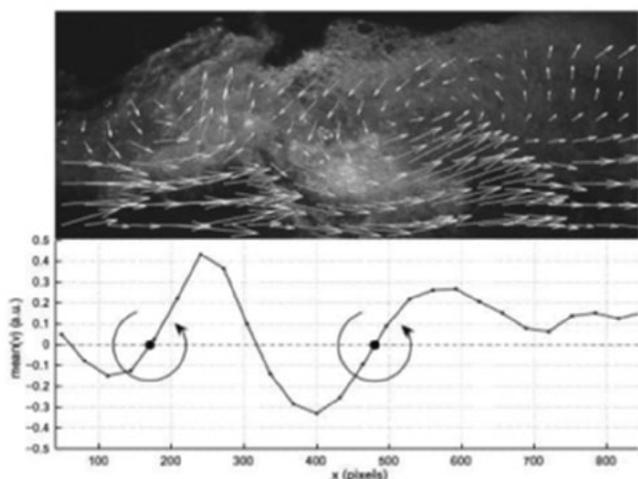


Fig.4. Visualización de los vórtices

La evolución del salto depende en gran medida de y_0 . Al analizar meticulosamente las series de imágenes a intervalos muy pequeños, se logran obtener patrones geométricos característicos de las dos regiones de estudio plenamente identificadas, como se observa en la figura 4 y en la figura 5.

La formación aparentemente desordenada y compleja en la turbulencia del salto hidráulico, es una muestra de la huella dactilar de la naturaleza y de la forma como a nivel de átomos se ha formulado la estructura del mundo, a través de figuras o formas geométricas que obedecen a códigos que tienen formulaciones matemáticas que se ajustan a leyes con saltos cuánticos bien definidos (Mandelbrot, 1983). En la figura 5 se distingue al inicio del salto, una zona bien definida de vórtices continuos que son repetitivos al analizarse a mayor extensión temporal. En el borde superior de la zona definida como capa límite se marcan flujos de formas cóncavas y convexas que son independientes de los regímenes de flujo. Lo anterior es evidencia que se forman patrones de flujo bien definidos.

CONCLUSIONES

En flujos burbujeantes de régimen turbulento como el resalto hidráulico, se forman agrupaciones de burbujas cuya escala típica de tiempos se encuentra después de la escala de tiempo de la burbuja principal, indicando la presencia de vórtices o agrupaciones de burbujas que finalmente incurren en la formación de

un patrón de flujo típico para cada régimen de flujo específico. Las ondas de choque comienzan en una región de flujo supercrítico y se cruzan en la primera cresta de onda, esta se incrementa a medida que se estabiliza el flujo, algo similar puede observarse con los perfiles de superficie libre, al hacer variar la descarga a través de la compuerta. Sin el uso de técnicas modernas de medición sería complejo caracterizar este tipo de fenómenos. Queda aún por estudiarse la propagación de las burbujas, sus velocidades y la evolución de vórtices en la interfaz aire-agua en la superficie libre del resalto.

REFERENCIAS

- Bakhmeteff, B.A. (1932). "Hydraulics of Open Channels." McGraw-Hill, New York, USA, 1st ed., 329 pages.
- Bélanger, J. B. (1828). "Essai sur la solution numérique de quelques problèmes relatifs au mouvement permanent des eaux courantes". Essay on the numerical solution of some problems relative to steady flow of water. Carilian-Goeury, Paris.
- Bélanger, J. B. (1849). "Notes sur le cours d hydraulique Notes on acourse in hydraulics." Mém. Ecole Nat. Ponts et Chaussées, session 1849–1850, 222 pages in French. Paris, France.
- Bélanger, J.B. (1841). "Notes sur l'hydraulique Notes on hydraulic engineering." Ecole Royale des Ponts et Chaussées, session 1841–1842, 223 pages in French. Paris, France.
- Bidone, G. (1819). "Le remou et sur la propagation des ondes". The jump and on wave propagation, Report to Académie Royale des Sciences de Turin, séance 12 Dec., Vol. XXV, 21–112 & 4.
- Boussinesq, J.V. (1877). "Essai sur la Theorie des Eaux Courantes." Memoires presentes par divers savants l'Academie des Sciences, Vol. 23, Serie 3, No. 1, supplement 24, pp. 1-680 (in French). Paris, France.
- Darcy, H.P.G. (1858). "Recherches Experimentales relatives aux Mouvements de l'Eau dans les Tuyaux." (Experimental Research on the Motion of Water in Pipes.) Memoires Presentes l'Academie des Sciences de l'Institut de France, Vol. 14, p. 141 (in French). Paris, France.
- Hager, W.H., Bremen, R., Kawagoshi, N. (1992). "Clasical hydraulic jump: length of roller". Journal of Hydraulic Research; 28 591-608.
- Heller, V., Hager, W.H., and Minor.H. (2005). "Sky jump hydraulics". J.Hydraulic. Eng., 131(5),347-355.
- Leutheusser, H.J., and Fan,J.J (2010). "Transcritical weir flow" Zeitschrift fuer angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM), 75 (SI), S343-S344.
- Mandelbrot, B. (1983). "The fractal geometry of nature" W. H. Freeman and Co., United States.
- Nóbrega J.D., Schulz H.E., Simões ALA, Porto, R.M. (2013). "Measurement of turbulence parameters in hydraulic jumps using ultrasonic sensors and their correlation with macroscopic flow parameters". In: COBEM 2013: 22nd International Congress of Mechanical Engineering, 3-7, Ribeirão Preto, Brazil.
- Nóbrega JD, Schulz HE, Zhu DZ. (2014). "Free surface detection in hydraulic jumps through image analysis and ultrasonic sensor measurements." In: Chanson H, Toombes L. (eds.) Hydraulic Structures and Society - Engineering Challenges and Extremes: proceedings of the 5th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, ISHS2014, 25-27, Brisbane, Australia.
- Nóbrega, J.D. (2014). "Metodologia teórica e experimental para determinação das características do ressalto hidráulico clássico". MSc Thesis. Universidad of Sao Paulo; 2014. Sao Paulo, Brazil.
- Otsu, I., Yasuda, Y (1991) "transition from supercritical to subcritical flow at an abrupt drop". Journal of hydraulic research. Vol 29. No.3. pp 309-328.
- Pagliara, S., Hager, W.H., and Minor H.E (2006). "Hydraulics of plunge pools". J. Hydraulic.Eng.,132(5), 450-461.
- Schulz, H.E., Lopes-Júnior, G.B., Simões ALA, Lobosco, R.J. (2015). "One dimensional turbulent transfer using random square waves - scalar/velocity and velocity/velocity interactions". In: Schulz HE, Simões ALA, Lobosco RJ. (eds.) Hydrodynamics– Advanced Topics. 1 ed. InTech; p3-34.

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Por acuerdo del Comité Científico y Consejo Editorial de la Facultad de Ingeniería se establecieron los Lineamientos Generales para la publicación de artículos técnicos de la Revista Pakbal. Lo anterior, con la finalidad de normar la metodología para su elaboración y presentación. Los artículos se clasifican de la siguiente manera:

ARTÍCULOS PROPIOS

(Reportaje de investigación, ensayo etc. máximo 10 cuartillas)

Metodología:

- Resumen (máximo 150 palabras)
- Palabras clave: (máximo 5)
- Abstract
- Introducción y/o antecedentes
- Método o análisis
- Resultado
- Discusión
- Conclusiones y/o recomendaciones
- Referencias
- Letra Arial 11 pts, interlineado sencillo

ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

(Tipos antologías, análisis controversial, de temas con relevancia actual, desarrollo de un método, comparación de alternativas, etc. máximo 5 cuartillas)

Metodología:

- Resumen (máximo 150 palabras)
- Palabras claves: (máximo 5)
- Abstract
- Introducción al tema
- Desarrollo del Análisis
- Discusión
- Conclusiones
- Referencias
- Letra Arial 11pts, interlineado sencillo

NOTA: En los artículos deberán referenciar tablas y figuras (gráficas, imágenes, fotografías, etc.)

En cuanto a figuras: utilizar pie de foto como referencia, buena resolución y a escala de grises, en formato JPG o TIFF.

El autor del artículo deberá proporcionar su formación académica y correo electrónico.

OFRECE SUS SERVICIOS EN:

SERVICIOS DE CONTROL DE CALIDAD



- Análisis de agregados inertes (arena y grava) para concreto hidráulico y mortero hidráulico.
- Cálculo de proporcionamiento
- Pruebas de desgaste
- Ruptura de especímenes de concreto
- Ruptura de especímenes de mortero hidráulico
- Análisis de materiales para terracerías subrasantes
- Análisis de materiales pétreos para revestimiento, sub-bases hidráulicas y carpeta asfáltica (varillas corrugadas de 1", 3/4", 5/8", 1/2", 3/8" y 5/16")
- Ruptura de bloques sólidos, adoquines, etc.
- Estudios destructivos y no destructivos en concreto endurecido

UNIDAD DE CONSULTORÍA E INGENIERÍA APLICADA (UCIA)

La Unidad de Consultoría e Ingeniería Aplicada (UCIA) ofrece consultoría especializada a instituciones públicas o privadas y/o a particulares en el área de la ingeniería civil para impulsar la Consultoría tecnológica, desarrollar estudios de ingeniería aplicada, así como realizar investigación científica y tecnológica en la Entidad, que contribuya a elevar la calidad académica, la vinculación, la extensión y la investigación con la finalidad de apoyar a las necesidades que se requieren para el desarrollo regional, estatal y nacional.

SERVICIOS TOPOGRÁFICOS



- Líneas de control GPS (método estático).
- Levantamientos con equipo GPS en el sistema RTK.
- levantamientos para proyectos de carreteras agua potable, topohidráulicos, agrimensura, etc.
- Deslindes y configuración de terrenos.



Revista

PAKBOL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA

ISSN: 1665-4668

latindex

FOLIO: 23060
WWW.LATINDEX.ORG