

TC-15

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TECHOS CON ACERO  
EXPANDIDO Y CONCRETO PARA SER UTILIZADO COMO ENTREPISO  
EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO CON CRECIMIENTO VERTICAL**

Arrieta, Liana / Da Silva, Luz / Mata, Luis / Bustillos, Juan  
Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Venezuela.  
lianabustillos@gmail.com

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto Venezuela 2007.

**RESUMEN**

Las cubiertas de techo con posibilidad de crecimiento vertical son una limitación en la tecnología de viviendas de bajo costo. Por tal motivo en este trabajo se evaluó el comportamiento estructural de una muestra constituida por 5 losas, compuestas por una loseta de concreto y malla zen-zen en forma de bovedilla, dos nervios a 60 cms y una capa de friso de 2.5 cms. La capacidad de soporte fue medida aplicando fuerzas a través de un actuador, generando una historia de cargas de manera cíclica. Los resultados se presentan en graficas de fuerzas-desplazamientos, tiempo y momentos y las flechas actuantes para cada uno de los estados de cargas. La porosidad y la adsorción capilar fueron medidas a través de 30 probetas de concreto y 20 de mortero. Los resultados demostraron que este tipo de techo puede ser utilizado como losas de entrepiso con crecimiento vertical, recomendando a los fabricantes disminuir la luz entre los nervios. Por otro lado resultó una mezcla muy porosa y de inadecuada durabilidad, por lo que se recomienda también controlar los procesos de diseño y calidad en las mezclas de concreto, en las materias primas, la relación a/c y en los procedimientos constructivos. Este aporte es valioso en parcelas con limitaciones espaciales y en viviendas de bajo costo.

Palabras claves: techo, malla zen-zen, entrepiso, crecimiento vertical, vivienda, resistencia

**SUMMARY**

Roofs with possibility of vertical growth are a limitation in the low cost housings technology. For such a reason in this work the structural behavior of a sample was evaluated constituted by 5 flagstones, composed by concrete and mesh zen-zen, two nerves to 60 cms and a layer of frieze of 2.5 cms. The support capacity was measured applying forces they were through an actuador generating a history of loads in a recurrent way. The results are presented in graphic of force-displacement, time and moments and the arrows for each one of the states of loads. The porosity and the capillary adsorption were measured through 30 test tubes of concrete and 20 of mortar. The results demonstrated that this roof type can be used for vertical growth, recommending the makers to diminish the light among the nerves. On the other hand it was a very porous mixture and of inadequate durability, for what is also recommended to control the design processes and quality in the mixtures of concrete, in the matters cousins, the relationship a/c and in the constructive procedures. This contribution is valuable in parcels with space limitations.

Key words: Roof, mesh zen-zen, vertical growth, housing, resistance.

## INTRODUCCIÓN

Las cubierta de techo en las viviendas con posibilidad de crecimiento vertical han sido considerada como una limitación en la tecnología de viviendas de bajo costo, por lo cual éstas son consideradas como un componente importante en la solución de la problemática habitacional existente en nuestro país, la cual esta determinada por tres factores: Por un lado el crecimiento incontrolado del déficit de vivienda debido a la explosión o crecimiento urbano como lo declara A. Cilento *“Venezuela es uno de los países más urbanizados del mundo, con casi 90% de población urbana, de la cual cerca del 50% vive en barrios pobres, con un déficit estimado en 1.600.000 viviendas”* <sup>1)</sup> y por la otra parte la necesidad de crecimiento vertical y/o progresividad de las viviendas como lo señala D. Acosta, referido por Bolívar y otros<sup>2)</sup> *“en las construcciones actuales hay que instaurar la progresividad de la vivienda, es decir, que desde que se empieza a levantar una edificación se prevea que en algún momento podría crecer. “Se trata de hacer bases y fundaciones sólidas que aguanten un segundo piso, paredes y techos fuertes que permitan soportar habitaciones para una vivienda más grande”*, de esa forma se evita que se amplíen viviendas de forma desordenada e insegura”. El costo es otro factor determinante en el diseño de una vivienda y como es sabido el techo representa el 30% del costo total de una vivienda, de manera que cualquier aporte tecnológico que abarate su costo disminuirá notablemente el costo total de la misma. *“Las variables costo- versatilidad y crecimiento vertical de la vivienda se ha presentado como una limitación importante en la realización de nuestros proyectos”*.<sup>3)</sup> Con el propósito de realizar una contribución a esta problemática se realizo este trabajo, inscrito en la línea de investigación de la Escuela Comunitaria de Vivienda <sup>3)</sup>, cuya finalidad principal es la de ayudar a resolver el problema de cubierta en las viviendas progresivas. Como antecedentes se cita el Proyecto CYTEX (Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo) que implementó *“Un Techo para Vivir” Tecnología para viviendas de producción social en América Latina*”. <sup>4)</sup>, el cual durante 5 años fue recorriendo varios de nuestros países identificando las tecnología locales de bajo costo. En este contexto se puede establecer que una tecnología de techo que pueda cumplir las dos funciones de entrepiso y cubierta, cuyo costo sea competitivo con los tipos de techos existentes en el mercado y que al mismo tiempo se preste para la autoconstrucción y por ende colabore con la organización comunitaria de los usuarios es un aporte de gran importancia para la solución de la problemática habitacional existente. Por tal motivo y con el fin de determinar la capacidad de soporte y la posibilidad de ser usada como entrepiso en viviendas con crecimiento vertical, fue seleccionada una tecnología desarrollada por una empresa local cuyo sistema constructivo esta basado en perfiles metálicos y malla zen-zen recubierta con papel, que funciona como molde donde se vacía el concreto; en esta técnica no se usa la madera como herramienta de construcción por lo tanto una de las ventajas que tiene además de usar la malla zen-zen muy utilizada por los constructores espontáneos locales, es que al utilizarse menos materiales al momento de construir se reducen los gastos considerablemente.<sup>5)</sup>

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Materiales y métodos.

La losa de techo fue construida con dos (2) componentes; los nervios formados por cerchas electrosoldadas (formaletas sin apuntalamiento) con alambres de 7 y 5 Mm., metal desplegado o riplex, mortero de 80 kgs/cm<sup>2</sup> y concreto de F'c de 180 kg/cm<sup>2</sup>, y las bovedillas de metal desplegado que actúan como encofrado colaborante de la loseta, que se vacía luego de 24 horas de fraguado de los nervios. Esta loseta de concreto se vacía 1 a 1 y el agregado grueso no será mayor a ¾". La parte inferior es reforzada con el uso de mortero armado que recubre la estructura. La luz máxima de apoyo para el entrepiso y/o techo es de 3m.3.

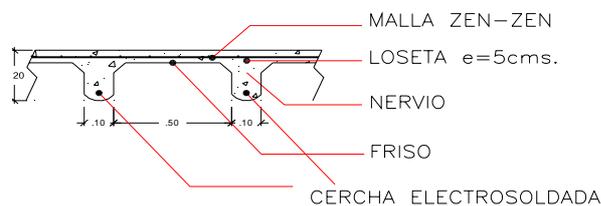
**Figura 1 Proceso de construcción de la losa.**



Pruebas de carga de losa compuesta con malla zen-zen La evaluación de la resistencia y el comportamiento estructural se hicieron siguiendo los lineamientos de la Norma Venezolana COVENIN - MINDUR 1753-85 <sup>6)</sup>. En esta prueba se obtuvo en detalle el comportamiento de las losas fabricadas al aplicarle de forma controlada una historia de cargas de manera cíclica (carga y descarga) sobre dicho elemento, de esta manera se analizaron cinco losas las cuales tenían dimensiones globales de 3 m de largo y 1,20 m de ancho, cada losa estaba compuesta por una loseta de concreto y malla zen-zen en forma de bovedilla, dos nervios espaciados a 60 cm y una capa de friso de espesor 2.5 cm. aproximadamente. El sistema de apoyo para todas las losas se consideró simplemente apoyada, en las losas 1 y 2 la fuerza fue aplicada a través del actuador de

manera puntual en el centro de la losa, como se muestra en la figura 3. Para las losas 3, 4 y 5 la fuerza fue aplicada a través del actuador de forma distribuida en dos puntos de la losa ubicados a  $1/3$  de los apoyos y de esta manera someter las losas a flexión pura. Las fuerzas aplicadas, las deformaciones producidas y el tiempo del proceso de carga sobre las losas se registran en una base de datos que conecta los actuadores del banco de estructuras a través de una computadora, en la cual quedan registrados para su posterior análisis. Posteriormente se elaboraron 4 gráficas para cada uno de los estados de cargas de las losas ensayadas: de fuerza-desplazamiento, desplazamiento-tiempo, fuerza-tiempo y momentos-desplazamientos. Y el cálculo de las flechas actuantes.

**Figura 2 Detalle del techo malla zen-zen.**



**Figura 3. Aplicación de fuerza puntual sobre la losa.**



Análisis de cargas:

**Tabla 1. Análisis de carga de entrepiso**

Elemento	Carga (Kg./m <sup>2</sup> )
Nervios	62,5
Loseta	125
Sobrepiso	80
Tabaquería	150
Friso	66

Peso Propio (PP), carga muerta (cm.), carga viva (Cv), momentos actuantes (M):

$$Cm = 62.5Kg/m^2 + 125Kg/m^2 + 80Kg/m^2 + 150Kg/m^2 + 66Kg/m^2 = 483.50Kg/m^2 \quad (1)$$

$$Cm + Cv = 483.50Kg/m^2 + 175Kg/m^2 = 658.50Kg/m^2 \quad (2)$$

$$M_{pp} = \frac{W_{pp} * l^2}{8} = \frac{253.50Kg/m^2 * 0.6m * 3m^2}{8} = 171.11Kg/m \quad (3)$$

$$M_{cm} = \frac{W_{cm} * l^2}{8} = \frac{483.50Kg/m^2 * 0.6m * 3^2}{8} = 326.36Kg/m \quad (4)$$

$$M_{cv} = \frac{W_{cv} * l^2}{8} = \frac{175Kg/m^2 * 0.6m * 3^2}{8} = 118.13Kg/m^2 \quad (5)$$

Calculo del momento último:

$$Mu = 1.2 * M_{cm} + 1.6 * M_{cv} = 1.2 * 326.36Kg/m + 1.6 * 118.13Kg/m = 580.64Kg/m \quad (6)$$

Calculo del momento de servicio:

$$M_{cm} + M_{cv} = 326.36Kg/m + 118.13Kg/m = 444.49Kg/m \quad (7)$$

Factor de seguridad:

$$F_c = \frac{Mu}{cm + cv} = \frac{580.64 \frac{Kg}{m}}{444.49 \frac{Kg}{m}} = 1.30 \quad (8)$$

Evaluación de la porosidad, absorción capilar y resistencia a la compresión en muestras de concreto y mortero. Para determinar la porosidad se tomó en cuenta la Norma COVENIN 338:2002<sub>7</sub> en muestras aleatorias de 5 losas fabricadas en sitio para un total de 30 probetas de concreto y 20 de mortero con una dimensión de 5x5x5cm (cubos) y el ensayo de absorción capilar se realizó sobre especímenes de espesor de 5cm. y diámetro de 10cm en un total de 15 probetas de concreto y 12 de mortero siguiendo la metodología de Fagerlund y en base a la normativa sueca, cuyo criterio de evaluación esta determinado en la fórmula siguiente para espesor de recubrimiento de 30 mm. en ambientes severos. En medios menos severos puede ser hasta de  $6mm/h^{1/2} (10^{-4} m/s^{1/2})$ . Si el espesor de la cubierta se incrementa, la porción capilar puede modificarse proporcionalmente.

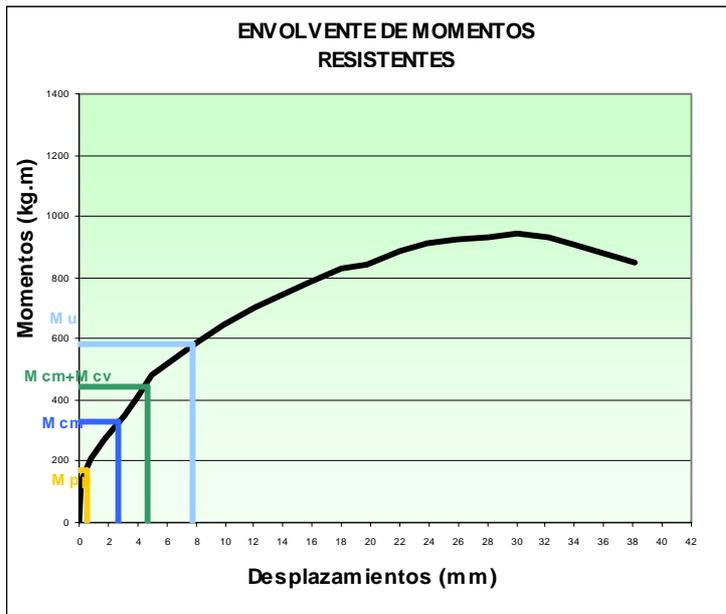
$$S \leq 3mm/h^{1/2} (5.10^{-5} m/s^{1/2}) \quad (9)$$

Resistencia a la Compresión Se elaboraron, desencofraron e identificaron 15 cilindros provenientes de 5 muestras de igual dosificación pero de distintos tercios de concreto y 15 cilindros provenientes de 5 muestras elaborada con mezcla lista de Vencemos utilizada para la fabricación de frisos utilizados para construir las losas fabricadas para los ensayos estructurales, luego fueron colocados en la piscina de curado y ensayadas a los 28 días.

## ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

Ensayos estructurales a las muestras de losa de entrepiso: De las cinco losas de entrepiso analizadas se tomaron los resultados más desfavorables por cada tipo de ensayo, resultando así la más desfavorable la losa de entrepiso 4.

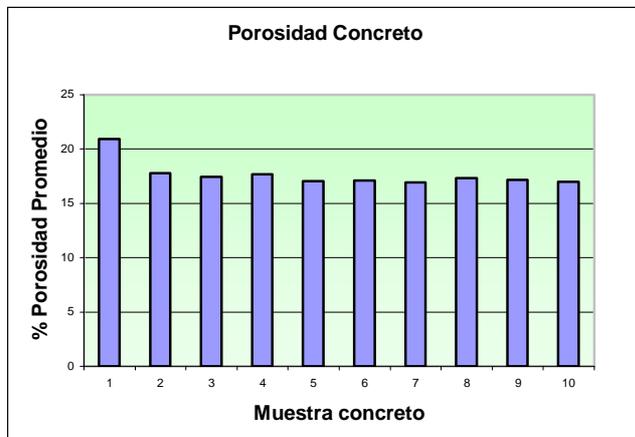
**Figura 4. Losa de entrepiso 4. Envolvente de momentos resistentes.**



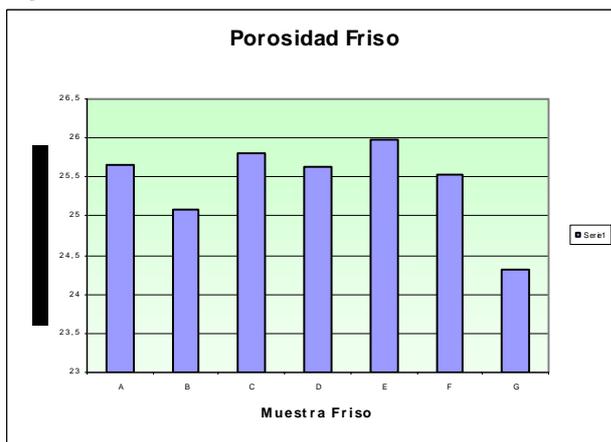
En esta figura se observa la envolvente de momentos resistentes de la losa demarcada con la línea curva de color negro, resultando de la misma que el máximo momento resistente de la losa es aproximadamente 950 Kg.m, luego observamos la línea de color azul suave que representa el máximo momento actuante ( $M_u$ ) en la losa para un valor de 580.64 Kg.m, de la cual se obtiene la siguiente expresión: Momento Actuante < Momento Resistente. La flecha máxima permisible a considerarse en entrepisos que no soportan ni están unidos a elementos no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas es de  $L/360$  según COVENIN 1756-2001<sub>6</sub>, de la cual:  $L/360 = 280/360 = 0.78\text{cm} \gggg 7.8\text{ mm}$ . Se puede observar también que el desplazamiento producido por el máximo momento actuante ( $M_u$ ) es de 7.8 mm. Por lo que se concluye que la Flecha Actuante  $\leq$  Flecha máxima permisible

Resultados de ensayos de porosidad De la figura siguiente se obtiene que el 100% de las muestras de concreto presentan un % de porosidad mayor a 15%, lo cual indica según los criterios de evaluación que el hormigón posee una durabilidad inadecuada.

**Figura 5. % Porosidad de muestras de concreto.**



**Figura 6. % Porosidad de muestras de mortero.**



De esta figura se obtiene que el 100% de las muestras de friso presentan un % de porosidad mayor a 15%, lo cual indica según los criterios de evaluación que el mortero posee una durabilidad inadecuada.

Ensayo de Absorción Capilar (S)

Muestra de concreto: En los resultados que se presentan por cada probeta se observa que los valores de S que deben ser  $<$ . que  $(6mm/h^{1/2}(10^{-4}m/s^{1/2}))$  se encuentran por encima de los valores límites recomendados para un concreto durable.

Probeta 1 =  $9.7 \times 10^{-4} m/s^{(1/2)}$

Probeta 2 =  $10.69 \times 10^{-4} m/s^{(1/2)}$

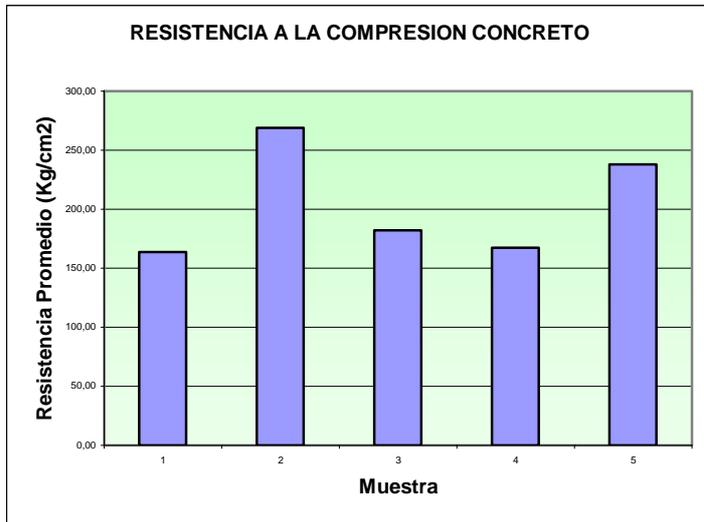
Probeta 3 =  $7.09 \times 10^{-4} m/s^{(1/2)}$

Probeta 4 =  $7.64 \times 10^{-4} m/s^{(1/2)}$

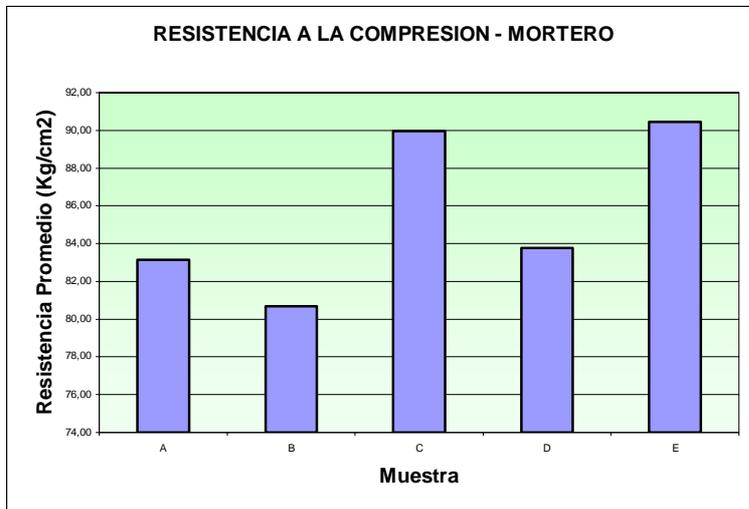
Probeta 5 =  $20.87 \times 10^{-4} m/s^{(1/2)}$

Resistencia a la compresión del concreto : Para una resistencia de diseño de  $180 \text{ Kg/cm}^2$  se observa que el 100% de las muestras estudiadas cumplen con los criterios de aceptación de las Normas COVENIN 338-2002<sub>7</sub> como se muestra a continuación:  $X_i > 180 \text{ Kg/cm}^2 - 35 \text{ Kg/cm}^2$  y  $X_i > 145 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto.**



**Figura 8 .Resistencia a la compresión mortero**



Para una resistencia de diseño de 180 Kg/cm<sup>2</sup> se observa que el 100% de las muestras estudiadas cumplen con los criterios de aceptación :  $X_i > 80 \text{ Kg/cm}^2 - 35 \text{ Kg/cm}^2$  y  $X_i > 45 \text{ Kg/cm}^2$ .

## **CONCLUSIONES:**

Los techos con malla zen-zen contruidos con el sistema bovedillas y nervios pueden ser utilizados como losas de entrepiso permitiendo así el crecimiento vertical de la vivienda. Este resultado representa un aporte valioso y de gran utilidad para la construcción de viviendas en parcelas con limitaciones espaciales y contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de las familias de escasos recursos en los barrios urbanos; No obstante según los resultados obtenidos se le recomienda a los fabricantes colocar una luz libre entre nervios menor a 60 cm., debido a que el valor de la flecha obtenido según los cálculos estuvo muy cerca del valor de la flecha máxima permisible. Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión del concreto y mortero utilizado en la construcción del techo con malla zen-zen sujeto a estudio en esta investigación cumple con la resistencia especificada de diseño según la Norma COVENIN 3002-88, sin embargo al evaluar los índices de porosidad y absorción capilar resulta una mezcla muy porosa y de inadecuada durabilidad, se le recomienda a los fabricantes controlar los procesos de diseño y control de calidad en las mezclas, principalmente en la selección de las materias primas, en la relación agua/cemento y en los procedimientos constructivos. Se le recomienda al decanato de Ingeniería Civil de la UCLA continuar este trabajo de investigación con la incorporación de otras variantes: 1) Someter muestras similares de este techo a pruebas de durabilidad, para evaluar su uso en ambientes agresivos y 2) Evaluar la capacidad de soporte de un losa de entrepiso con malla zen-zen utilizando otra tecnología diferente a la del conjunto bovedillas-nervio.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1 A. Cilento. "Sobre la vulnerabilidad urbana de Caracas". Revista Venezuela de economía y ciencias sociales. Vol. 8 N° 3. Caracas. Venezuela. 2002.
- 2 Bolívar, T. Rosas I, Ontiveros T. y De Freitas, J. (1993). Densificación y vivienda en los barrios caraqueños. Contribución a la determinación de problemas y soluciones. Capítulo 4 Pág. 101-122 Consejo Nacional de la Vivienda. Ministerio de desarrollo urbano. Caracas. Venezuela. 1992.
- 3 Arrieta de B., L. "Casa para los que hacen casas. Transferencia tecnológica en la construcción de viviendas sustentables en los barrios urbanos". Memorias CONPAT 05. La Asunción. Paraguay. 2005.
- 4 CYTED 2001. Un techo para Vivir. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XIV. Proyecto XIV. 2003.
- 5 B. Gonzalez . "Habitecho Proyecto de sustitución de Viviendas Precarias. Corporación Don Bau Barquisimeto, Venezuela
- 6 COVENIN 1753 :. "Estructuras de Concreto Armado para edificaciones". Caracas Venezuela 1987.
- 7 COVENIN 338 : 2002. Métodos para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Al Concejo de Desarrollo de Investigación Científica, Humanístico y Tecnológica. A la Asociación Escuela Comunitaria de Vivienda. A la Corporación Don Bau, al Arq. Baudilio González y a los asesores técnicos: Profesores: Dennis Avon, Alfredo Morón, Rosa Malave, Tania Mendoza, Luís Mavare y Miguel Bustillos.