



No. 10-116694-00010-0000

Fecha: 2013-04-19 15:04:55
Tra. 2 PATENTES
Act. 523 RESPUESTA

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 1 REGDEPOSITO
Folios: 33

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

P-2623

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. 10.116.694

Solicitud de patente a nombre de **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA Y UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**.

Yo, DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la carrera 11 A No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada de la **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA** y **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**, domiciliadas en Bogotá Colombia y México D.F. México, respectivamente, solicitantes de la patente de la referencia, en respuesta a los oficios 193 y 209 notificados por fijación en lista el 22 de enero de 2013, nos permitimos manifestar lo siguiente:

1. Con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial de nuevo la memoria descriptiva, capítulo reivindicatorio y figuras donde se realizaron las siguientes modificaciones:

1.1 Descripción:

Atendiendo las amables sugerencias del señor examinador, se modificaron los párrafos 2 y 3 del folio 18 a fin de eliminar el número "1." de todas las especificaciones de los elementos que comprenden la figura 1. Adicionalmente, teniendo en cuenta los números y elementos señalados en la figura 1, se procedió a modificar el párrafo 3 del folio 187 en aras de asignar el mismo número al mismo elemento que se había definido en el párrafo 2 del folio 18 y en la figura 1.

En este sentido, también se modificó la figura 2 en aras de colocar los mismos números a los mismos elementos de la figura 1 a fin de que

guarden correspondencia tanto entre los dibujos como entre lo expresado en la descripción.

1.2 Reivindicaciones

Se eliminó la antigua reivindicación 2 y se modificó la dependencia de las restantes cláusulas.

Adicionalmente, se combinaron en una nueva reivindicación (5) las reivindicaciones 7 y 6.

Se combinaron en una nueva reivindicación (20) las antiguas reivindicaciones 23 y 24.

De acuerdo con las sugerencias del señor examinador, se retiraron términos relativos a aspectos no técnicos y/o que pudieran entenderse como resultados a alcanzar.

Estas modificaciones se realizan con el fin de superar las objeciones de claridad planteadas por el señor examinador en su concepto técnico. En este sentido, nos permitimos decir que no se presenta tasa por reivindicaciones adicionales, toda vez que como el señor examinador puede corroborar, el nuevo capítulo reivindicatorio ahora contiene 32 cláusulas que corresponden prácticamente a aquellas originalmente presentadas y en donde se han eliminado términos y expresiones que podrían restar claridad a la invención.

2. Claridad

Sobre esta particular, nos permitimos manifestar que con las modificaciones realizadas en la descripción, reivindicaciones y dibujos quedan cabalmente atendidas y superadas las objeciones presentadas por el señor examinador.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas por el oponente, atentamente solicitamos se conceda el privilegio de patente de invención a la solicitud en estudio o si el examinador considera que subsisten razones para objetar la presente invención ruego expedir otro examen de fondo con los debidos motivos y razones que sustenten su objeción con el fin de que mi mandante tenga la posibilidad de exponer sus argumentos con base en la interpretación de los artículos 45 de la Decisión 486 -el cual otorga la facultad al examinador para emitir los exámenes de fondo-, 35 y 59 del Código Contencioso Administrativo que señala que: *“habiéndose dado oportunidad a los interesados para expresar sus opiniones, y con base en las pruebas e informes disponibles, se tomará la decisión que será motivada al menos en forma sumaria*

si afecta a particulares” y “(..) deberá proferirse la decisión definitiva. Esta se motivará en sus aspectos de hecho y de derecho, y en los de conveniencia si es el caso”, respectivamente (El subrayado es nuestro).

En consecuencia, solicitamos a ese despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional

Señor Superintendente,



DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN
CC. 41.654.882
TP 20824 CSJ
notificaciones@clarkemodet.com.co

DISPOSITIVO EXTERNO DE APLICACIÓN DE MASA INERCIAL PARA ENSAYOS EN MESA VIBRADORA

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se refiere a un dispositivo externo para transmitir las fuerzas inerciales (DETFI) a los modelos durante ensayos dinámicos en mesa vibradora, y de esta manera incrementar las posibilidades de uso y aprovechar la capacidad total del simulador. Para disminuir o eliminar el amortiguamiento inducido a los modelos por el sistema de fuerza inercial, el dispositivo utiliza un sistema guía de movimiento lineal (SGML) con baja fricción. En general, en una mesa vibradora se simulan los efectos dinámicos a los que están sometidos diversos tipos de estructuras y elementos. Los resultados de este tipo de pruebas permiten comparar las conductas observadas con las predichas.

10

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los dispositivos conocidos como mesas vibratoras son utilizados para simular diferentes tipos de vibraciones sobre estructuras o elementos estructurales, por ejemplo, son una herramienta eficiente para estudiar los efectos de las vibraciones producidas por los sismos o por el funcionamiento de maquinaria y equipo. En la investigación de la ingeniería sísmica, las mesas vibratoras son una valiosa herramienta para la evaluación del comportamiento de sistemas y elementos estructurales y no estructurales, ante sollicitaciones dinámicas generadas por los terremotos. Los daños sufridos por dichas estructuras pueden ocasionar severas consecuencias económicas así como la pérdida de vidas humanas. Sin embargo, debido principalmente a limitaciones económicas, el tamaño de la mayoría de las mesas vibratoras es reducido en comparación con las estructuras reales (Caccese, V., & Harris, H. "Earthquake simulation testing of small-scale reinforced concrete structures". ACI Structural Journal, Vol. 87, No. 1, pp. 72-79. 1990). Por lo tanto, es necesario formular simplificaciones tales como la construcción de modelos en escala reducida o el ensayo de las componentes principales de un sistema estructural. Si se utilizan modelos en escala reducida, el espécimen debe cumplir con las leyes de similitud. Esto involucra el escalamiento de las dimensiones y/o las propiedades mecánicas de los materiales. Cuando las dimensiones son escaladas, manteniendo las mismas

25

30

propiedades de los materiales, se requiere una cantidad determinada de masa adicional. Este es el caso de los ensayos que buscan evaluar el comportamiento cerca o hasta el estado límite de colapso. No es extraño que se requiera una cantidad de masa apreciable. La masa adicional tiene sus propios efectos perjudiciales, debido a que ésta incrementa el peso que actúa sobre la plataforma, lo que hace más difícil y complejo el control de los movimientos (Bairrao, R., & Vaz, C. “Shaking table testing of civil engineering structures – The LNEC 3D Simulator experience”. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Nueva Zelanda, Artículo 2129. 2000). La masa adicional ha influenciado el desarrollo de dispositivos especialmente diseñados y construidos para soportar dicha masa durante los ensayos (Matsui, T.; Kabeyasawa T.; Koto, A.; Kuramoto, H. & Nagashima, I. “Shaking table testing of civil engineering structures – The LNEC 3D Simulator experience”. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Artículo 419. 2004). Una desventaja de estos dispositivos cuando se construyen o ubican sobre la mesa, es la distorsión (“ruido”) indeseable y las señales adicionales introducidas al espécimen, las cuales pueden llegar a formar parte de la respuesta del espécimen. Por estas razones, es más recomendable utilizar una configuración de ensayo donde la masa adicional esté localizada fuera del simulador. De esta forma, puede utilizarse la capacidad total de carga de la mesa vibradora y asimismo, se disminuye o desaparece el riesgo asociado con la masa adicional ubicada directamente sobre el espécimen.

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó un dispositivo externo de transmisión de fuerza inercial (DETFI), para cargar, de forma segura y adecuada, la masa inercial adicional durante ensayos en mesa vibradora. En general, las principales ventajas de este dispositivo son:

- (a) Comportamiento de la mesa: el desempeño de una mesa vibradora depende del peso que actúa sobre su plataforma de ensayo. Por lo tanto, al excluir el peso adicional del peso total que actúa sobre la plataforma, puede utilizarse la capacidad total de la mesa vibradora. Por ejemplo, supóngase que se planea ensayar un espécimen con 28 kN de peso propio y 168 kN de peso adicional. Si la masa adicional (peso) es soportada por la mesa vibradora, de forma similar a otros ensayos reportados (Liao, W.; Zhong J.; Mo, Y. & Loh, Ch. “Shake table test of low rise shear walls”. 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, CA, Artículo 166. 2006), el peso total que actúa sobre la plataforma es de 196 kN (28 kN + 168 kN). Si se supone que la aceleración máxima del sistema de la mesa vibradora es 9.8 m/s^2 (1.0 g), cuando la mesa se lleva hasta su

capacidad de carga límite, el máximo cortante en la base del modelo será igual a 196 kN (196 kN · 1.0). De lo contrario, si la masa adicional (peso) se ubica fuera de la plataforma de la mesa, el único peso que actúa sobre la plataforma será el peso propio del espécimen, es cual es igual a 28 kN. Si se supone que para dicha carga sobre la mesa, la máxima aceleración que puede aplicarse es cercana a 3.0 g, el máximo cortante en la base del modelo será aproximadamente igual a 588 kN (196 kN · 3.0). A partir de este simple ejemplo, es claro observar que al planear la ubicación de la masa adicional fuera de la mesa vibradora, se pueden aplicar mayores aceleraciones y mayores cortantes en la base y, por lo tanto, los especímenes se pueden someter, de forma segura, a condiciones de daño mucho mayor o aún, hasta el colapso

(b) Seguridad: si el espécimen de ensayo colapsa, el control sobre la masa adicional representa un riesgo mínimo a la inestabilidad lateral del modelo. De esta manera, se garantiza la seguridad del personal, del equipo y la instrumentación del espécimen. Si el espécimen colapsa durante el ensayo, el marco de soporte restringe el desplazamiento de la masa adicional, utilizando amortiguadores de impacto. El marco de soporte está diseñado para resistir esta condición de carga. En cambio, si la masa adicional está ubicada directamente sobre el espécimen, en el caso de una falla o del colapso, se podría ocasionar un daño permanente a la instrumentación del modelo y, aún probablemente, a los componentes de la mesa vibradora (gatos hidráulicos, plataforma, instrumentación interna, etc.)

(c) Facilidad: si el dispositivo propuesto es utilizado, no es necesaria una estructura adicional sobre la plataforma para sostener la masa adicional. Esta estructura auxiliar puede ser muy compleja y podría introducir señales no deseadas durante condiciones intensas de movimiento

(d) Factor de amplificación: debido a que el efecto de la fricción es despreciable, no se adiciona amortiguamiento a la respuesta de los modelos y, por lo tanto, no se modifica el factor de amplificación dinámico del espécimen

(e) Baja distorsión: se reduce de forma importante la distorsión (“ruidos”) en las señales de respuesta adquiridas

(f) Momentos de volteo: los momentos de volteo son un tipo de movimiento que genera un gran reto para un adecuado control de los sistemas de mesa vibradora, especialmente, los de ciclo cerrado. Al ubicar la masa adicional fuera de la plataforma de la mesa vibradora, los momentos de volteo se reducen de forma importante

(g) Tiempo de preparación: debido al simple sistema de conexión entre el espécimen y la masa adicional, se disminuye el tiempo necesario para el montaje y desmontaje de la configuración de ensayo de los modelos. Para preparar el espécimen de ensayo, sólo es necesario conectar la viga de carga al extremo superior del espécimen. Por lo tanto, para programas experimentales donde se incluye un gran número de especímenes, los tiempos de ensayo se disminuyen de forma considerable.

A continuación se hace referencia a una serie de patentes relacionadas con la invención:

10 La patente GB 655 254 divulga una mesa vibradora para el ensayo de componentes que en su operación regular se encuentran sujetos a niveles altos de vibración, pero su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

15 La patente US 1 583 877 divulga un método para el ensayo de materiales sujetos a vibración en su ambiente de trabajo, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

20 La patente US 2 278 41 divulga un aparato para la evaluación del comportamiento de objetos que operan normalmente en condiciones de vibración, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

25 La patente US 2 553 391 divulga un dispositivo mecánico para la prueba de componentes de aeronaves, los cuales operan bajo condiciones de alta vibración, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

La patente US 2 686 427 divulga una mesa vibradora utilizada para evaluar el efecto de la fatiga generada por la vibración, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

30 Las patentes US 4 181 028 y 4 181 029 divulgan un vibrador neumático para evaluar el comportamiento de componentes de aviones, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

La patente US 5 576 971 divulga un aparato que muestra los efectos de la vibración sobre una estructura, su uso se encuentra limitado por las restricciones de tamaño y carga soportable del dispositivo.

5

Un objeto de la presente invención es un dispositivo para incrementar las posibilidades de uso y aprovechar la capacidad total de una mesa vibradora que simula las condiciones mecánicas de vibración a las que están sometidas diversos tipos de estructuras y elementos.

10 Otro objeto de la presente invención es incrementar la capacidad de uso de una mesa vibradora que simula las condiciones mecánicas de vibración a las que están sometidas diversos tipos de estructuras y elementos.

15 Otro objeto de la presente invención es disminuir los efectos perjudiciales que ocasiona la masa a adicionarse a los modelos sobre la mesa vibradora.

Otro objeto de la presente invención es eliminar la necesidad de colocar dispositivos mecánicos complejos para soportar la masa adicionada.

20 Otro objeto de la presente invención es lograr un mejor control de la masa adicional al momento de una falla del modelo, garantizando la seguridad del personal, los equipos y la instrumentación del modelo ensayado.

25 Otro objeto de la presente invención es eliminar otro tipo de estructura auxiliar para soportar la masa sobre la plataforma.

Otro objeto de la presente invención es disminuir los ruidos que se pueden presentar en las señales de respuesta adquiridas.

30 Un objeto más de la presente invención es incrementar la velocidad de montaje y desmonte de los modelos a ensayar sobre una mesa vibradora que simula las condiciones mecánicas de vibración a las que están sometidas diversos tipos de estructuras y elementos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 En la Figura 1 se muestra el dispositivo externo de transmisión de masa inercial (DETFI) para ensayos en mesa vibradora: 1 representa el marco fijo del dispositivo, 2 representa el sistema de deslizamiento entre el cajón que almacena la masa y el apoyo fijo, 3 representa el cajón de almacenamiento para la masa adicional, 4 representa la masa adicional, 5 representa el sistema de arriostramiento o sujeción de la masa adicional, 6 representa las rótulas de giro libre, 7
10 representa la viga de conexión para el acoplamiento entre el cajón de almacenamiento y los modelos de ensayo, 8 representa la celda de carga, 9 representa la viga de carga sobre la que se sujeta el modelo de ensayo, 10 representa el modelo de ensayo, 11 representa la mesa vibradora.

15 La Figura 2 muestra las masas que intervienen en el comportamiento del DETFI: 4 representa la masa adicionada al modelo, 3 representa el cajón que almacena la masa adicional, 7 representa la viga de conexión para el acoplamiento entre el cajón de almacenamiento y los modelos de ensayo, 9 representa la viga de carga sobre la que se sujeta el modelo de ensayo, 12 representa la masa del sistema de carga vertical, 13 representa la masa del elemento de conexión del
20 espécimen (losa, viga, etc.), 10 representa la masa del espécimen o modelo de ensayo.

La Figura 3 muestra el ciclo de histéresis típico en un sistema con fricción de Coulomb.

La Figura 4 muestra las señales de las pruebas de baja velocidad (a) senoidal y (b) triangular.

25

La Figura 5 muestra los registros para las pruebas de excitación sísmica

La Figura 6 ilustra la variación en el tiempo típica del coeficiente de fricción dinámico del DETFI.

30

La Figura 7 muestra la variación del amortiguamiento adicionado por el DETFI.

La Figura 8 muestra las curvas de histéresis de dos de los modelos estudiados.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Hoy en día, las mesas vibratoras son una herramienta eficiente para evaluar y validar el comportamiento de sistemas y elementos estructurales, componentes no estructurales y de maquinaria y equipo, ante acciones dinámicas reales (eventos sísmicos o vibraciones mecánicas). Debido a limitaciones de tamaño y de peso, se deben considerar algunas simplificaciones, tales como el ensayo de modelos a escala reducida o el ensayo de los principales componentes de la estructura o del equipo estudiado. En estos casos, para cumplir con los requerimientos de similitud, se debe adicionar una masa extra al espécimen. Debido a la magnitud de la masa adicional necesaria que se puede requerir para una modelación adecuada, es difícil ubicar esta masa directamente sobre los especímenes. Por lo tanto, para evitar el riesgo de la inestabilidad lateral de los especímenes de ensayo, mantener su peso dentro de la capacidad de carga máxima del simulador, así como para disminuir o eliminar inconvenientes técnicos (distorsiones en señales, control del simulador, etc.), se diseñó y construyó un dispositivo externo para transmitir las fuerzas inerciales (DETFI) a los modelos, utilizando un sistema guía de movimiento lineal (SGML) con baja fricción.

El DETFI trabaja en conjunto con una mesa vibradora convencional. Es decir, el modelo que se requiere ensayar se sujeta al mismo tiempo a la mesa vibradora y al DETFI. Para este caso particular, la mesa vibradora que se utilizó con el dispositivo objeto de la presente invención (DETFI), tiene un tamaño de 4 x 4 metros y puede soportar modelos hasta de 196 kN de peso sobre la plataforma de ensayo. Cuenta con cuatro actuadores horizontales y cuatro verticales. Su sistema de control de tecnología digital permite controlar en tiempo real cinco grados de libertad de modo independiente o simultáneo: dos desplazamientos, longitudinal y vertical, y tres rotaciones. Las aceleraciones máximas que alcanza para su capacidad máxima son: 1.0 g en la dirección horizontal y 2.0 g en la vertical. Los desplazamientos máximos permitidos son ± 15 mm horizontalmente y ± 7.5 mm verticalmente. El intervalo teórico de frecuencias que se puede aplicar es de 0.1 a 50 Hz (Alcocer, S.M., & D. Muriá. "La nueva mesa vibradora del Instituto

de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México”. Informe para CONACYT, Instituto de Ingeniería, UNAM. México. 1997). En general, el sistema completo para la simulación de experimentos consiste en: la mesa vibradora, el modelo de ensayo, y el dispositivo objeto de la presente invención (DETFI).

5

De acuerdo a la Figura 1, el dispositivo objeto de la presente invención consiste de los siguientes elementos:

(1) representa un marco fijo ubicado al lado de la mesa vibradora, el cual soporta la masa adicional que actúa sobre los modelos. El marco está construido con perfiles de acero y consta de cuatro columnas de sección “I” (W10-8-39), cuatro vigas de sección “I” (W8-8-35), cuatro riostras longitudinales de sección tubular cuadrada (H6-6-1/4) y cuatro riostras transversales (vigas) de sección “I” (W10-8-39). (2) es el sistema de deslizamiento del cajón que almacena la masa, y que se desplaza sobre el apoyo fijo (vigas del marco). Con el fin de garantizar un nivel de fricción cercano a cero, se utilizó un sistema de guía movimiento lineal (SGML) conformado básicamente por dos componentes: un riel guía de acero maquinado y un carro con balines interiores de alta precisión. Los balines de acero giran por cuatro filas de movimiento dentro del carro, y se deslizan por el riel. Aunque este sistema fue fabricado por la compañía japonesa THK para ser utilizado en el transporte de maquinaria y para el aislamiento sísmico de edificios, no se conoce su utilización como sistema de deslizamiento de masa adicional en ensayos dinámicos en mesa vibradora. De acuerdo con las condiciones máximas de aceleración, velocidad y desplazamiento máximo de mesas vibradoras de tamaño limitado, se utilizaron dos rieles y seis carros guía (3 en cada riel). La capacidad de carga estática y dinámica de cada carro es de 137 kN y 88 kN, respectivamente. Es decir, la capacidad teórica de carga estática y dinámica del DETFI (6 bloques) es de 822 kN y 528 kN, respectivamente. (3) es un cajón conformado con perfiles de acero de sección “I” (W8-8-35), dentro del cual se almacena la masa adicional. Este cajón se apoya sobre el sistema de deslizamiento. (4) es la masa adicional representada por cubos de concreto, lingotes de acero o lingotes de plomo. Para disminuir el volumen de la masa se utilizaron lingotes de plomo, cuya densidad es superior a la del acero y a la del concreto. (5) es un sistema de arriostamiento de la masa adicional, conformado por ocho bandas de 29 kN de capacidad cada una y tres vigas de acero de sección “C” (C8-2.25-11.5). Las bandas son de poliéster de 101.6 mm de ancho, y cuentan con un gancho de sujeción en

uno de sus extremos. Para su tensionamiento se utiliza un malacate de acero portátil con dos tornillos de sujeción. Este tipo de bandas se fabrica para ser utilizado en la sujeción y control de carga para vehículos de transporte abierto, pero no se conoce su utilización en sujeción de cargas dinámicas para ensayos en mesa vibradora. Las vigas de sección "C" (C8-2.25-11.5) se
5 sujetan por medio de barras roscadas de acero de 31.2 mm de diámetro. El sistema de arriostramiento se dispuso para impedir el movimiento relativo de la masa adicional durante las pruebas. (6) son rótulas de giro libre que permiten la transmisión de fuerzas axiales horizontales e impiden la generación de momentos flectores. (7) es una viga de conexión utilizada para acoplar el cajón de almacenamiento y los modelos. Esta viga es de sección "I"
10 con 400 mm de base y altura, armadas con placas de 19.1 mm (3/4 pulg) en los patines, y de 12.7 mm (1/2 pulg) en el alma. Esta viga se encuentra articulada, ya que en los extremos se dispusieron rótulas de giro libre. (8) es una celda de carga que permite tener una medida adicional de la fuerza parcial transmitida a los modelos durante el ensayo. (9) es una viga de carga sobre la cual se sujeta el modelo. Adicionalmente, se utiliza para conectar la viga de
15 conexión por medio de una rótula de giro libre. Es decir, es el elemento de conexión entre el modelo y el dispositivo de aplicación de masa externa. Este elemento puede tener diferentes configuraciones dependiendo del tipo de modelo ensayado (columna, muro, sistema dual, etc.). Para el caso de muros, esta viga es de sección "I" con 400 mm de base y altura, armadas con placas de 19.1 mm (3/4 pulg) en los patines, y de 12.7 mm (1/2 pulg) en el alma. (10) y (11)
20 representan el modelo que se quiere estudiar y la mesa vibradora, respectivamente. Es importante mencionar que aunque (10) y (11) no pertenecen a la invención, para utilizar el dispositivo se necesita de un modelo (especimen) cuya conducta bajo fenómenos vibratorios se desea estudiar, y de una mesa vibradora para generar la excitación dinámica. Por lo tanto, la conexión directa entre el DETFI y la mesa vibradora es el modelo que se desea investigar.

25

Ecuaciones dinámicas del DETFI y la mesa vibradora

Como se mencionó en la sección anterior, el dispositivo (DETFI) utilizado para almacenar la masa adicional necesaria para el ensayo y así, generar la fuerza inercial sobre los modelos,
30 simplifica de forma importante la configuración del ensayo, el montaje y la preparación de los especímenes en la mesa vibradora. Sin embargo, éste tiene efecto en la fuerza, la rigidez y el amortiguamiento de los modelos, debido a la fricción que se genera en el sistema de

deslizamiento (SGML) de la masa adicional. La relevancia y magnitud de este efecto puede analizarse a partir de la ecuación de movimiento del sistema completo (DETFI y mesa vibradora). La ecuación de movimiento de un oscilador no lineal de un grado de libertad con amortiguamiento viscoso constante, en respuesta a un movimiento sísmico horizontal, puede escribirse como:

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + k(t) x(t) = -m \ddot{x}_s(t) \quad (1)$$

donde m es la masa del oscilador, c es el coeficiente de amortiguamiento viscoso, k es la rigidez, x , \dot{x} y \ddot{x} son el desplazamiento, la velocidad y la aceleración del oscilador y \ddot{x}_s es la aceleración del terreno. Para el sistema mostrado en la Figura 2, la Ec. (1) puede escribirse como:

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) - \mu_d W' + k(t) x(t) = -m \ddot{x}_s(t) \quad (2)$$

15

En este caso, m es la masa lateral efectiva del sistema, la cual está definida como:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 \psi_1 \quad (3)$$

20 En la Figura 2, (1) = m_1 , (2) = m_2 , (3) = m_3 , (4) = m_4 , (5) = m_5 , (6) = m_6 y (7) = m_7 . Estas masas se definen como:

m_1 = masa adicionada (lingotes de plomo, en este caso) al modelo para cumplir los requerimientos de similitud dinámica

25 m_2 = masa del cajón que almacena la masa adicional, del sistema de arriostamiento de los mismos y de los carros del sistema de deslizamiento

m_3 = masa del sistema de conexión articulado (rótulas, viga de conexión y celda de carga)

m_4 = masa de la viga de carga

m_5 = masa del sistema de carga vertical (opcional). En este caso se utilizaron lingotes de plomo sujetos a la viga de carga

30

m_6 = masa del elemento de conexión del espécimen (losa, viga, etc.)

$m_7 =$ masa del espécimen

$\Psi_1 =$ fracción de m_7 que contribuye a la inercia efectiva.

5 μ_d es el coeficiente de fricción dinámico del dispositivo de deslizamiento y W' es la fuerza normal que actúa sobre el sistema de deslizamiento, definida como:

$$W' = m'g = \left(m_1 + m_2 + \frac{m_3}{2} \right) g \quad (4)$$

donde g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).

10

El desplazamiento absoluto del sistema $x_{abs}(t)$, se define como:

$$x_{abs}(t) = x(t) + x_s(t) \quad (5)$$

15 donde $x(t)$ es el desplazamiento relativo del espécimen y $x_s(t)$ es el desplazamiento de la mesa vibradora.

Cálculo de la aceleración efectiva en el espécimen

20 Debido a la fricción del sistema de deslizamiento (SGML), se genera una modificación en la ecuación de básica de movimiento. Reordenando la Ec. (2), se tiene que:

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + k(t)x(t) = -m \left(\ddot{x}_s(t) - \frac{\mu_d W'}{m} \right) \quad (6)$$

Por lo tanto, la aceleración efectiva de la mesa vibradora sobre el espécimen es:

25

$$\ddot{x}_s(t)_{ef} = \ddot{x}_s(t) - \frac{\mu_d W'}{m} \quad (7)$$

Cálculo de la fuerza lateral efectiva sobre el espécimen

La fuerza lateral sobre el espécimen (F_{esp}), corresponde a la suma de las fuerzas de amortiguamiento (F_a) y en el resorte (F_r) actuando sobre el espécimen, es decir:

5

$$F_{esp}(t) = F_a(t) + F_r(t) = c \dot{x}(t) + k(t)x(t) \quad (8)$$

La fuerza lateral sobre el espécimen (F_{esp}), puede obtenerse al aplicar uno de los siguientes procedimientos: utilizando la celda de carga o a partir de la ecuación de movimiento.

10

Utilizando la celda de carga

La viga de conexión fue instrumentada con una celda de carga, ubicada justo antes de la articulación. La celda mide la fuerza lateral debido a la fuerza inercial del dispositivo de masa adicional. Adicional a esta fuerza, es necesario incluir la fuerza inercial originada por la masa de la conexión articulada entre la celda de carga y el espécimen, de la viga de carga y la contribución de la masa del espécimen a la fuerza inercial. Por lo tanto, la fuerza lateral efectiva se calcula como:

15

$$F_{esp}(t) = F_{cc}(t) + \ddot{x}_{abs(VC)}(t)(m_3\psi_2 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7\psi_1) \quad (9)$$

20

donde:

$F_{cc}(t)$ = fuerza medida por la celda de carga

$\ddot{x}_{abs(VC)}(t)$ = aceleración absoluta medida en la viga de carga (utilizando un acelerómetro)

ψ_2 = fracción de la masa del sistema de conexión entre la celda de carga y el espécimen.

25

Utilizando la ecuación de movimiento

La segunda opción para calcular (F_{esp}), es a partir de la ecuación de movimiento. Reemplazando la Ec. (8) en la Ec. (6), se obtiene:

30

$$F_{esp}(t) = -m \ddot{x}_s(t) - m \ddot{x}(t) + \mu_d W' \quad (10)$$

$$F_{esp}(t) = -m(\ddot{x}_s(t) + m\ddot{x}(t)) + \mu_d W'$$

Por lo tanto, el valor absoluto de la fuerza lateral efectiva, se calcula como:

$$5 \quad F_{esp}(t) = m\ddot{x}_{abs}(t) - \mu_d W' \quad (11)$$

Si la aceleración absoluta en el cajón de masa $\ddot{x}_{abs(VC)}$, se mide utilizando un acelerómetro, la Ec. (11) puede reescribirse como:

$$10 \quad F_{esp}(t) = \ddot{x}_{abs(CM)}(t)[m_1 + m_2 + m_3(1 - \psi_2)] + \ddot{x}_{abs(VC)}(t)[m_3\psi_2 + m_4 + m_5 + m_7\psi_1] - \mu_d W' \quad (12)$$

Cálculo de los coeficientes de fricción estático (μ_e) y dinámico (μ_d)

Por medio de la Ec. (9), es posible calcular la fuerza lateral efectiva que actúa sobre el espécimen, sin conocer el coeficiente de fricción dinámico. Sin embargo, para calcular el
 15 amortiguamiento efectivo en el espécimen, es necesario determinar el nivel de fricción que se genera en el sistema de deslizamiento durante el movimiento. Cuando este nivel de fricción es alto, se introduce un fuerte amortiguamiento en la respuesta de los modelos. La principal desventaja asociada con este amortiguamiento, es la generación de un factor de amplificación dinámico mucho menor. En el sistema de deslizamiento seleccionado (SGML), se pueden
 20 medir dos tipos de coeficientes de fricción de Coulomb: estático (μ_e) y dinámico (μ_d).

Para cuantificar el efecto de la fricción del SGML en la ecuación de movimiento, es necesario evaluar el coeficiente de fricción dinámico. De forma sencilla, este coeficiente puede estimarse aplicando una excitación conocida al sistema de masa adicional y midiendo la fuerza necesaria
 25 para mover el sistema. Cuando el movimiento aplicado tiene una velocidad constante, la fuerza debido a la fricción dinámica (F_{fd}), puede expresarse como una función del coeficiente de fricción dinámico (μ_d), y el peso que es movido (N), es decir:

$$30 \quad F_{fd} = \mu_d N \quad (13)$$

Aplicando la Ec. (13) al sistema de la Figura 2, o igualando la Ec. (9) y la Ec. (12), se obtiene la Ec. (14) para determinar la variación en el tiempo del coeficiente de fricción dinámico durante los ensayos en mesa vibradora:

$$5 \quad \mu_d(t) = \frac{\ddot{x}_{abs(CM)}(t) [m_1 + m_2 + m_3(1 - \psi_2)] - F_{cc}}{W'} \quad (14)$$

Energía disipada por la fricción del dispositivo

La energía disipada por la fricción de Coulomb, en un ciclo de vibración con amplitud de desplazamiento x_0 , es igual al área dentro de un ciclo de histéresis del diagrama

10 fuerza de fricción - desplazamiento (ver

Figura 3). Es posible expresar el amortiguamiento de fricción de Coulomb como un amortiguamiento viscoso equivalente, $\zeta_{\mu eq}$, reemplazando en la Ec. (15), la energía disipada, E_D , por la energía disipada en el mecanismo de fricción (E_F):

15

$$\zeta_{\mu eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{SO}} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_F}{E_{SO}} \quad (15)$$

donde la energía de deformación, $E_{SO} = k x_0/2$, se calcula utilizando la rigidez del espécimen k , determinada experimentalmente.

20

Cálculo del amortiguamiento efectivo

El periodo natural de vibración de un sistema con amortiguamiento de Coulomb, es el mismo para el sistema sin dicho amortiguamiento (Chopra A. "Dynamic of structures – Theory and applications on earthquake engineering". Prentice-Hall, 2da edición, NJ. 2001). Por lo tanto, el

25 dispositivo no tiene efecto sobre el periodo de vibración del espécimen ensayado. Sin embargo, para calcular la relación de amortiguamiento viscoso equivalente del espécimen, es necesario extraer el amortiguamiento generado por la fricción del sistema de deslizamiento, $\zeta_{\mu eq}$. De esta forma, la relación de amortiguamiento efectivo en el espécimen, ζ_{eq}' , se calcula como:

$$30 \quad \zeta_{eq}' = \zeta_{eq} - \zeta_{\mu eq} \quad (16)$$

donde ζ_{eq} es la relación de amortiguamiento viscoso equivalente calculada utilizando, por ejemplo, la amplitud de la función de transferencia o la curva de histéresis medida en términos de la fuerza lateral efectiva y el desplazamiento del espécimen.

5

Ejemplos de aplicación

El DETFI ha sido utilizado satisfactoriamente durante el ensayo en mesa vibradora de seis muros de concreto con las siguientes características: No.1 es un muro cuadrado, de concreto normal, reforzado con el 50% de la cuantía mínima de acero a cortante y utilizando malla de alambre soldado (MCN50mD). No. 2 es un muro cuadrado, de concreto normal, reforzado con el 100% de la cuantía mínima de acero a cortante y utilizando barras corrugadas (MCN100D). No. 3 es igual al No. 1, excepto que está construido con concreto celular (MCC50mD). No. 4 es igual al No. 2, excepto que está construido con concreto celular (MCC100D). No. 5 es un muro con aberturas tipo puerta y ventana, de concreto normal, reforzado con el 100% de la cuantía mínima de acero a cortante y utilizando barras corrugadas (MVN100D). No. 6 es un muro con aberturas tipo puerta y ventana, de concreto normal, reforzado con el 50% de la cuantía mínima de acero a cortante y utilizando malla de alambre soldado (MVN50mD). Las características se presentan en la Tabla 1.

20

Tabla 1. Lista de los especímenes ensayados

No.	Muro	Geometría	Tipo de Concreto	% de la cuantía mínima de refuerzo	Tipo de refuerzo
1	MCN50mD	Cuadrado	Normal	50	Malla alambre soldado
2	MCN100D	Cuadrado	Normal	100	Barras corrugadas
3	MCC50mD	Cuadrado	Celular	50	Malla alambre soldado
4	MCC100D	Cuadrado	Celular	100	Barras corrugadas
5	MVN100D	Con aberturas	Normal	100	Barras corrugadas
6	MVN50mD	Con aberturas	Normal	50	Malla alambre soldado

Masa de los modelos

Los pesos equivalentes (masa · gravedad) para cada uno de los especímenes se muestran en la Tabla 2.

5

Tabla 2. Pesos del sistema

	Peso asociado ($m \times g$), kN		
	MCN50mD-1 MCN100D-2	MCC50mD-3 MCC100D-4	MVN100D-5 MVN50mD-6
m_1	167.5	133.7	111.4
m_2	33.6	33.6	33.6
m_3	6.2	6.2	6.2
m_4	7.4	7.4	7.4
m_5	19.7	19.7	12.8
m_6	5.4	4.6	8.7
m_7	7.3	5.9	7.8
Ψ_1	0.50	0.50	0.50
Ψ_2	0.35	0.35	0.35
m'	204.2	170.4	148.1
m	243.4	208.1	184.0

Programa de pruebas en los modelos

- 10 En los modelos se realizaron dos tipos de pruebas: baja frecuencia y excitación sísmica. Los registros utilizados en estas pruebas fueron generados por la mesa vibradora.

Pruebas de baja velocidad

- 15 Al iniciar el ensayo de cada uno de los modelos se generaron señales de baja velocidad y baja frecuencia para evaluar el nivel de fricción en el DETFI durante el ensayo de los modelos. Se utilizaron dos tipos de señales: una senoidal (SENO) con frecuencia de 0.5 Hz (2 s) y una

triangular (TRI) de 0.02 Hz (50 s). El desplazamiento máximo de estas señales fue de 10 mm (ver Figura 4).

Pruebas de excitación sísmica

5 En estas pruebas los modelos se sometieron a una serie de excitaciones sísmicas, utilizando los registros sísmicos que se muestran en la Figura 5. En la Tabla 1 se presenta la secuencia de aplicación de los registros en los modelos, junto con las características de la excitación sísmica para cada nivel de intensidad.

10 Tabla 1. Programa de pruebas en los modelos

Etapa	Registro	Incremento de aceleración máxima (%)	Aceleración máxima (g)	Duración total (s)
1	SENO	---	---	30
2	TRI	---	---	150
3	R1	50	0.24	23.62
4		100	0.48	
5	R2	75	0.68	28.91
6		100	0.90	
7	R3	75	1.22	79.82
8		100	1.63	

Resultados de las pruebas

15 ***Respuesta del dispositivo***

Utilizando la Ec. (14) y las masas de los especímenes indicadas en la en la Tabla 2, se determinó el coeficiente de fricción dinámico del DETFI durante las pruebas de baja velocidad. En la Figura 6 se muestra la variación en el tiempo típica del coeficiente de fricción dinámico. Para describir estadísticamente los resultados observados, se utilizó el percentil 75 (P₇₅). El valor del P₇₅ indica que el 75% de los datos observados es menor que dicho valor. El

amortiguamiento adicionado por la fricción de Coulomb se calculó utilizando la Ec. (15). En la Tabla 2 se presentan los valores del coeficiente de fricción dinámico (P_{75}) y los coeficientes de amortiguamiento obtenidos durante las pruebas con señales de baja velocidad (los datos se presentan en porcentaje). La media aritmética de estos parámetros es igual a 0.62% y 0.08%, respectivamente. En otros estudios experimentales donde se ha utilizado un dispositivo para propósito similares, el coeficiente de fricción fue muy alto (8.5%) y, por lo tanto, no fue posible conocer la respuesta dinámica real de los especímenes.

Tabla 2. Coeficientes de fricción y amortiguamiento del DETFI, utilizando señales de baja velocidad

Modelo	μ_d (%)			$\zeta_{\mu eq}$ (%)		
	Senoidal	Triangular	Promedio	Senoidal	Triangular	Promedio
MCN50mD-1	0.56	0.65	0.61	0.09	0.09	0.09
MCN100D-2	0.66	0.62	0.64	0.10	0.05	0.07
MCC50mD-3	0.56	0.62	0.59	0.10	0.10	0.10
MCC100D-4	0.61	0.64	0.63	0.10	0.10	0.10
MVN50mD-5	0.52	0.68	0.60	0.06	0.07	0.07
MVN100D-6	0.56	0.74	0.65	0.06	0.07	0.07
		X	0.62		X	0.08
		S	0.02		S	0.02
		V (%)	3.5		V (%)	18.7

Notas:

X = media aritmética, S = desviación estándar, V = coeficiente de variación = S / X

Sin embargo, como se muestra en la Tabla 2, la fricción dinámica y el amortiguamiento dependen de las características de la excitación, especialmente de la velocidad máxima en el DETFI ($v_{m\acute{a}x}$). Por lo tanto, también se determinó el coeficiente de amortiguamiento adicionado por el dispositivo durante las pruebas de excitación sísmica. Los datos se muestran en la Figura 7. El valor ideal del amortiguamiento adicionado por el dispositivo de la presente invención debe ser cercano a cero, y como se muestra en la Figura 7, este fue el caso. Por ejemplo, para la mayor velocidad observada en el DETFI (0.42 m/s), el mayor valor del amortiguamiento

adicionado fue igual a 0.20%. Es decir, la modificación de la respuesta de los especímenes debido al amortiguamiento adicionado por el DETFI es casi irrelevante.

5 *Curvas de histéresis*

En la Figura 8 se muestran las curvas de histéresis de dos de los modelos estudiados (MVN50mD-5 y MVN100D-6). La fuerza lateral ($F_{lateral}$) fue calculada utilizando la Ec. (9). El esfuerzo cortante se calculó como la fuerza lateral dividida entre el área transversal del muro. La distorsión total corresponde al desplazamiento relativo medido en la losa superior, dividido por la altura correspondiente. Como se muestra en la figura, utilizando el dispositivo es posible obtener curvas de histéresis donde se reproducen la forma esperada de acuerdo con el comportamiento de los especímenes. En estos casos, las curvas de histéresis son típicas de muros de concreto gobernados por demandas sísmicas de cortante. Si el amortiguamiento viscoso equivalente adicionado por el dispositivo a la respuesta de los modelos hubiera sido alto, los ciclos de histéresis también hubieran sido más anchos y más estables y, probablemente, el estrangulamiento esperado no hubiera sido observado. Por lo tanto, se considera que el dispositivo objeto de la presente invención (DETFI), permite ensayar apropiadamente los modelos, ya que el efecto de la fricción en la respuesta es casi despreciable.

20

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito la presente invención, ésta se considera una novedad, por lo que reclamo de mi propiedad lo contenido en las siguientes reivindicaciones:

5

1.- Un dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora, caracterizado porque consta de: (1) un marco fijo; (2) el sistema de deslizamiento del cajón que almacena la masa, y que se desplaza sobre el apoyo fijo; (3) un cajón conformado con perfiles de acero de sección "I", dentro del cual se almacena la masa adicional; (4) una masa
10 adicional; (5) es el sistema de arriostramiento de la masa adicional; (6) unas rótulas de giro libre que permiten la transmisión de fuerzas axiales horizontales e impiden la generación de momentos flectores (7) una viga de conexión utilizada para acoplar el cajón de almacenamiento y los modelos; (8) una celda de carga que permite tener una medida adicional de la fuerza parcial transmitida a los modelos durante el ensayo; (9) una viga de carga sobre la cual se sujeta
15 el modelo a estudiar.

2.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo externo se sitúa al lado de la mesa vibradora.

20

3.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora, en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque se le adiciona al sistema una carga.

25

4.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1 caracterizado porque presenta un marco fijo.

30

5.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 4 caracterizado porque el marco fijo se encuentra adyacente a la mesa vibradora y soporta la masa de los modelos.

- 6.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque el marco fijo consta de cuatro columnas, cuatro vigas, cuatro riostras longitudinales y cuatro riostras transversales.
- 5 7.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta un sistema de deslizamiento.
- 8.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque el sistema de deslizamiento consta de un riel guía y un carro de balines interiores.
- 10 9.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque el sistema de deslizamiento tiene un nivel de fricción cercano a cero.
- 15 10.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta una mesa adicionada.
- 20 11.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque la masa adicionada presenta una densidad mayor a 2.5 g / ml
- 25 12. - El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque la masa adicionada está representada por concreto, acero, plomo, zinc, níquel, bronce, basalto o granito.
- 30 13.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de arriostamiento.

- 14.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque el sistema de arriostamiento de la masa adicionada está conformado por ocho bandas y tres vigas de acero.
- 5 15. - El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque las bandas son de poliéster.
16. - El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa
10 vibradora en conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque cada banda consta de un gancho de sujeción en sus extremos.
17. El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 16, caracterizado porque el tensado de las
15 bandas se hace con malacate portátil de acero.
- 18.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta rótulas de giro libre.
20
- 19.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque las rótulas de giro libre transmiten fuerzas axiales horizontales impidiendo la generación de momentos flectores..
- 25 20.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta una viga de conexión que impide la generación de momentos flectores.
- 21.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa
30 vibradora en conformidad con la reivindicación 20, caracterizado porque la viga de conexión consta de rótulas de giro libre en los extremos.

22.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque la viga de conexión utilizada para conectar el cajón de almacenamiento y la viga de carga, es una viga de sección "I".

5

23.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque esta viga se encuentra articulada.

10 24.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque la viga de conexión conecta el cajón de almacenamiento con los modelos.

15 25.-El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque una celda de carga.

20 26.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 25, caracterizado porque la celda de carga proporciona una medida adicional de la fuerza parcial transmitida a los modelos durante el ensayo.

25 27.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante para ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta una viga de carga.

28.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 27, caracterizado porque el modelo que se desea ensayar se coloca en la viga de carga.

30 29.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 27, caracterizado porque la viga de carga puede tener diferentes configuraciones dependiendo del tipo de modelo a ensayar.

30.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 27, caracterizado porque la viga de carga conecta el modelo y el dispositivo de aplicación de masa externa.

5

31.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 27, caracterizado porque en caso de muros, esta viga es de sección "I".

10 32.- El dispositivo externo para la transmisión de fuerza inercial durante ensayos en mesa vibradora en conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho dispositivo se emplea para incrementar las posibilidades de uso y aprovechar la capacidad total de una mesa vibradora que simula los efectos dinámicos a los que están sometidos diversos tipos de estructuras y elementos.

15

RESUMEN

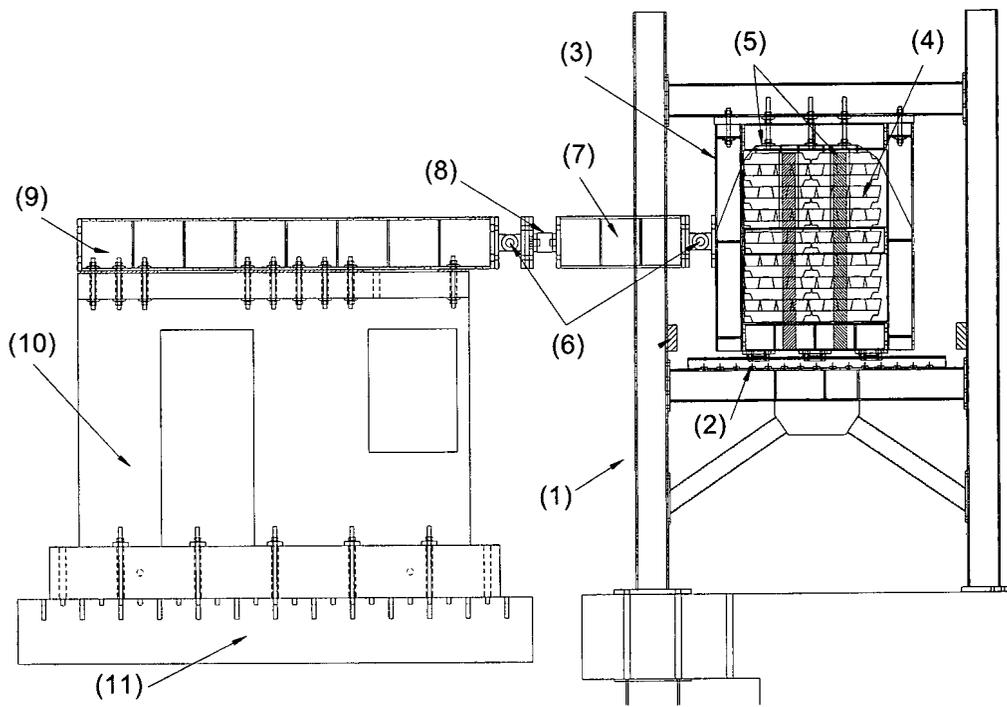
La presente invención se refiere a un dispositivo externo para transmitir fuerzas inerciales (DETFI) a los modelos durante ensayos dinámicos en mesa vibradora. El dispositivo utiliza un sistema guía de movimiento lineal (SGML) con el que se obtienen valores medidos del coeficiente de fricción cercanos a cero. Por lo tanto, el amortiguamiento inducido a los modelos por el sistema también es despreciable y, de esta manera, no se observan distorsiones en la respuesta esperada de los modelos. Adicionalmente, con este dispositivo se aprovecha al máximo la capacidad de la mesa, se tiene un mejor control de la masa adicional al momento de la falla del modelo, se incrementa la seguridad del ensayo, se disminuyen los ruidos que se pueden presentar en las señales de respuesta adquiridas y se disminuye apreciablemente el tiempo de preparación entre ensayos consecutivos. Esta invención incrementa las posibilidades de uso de una mesa vibradora que simula los efectos dinámicos a los que están sometidos diversos tipos de estructuras y elementos.

20

25

30

FIGURAS



10 Figura 1.

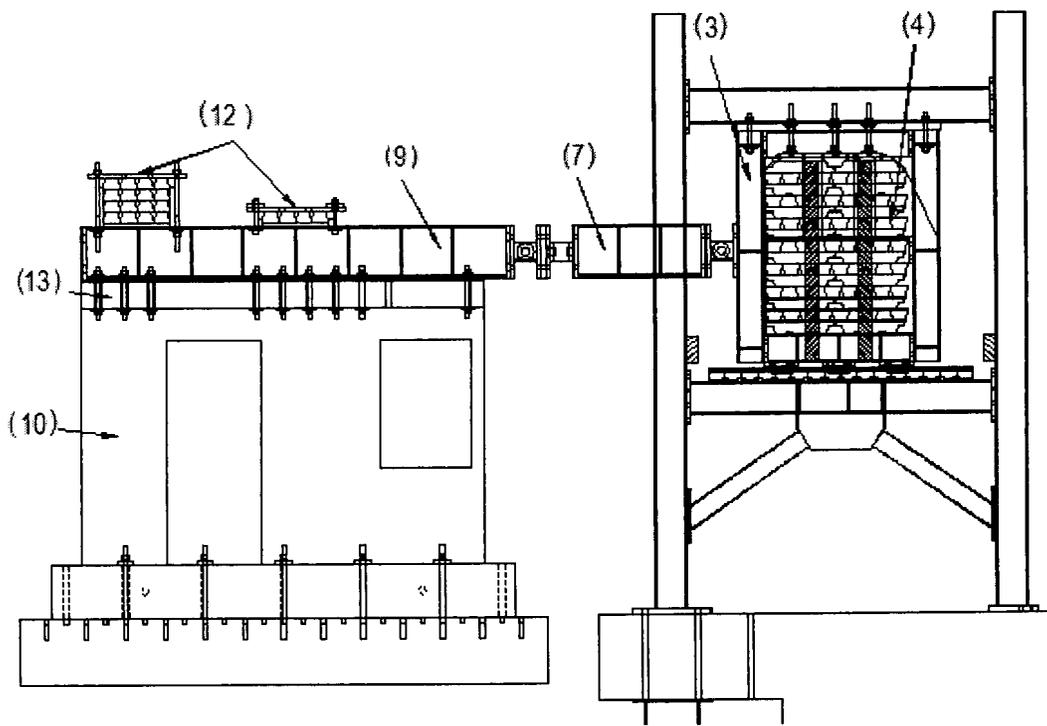


Figura 2.

5

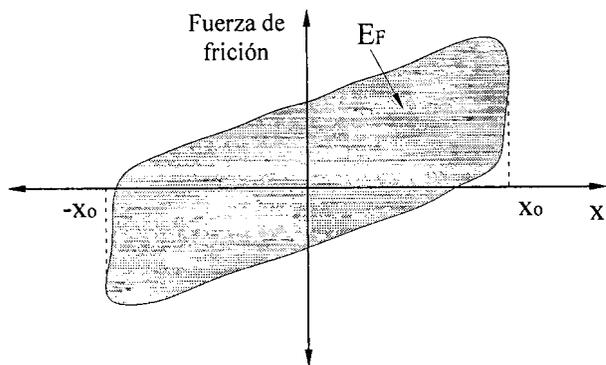
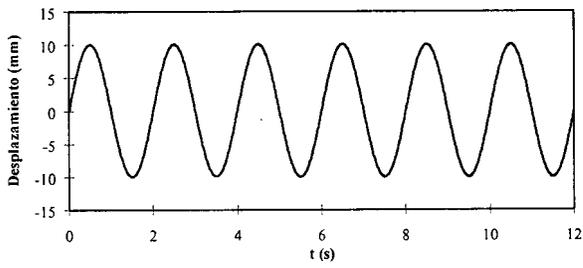
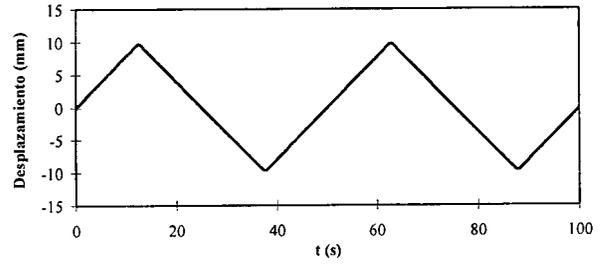


Figura 3.

10



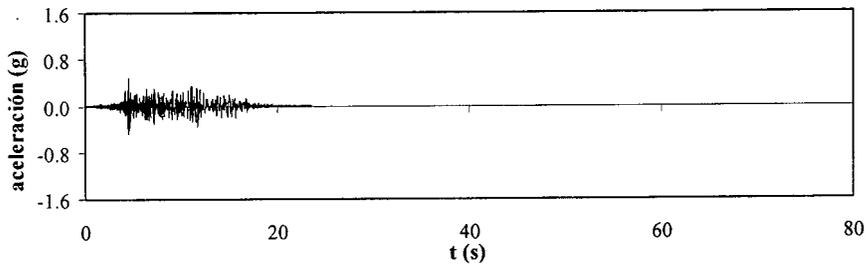
(a) Senoidal



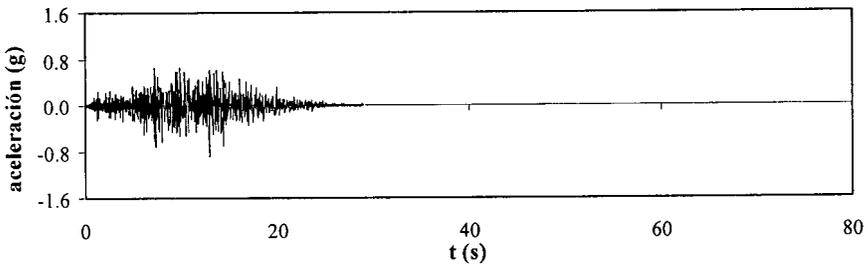
(b) Triangular

Figura 4.

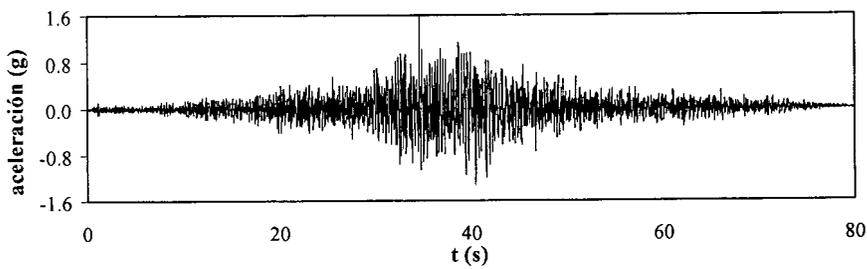
5



10 Registro de aceleración R1

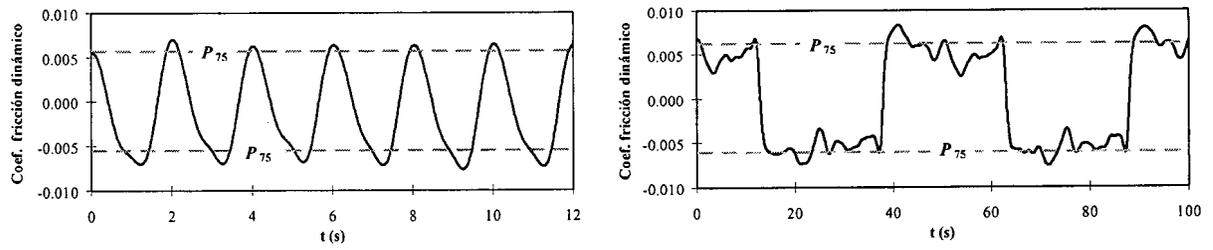


Registro de aceleración R2



Registro de aceleración R3

Figura 5.

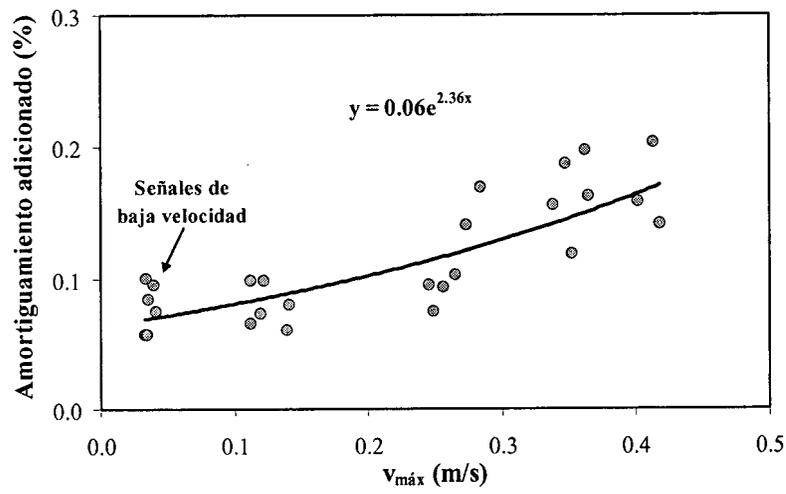


5

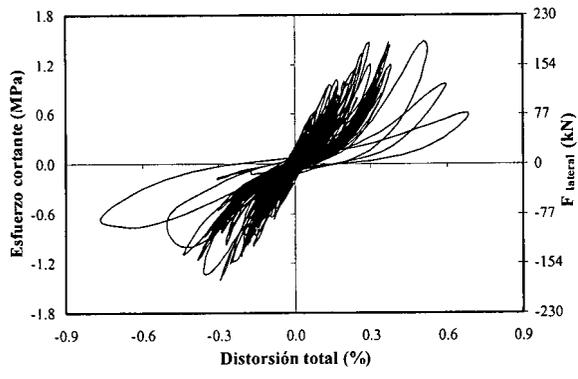
(a) Senoidal

(b) Triangular

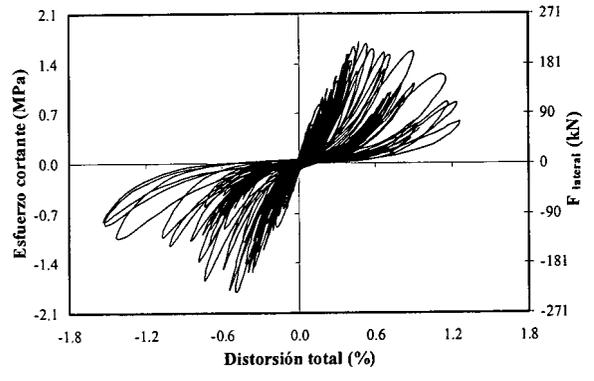
Figura 6.



10 Figura 7.



(a) Muro MVN50mD-5



(b) Muro MVN100D-6

Figura 8.

33