

Consejo Divisional de CyAD

16 de enero de 2020

**H. Consejo Divisional
Ciencias y Artes para el Diseño
Presente**

De acuerdo con lo establecido en los "Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Registro y Seguimiento de las Áreas, Grupos, Programas y Proyectos" numeral 3.6 y subsiguientes, la **Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas y grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de áreas de investigación, para su trámite ante el órgano colegiado correspondiente**, sobre la base de la documentación presentada, en particular el cumplimiento de requisitos conforme a la ficha informativa anexa y considerando suficientemente sustentada la solicitud, propone el siguiente:

Dictamen

Aprobar la Terminación del Proyecto de Investigación **N-460 "Aparato SD-64 Mesa de Movimiento Bidireccional"**, el responsable es el M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales", que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones" presentado por el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Los siguientes miembros estuvieron presentes en la reunión y se manifestaron a favor del dictamen: Arq. Juana Cecilia Ángeles Cañedo, Mtro. Víctor Manuel Collantes Vázquez, Dr. Fernando Rafael Minaya Hernández, Mtra. Ruth Alicia Fernández Moreno y el Sr. José Manuel Casillas Carrillo.

**Atentamente
Casa abierta al tiempo**



Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas
Coordinador de la Comisión



7/1/20
M

20 de diciembre, 2019

PT/JEFATURA/CYAD/152/2019

Dr. Marco V. Ferruzca Navarro
Presidente H. Consejo Divisional
Ciencias y Artes para el Diseño
Presente

Por este medio, solicito a usted tenga a bien presentar al H. Consejo Divisional de Ciencias y Artes para el Diseño que usted preside, la conclusión del proyecto de investigación que a continuación se menciona, bajo responsabilidad del **M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo**, este mismo proyecto está registrado dentro del programa de investigación *P-047 Laboratorio de Modelos Estructurales*, correspondiente al Grupo de Investigación *Tecnología y Diseño en la Edificaciones* de este departamento.

N-460 Aparato SD - 64 Mesa de Movimiento Bidireccional

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
Casa abierta al tiempo

Dr. Edwing A. Almeida Calderón
Encargado del Departamento de Procesos y
Técnicas de Realización

México, D.F. a 19 de diciembre de 2019

Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón
Encargado del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
PRESENTE

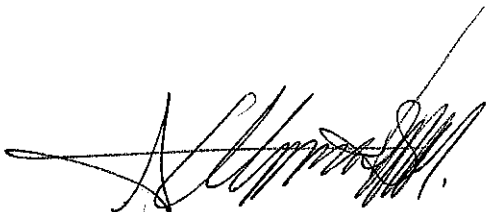
En cumplimiento de lo dispuesto en los lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.4 relativo a la terminación de proyectos, por este medio me permito solicitar a Ud. Atentamente se sirva de gestionar ante H. Consejo Divisional la entrega de la documentación que ampara la conclusión del proyecto que a continuación se relaciona y que corresponde al Programa de Investigación P-047.

Laboratorio de Modelos Estructurales

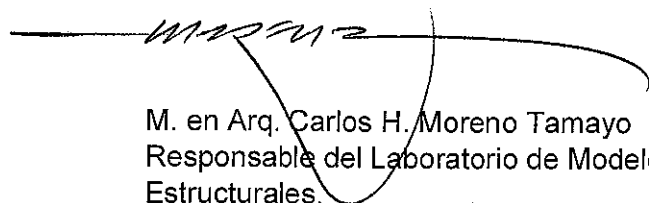
Proyecto No. N-460. Aparato SD-64.
Mesa de Movimiento Bidireccional

Sin otro particular, quedamos a sus apreciables órdenes para las aclaraciones que juzgue convenientes.

Atentamente:



Mtro. Alejandro Viramontes Muciño
Coordinador del Grupo de Investigación De
Tecnología y Diseño en las Edificaciones.



M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos
Estructurales.

LABORATORIO
DE MODELOS
ESTRUCTURALES

Azcapotzalco, CDMX. 19 de diciembre del 2019

Mtro. Alejandro Viramontes Muciño
Coordinador del Grupo de Investigación de Tecnología y Diseño en las Edificaciones
Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
CyAD UAM Azcapotzalco
PRESENTE:

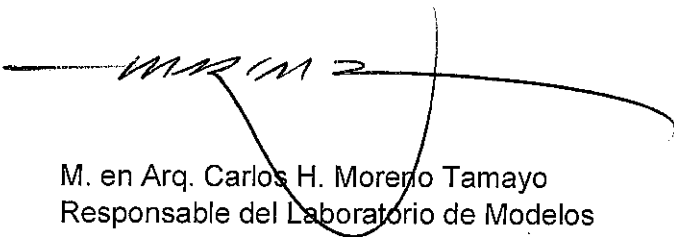
En cumplimiento de lo dispuesto en los Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.4 relativo a la terminación de proyectos, por este medio me permito solicitar a Ud. Atentamente se sirva gestionar ante el H. Consejo Divisional la entrega de la documentación que ampara la conclusión del proyecto que a continuación se relaciona y que corresponde al Programa de Investigación P-047.

Laboratorio de Modelos Estructurales

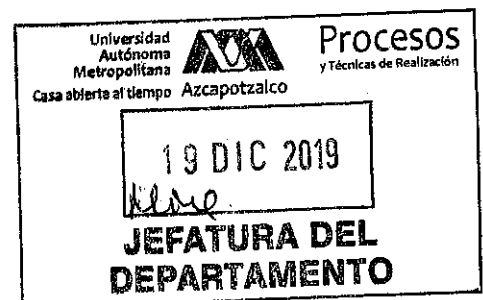
Proyecto No. N-460. Aparato SD-64.
Mesa de Movimiento Bidireccional

Sin otro particular, quedamos a sus apreciables órdenes para las aclaraciones que juzgue pertinentes.

Atentamente:



M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos Estructurales.



**CONCLUSIÓN DEL
Proyecto Aparato SD 64
Mesa de Desplazamiento Bidireccional**

**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN P 047
LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES**

(1) APROBADO POR EL CONSEJO DIVISIONAL CON EL NO. N-460 EL 03 DE OCTUBRE DE 2018 EN SESIÓN ORDINARIA 552.

Laboratorio de Modelos Estructurales
Conclusión y reporte del proyecto No. N-460 ante el H. Consejo Divisional de
CyAD.

Diciembre de 2019

Índice de contenido

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo
2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.
3. Conclusión del proyecto describiendo:
 - 3.1 Registro del proyecto
 - 3.2 Introducción
 - 3.3 Objetivos y metas
 - 3.4 Metodología
 - 3.5 Memoria de diseño
 - 3.5.1 Apoyo teórico
 - 3.5.2 Desarrollo
 - 3.5.3 Memoria Descriptiva
 - 3.5.4 Planos constructivos 3D
 - 3.5.5 Memoria fotográfica
4. Relación y descripción de actividades y resultados de cada uno de los participantes.
5. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación concluido.
6. Aportaciones al campo de conocimiento
7. Coherencia entre metas, objetivos y resultados finales
8. Trascendencia social
9. Conclusiones

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

Nombre del Grupo:

Tecnología y Diseño para las Edificaciones

Programa:

P 047 Laboratorio de Modelos Estructurales

Responsable del Grupo de Investigación:

Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Actualización de Integrantes del Proyecto

	Nombre completo	Categoría y Nivel	Tiempo de dedicación	Grado Académico	Tipo de participación
1	M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Responsable del Proyecto
2	M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Núcleo básico Diseño industrial
3	M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena	Técnico Académico	Tiempo Completo	Maestría	Plan ejecutivo
4	Dr. Amador Terán Gilmore	Titular "C"	Tiempo Completo	Doctorado	Participante Asesor y apoyo teórico
5	Ricardo Raúl Jiménez García	Ayudante "A"	Medio Tiempo	Licenciatura	Apoyo gráfico y documental

2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.

Universidad
Autónoma
Metropolitana
Casa abierta al tiempo



Azacapozalco
Consejo Divisional de CyAD

SACD/CYAD/060/13

ACUERDO 450-8

07 de febrero de 2013

M. EN ARQ. CARLOS H. MORENO TAMAYO ✓
PROF. DEL DEPTO. DE PROCESOS Y
TÉCNICAS DE REALIZACIÓN
PRESENTE

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 450 Ordinaria del Trigésimo Octavo Consejo Divisional, celebrada el día 06 de febrero de 2013, fue aprobado el Programa de Investigación, perteneciente al Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con el siguiente número de registro:

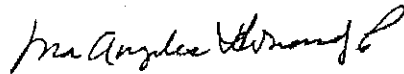
PROGRAMA # P-047

LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines a que haya lugar.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
Casa abierta al tiempo



MTRA. MA. DE LOS ÁNGELES HERNÁNDEZ PRADO
Secretaría

c.c.p. Arq. Eduardo Kotásek González.- Jefe del Depto. de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño.- Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Aníbal Figueroa Castrejón.- Coordinador de Investigación

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Delegación Azcapotzalco, 02200-México, D.F.
Tels. 5318 9148

3. Conclusión del proyecto

3.1 Registro ante Consejo Divisional

Universidad
Autónoma
Metropolitana
Casa abierta al tiempo 
Azcapotzalco
Consejo Divisional de CyAD

SACD/CYAD/670/18
3 de octubre de 2018

M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Profesor del Departamento de Procesos
y Técnicas de Realización
Presente

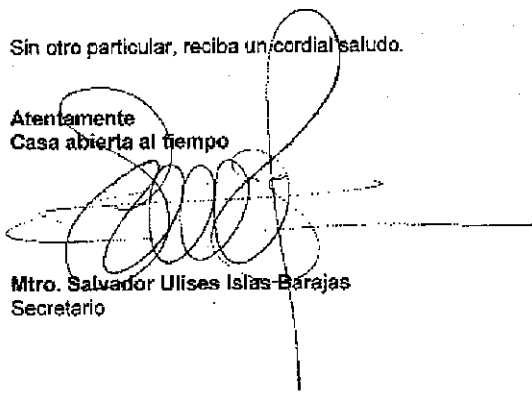
Asunto: Registro de Proyecto de Investigación.

Por este medio, le informo que en la Sesión 552 Ordinaria del Cuadragésimo Cuarto Consejo Divisional, celebrada el día 3 de octubre de 2018, fue aprobado el Proyecto de Investigación N-460 Aparato SD 64 Mesa de movimiento bidireccional, con término al trimestre 18-O, en el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines a que haya lugar.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente
Casa abierta al tiempo


Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas
Secretario

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Encargado del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.
c.c.p. Dr. Isaac Acosta Fuentes. Coordinador de Investigación.

3.2 Introducción.

El principal propósito del Laboratorio es facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de una manera teórico práctica diferente a los métodos tradicionales que promueva el proceso de enseñanza aprendizaje asociada a los postulados teóricos en los que intervienen las matemáticas y la mecánica de las estructuras. De esta forma ayudará en la comprensión de los conceptos estructurales que se presentan de una manera abstracta.

Dentro de los planes y programas de estudio de la licenciatura en arquitectura la línea de estructuras presenta los conocimientos básicos que los alumnos requieren para el desarrollo de proyectos arquitectónicos. Esta línea en los primeros trimestres, inicia con el estudio de los conceptos fundamentales de la estática, el análisis de vigas y la resistencia de los materiales, para después aplicarlos a los temas de análisis y de diseño estructural.

Para entender y aplicar los conceptos de la mecánica estructural, relacionados con la estática se requieren conocimientos matemáticos, capacidad de abstracción, interés por los temas, y dedicación entre otros aspectos; por lo anterior, se presenta dificultad en el proceso de enseñanza- aprendizaje para el alumno.

Por otra parte, la falta de estrategias de enseñanza-aprendizaje dificulta aún más el proceso para comprender y resolver los ejercicios planteados de forma analítica.

Una forma de brindar ayuda al alumno para desarrollar su potencial y su capacidad de abstracción, es a través de la implementación de modelos físicos didácticos para demostrar los conceptos básicos del desempeño de las estructuras. Esta actividad complementa las explicaciones teóricas, las fórmulas y la solución de ejercicios resueltos por procedimientos gráficos y analíticos.

Entre las diversas estrategias de enseñanza aprendizaje que se aplican universalmente en el sistema educativo, aquella que hace uso de modelos físicos y mecánicos como recurso didáctico, reporta usualmente un alto nivel de eficiencia comparativamente con otros métodos. (TURATI, prólogo al libro de MORENO, C .et al. (2003).

Antecedentes del proyecto

El interés sobre comportamiento de las estructuras sometidas a la acción sísmica no es un tema nuevo para este proyecto. De hecho se han realizado diversos prototipos anteriormente con ese propósito.

De tiempo atrás se viene desarrollando en el LME equipo didáctico en forma conjunta con el Departamento de Materiales de la División de CBI. Esta colaboración multidisciplinaria permite ampliar el alcance temático de la producción del Laboratorio. Los aparatos SD 63 (Nodo de columna y losa postensada) y SD 65 (Marco de pruebas de carga en modelos de escala reducida) son un par de ejemplos de varios productos de trabajo desarrollados entre ambas entidades.

El proyecto que se presenta puede considerarse un modelo avanzado de la mesa de movimiento horizontal unidireccional involucrando ahora el movimiento en dos direcciones.

Justificación

Generalmente los dispositivos para simulación de sismos se diseñan y producen para un movimiento en una dirección y dos sentidos. Bien sabemos que los sismos tienen trayectorias complejas y aparentemente erráticas, basta observar en un sismoscopio la graficación de sus trayectorias con un

trazo ciertamente complejo. Una mesa con movimiento bidireccional en ejes transversales accionada con mecanismos de velocidad controlada independiente para cada una de las dos direcciones permitiría sin duda una simulación del fenómeno con mayor cercanía a la realidad.

Estructuras de varios niveles y distintas geometrías de su planta podrán insertarse en una plataforma multi perforada. Su respuesta a empujes laterales en dos direcciones indicará, en atención a la ubicación del centroíde de la figura, la necesidad o no del ajuste de la geometría, las juntas constructivas recomendables y la conveniencia de la incorporación de elementos de refuerzo diagonal (contravientos) para lograr mayor rigidez y disminuir las deformaciones, según el caso.

Aplicación curricular: Este prototipo es aplicable a los cursos de Diseño, Cálculo Estructural y Sistemas Constructivos y Estructurales en la licenciatura de Arquitectura y de Elementos y Estructuras de Concreto en la licenciatura de Ingeniería Civil.

3.3 Objetivos y metas.

Objetivo General

Desarrollar una mesa de movimiento bidireccional horizontal con control autónomo en cada dirección que permita observar las deformaciones en estructuras de distinta geometría y altura sujetas al empuje de fuerzas laterales combinadas.

Objetivos Específicos

1. Simular la acción de fuerzas laterales similares al comportamiento de eventos sísmicos y su efecto en modelos estructurales de escala reducida.
2. Mostrar la estabilidad de la estructura cuando se incorporan contravientos.
3. Facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos básicos de las unidades de enseñanza-aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
4. Involucrar a los estudiantes y docentes a través de la elaboración y prueba de elementos y sistemas estructurales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las estructuras, para las licenciaturas de Arquitectura e Ingeniería civil de la UAM Azcapotzalco.
5. Difundir resultados. Participación en eventos relacionados con el tema estructural y didáctico para exposición de resultados y vinculación con proyectos de otras Instituciones de Enseñanza Superior.

Metas

- Diseño y fabricación de una mesa de movimiento horizontal bidireccional para efectos de experimentación con modelos de escala reducida, no disponible en el mercado.
- Elaboración de material didáctico audiovisual complementario con la fundamentación teórica de los principios o conceptos básicos estructurales a demostrar.
- Guía descriptiva del prototipo y su operación.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas de Arquitectura e Ingeniería Civil involucradas con esta temática.

3.4 Metodología de investigación

Metodología del LME para el desarrollo de modelos físicos didácticos para la enseñanza de las estructuras.

- El Laboratorio de Modelos Estructurales (LME) ha desarrollado una ruta metodológica de investigación que ha sido aplicada en la mayoría de los más de 60 aparatos experimentales que se han diseñado y manufacturado.
- Es por esta razón que en esta propuesta no se discuten diferentes rutas, ya que esa Metodología ha llevado a buen resultado cada uno de los aparatos que el grupo colegiado ha desarrollado.
- Necesidad Académica. El escrutinio del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura, ofrece un panorama de temas en diversas materias cuya comprensión resulta difícil para los estudiantes y que a lo largo de 19 años se han ido ilustrando con aparatos experimentales que usan alumnos y profesores para demostrar fórmulas y explicaciones de pizarrón.
- Discusión colegiada y Bocetos conceptuales. Cada tema es discutido en el Seminario Permanente del LME para que miembros y asistentes ofrezcan ideas sobre requerimientos conceptuales para la materialización de soluciones, de los que se generan algunos bocetos preliminares. La consulta bibliohemerográfica (física y en línea) aporta ideas que se discuten al realizarse dichos bocetos.
- Definición de Comprensión de la calidad demostrativa del aparato. Esos bocetos sirven para definir lo que significa la calidad demostrativa de la ejemplificación del principio funcional que da origen al aparato.
- Análisis de la información disponible. La información generada en esa(s) sesión(es) es organizada y discutida por parte del Grupo en el Laboratorio de Modelos Estructurales para establecer estrategias de materialización para las pruebas iniciales de funcionamiento de los elementos críticos.
- Generación de Modelos Funcionales Iniciales. En esta primera fase de materialización se da preferencia a las pruebas de componentes que son críticos para la calidad demostrativa del principio que da origen al aparato. Dichos componentes son puestos a prueba y con esos resultados son presentados al pleno del Seminario para recibir retroalimentación. Esta parte del proceso es iterativa.
- Planos de Taller. Una vez consensada la posible solución a la Necesidad Académica se procede a ubicar componentes estándar de mercado que puedan facilitar la manufactura y el mantenimiento y a realizar algunos planos de taller para aquellos componentes que son específicos por su configuración y/o requerimientos.
- Otras Aportaciones Conceptuales. Aún en modelo preliminar, los miembros del Seminario cuestionan la posibilidad de incorporar características adicionales (funcionales, constructivas, estéticas) que complementen los conceptos teóricos que se explican a los estudiantes, sobre el tema del aparato.
- Construcción de Prototipos Preliminares. Aunque se mencionan prototipos, comúnmente es la evolución de un mismo prototipo preliminar que se transforma en definitivo al conjuntarse componentes manufacturados ex profeso con componentes de mercado, con las correcciones requeridas.
- Realización de Pruebas Globales. Los miembros del Seminario realizan simulaciones de las

sesiones de clase en las que se utiliza el aparato. De estas pruebas surgen algunas propuestas de mejora que, de ser posible, son incorporadas de inmediato o se programan para el futuro.

- Correcciones Finales. Aquellos detalles que fueron determinados como incorporables de inmediato se habilitan en función de la disponibilidad de tiempo y recursos físicos y económicos.
- Construcción del Prototipo Final. En esta fase se manufactura el empaque y los aditamentos requeridos para la correcta operación del aparato, tanto por profesores como por los alumnos.
- Realización de Planos Definitivos. Para concluir el proceso se generan los archivos electrónicos que documentan las dimensiones del aparato.

3.5 Memoria de diseño.

LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES
Programa de investigación P 047
Proyecto aprobado por CD NO. N-460 2018

Diseño, supervisión y evaluación de prototipos para la experimentación y demostración de los principios mecánicos de las estructuras

Aparato SD 64

Mesa de Desplazamiento Bidireccional

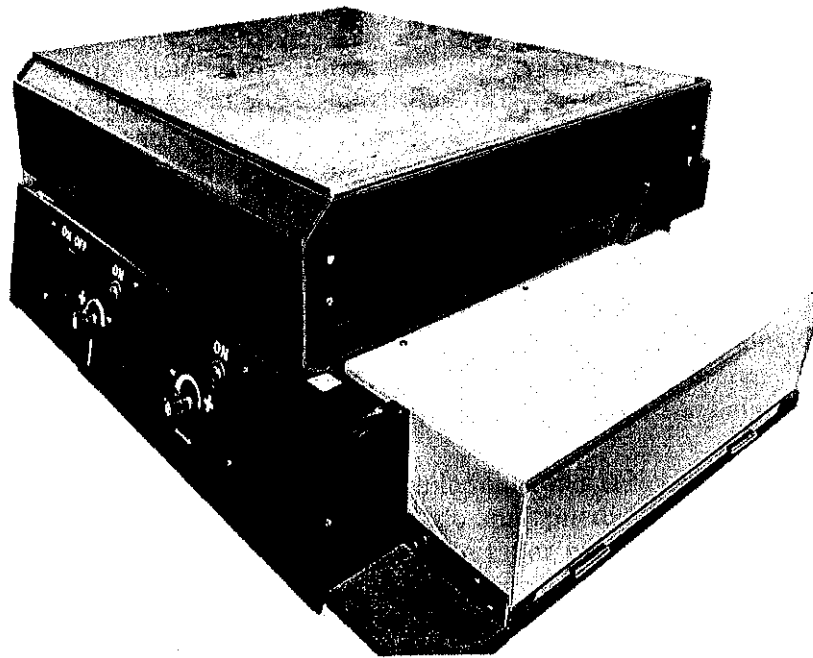


Figura 1. Aparato SD 64.
Mesa de Desplazamiento Bidireccional.
Foto: Antonio Abad Sánchez

3.5.1 Apoyo teórico

Aspectos importantes en el proceso de diseño sismorresistente son los que se refieren a proporcionar una rigidez lateral adecuada al sistema estructural para controlar las deformaciones laterales durante una excitación sísmica; y en caso de lograr esto por medio del uso de elementos rigidizantes, evitar crear problemas de irregularidad estructural en planta y altura.

Una de las opciones más utilizadas para rigidizar lateralmente una estructura es el uso de diagonales (conocidas como contravientos). Las diagonales conforman una armadura en conjunto con los elementos estructurales de los marcos, lo que resulta en la axialización del comportamiento de diagonales, y las vigas y columnas que les proveen soporte, y en un incremento notable en la rigidez lateral de un sistema estructural. Una distribución inadecuada de las diagonales, tanto en planta como en altura, puede causar una concentración de deformación lateral en algunas porciones de los marcos, lo que resulta en daño excesivo que se localiza en unos cuantos elementos estructurales, lo que a su vez puede resultar en el colapso parcial o total del sistema estructural (Terán Gilmore 2012).

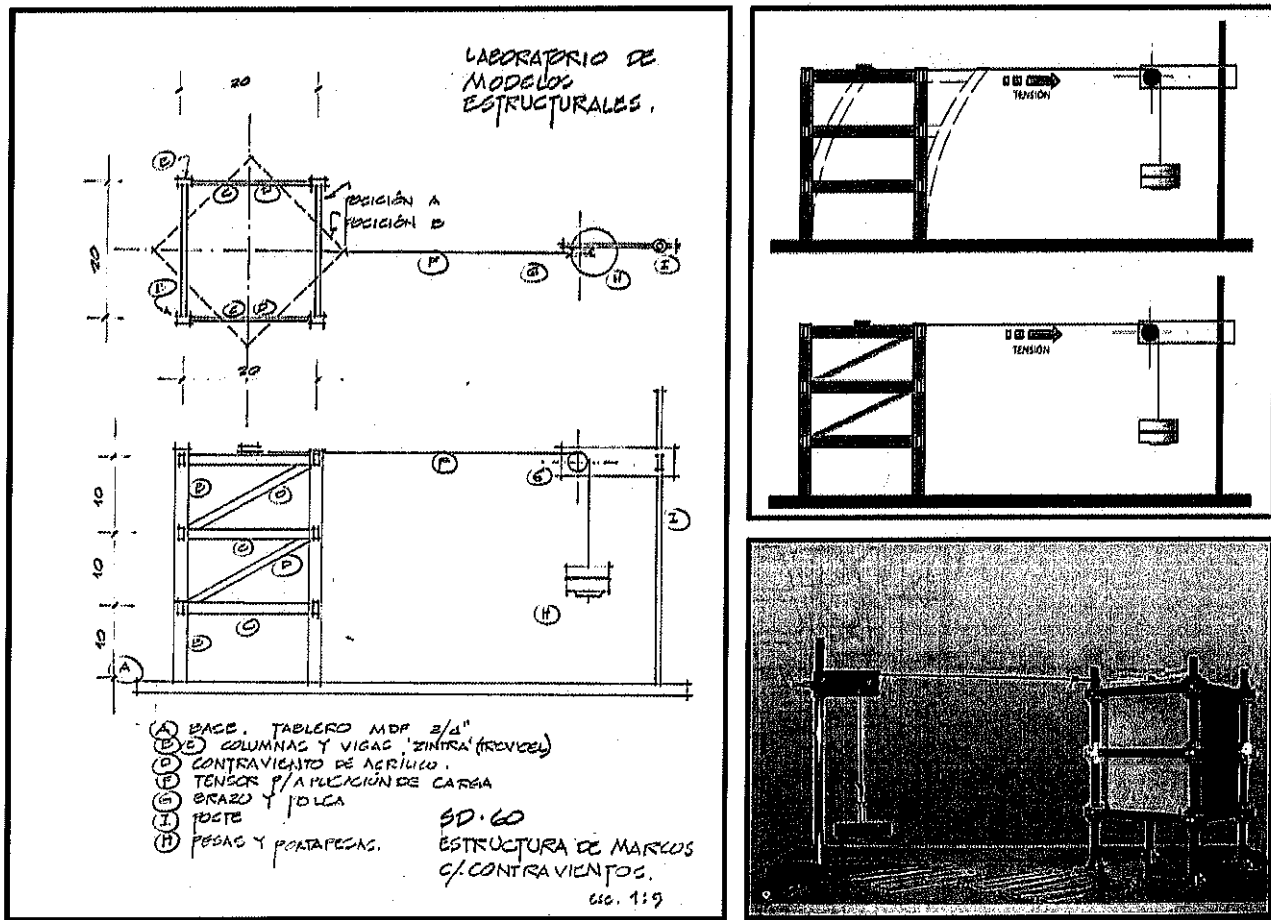


Figura 2. Aparato SD60 Estructura de marcos con contravientos

Imágenes: Archivo del Laboratorio de Modelos Estructurales

Un marco rígido es una estructura formada por vigas y columnas, que se encuentran unidas en sus extremos por conexiones indeformables (o rígidas). Como consecuencia, los elementos de un marco rígido desarrollan de manera predominante deformaciones a flexión cuando se les sujeta a la acción de cargas externas. En caso de cargas laterales, las vigas y columnas tienden a deformarse en doble curvatura, desarrollando un punto de inflexión hacia el centro de su claro. Debido a la dificultad de controlar las deformaciones a flexión en sus vigas y columnas, aportarle una rigidez lateral a un marco rígido implica utilizar elementos robustos que por lo general pesan de dos a tres veces más que aquellos que se utilizarían en una estructura similar que solo tuviera que soportar cargas verticales. Las siguientes son características y particularidades asociadas al uso de marcos momento-resistentes (Terán Gilmore 2012):

- Manejo flexible de espacios arquitectónicos e iluminación;
- Aunque exhiben una capacidad de deformación adecuada, en algunos casos puede ser difícil controlar su desplazamiento lateral dentro de límites razonables de economía;
- Permiten una distribución razonable de resistencia, rigidez y capacidad de deformación, tanto en planta como altura;
- Permiten que varios elementos estructurales participen de manera importante para resistir las cargas laterales, así como su redistribución en la estructura y la cimentación;
- *Zonas Críticas.* Las conexiones vigas-columnas. Asimismo, los extremos de vigas y columnas. Es necesario cuidar el nivel de fuerza axial en las columnas ubicadas en el perímetro y esquinas del edificio;
- *Observaciones.* Es conveniente utilizar elementos estructurales esbeltos (relación de esbeltez mínima de 4:1).

La Figura 3 muestra de manera esquemática el trabajo de un marco rígido sujeto a cargas laterales. Puede observarse que tanto vigas como columnas desarrollan doble curvatura, lo que implica que sus mayores momentos flexionantes derivados de la carga lateral se desarrollen en sus extremos. Las conexiones del marco se constituyen en zonas de alta discontinuidad geométrica, por lo que deben diseñarse y detallarse cuidadosamente para acomodar sus altos niveles de esfuerzo.

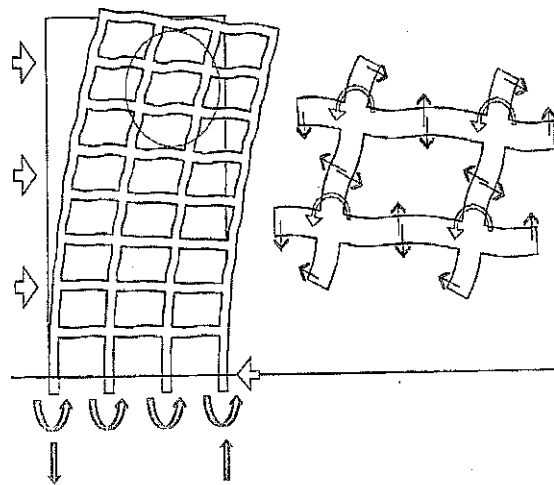


Figura 3. Características de la respuesta ante sismo de un marco rígido (figura tomada del libro *Sistemas de Estructuras*, escrito por Heino Engel)

Conforme se muestra en la Figura 4, una manera de controlar la deformación lateral de un marco rígido consiste en usar diagonales. Sin embargo y tal como se ilustra en la misma figura, una distribución irregular de las diagonales puede dar lugar a una concentración excesiva de deformación lateral en unos cuantos pisos, lo que resultaría en el daño excesivo de los mismos y la posibilidad de un colapso parcial o total.

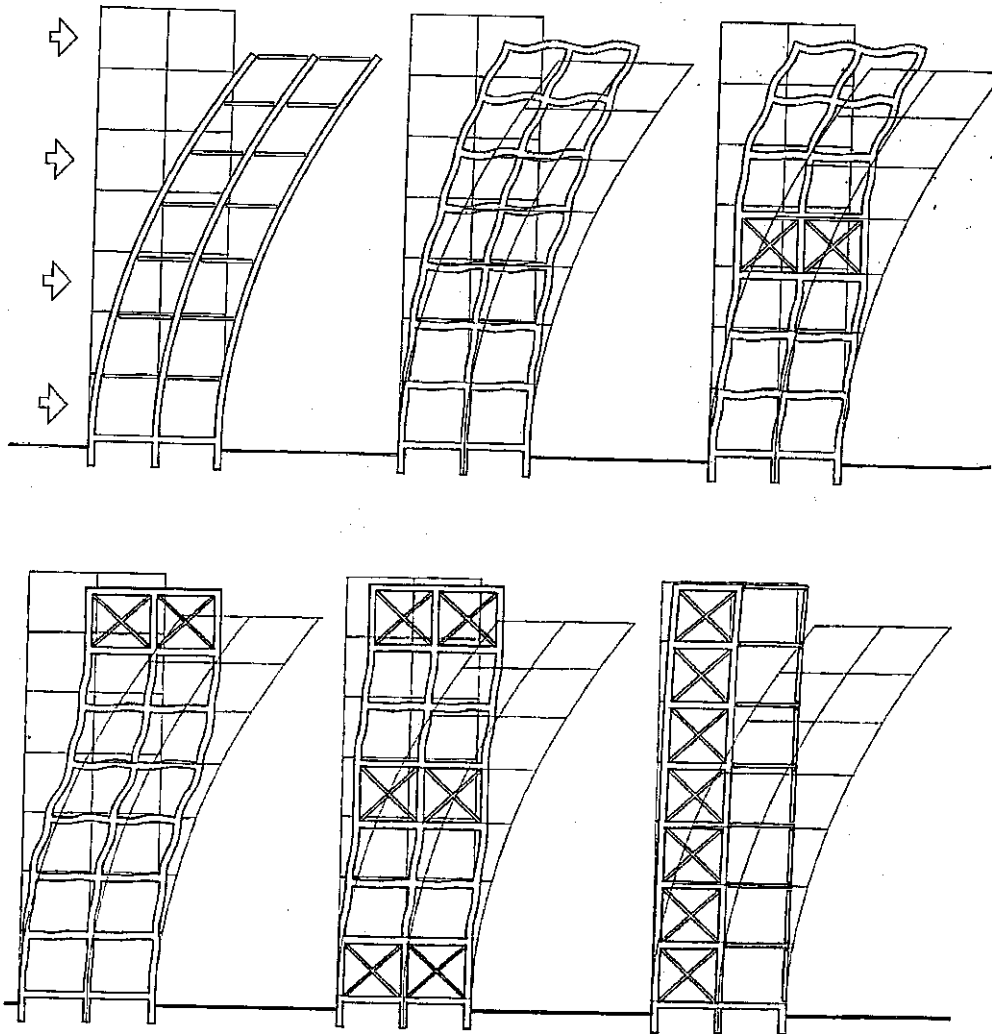


Figura 4. Influencia del uso de diagonales en la respuesta lateral de sistemas estructurales (figura tomada del libro Sistemas de Estructuras, escrito por Hendrich Engel)

La configuración geométrica de la armadura, formada por las vigas y columnas de los marcos y las diagonales, dependerá principalmente de las necesidades de espacio, estética, funcionamiento, seguridad estructural, disponibilidad de los materiales, costo y rapidez constructiva del proyecto arquitectónico. Las siguientes son características y particularidades asociadas al uso de marcos rigidizados con diagonales:

- Los contravientos así como sus elementos de soporte trabajan en lo fundamental a fuerza axial;
- El marco rigidizado exhibe de moderada a alta rigidez en su plano, lo que le constituye en una buena opción para controlar el desplazamiento lateral de un edificio;
- Aunque resultan en un manejo poco flexible de espacios interiores, permiten un manejo flexible de la iluminación en el edificio;
- El comportamiento lateral del sistema depende de manera importante de la relación de esbeltez de los contravientos;
- Los contravientos tienden a concentrar la resistencia lateral, de tal manera que si no se distribuyen en varias crujías puede llegar a ser difícil proporcionar al edificio una distribución razonable de resistencia, rigidez y capacidad de deformación, tanto en planta como altura;
- *Zonas críticas.* Necesario cuidar el diseño de las columnas de soporte y de la cimentación;
- *Observaciones.* Necesario detallar con cuidado los contravientos, especialmente en lo que se refiere a su conexión con la estructura y su radio de giro (evitar problemas de pandeo).

Es posible utilizar diferentes configuraciones según las necesidades del proyecto. En general, su eficiencia crece conforme su ángulo de inclinación se acerca a 45 grados.

La Figura 5 muestra de manera esquemática el trabajo que desarrolla un sistema de contravientos cuando se le sujeta a la acción de fuerzas laterales. Debido a la disposición en diagonal de los contravientos, una crujía contraventeada se constituye en una gran armadura que está apoyada en su base. Conforme a lo mostrado, es común que un elevado porcentaje del momento de volteo basal tenga que acomodarse a través de las fuerzas axiales desarrolladas en las columnas que apoyan a los contravientos.

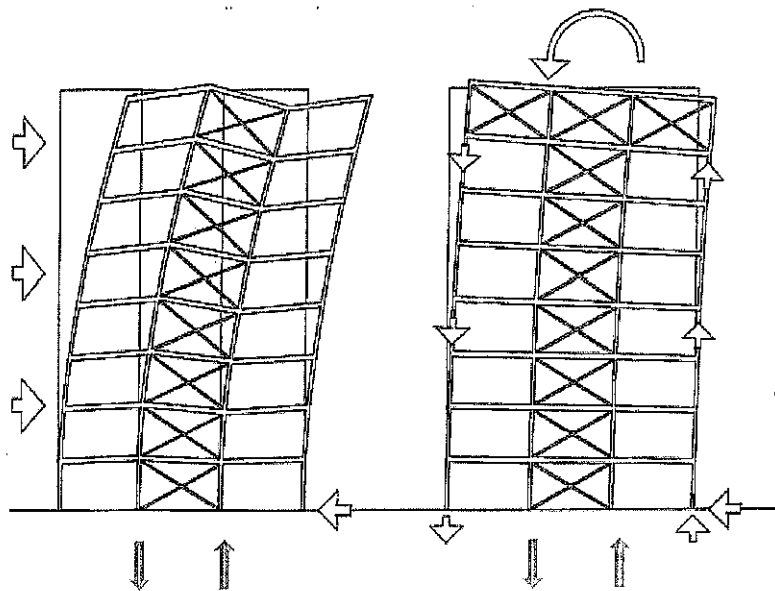


Figura 5. Características de la respuesta ante sismo de un marco rigidizado con contravientos (figura tomada del libro *Sistemas de Estructuras*, escrito por Hendrich Engel)

3.5.2 Desarrollo del prototipo

Características del modelo

Una mesa con movimiento bidireccional en ejes transversales accionada con mecanismos de velocidad controlada independiente para cada una de las dos direcciones permitirá sin duda una simulación del fenómeno con mayor cercanía a la realidad.

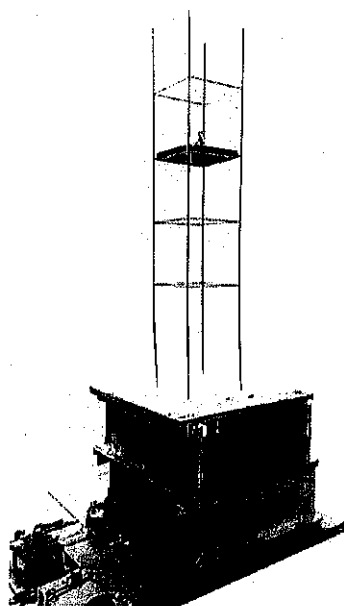


Figura 6. Primer modelo de la mesa de desplazamiento bidireccional

Foto: Antonio Abad Sánchez

El objetivo es desarrollar una mesa de movimiento autónomo en cada dirección transversal que permita observar las deformaciones en estructuras de distinta geometría y altura sujetas al empuje de fuerzas laterales combinadas.

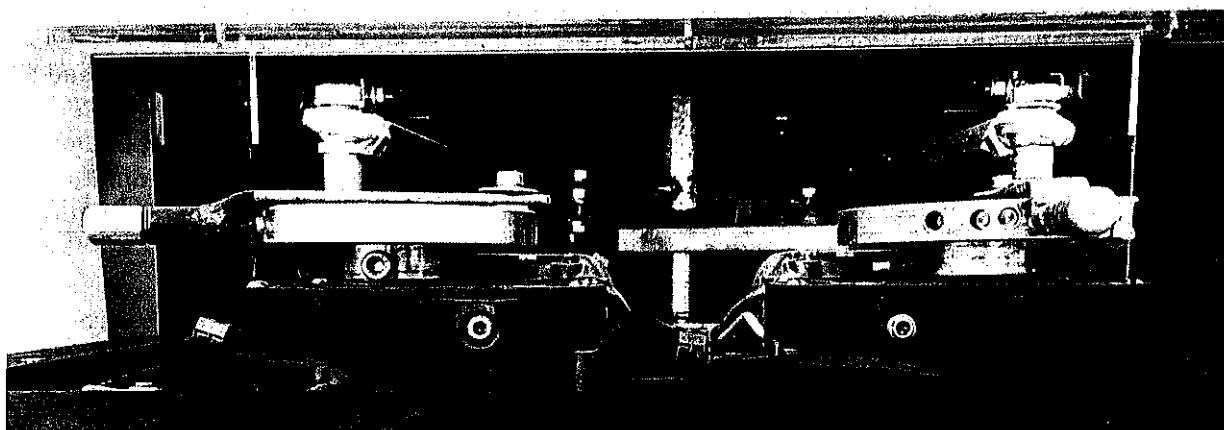


Figura 7. Motorreductores de velocidad

Foto: Antonio Abad Sánchez

A diferencia del SD66, este prototipo lleva una superficie superior de placa de aluminio de 3/16" de grosor, barrenada sobre una retícula de 40 mm para sostener las probetas con zapatas y tornillos.

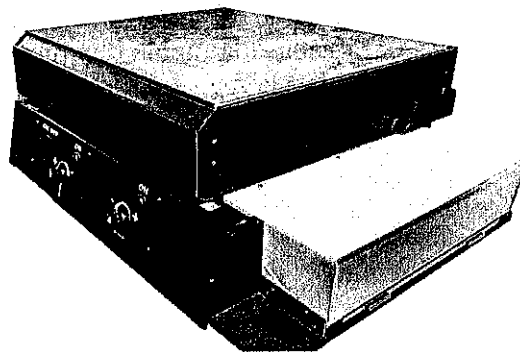


Figura 8. Mesa de desplazamiento bidireccional
Foto: Antonio Abad Sánchez

Descripción

Generalmente los dispositivos para simulación de sismos se diseñan y producen para un movimiento en una dirección y dos sentidos. Bien sabemos que los sismos tienen trayectorias complejas y aparentemente erráticas, baste observar en un sismógrafo la graficación de sus trayectorias con un trazo ciertamente complejo. Una mesa con movimiento bidireccional en ejes transversales accionada con mecanismos de velocidad controlada independiente para cada una de las dos direcciones permitirá sin duda una simulación del fenómeno con mayor cercanía a la realidad.

La mesa de desplazamiento bidireccional no constituye un reto sencillo en su diseño, ya que a diferencia del modelo SD 66 requiere en realidad de una duplicidad de los mecanismos necesarios para la mesa unidireccional. Se integra por un arnés que soporta dos plataformas superpuestas conectadas por una flecha vertical encamisada con un elemento tubular que le permite movimiento autónomo a cada una. Para ello se cuenta efectivamente con un set doble de los sistemas y mecanismos descritos anteriormente, lo cual otorga independencia de control de velocidad y frecuencia a cada plataforma. Por supuesto se entiende que la mesa superior (en la cual se fijan las probetas a ensayar) puede funcionar de manera autónoma, de tal modo que la inferior puede permanecer sin movimiento propio hasta que se desee movilizarla, como se ha dicho, en forma autónoma a la superior, pero cuando ambas están en movimiento tienen una acción interdependiente. Estas características de control electromecánico permiten combinar a voluntad los movimientos de ambas mesas para lograr desplazamientos que se asemejan, como se ha dicho, más cercanamente a la trayectoria aleatoria de los sismos.

El objetivo es desarrollar una mesa de movimiento horizontal autónomo en cada dirección transversal que permita observar las deformaciones en estructuras de distinta geometría y dimensión de altura sujetas al empuje de fuerzas laterales combinadas. Esto permitirá simular la acción de empujes laterales similares al comportamiento de los eventos sísmicos y posibilita la observación de su efecto en modelos estructurales de escala reducida con características geométricas y de diseño diversas.

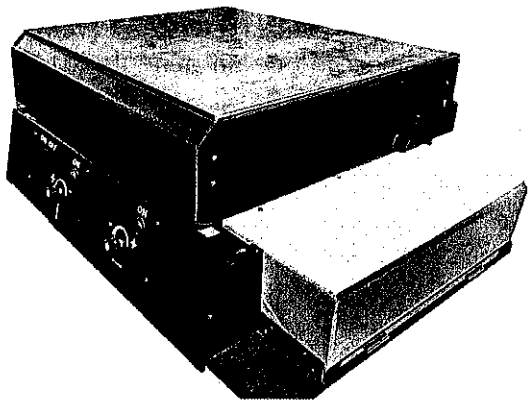


Figura 9a.
Mesa de desplazamiento bidireccional
Foto: Antonio Abad Sánchez

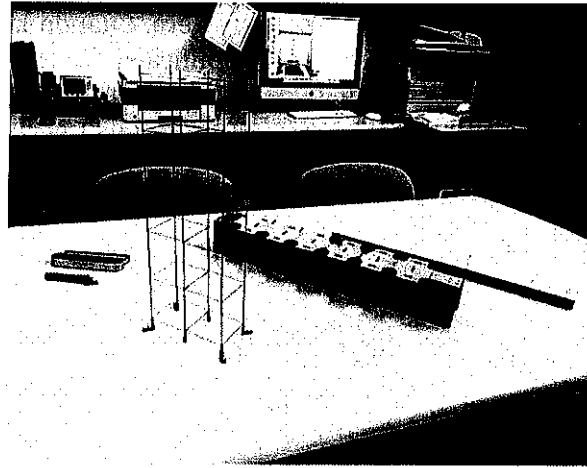


Figura 9b.
Componentes para la fabricación de probetas
Foto: Ricardo Jiménez

Elaboración de probetas y dispositivos

Nos referiremos al proceso de realización de los componentes complementarios de experimentación para la mesa SD 64. Hemos subrayado anteriormente que el proyecto del Laboratorio requiere de la participación de especialistas en distintos campos del diseño que, como es el caso del diseño industrial, lleva un porcentaje alto de la responsabilidad del éxito de aparatos y mecanismos. El producto último de cada uno de ellos, desde el más sencillo hasta el de mayor exigencia de funcionamiento y complejidad requieren de pasos intermedios antes de llegar al resultado final.

Se ilustran en la Figura 9a) el cuerpo del Aparato SD 64 así como varios componentes (Figura 9b) para la fabricación de una probeta para la mesa bidireccional: se trata de una estructura metálica modular de marcos fabricada con filamentos de acero templado (calibrado en milésimas de pulgada) unidos en sus nodos con resina epóxica curada con luz ultravioleta. Se observa también el cartabón que sirvió de base para el doblado de filamentos y otro más elaborado en MDF con corte láser que sirvió para ensayar las uniones con soldadura, procedimiento éste último que fue desechado debido a que el material de la probeta no resistió la temperatura necesaria para esa técnica de unión. Aquí es destacable la importancia de la labor previa a la entrega de un modelo definitivo, desde la concepción inicial de diseño, la selección de materiales y procedimientos hasta la ejecución del prototipo. Todo ello como parte de la metodología descrita anteriormente.

Sistemas de marco rígido sometidos a fuerzas horizontales

Para mejorar el comportamiento de los edificios de varios niveles, y garantizar un comportamiento adecuado, es importante conocer las condiciones de regularidad (Capítulo 5, NTC-S 17). Una de ellas es la regularidad del peso en elevación, en la que se pide que el peso en un nivel, no supere el 20 del peso del nivel inferior. Para ejemplificar el efecto de la posición de la masa en la altura, se emplea un modelo de la estructura formada por un marco al que se le pueden instalar masas que simulen las

losas mediante elementos de madera. Cuando las masas son iguales, se tiene un comportamiento regular de la estructura. Se ejemplifica el efecto de colocar masas adicionales colocando pesas sobre las losas. Una condición indeseable, es concentrar las masas en la parte alta de la estructura (ver figura 10a), lo que ocasiona que el edificio tenga un comportamiento marcado de un péndulo invertido (Bazán, 1998).

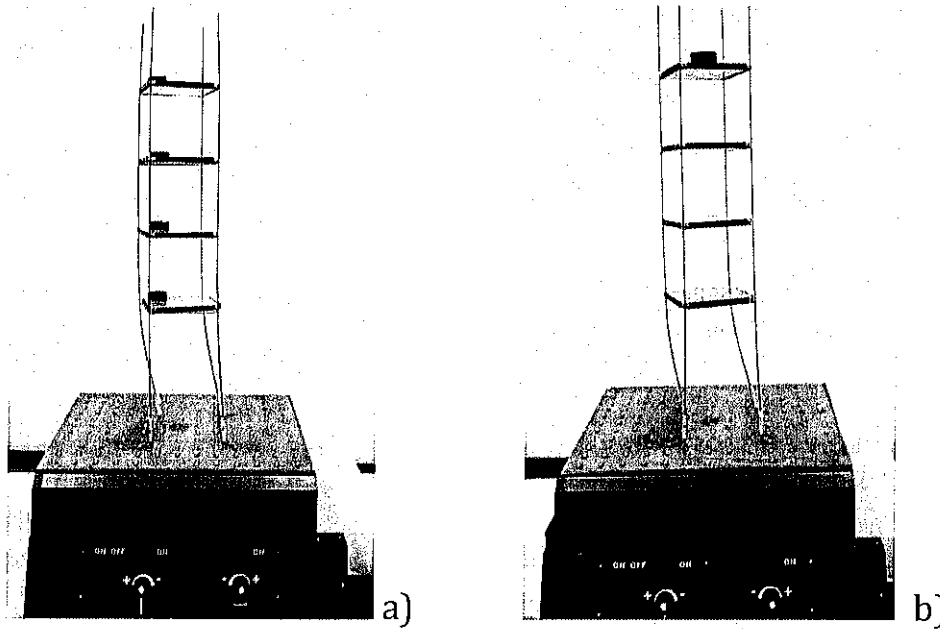
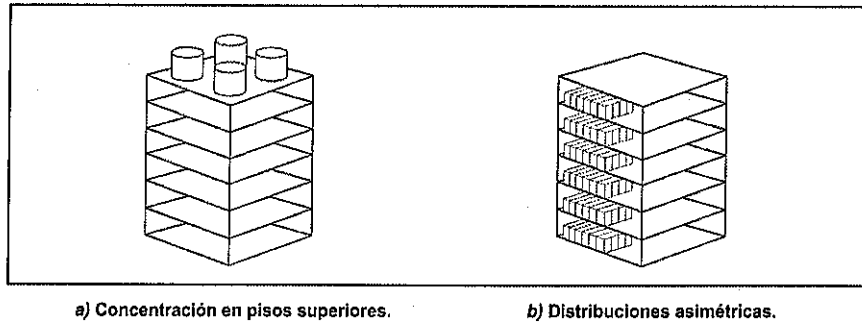


Figura 10. Estructuras deformadas por torsión: a) por excentricidad de masas y b) por masa excesiva en último nivel.

Otra condición que puede mostrarse, es la ubicación de las masas en la planta. Cuando las masas se colocan en el centroíde y la estructura se somete a desplazamientos en una dirección, se tiene únicamente movimiento traslacional, pero cuando la masa se coloca con una excentricidad en la planta, además del movimiento traslacional, se presenta un movimiento torsional indeseable (ver figura 10b), lo que implica un incremento de las fuerzas cortantes en las columnas exteriores.



a) Concentración en pisos superiores.

b) Distribuciones asimétricas.

Figura 11. Distribución indeseable de la masa en elevación a) en altura, b) en planta. (Bazán, 1998).
Imagen proporcionada por el Dr. Eduardo Arellano Méndez

Otras condiciones que aumentan la vulnerabilidad de las estructuras ante un sismo, es la ubicación irregular de los elementos rígidos como cubos de elevadores, muros o contravientos, que colocados de forma asimétrica con la planta de la estructura, tienden a torcer la estructura (ver figuras 11 y 12). Dicho comportamiento, se logra ejemplificar usando el dispositivo SD 64 colocando la estructura de acero templado con contravientos en dos caras perpendiculares y generando efectos de torsión.

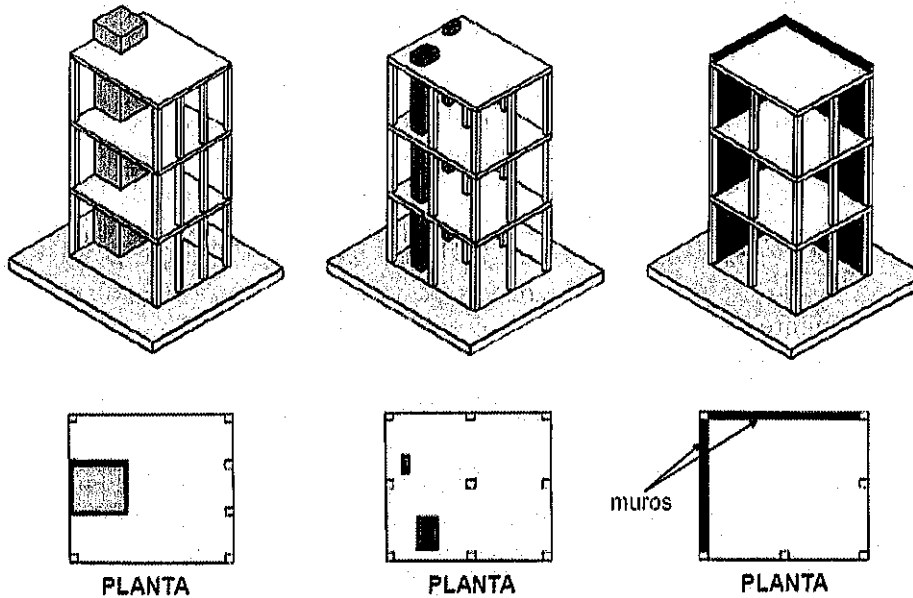


Figura 12. Distribución indeseable de los elementos rígidos en planta (CENAPRED, 2016.)
 Imagen proporcionada por Eduardo Arellano Méndez.

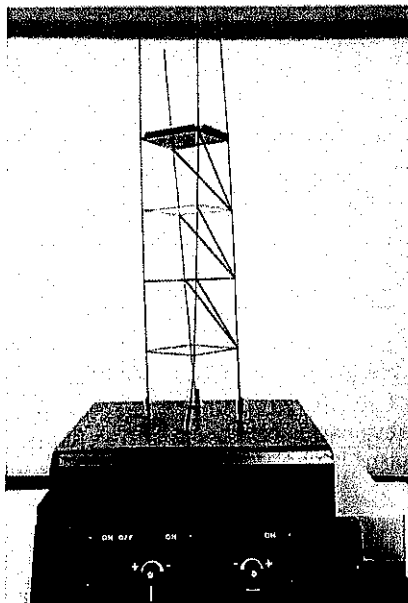


Figura 13. Torsión en estructura de marcos con dos caras adyacentes arriostradas. Foto: Ricardo Jiménez

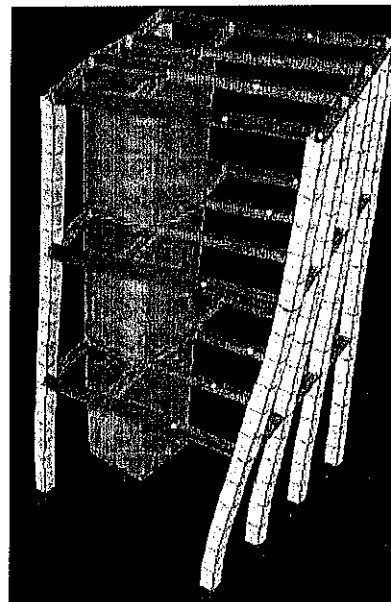


Figura 14. Torsión en estructuras por la excentricidad de elementos rígidos (CENAPRED, 2016).

Configuraciones sencillas y de geometría regular resultan generalmente en comportamiento más estable ante la incidencia de cargas laterales. Caso contrario, la irregularidad de la geometría de un edificio puede incidir en cambios de rigidez o resistencia y por consecuencia en concentraciones importantes de esfuerzo y deformación ante la acción de un sismo intenso.

Desempeño de las probetas

La mesa bidireccional tiene múltiples aplicaciones permitiendo mostrar el comportamiento de estructuras de diversa geometría y altura, así como el efecto que la incidencia de fuerzas horizontales combinadas puede provocar en estructuras de geometría irregular o no simétrica en su disposición en planta donde el centro de gravedad no coincida con el centro de masa del cuerpo en cuestión.

En la figura 12 se observa el comportamiento de una torre esbelta de geometría simétrica en sus dos ejes horizontales al influjo de fuerzas horizontales combinadas que le producen deformaciones importantes, especialmente en el piso blando que presenta un comportamiento frágil en su planta baja, debilitado por la esbeltez de sus columnas largas en ese nivel.

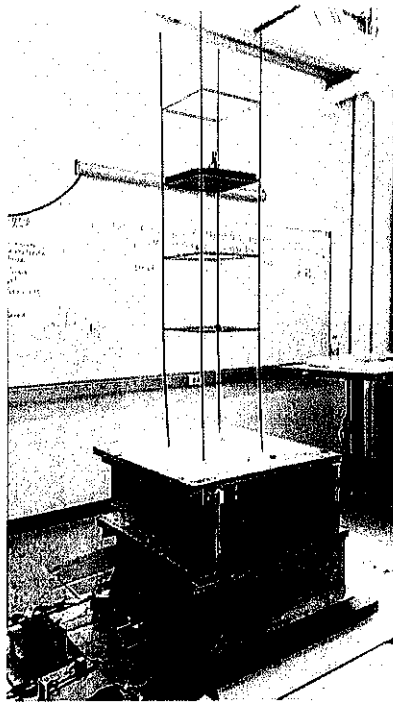


Figura 15. Modelo funcional en etapa de evaluación con estructura de planta cuadrada con piso blando
Foto: Antonio Abad Sánchez

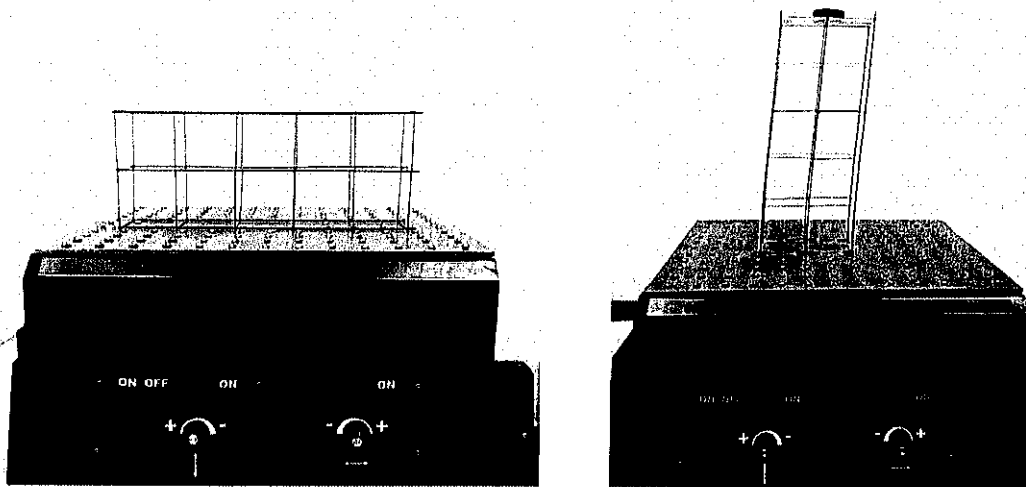


Figura 16. Diferente comportamiento de las estructuras de dos y cinco niveles de acuerdo a su altura y área de apoyo
Fotos: Ricardo Jiménez

En la figura 16 puede observarse una estructura de dos niveles dispuesta horizontalmente que no presenta deformación apreciable ante el empuje lateral en dos direcciones en virtud de su amplio contacto con la base y su reducida altura, en tanto que la misma estructura al ser colocada verticalmente reduce la superficie de contacto con la base y aumenta en tres veces su brazo de palanca lo cual resulta en visibles deformaciones.

Operación

El prototipo funciona por medio de la corriente eléctrica; al encenderse se cuenta con 3 interruptores, el interruptor general para dar corriente a los siguientes.

Los dos interruptores siguientes son para accionar los motorreductores, los cuales controlan la velocidad de desplazamiento de ambas direcciones de la mesa por separado y manualmente se les da la velocidad deseada para poder demostrar mediante la probeta en distintas posiciones, el efecto de un sismo.

La probeta, elaborada de un alambre especial, se coloca de dos formas distintas en la base perforada del Aparato SD64; en forma vertical las patas de la probeta se anclan a las bases diseñadas especialmente para esto, las cuales cumplen la función de la base de la estructura del edificio y que le permiten dar rigidez. En cuanto a la forma horizontal, la probeta simplemente se recuesta para representar un edificio de 2 niveles que al accionar los motores del Aparato SD64 vemos que no sufre gran daño o no representa grandes deformaciones como en un edificio/estructura de 5 niveles.

3.5.3 Memoria Descriptiva

Mesa de Movimiento Bi-direccional

La mesa de movimiento Bidireccional está compuesta por los siguientes sistemas:

1. Base General
2. Componentes adicionales de la Base General
3. Panel Frontal
4. Soporte de Correderas Deslizantes Longitudinales
5. Soporte de Correderas Deslizantes Transversales
6. Cubierta de Superficie Transversal
7. Mecanismo de Transmisión de Movimiento
8. Motorreductores
9. Controladores Electrónicos de Velocidad
10. Superficie Perforada
11. Cable de Alimentación General

Base General

Placa de partículas aglomeradas de madera de 3/4" x 50 cm x 71.5 cm pintada con esmalte automotivo negro. Lleva cuatro patas de Nylon negro torneadas de 1/2" de altura por 3" de diámetro. Sobre ella se montan todos los demás sistemas.

Lleva dos soportes del mismo material en forma de triángulo truncado de 7.2 cm de base x 11 cm de altura y 4.8 cm en la cara superior. Sobre estos soportes se atornilla la ceja superior termoformada del Panel Frontal, con tornillos allen de acero inoxidable con cabeza de gota. Esos soportes sirven de tapas laterales para el Panel.

Lleva además tres soportes intermedios de triplay con recubrimiento de melamina blanca, de la misma forma y dimensiones que los soportes extremos.

Componentes Adicionales de la Base General

Estos Componentes son seis: Una Tapa Lateral Izquierda, una Tapa Trasera, Una Cubierta de Motorreductores, una tapa de la Cubierta de Motorreductores, un Remate Inferior Trasero y dos Bisagras de Latón.

La Tapa Lateral Izquierda esta manufacturada de Trovicel rojo de 3 mm. Sus dimensiones son 51 cm en la arista inferior x 46 cm en la arista superior x 12 cm de altura.

La Tapa lleva un dobléz en ángulo recto, hacia el interior de la Mesa, en su arista superior, de 5 cm.

La arista frontal lleva el mismo ángulo que el Panel Frontal y lleva un corte triangular en el vértice superior frontal para permitir el deslizamiento de la Mesa Transversal, Ese corte mide 2 cm en el cateto horizontal x 3 cm en el cateto vertical.

Esta Tapa lleva 6 barrenos pasados de 1/8". Dos a 1.5 cm del borde frontal, dos a 2 cm del borde posterior y dos en la arista inferior. Todos ellos para fijar la Tapa a los soportes interiores de la Mesa. Todos los tornillos son de 1/8" de diámetro x 3/4 " de longitud.

La Tapa Trasera es de Trovicel rojo de 3 mm. Sus dimensiones son de 56 cm de longitud x 15 cm de altura.

Esta Tapa lleva cinco barrenos. Cuatro de ellos son de 1/8" de diámetro para permitir el paso de los tornillos que la fijan a los soportes internos de la Mesa. El quinto barreno es de 5/16" y sirve para permitir el paso de Cable General de Alimentación.

En su lateral derecho, la Tapa lleva un dobléz en ángulo recto para cubrir un espacio dejado por necesidades dimensionales de los movimientos de la Mesa. Ese dobléz lleva un corte rectangular de 1 cm x 11 cm en su arista frontal y que sirve para dar cabida a la superficie superior de la Cubierta de Motorreductores.

La Cubierta de Motorreductores es una "U" fabricada de acrílico transparente de 3 mm. Sus dimensiones son 40 cm de longitud x 17 cm de ancho x 10 cm de altura.

Esta pieza fue termoformada y se atornilla a dos Soportes de partícula aglomerada de madera, esmaltada en negro, a través de dos tiras de acrílico, una frontal de 10 cm x 3 cm y otra trasera de 16 cm x 3 cm, por medio de tornillos de 1/8" x 3/4", de tal manera que dos tornillos se insertan en la madera y dos se insertan en las caras laterales de la Cubierta.

La Tapa de la Cubierta de Motorreductores es de acrílico transparente termoformada en forma de "U" con una perilla de plástico que sirve girarla a través de dos bisagras de latón atornilladas a la Base de la Mesa. Este giro permite el acceso a la leva que regula la longitud del desplazamiento de cada una de la Superficies.

Las medidas de la Cubierta de Motorreductores son de 39.8 cm de longitud x 9.8 cm de ancho x 3 cm de profundidad. Sobre esta superficie de 3 cm es por donde pasan los tornillos que unen a la Cubierta con las bisagras.

El remate inferior trasero es una tira de Trovicel rojo de 6 mm que se requiere para empatar las medidas de la Mesa con los demás componentes traseros.

Las Bisagras de Latón son dos piezas de 1.5" de longitud por 1/2" de ancho por cada uno de sus lados.

Panel Frontal

Manufacturado de acrílico negro de 3 mm x 13 cm de altura por 60 cm de longitud. Lleva una ceja termoformada en la parte superior de 4.3 cm de longitud.

Lleva tres interruptores eléctricos. Uno general que energiza todo el sistema y uno para llevar energía al potenciómetro que controla la velocidad de cada uno de los Motorreductores. Ese interruptor lleva letras blancas indicando el estado de On/Off.

Sobre la cara frontal del Panel, se montaron gráficos blancos de PVC autoadherible para indicar el movimiento que activan y el sentido en el que se incrementa el movimiento.

Sobre la cara frontal lleva seis tornillos allen de acero inoxidable que sirven para retener al Panel sobre los soportes intermedios de triplay.

Soportes de Correderas Deslizantes Longitudinales

Lleva dos soportes como se describen en los párrafos siguientes y están atornillados sobre la Base General, uno al frente y otro atrás, a 33 cm de distancia.

Están manufacturados por dos tramos de PTR de 3 cm x 2 cm x 12 cm de longitud, en posición vertical.

Estos tramos están soldados contra un tramo del mismo PTR, a 32 cm de distancia. Ese tramo de PTR mide 43 cm de longitud. Sirve de apoyo para dos ángulos de aluminio de lados desiguales, uno vertical de 7.5 cm de longitud y el otro horizontal de 2 cm de longitud, sobre los que se montan las superficies deslizantes.

Los ángulos de aluminio van atornillados sobre las caras laterales de los tramos cortos de PTR y llevan tres tornillos equidistantes con un separador de tubo de aluminio de $\frac{1}{4}$ " de diámetro, para mantener el paralelismo de esos ángulos de aluminio.

Sobre las caras horizontales de cada par de ángulos de aluminio va atornillada la superficie de soporte para las correderas deslizantes de la superficie Longitudinal. Esa superficie es de partícula aglomerada de madera de $\frac{1}{2}$ " x 45 cm de ancho x 47 cm de longitud.

Esa superficie de soporte longitudinal lleva un barreno central pasado de 3 cm para permitir el paso del Eje de Tracción para la superficie transversal.

Soportes de Correderas Deslizantes Transversales

El sistema de soportes es similar al de las Correderas Longitudinales pero de dimensiones más reducidas.

La longitud total es de 40 cm con los soportes verticales de PTR distanciados a 36 cm. Los ángulos de aluminio son de dimensiones idénticas a los descritos pero su longitud es de 40 cm. Los ángulos de aluminio llevan dos tornillos equidistantes con su separador de tubo de aluminio de $\frac{1}{4}$ ", para mantener su paralelismo.

El mecanismo de deslizamiento es el mismo que en la mesa longitudinal, con dos superficies deslizantes en medio de los ángulos de aluminio.

Las dimensiones de la mesa transversal son de 40 cm x 40 cm x $\frac{1}{2}$ " de espesor, manufacturada de partícula aglomerada de madera.

Cubierta de Superficie Transversal

Manufacturada de Trovicel rojo por termoformado en sus cuatro aristas interiores.

Sus dimensiones generales son de 54 cm de longitud x 50 cm profundidad x 12 cm de altura.

Con el objetivo de generar variedad visual, a la cara frontal que debía haber sido doblada a 90 grados hacia atrás se le dejó una superficie en ángulo a 45 grados, de 4 cm de longitud.

Con el objetivo de generar una superficie que ocultara el interior de la Mesa en la zona en la que colindan la superficie longitudinal y la superficie transversal la arista frontal inferior de esta Cubierta tampoco se dobló a 90 grados sino a 60, creando una cara que casi cierra el espacio mencionado pero sin generar roce en su parte distal.

Por la cara superior, esta Cubierta, lleva un barreno pasado de $3/16''$ para dejar paso a un tornillo allen de cabeza plana que es el que retiene la Superficie Perforada.

De igual manera, se le realizaron seis incrustaciones de balines de acero de $3/8''$, equidistantes del centro, para que sobre ellos pueda deslizar la Superficie Perforada.

Esta cubierta lleva cuatro soportes en ángulo, del mismo material (Trovicel de 3 mm), para atornillar las tapas laterales, que cubren el mecanismo de transmisión de movimiento. Cada uno de esos soportes lleva dos barrenos roscados de $1/8''$. Esos soportes van adheridos a las caras interiores de la Cubierta por medio de pegamento.

Las tapas laterales fueron manufacturadas de Trovicel negro de 3 mm.

La tapa derecha mide 50 cm x 12 cm y lleva un corte en diagonal a 45 grados, en el frente, para emular la forma de la cara frontal de la Cubierta. También lleva cuatro barrenos pasados, dos al frente y dos en la parte de atrás, que coinciden con los de los soportes internos de la Cubierta.

La tapa izquierda, más corta en altura, mide 50 cm x 9 cm. Esto debido a que la Tapa de la zona de movimiento transversal tiene un excedente superior para cerrar la vista de los mecanismos interiores de esa parte inferior.

De igual manera que la tapa derecha, lleva un corte en diagonal a 45 grados en la zona superior frontal y lleva cuatro barrenos con la misma configuración que los soportes interiores de la Cubierta, para poder ser atornillada a ésta.

Mecanismo de Transmisión del Movimiento

Este Mecanismo se compone de varios elementos, a saber: Levas de Control de Desplazamiento, Rodamiento Antibloqueo, Palancas de Acción, Bloque de Nylon, Soporte Torneado y Baleros y Guías de Deslizamiento.

Las Levas de Control de Desplazamiento son formas irregulares con un eje excéntrico, que se articulan con cada uno de los Motorreductores y están manufacturadas de placa de Cold Rolled de $3/8''$ sobre las que se monta una solera de cold rolled de $1/2''$ x 8.5.

En uno de sus extremos lleva un barreno pasado de $5/32''$ para permitir el paso de un tornillo de $1/8''$ diámetro y que funge como eje de giro para el Seguro de Desplazamiento de la Leva, que se encuentra en el otro extremo de la solera.

Este Seguro consiste de un perno exterior con un resorte en el interior y un perno de menor diámetro en el otro extremo. Este último entra en cualquiera de los barrenos laterales de la Leva lo que genera el cambio de distancia de desplazamiento.

Al centro de la Solera se encuentra el eje de giro del Rodamiento Antibloqueo, al cual se atornilla la Palanca de Acción de cada Motorreductor a través de un barreno roscado y de una contratuerca para fijar su distancia sin posibilidad de cambio.

Esta última es una varilla cuadrada de cold rolled de $\frac{1}{2}$ " x 28 cm de longitud.

Por el otro extremo, una de las Palancas de Acción se atornilla a un bloque de Nylon que funge como rodamiento para uno de los movimientos.

El Bloque de Nylon mide 15 cm de longitud x 4 cm de ancho x $\frac{5}{16}$ " de grosor y va asegurado contra un tubo de cold rolled de 23 cm de longitud x 1" de diámetro y que es el que transmite el movimiento a la Mesa Transversal.

Encima del Bloque de Nylon se insertó un disco de Celorón de 3" de diámetro x $\frac{1}{2}$ " de grosor para reducir la fricción entre las piezas de este mecanismo.

En el extremo distal del tubo hay otro Bloque de Nylon de similares dimensiones que lleva en un extremo un balero de bolas de 1" de diámetro x $\frac{1}{4}$ " de espesor que recarga sobre una pista de placa de nylon negro, que es la Guía de Deslizamiento, de $\frac{1}{4}$ " de grosor para controlar la dirección del movimiento de la Mesa Transversal.

Este sistema de transmisión de movimiento a través de la Leva y de la Palanca de acción, se repite de manera casi idéntica, en la parte frontal de la Base General para activar la Mesa Longitudinal. La diferencia entre ambos mecanismos es la altura del punto de contacto, ya sea con la barra de cold rolled o con el tubo de cold rolled por donde pasa la barra.

El Soporte Torneado está manufacturado de placa de cold rolled de $\frac{1}{4}$ " de grosor x 15 cm de diámetro con cuatro barrenos pasados de $\frac{1}{4}$ " de diámetro, en los meridianos, a un centímetro del borde exterior para ser fijado a la Base General, por medio de tornillos de acero, con cabeza de gota.

Al centro del Soporte Torneado, va soldado un tubo de 1" de diámetro que sirve de elemento de tracción para la barra redonda de cold rolled que activa la Mesa Transversal y que pasa por en medio del tubo, también de cold rolled, de $1\frac{1}{2}$ " que sirve como elemento de tracción para la Mesa Longitudinal.

Motorreductores

Estos generadores de movimiento son piezas automotrices que sirven para subir y bajar las ventanillas eléctricas de los automóviles. Tienen una configuración de engrane y tornillo sinfín.

Se decidió utilizar estos dispositivos porque tienen la configuración física y la potencia necesarias para generar el movimiento que requería el diseño de la Mesa.

Cada uno de los dos motores, está fijado a la Base General por medio de 4 tornillos y cuatro separadores de tubo de cold rolled de $\frac{1}{4}$ " de diámetro x 2 cm de longitud para darle estabilidad al asentarlos en plano, ya que la parte inferior de los mismos protuberaba bajo el cuerpo del engrane central del motor.

Controladores Electrónicos de Velocidad

Están configurados por un circuito impreso que lleva varios componentes electrónicos y por un Arduino Mini, un regulador de voltaje y un diodo de alta potencia.

El Arduino Mini fue programado para administrar el nivel de corriente que se envía al Motorreductor a través de potenciómetro giratorio (cableado desde el gabinete del circuito electrónico de control hasta el panel frontal del aparato e intervenido con un interruptor de balancín).

Cada Controlador Electrónico de Velocidad está instalado dentro de un gabinete de acrílico, de 9 cm de longitud x 7 cm de ancho x 3 cm de altura.

Placa Perforada

Esta manufacturada con una placa de aluminio de 54 cm de longitud x 45 cm de ancho x 3/16" de grosor.

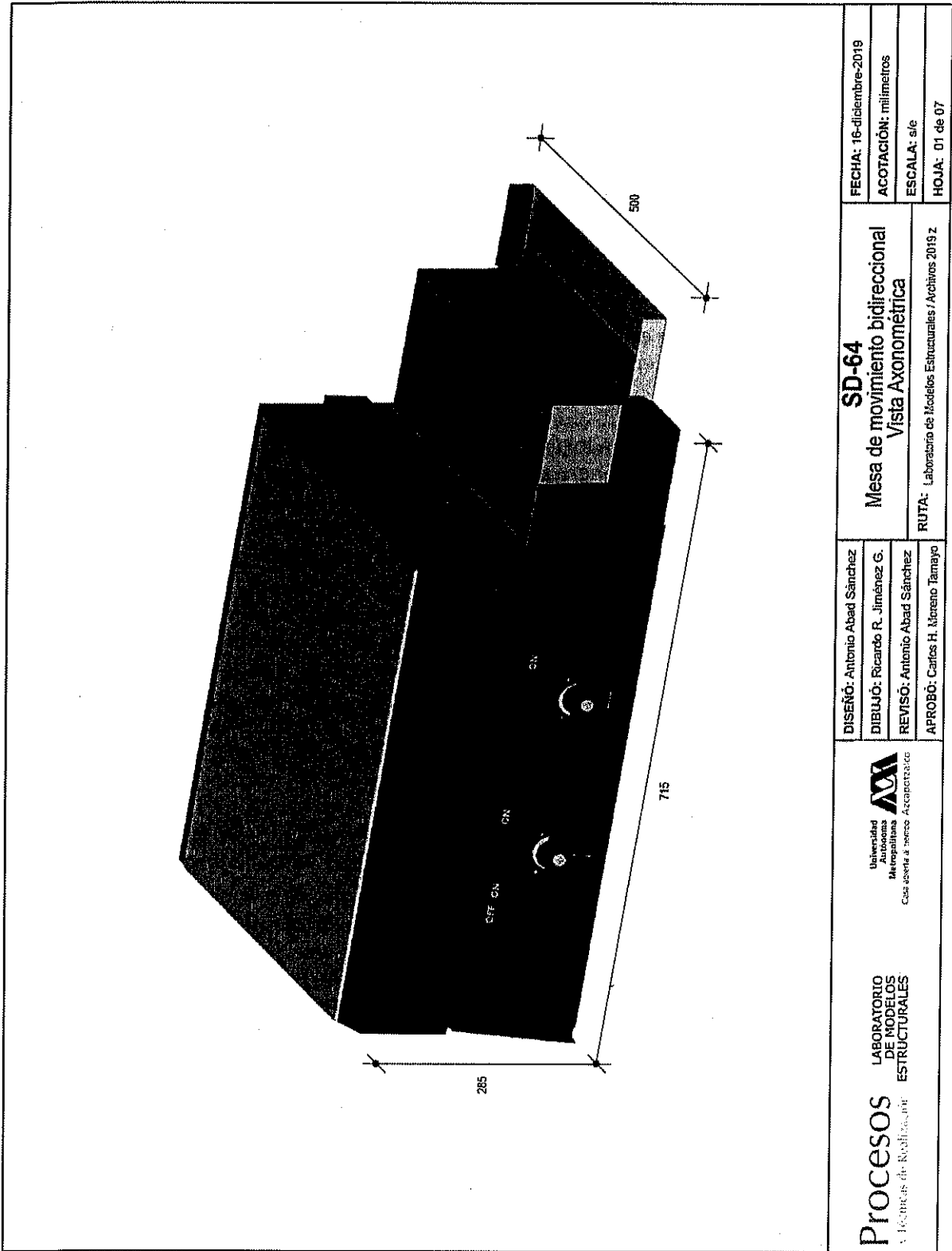
Lleva una matriz de 13 x 11 perforaciones roscadas de 3/16" de pulgada con una distancia de 4 cm entre ellas. Esa matriz está ubicada al centro de la Placa con márgenes de 3 cm con respecto a los bordes, derecho e izquierdo, y de 3 cm con respecto al borde delantero y de 2.3 cm con respecto al borde trasero.

El barreno central esta avellanado para alojar un tornillo allen de cabeza plana de 3/16" x 1/2" que es el que retiene a la Placa, permitiéndole el giro, contra el eje central de transmisión de movimiento.

Cable de Alimentación General

Este cable de tres polos cal. 16 AWG entra por la parte posterior de la Mesa y alimenta al Interruptor General y a los interruptores individuales de cada uno de los motores.

3.5.4 Planos constructivos 3D



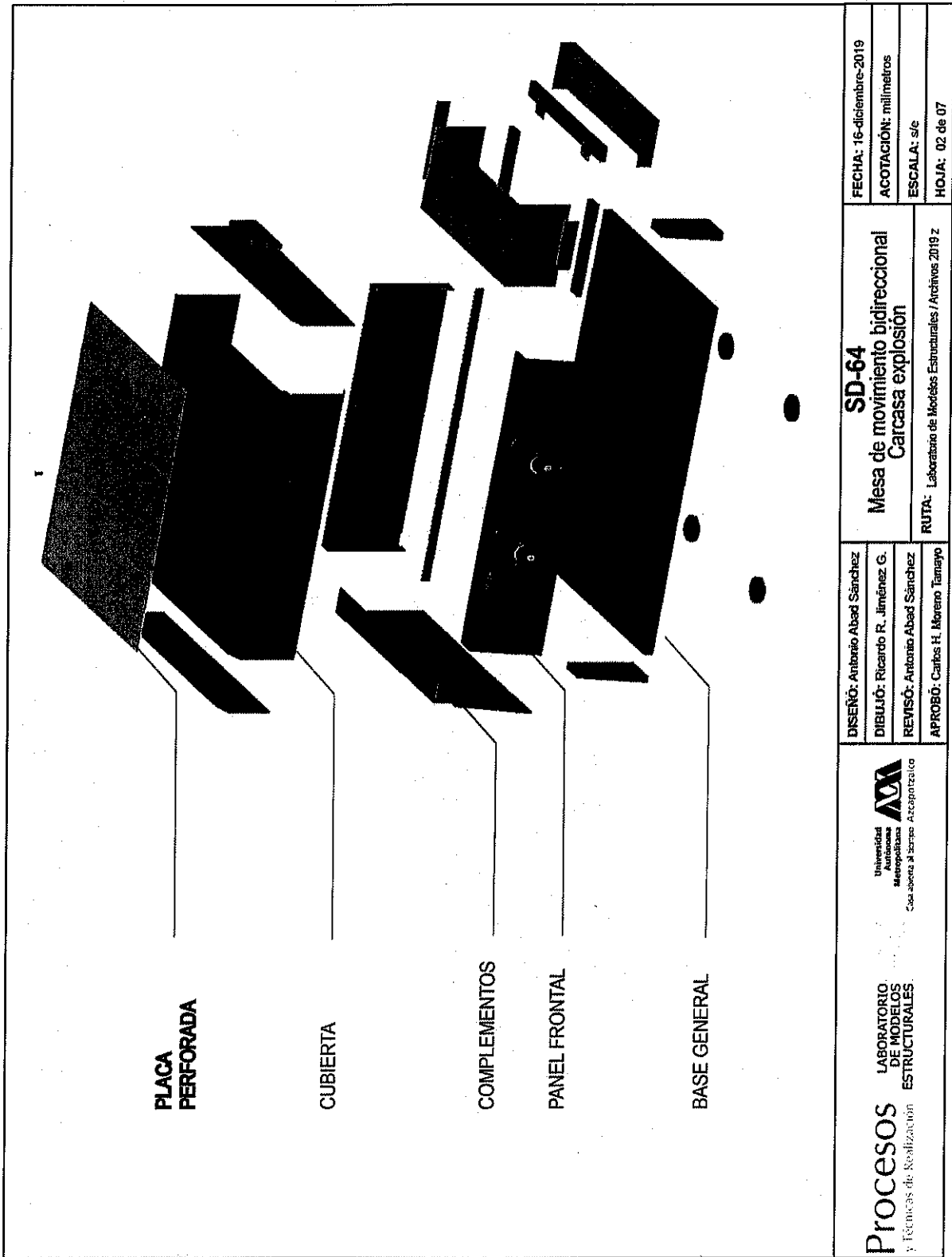
Procesos
 y Técnicas de Investigación
 LABORATORIO
 DE MODELOS
 ESTRUCTURALES

Universidad
 Metropolitana
 Casa abierta al servicio Académico

DISEÑO: Antonio Abad Sánchez
 DIBUJO: Ricardo R. Jiménez G.
 REVISÓ: Antonio Abad Sánchez
 APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo

SD-64
 Mesa de movimiento bidireccional
 Vista Axonométrica
 RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 Z

FECHA: 16-diciembre-2019
 ACOTACIÓN: milímetros
 ESCALA: s/e
 HOJA: 01 de 07




**PLACA
PERFORADA**

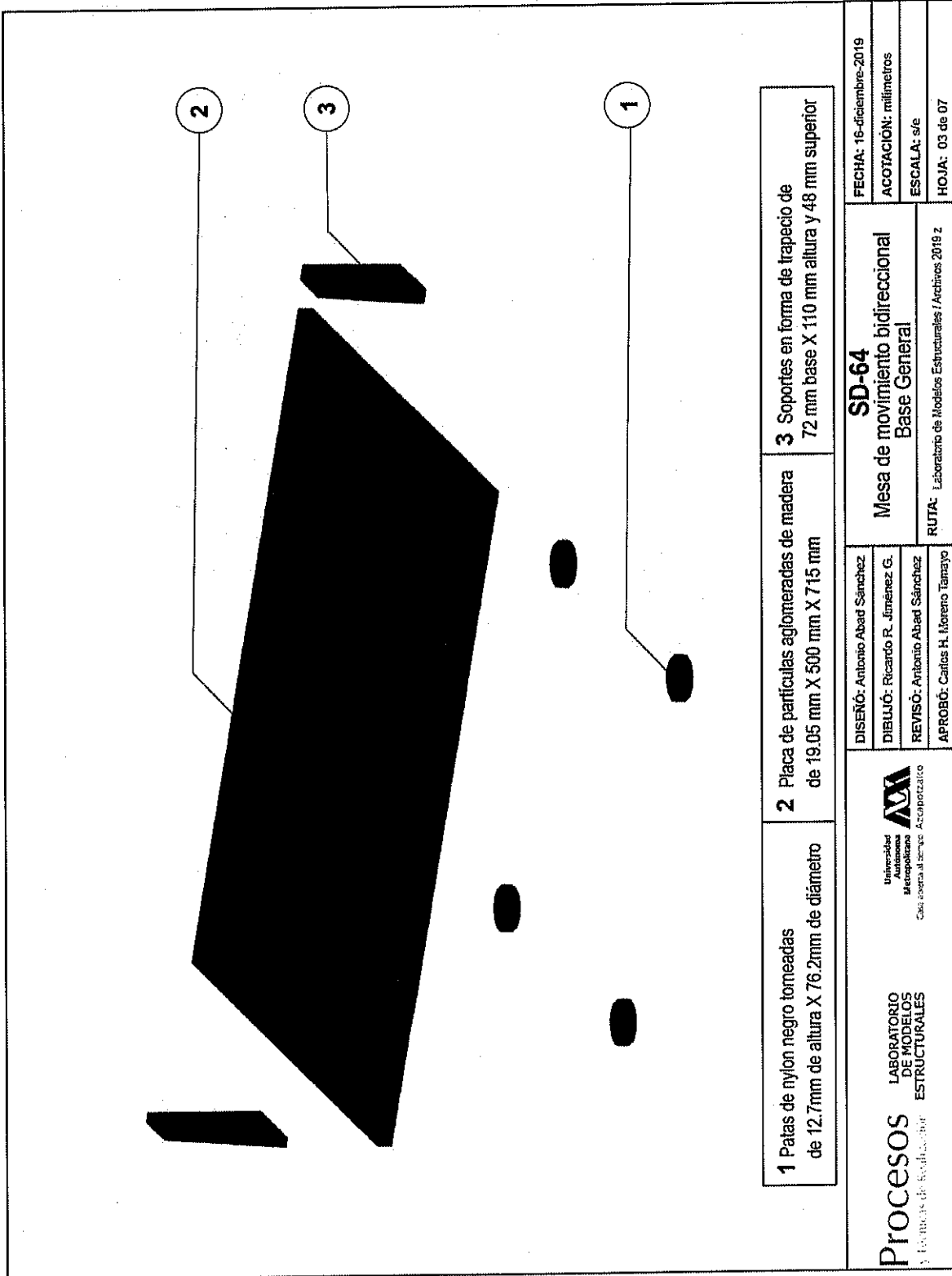
CUBIERTA

COMPLEMENTOS


PANEL FRONTAL

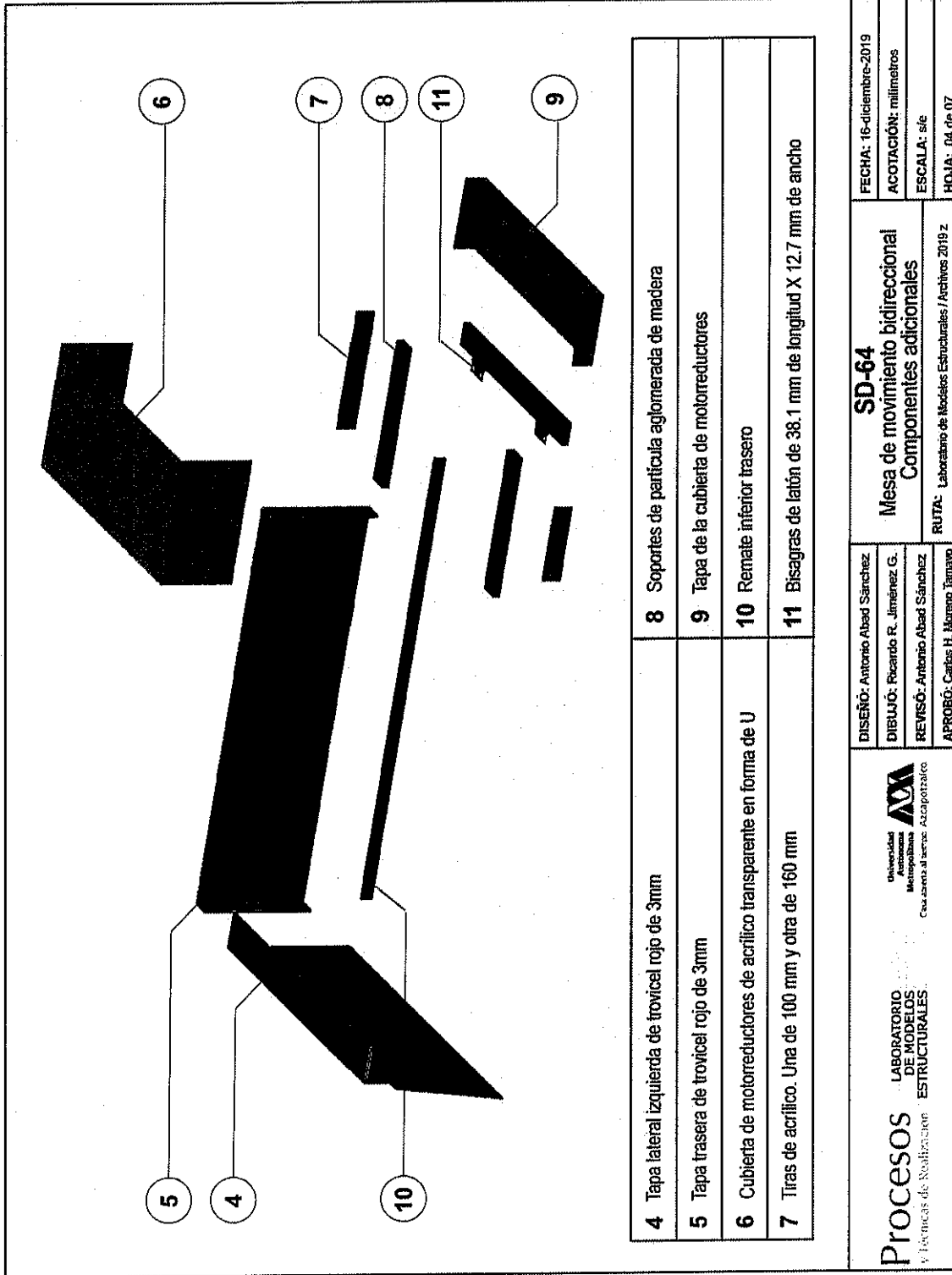
BASE GENERAL


Procesos y Técnicas de Realización LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES	 Universidad Autónoma de México <small>Casa abierta al trabajo Académico</small>	SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Carcasa explosión	FECHA: 16-diciembre-2019 ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: s/e HOJA: 02 de 07
		DISEÑO: Antonio Abad Sánchez DIBUJO: Ricardo R. Jiménez G. REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo	RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 z

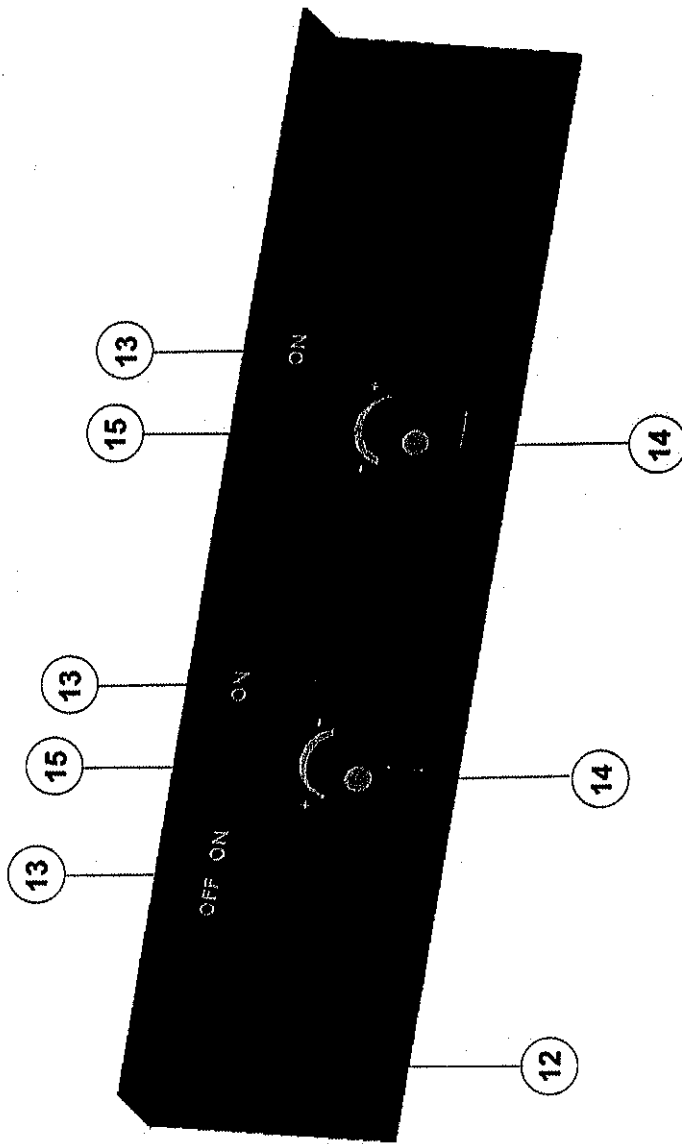


- 1 Patas de nylon negro torneadas de 12.7mm de altura X 76.2mm de diametro
- 2 Placa de particulas aglomeradas de madera de 19.05 mm X 500 mm X 715 mm
- 3 Soportes en forma de trapecio de 72 mm base X 110 mm altura y 48 mm superior

Procesos Laboratorio de Modelos Estructurales	 Universidad Metropolitana Calle General Antonio Acosta Acapatzaco	DISEÑO: Antonio Abad Sánchez DIBUJÓ: Ricardo R. Jiménez G. REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo	SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Base General	FECHA: 16-diciembre-2019 ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: s/e HOJA: 03 de 07
		RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 2		

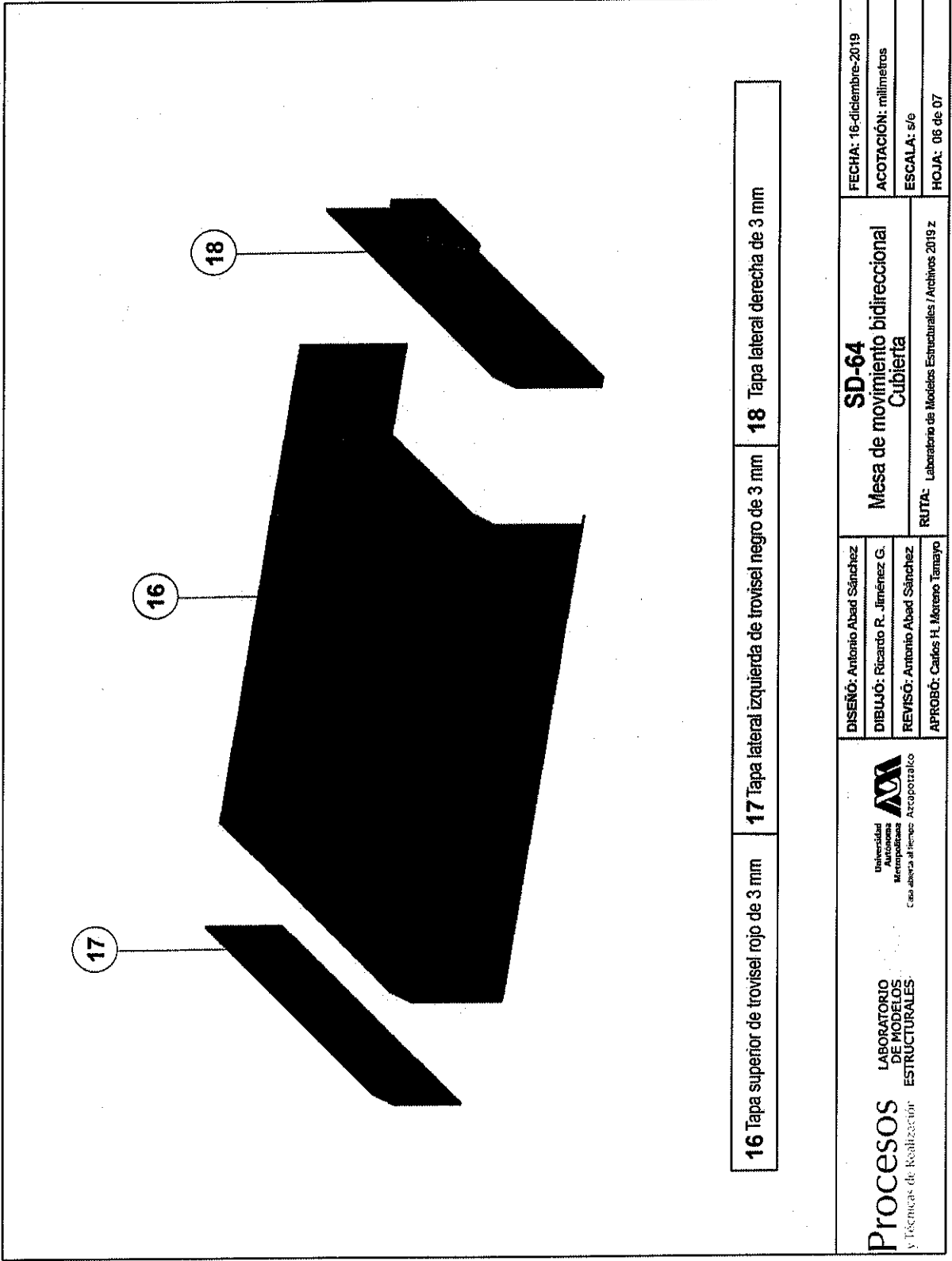


Procesos y Técnicas de Modelación LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES		DISEÑO: Antonio Abad Sánchez DIBUJO: Ricardo R. Jiménez G. REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo	SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Componentes adicionales	FECHA: 16-diciembre-2019 ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: s/e HOJA: 04 de 07
		RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 z		

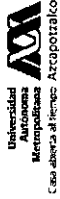


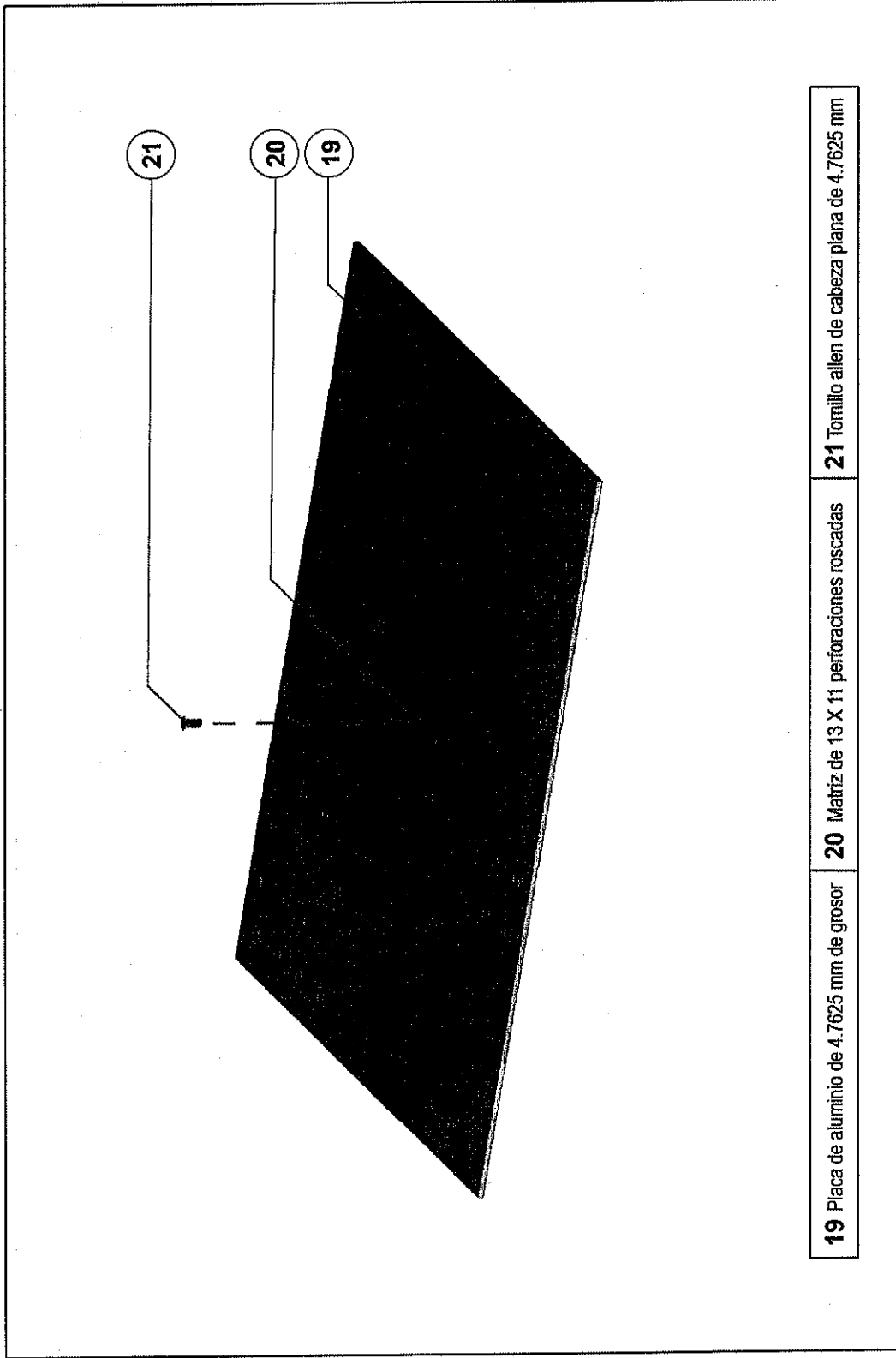
<p>12 Panel frontal de acrílico negro de 3mm X 130mm altura y 600mm de longitud</p>	<p>14 Potenciómetros de velocidad para motorreductores</p>
<p>13 Interruptores eléctricos</p>	<p>15 Gráficos blancos de PVC para indicar el movimiento y el sentido</p>


<p>Procesos y Técnicas de Realización LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES</p>	<p>UNIVERSIDAD METROPOLITANA CASA AZÚCAR AL BARRIO AZCAPOTZALCO</p>	<p>DISEÑO: Antonio Abad Sánchez DIBUJO: Ricardo R. Jiménez G. REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo</p>	<p>FECHA: 16-diciembre-2019 ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: s/e HOJA: 05 de 07</p>	<p>SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Panel frontal</p>	<p>RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 z</p>
--	---	--	--	--	---



16 Tapa superior de trovisel rojo de 3 mm 17 Tapa lateral izquierda de trovisel negro de 3 mm 18 Tapa lateral derecha de 3 mm

Procesos y Técnicas de Realización LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES	 Universidad Autónoma Metropolitana Caso especial al interior: Acapulco	DISEÑO: Antonio Abad Sánchez DIBUJO: Ricardo R. Jiménez G. REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo	SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Cubierta	FECHA: 16-diciembre-2019 ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: 5/6 HOJA: 06 de 07
		RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 z		



Procesos LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES y Técnicas de Realización		DISEÑO: Antonio Abad Sánchez	SD-64 Mesa de movimiento bidireccional Placa perforada	FECHA: 16-diciembre-2019
		REVISÓ: Antonio Abad Sánchez APROBÓ: Carlos H. Moreno Tamayo		ACOTACIÓN: milímetros ESCALA: s/e RUTA: Laboratorio de Modelos Estructurales / Archivos 2019 z

3.5.5 Memoria fotográfica



Figura 17.
Montaje del sistema de control electrónico sobre la base del primer modelo de pruebas.
Foto y elaboración: Jesús Antonio Hernández Cadena

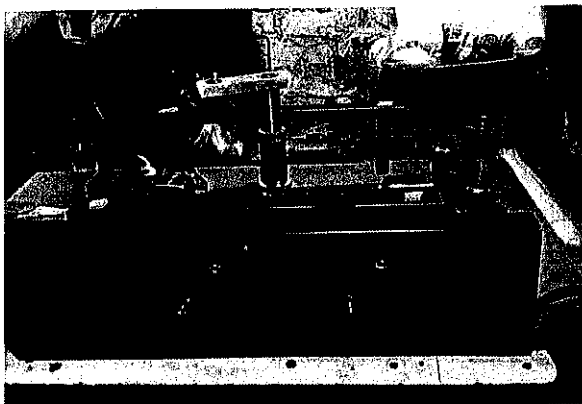


Figura 18.
Panel frontal de carcasa para prototipo Mesa Oscilatoria Bidireccional.
Foto y elaboración: Jesús Antonio Hernández Cadena

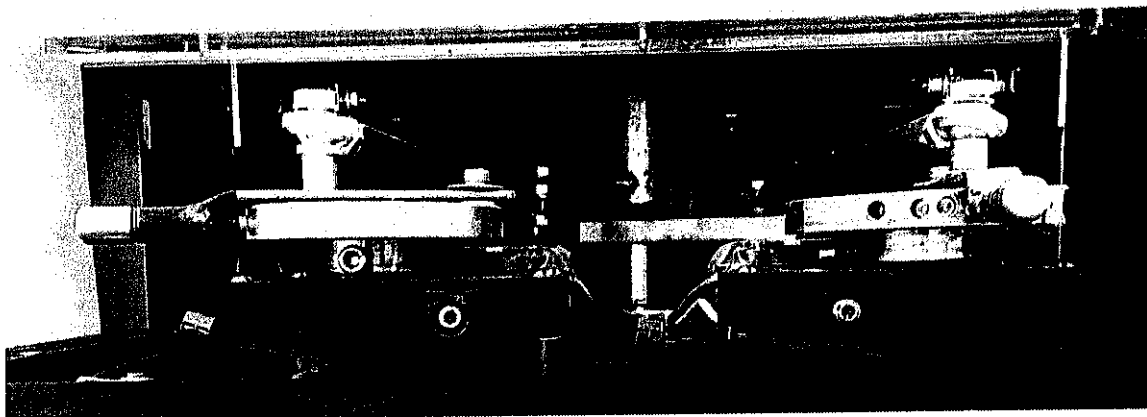


Figura 19.
Motores que conforman ambos sistemas de desplazamiento del aparato SD64.
Foto: Antonio Abad Sánchez

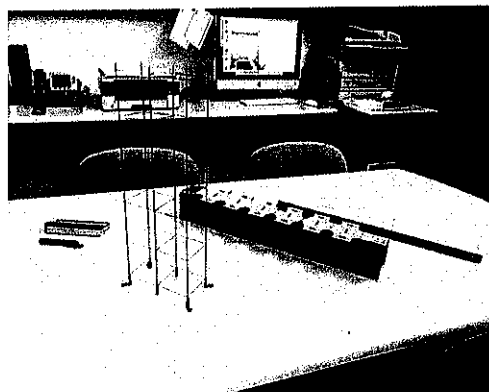


Figura 20.
Elementos para la fabricación de las probetas
Foto: Ricardo Jiménez

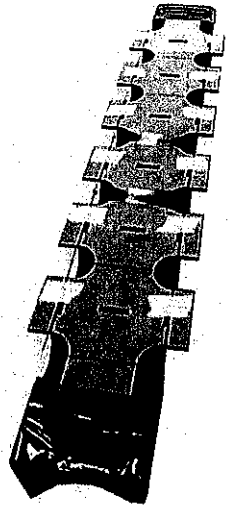


Figura 21. Escantillón.

Base para la fabricación de las primeras pruebas de los componentes.

Foto y elaboración: Antonio Abad Sánchez

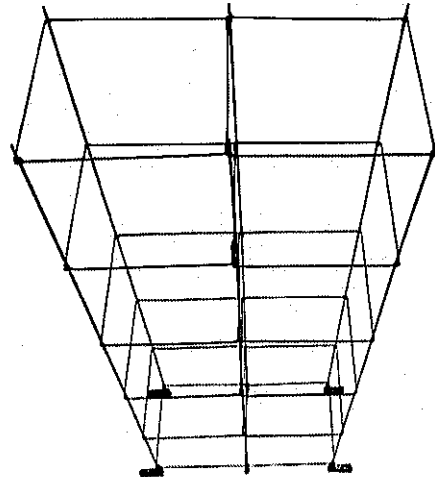


Figura 22. Estructura alámbrica de 5 niveles.

Componente estructural para el estudio de las fuerzas gravitatorias-sísmicas.

Foto y elaboración: Antonio Abad Sánchez

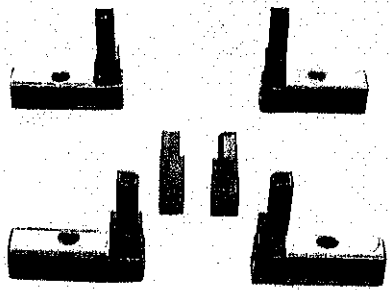


Figura 23.



Figura 24.

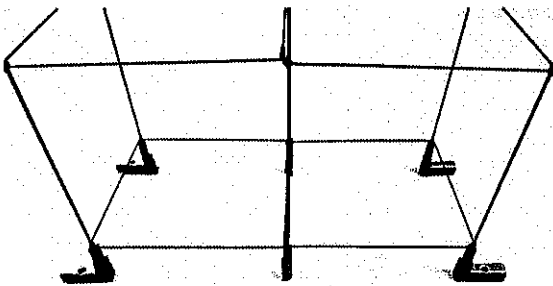


Figura 25.

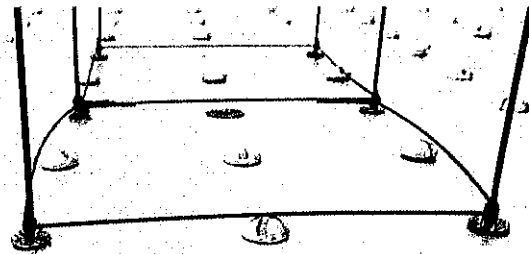


Figura 26.

Zapatas que sostienen la probeta.

Las primeras (fotos 20 y 22) fueron diseñadas para anexas la estructura junto con los tornillos, un par fijas y un par móviles, mientras que las segundas (fotos 21 y 23) son las zapatas definitivas, elaboradas en impresión 3D.

Dos varillas fueron pegadas a su zapata con resina epóxica y dos sólo fueron unidas por medio de cinta adhesiva roja de 1/4

Fotos y elaboración: Antonio Abad Sánchez

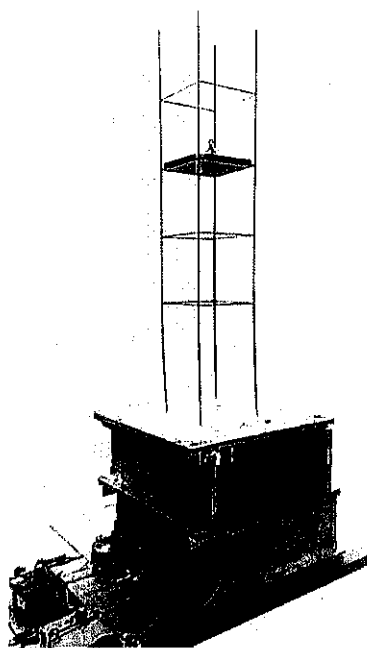


Figura 27.

Primer resultado del Aparato SD64.

Dos sistemas de movimiento sobre una base de madera.

Foto y elaboración: Antonio Abad Sánchez

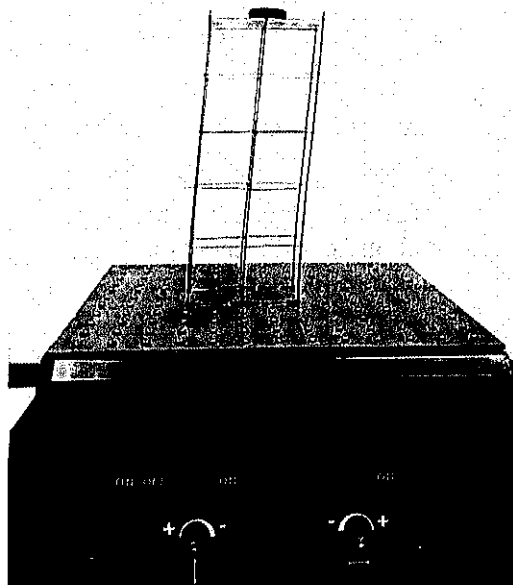


Figura 28.

Aparato SD 64. Modelo final.

El mismo sistema, con complementos que cubren el motor y con una placa perforada la cual sostiene las estructuras.

Foto: Ricardo Jiménez

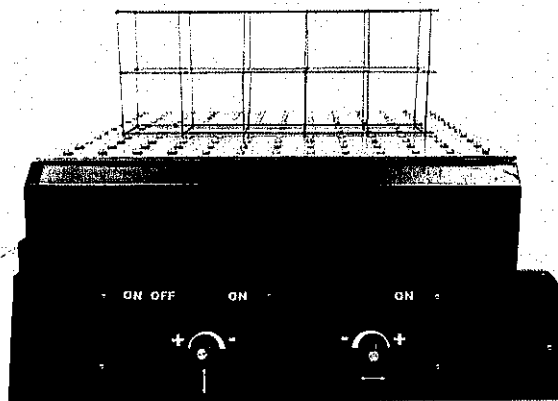


Figura 29.

Aparato SD 64 con la probeta horizontal, para demostrar que el edificio sufre menos impacto.

Foto: Ricardo Jiménez

4. Relación y descripción de actividades y resultados de cada uno de los participantes.

Interacción entre los integrantes del grupo de trabajo para lograr los objetivos del proyecto.

El grupo de trabajo se integra con distintas especialidades: Arquitectura, Diseño Industrial e Ingeniería Civil, de modo que la interacción es multidisciplinaria.

- **M en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo.**- Organización, dirección y control del proyecto. Gestión académico administrativa, organización, programación, conducción y supervisión del grupo de trabajo. Gestión de recursos y adquisiciones, reportes de avance del desarrollo del proyecto. Como responsable del proyecto, también se ha encargado del acopio de información, difusión y vinculación con otros grupos e Instituciones interesados en el tema.
- **M. en C. Antonio Abad Sánchez.**- Cuya importante responsabilidad se ha centrado en la contribución de diseño industrial para la planeación, desarrollo y dirección de la elaboración del prototipo y los elementos que conforman el aparato, partes complementarias y probetas.
- **M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena.**- Quien se encargó del proceso de diseño en general del prototipo, así como su funcionamiento, los elementos que lo componen y las especificaciones de cada uno. Proyecto ejecutivo.
- **Dr. Amador Terán Gilmore.**- Asesoría y apoyo teórico del prototipo y sus antecedentes.
- **Ricardo Raúl Jiménez García.**- Ayudante "A" del Laboratorio de Modelos Estructurales, quien ha elaborado la documentación necesaria para el procedimiento de registro y conclusión, apoyo en la gestión administrativa así como la colaboración en la presentación para la difusión del proyecto.

La coordinación en la planeación y articulación de actividades se ha realizado en reuniones periódicas en el Seminario Permanente del Laboratorio de Modelos Estructurales promediando una frecuencia de dos sesiones por mes.

5. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación concluido.

Difundir los resultados. Participación en eventos relacionados con el tema estructural y didáctico para la exposición de resultados y vinculación con proyectos de otras Instituciones de Enseñanza Superior.

En el año 2019 se participó en el XXII Congreso de Ingeniería Sísmica, celebrado en la ciudad de Monterrey, Nuevo León del 20 al 23 de noviembre, con la ponencia "Desempeño de modelos físicos de escala reducida sobre mesas oscilatorias en una y dos direcciones", congreso organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS) con la participación de Arquitectos e Ingenieros civiles.

También se participó en la exposición de CyAD Investiga 2019 que se llevó a cabo durante el mes de diciembre de 2019 en las vitrinas de los salones del edificio L en UAM Azcapotzalco, la cual tiene como intención el exponer los proyectos que se están realizando en los distintos laboratorios y grupos de investigación de la Universidad.

A principios del trimestre 19-O se llevó a cabo el *Seminario Investigación de CyAD* con la exposición de avances y proyectos relacionados con las Infografías de *CyAD Investiga* en la auditorio K001,

con motivo de dar a conocer mejor y más detallados los avances de dichos proyectos; en ese evento se participó con exposición del aparato SD-64.

6. Aportaciones al campo de conocimiento

La incorporación del Aparato SD 64 a las sesiones de prácticas de las UEAs correspondientes, hará posible su calendarización habitual y sistemática atendiendo a las necesidades particulares de cada programa, demostrando así el funcionamiento de Estructuras con aislamiento de base, las cuales pueden ser incorporadas a los diseños de los alumnos de arquitectura para poder hacer edificios más estables respecto de los movimientos telúricos y en general de la incidencia de fuerzas laterales.

El aparato SD-64 ha logrado captar la atención de alumnos de Ingeniería Civil, quienes se acercan al Laboratorio a recabar información relacionada con los disipadores sísmicos y el funcionamiento de tales en una estructura.

7. Coherencia entre metas, objetivos y resultados finales

La metodología adoptada implica que los proyectos de investigación se desarrollen en tiempos relativamente breves cuyos resultados, en la mayoría de los casos se identifican sin problema con los objetivos y metas planteados, especialmente porque los materiales, dispositivos de operación y mecanismos implementados por el equipo de diseño industrial son sometidos al análisis del grupo de trabajo del Laboratorio que en sesiones colegiadas revisa y somete a prueba los modelos preliminares (funcionales) antes de aprobar en definitiva su fabricación y operación. Con ello se garantiza la respuesta a las necesidades planteadas en el análisis curricular correspondiente.

8. Trascendencia social

El programa del Laboratorio de Modelos Estructurales está dirigido a la atención de ciertos aspectos de la problemática docente en el campo de referencia, enriqueciendo y facilitando los procesos educativos. Son los alumnos y profesores de nuestra institución, en primera instancia, los beneficiarios del programa, condición que no es limitativa ya que la difusión de resultados ha llevado a captar el interés de otras instituciones, logrando en el transcurso de los años numerosas participaciones en eventos académicos y profesionales de relevancia, tales como congresos nacionales e internacionales así como la suscripción de convenios específicos en los cuales se ha logrado desarrollar prototipos para otras Universidades.

9. Conclusiones

- La posibilidad de visualizar dinámicamente el trabajo de las estructuras ante la incidencia de fuerzas horizontales es una experiencia enriquecedora para la comprensión de las particularidades del desempeño estructural de los edificios.
- Teniendo en consideración que el diseño estructural será siempre un argumento del proyecto arquitectónico, es fundamental en la formación de arquitectos e ingenieros dotar de medios didácticos que permitan crear conciencia de la importancia de proveer a las edificaciones de elementos de diseño capaces de dar respuesta a las solicitaciones de carga a las que quedarán expuestas, particularmente en zonas de alta sismicidad.
- En el modelo SD64 quedan ejemplificados los efectos sufridos por las estructuras durante un sismo así como distintos recursos para su amortiguamiento y disipación cubriendo las expectativas académicas para propósitos didácticos y comparativos. Debe tenerse en

cuenta sin embargo que los movimientos sísmicos son mucho más complejos y se dan en múltiples direcciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bru O. D., Ivorra S., Baeza J., (2013), "Innovación en la docencia de cálculo de estructuras mediante prácticas de laboratorio", Memorias de las III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural de Innovación Educativa, Valencia, España. pp.
2. "Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de concreto., (2004). Gaceta Oficial del Distrito Federal, décima cuarta época, Tomo I, No. 103-Bis, México, 6 de octubre de 2004.
3. Roberts, N. P., (1989), "Understanding structural mechanics", High Tech Scientific.
4. Turati V. A., Prólogo al libro de Moreno, C. et Al. (2003), "Laboratorio de Modelos Estructurales", Procesos y Técnicas de Realización, UAM A, México, pp. 199
5. GUERRERO H, Ji T, TERÁN-GILMORE A, ESCOBAR JA. (2018) Effects of Buckling-Restrained Braces on reinforced concrete precast models subjected to shaking table excitation. Engineering Structures 163 pp. 294-310.
6. GUERRERO H, Ji T, TERÁN GILMORE A, ESCOBAR JA. (2006). Experimental studies of a steel frame model with and without buckling-restrained braces. Revista de Ingeniería Sísmica No. 95 33-52
7. Investigación/Laboratorios/Páginas/MesaVibradora.aspx
8. IIUNAM. Laboratory of the shaking table. 2015. p. <http://www.iingen.unam.mx/esmx/>
9. ENGEL, Heino. Sistemas de Estructuras. Ed Gustavo Gili, SL. 2006.
10. Meli, Roberto. Diseño estructural. Ed Limusa Noriega. 2000.
11. Terán Gilmore, Amador. Capítulo II. Conceptos Generales de Diseño y Respuesta Sísmica de Edificios. Seguridad Sísmica de las Construcciones para Directores Res-ponsables de Obra, ISBN 978-607-95575-1-5. 2012.