

17 de enero de 2023

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

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, da por recibido el Informe Global del Proyecto de Investigación N-529 "Proyecto aparato SD-69 Conexiones entre elementos prefabricados", cuyo responsable es el Mtro. 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.

La y los siguientes miembros estuvieron presentes en la reunión y se manifestaron a favor de recibir el Informe Global: Dr. Luis Jorge Soto Walls, Mtra. Sandra Luz Molina Mata, DI. Julio Ernesto Suárez Santa Cruz, LAV. Carlos Enrique García Hernández, el Asesor Dr. Fernando Rafael Minaya Hernández.

**Atentamente
Casa abierta al tiempo**



Mtra. Areli García González
Coordinadora de la Comisión

Ciudad de México a 09 de enero del 2023
PyTR/002/2023

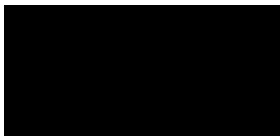
Mtro. Salvador Islas Barajas

Presidente del H. Consejo Divisional
División de Ciencias y Artes para el Diseño
P r e s e n t e

Por medio de la presente le envío un cordial saludo y aprovecho para presentar la conclusión del Proyecto de Investigación N-529 "*Proyecto aparato SD-69 Conexiones entre elementos prefabricados*" bajo responsabilidad del Mtro. Carlos Humberto Moreno Tamayo, registrado dentro del programa "P-047 Laboratorio de Modelos Estructurales" de este departamento perteneciente al Grupo Tecnología y Diseño en las Edificaciones.

Sin otro particular, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto

Atentamente,
Casa abierta al tiempo



Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón

Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
División de Ciencias y Artes para el Diseño



Azcapotzalco, CDMX. 21 de diciembre del 2022

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.

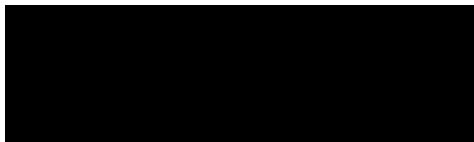
Laboratorio de Modelos Estructurales

Proyecto No. N-529. Aparato SD-69.

Conexiones entre elementos prefabricados

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.

México, D.F. a 21 de diciembre de 2022

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

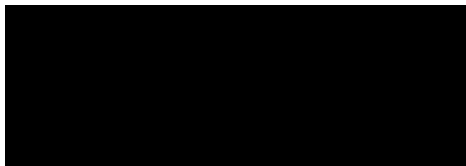
En cumplimiento de lo dispuesto en los lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.4 relativo a la terminación de proyectos, por este medio me permito solicitar a Ud. Atentamente se sirva de gestionar ante H. Consejo Divisional la entrega de la 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

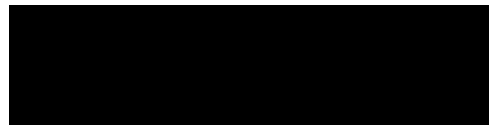
Proyecto No. N-529. Aparato SD-69.
Conexiones entre elementos prefabricados

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.

CONCLUSIÓN DEL
Proyecto Aparato SD 69
Conexiones entre elementos prefabricados

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-529 ante el H. Consejo Divisional
de CyAD.

Diciembre de 2022

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 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
Responsable del Grupo de Investigación: Mtro. Alejandro Viramontes Muciño
Programa: P 047 Laboratorio de Modelos Estructurales
Responsable del Programa: M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo

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	Núcleo básico Responsable y coordinador del Proyecto
2	Dr. Eduardo Arellano Méndez	Asociado "C" T. C	Tiempo Completo	Doctorado	Participante Promotor del proyecto Asesor y apoyo teórico
3	M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez	Titular "C" T.C	Tiempo Completo	Maestría	Núcleo básico Diseño industrial
4	M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena	Técnico Académico	Tiempo Completo	Maestría	Núcleo básico Diseño industrial Apoyo logístico
5	Jesús Arturo Morales Delgado	Alumno	Medio Tiempo	Licenciatura	Participante Modelado 3D Apoyo gráfico
6	Jacqueline Vázquez Ordóñez	Ayudante "B"	Medio Tiempo	Licenciatura	Apoyo registro gráfico y documental

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



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. Anibal 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



SACD/CYAD/143/2021

Acuerdo 606-4
26 de febrero de 2021

M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo

Profesor del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Presente

Asunto: Registro de Proyecto de Investigación N-529

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 606 Ordinaria del Cuadragésimo Sexto Consejo Divisional, celebrada el 25 de febrero de 2021, fue aprobado el Proyecto de Investigación, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales", con una vigencia de enero de 2021 a diciembre de 2022 y que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con el siguiente número de registro:

Proyecto # N-529

Aparato SD69 "Conexiones entre elementos prefabricados"

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

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



Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas
Secretario

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño. Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Isaac Acosta Fuentes. Coordinador de Investigación

3.2 Introducción.

El principal propósito del Laboratorio de Modelos Estructurales es facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de una manera teórico práctica diferente a los métodos tradicionales en tanto que promueve el proceso de enseñanza aprendizaje asociado a los postulados teóricos en los que intervienen las matemáticas y la mecánica de las estructuras. De esta forma ayuda y refuerza la comprensión de los conceptos estructurales que se presentan habitualmente 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 comprender de mejor manera el desempeño de las estructuras, es a través de la implementación de modelos físicos didácticos capaces de demostrar los conceptos estructurales básicos. Esta actividad complementa las explicaciones teóricas, las fórmulas y la solución de ejercicios resueltos por procedimientos gráficos y analíticos. Este es el caso del **Proyecto SD 69 “Conexiones entre elementos prefabricados”** que se ha desarrollado en dos modalidades: 1. Modelo 3D virtual y 2. Versión física con componentes elementales que pueden armarse paso a paso para describir objetivamente el proceso constructivo del sistema con elementos prefabricados.

Antecedentes del proyecto

La idea de desarrollar un modelo didáctico (Aparato SD 69) que represente y explique la función de una conexión entre elementos prefabricados de concreto pretensado así como los esfuerzos y el trabajo a que se ve sometida, surge del "Día del Prefabricado en la UAM Azcapotzalco", organizada por el Departamento de Materiales de CBI (División de Ciencias Básicas e Ingeniería) en marzo de 2019, evento en el cual se observó la dificultad de explicar y entender el funcionamiento de las conexiones viga-columna en estructuras prefabricadas pretensadas (ANNIPAC, Nota 1), lo cual llevó a considerar la necesidad de representar esas uniones con base en modelos físicos de escala reducida que pudiesen funcionar de manera similar pero empleando materiales plásticos que pueden ser trabajados básicamente en impresora 3D y cortadora laser.

En una primera etapa, se desarrollaron imágenes digitales a partir de especificaciones de armado de acero de refuerzo, así como datos geométricos y dimensionales de cada uno de los componentes del sistema constructivo, proceso que se llevó varios meses. A partir de ello se dio inicio a la programación y desarrollo del modelo físico en su segunda etapa. Después de más de dieciocho meses en los que no fue posible avanzar en términos de la implementación de materiales y mecanismos para la elaboración de modelos físicos, toda vez que no se tuvo acceso a las instalaciones de la Universidad, finalmente fue posible proseguir con el desarrollo y manufactura de la versión física tridimensional del SD 69, una vez que fue posible el acceso a los Laboratorios de CAD-CAM y de Modelos Estructurales de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, espacios que posibilitan la materialización y la experimentación de modelos físicos.

Justificación

Entre las diversas estrategias de enseñanza aprendizaje que se aplican universalmente en el sistema educativo, aquella que hace uso de modelos físicos y mecanismos como recurso didáctico, reporta usualmente un alto nivel de eficiencia comparativamente con otros métodos (TURATTI, 2003).

Con base en este argumento, el Laboratorio de Modelos Estructurales ha desarrollado por más de dos décadas numerosos prototipos de experimentación y demostración de los principios mecánicos de las estructuras, relacionados mayormente con la demostración de las deformaciones en elementos y sistemas estructurales ante la incidencia de cargas gravitacionales o laterales, con el apoyo de modelos y mecanismos no destructibles de pequeña escala que regresan a su forma original después de que cesa la presión ejercida sobre ellos.

En el caso que nos ocupa, se vuelve indispensable la actualización del conocimiento de los métodos constructivos que se han venido implementando cada vez con más frecuencia en la industria de la construcción en los últimos años, formas de edificación que se significan por un importante ahorro en tiempo y que reportan mayor eficiencia y seguridad.

Desde el punto de vista de la formación de futuros profesionales, este tema reviste singular importancia, por lo que se considera útil y necesario abordarlo por dos vías: las visitas de campo (no necesariamente frecuente y factible) y la descripción del sistema por diversos medios como es el que aquí se explora.

No es necesario reiterar que los modelos físicos a escala posibilitan la observación directa y su manipulación resulta en una experiencia enriquecedora que complementa exitosamente la explicación por medios tradicionales. Aquí aplica la conocida expresión de que una imagen dice más que mil palabras, especialmente si se trata de objetos que involucran una experiencia que es altamente descriptiva y adicionalmente lúdica.

Aplicación curricular: Este modelo didáctico 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 un modelo físico didáctico que permita demostrar cómo se puede proporcionar continuidad a una viga prefabricada a través de la columna para garantizar la estabilidad de la estructura. De esa manera demostrar el principio estructural y el funcionamiento de las conexiones emulativas entre columnas y vigas de concreto prefabricado.

Objetivos Específicos

- a. Diseñar y desarrollar un modelo estructural que represente una conexión emulativa del comportamiento de estructuras coladas en sitio, consistente en la unión de una columna de concreto reforzado y una viga de concreto pretensado que permita la rotación en su intersección. En la práctica estos elementos se unen mediante barras de acero que se colocan en el nudo, permitiendo la rotación y la disipación de la energía.
- b. Facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos básicos de las asignaturas de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural para la licenciatura de Arquitectura, así como, la asignatura de concreto presforzado en Ingeniería Civil.

- c. Involucrar a los estudiantes y docentes de ambas licenciaturas a través de la manipulación de elementos y sistemas estructurales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las estructuras.
- d. 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 elaboración de un **modelo virtual** tridimensional que representa el sistema constructivo completo incluyendo losas, placas alveolares, vigas y columnas a partir de su desplante en la cimentación, mostrando en diversas etapas los elementos estructurales prefabricados, así como el armado a detalle de cada elemento y su conexión en los nodos.
- Diseño y fabricación del **modelo didáctico físico** que consiste en la emulación del sistema estructural con la conexión de vigas y columnas prefabricadas en escala reducida.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas involucradas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

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 70 aparatos experimentales que se han diseñado y manufacturado.
- Necesidad Académica. El escrutinio del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura y de Ingeniería Civil ofrece un panorama de temas en diversas materias cuya comprensión resulta difícil para los estudiantes y que a lo largo de 22 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 modelo. Esos bocetos sirven para definir lo que significa la calidad demostrativa de la ejemplificación del principio constructivo 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 Parciales. 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 modelo. 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.

- Archivos digitales. 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 archivos electrónicos 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 modelo final.
- Construcción de Piezas Preliminares. Comúnmente es la evolución de un mismo modelo preliminar que se transforma en definitivo al conjuntarse componentes manufacturados expofeso 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 modelo. 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 Modelo Final. En esta fase se manufacturan los aditamentos requeridos para la correcta operación del modelo.
- Recopilación de Archivos Definitivos. Para concluir el proceso se conjuntan los archivos electrónicos que documentan las dimensiones de cada pieza del modelo.

3.5 Memoria de diseño.

LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de investigación P 047

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

Aparato SD 69

Conexiones entre elementos prefabricados



3.5.1 Apoyo teórico

Las estructuras prefabricadas de concreto tienen múltiples ventajas cuando se comparan con la construcción colada en sitio; entre ellas se puede mencionar la velocidad de construcción ya que se pueden fabricar las piezas que conformarán la edificación en una planta industrial mientras en el terreno se llevan a cabo etapas previas como la excavación para la cimentación. En la construcción de piezas prefabricadas y presforzadas se emplean materiales de alta resistencia, ello permite el uso eficiente de los materiales y para cubrir los mismos claros el tamaño de los elementos estructurales como vigas y losas son menores que en el concreto colado en sitio.

El concreto resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero tiene poca resistencia ante los esfuerzos de tensión. Considerando lo anterior surge el concreto presforzado que consiste en introducir un estado de esfuerzos de compresión para mejorar el comportamiento ante las cargas de servicio.

Un tema de interés en las estructuras prefabricadas son las conexiones, en zonas donde no hay fuerzas laterales de importancia como sismos o huracanes, las conexiones entre elementos prefabricados pueden hacerse dejando insertos metálicos en las piezas y posteriormente aplicando soldadura en campo. En zonas donde las fuerzas accidentales son importantes (sismo o viento) no deben usarse conexiones soldadas debido a que tiende a presentar fallas frágiles y poca capacidad de deformación lateral. Debido a la necesidad de mejorar el comportamiento cíclico reversible de la conexión surgen las denominadas conexiones emulativas del comportamiento de las construcciones coladas en sitio. Las conexiones emulativas entre vigas y columnas consisten en permitir que el acero de refuerzo de las vigas pase a través de las columnas con una dimensión apropiada para que alcance la fluencia. Los extremos de las vigas deben tener una forma de U y las columnas deben tener el nodo abierto para permitir el paso del acero de refuerzo; cuando se cuele el nodo se obtiene la continuidad entre vigas y columnas.

En México las conexiones emulativas tienen pocos años de uso, pero en la práctica cada vez menos se construyen edificaciones con otro sistema estructural, por ello es importante que los alumnos lo conozcan y se preparen para la incorporación de esta tecnología en su vida profesional.

Descripción del proceso constructivo

- a) Se realiza la excavación de las pilas, se estabiliza la excavación con lodo bentonítico, se coloca el armado de la pila en el hueco y se realiza el colado con la ayuda de un tubo "tremie". Una vez que el concreto endurece, se lleva a cabo el descabezado de las pilas para eliminar el concreto que estuvo en contacto con el lodo bentonítico y que se encuentra contaminado. Se realiza la excavación alrededor de la pila para colocar a nivel el "candelero" que es una especie de caja de concreto que tiene abiertos el fondo y la tapa. El acero longitudinal de la pila queda ubicado en la altura del candelero. El candelero trae preparaciones para poder colocar las columnas y en las esquinas se tienen barras roscadas que se emplean para fijar la columna y nivelarla.
- b) Las columnas traen una base de una dimensión mayor a la sección transversal de la columna que permite apoyarla en las esquinas del candelero, la base tiene perforaciones en las esquinas que permiten ubicar las barras roscadas del candelero y fijarlas mediante roscas en su posición final. Las columnas deben colocarse en su posición con apoyo de equipo topográfico para que tenga la posición, alineación y plomo. Las columnas traen una preparación para colocar las trabes portantes y de rigidez que puede ser una ménsula temporal o definitiva dependiendo del proyecto.
- c) Las trabes portantes son las que van a recibir el sistema de piso que puede estar formado por losas alveolares o dobles T. Las trabes de rigidez son trabes que se colocan de forma perpendicular a las trabes portantes. En ocasiones, la dirección del sistema de piso se va

alternando lo que promueve que todas las trabes sean portantes. Una vez que se han colocado las columnas, se colocan las trabes con ayuda de equipo topográfico para verificar su alineación y el nivel al que deben llegar. Cuando las ménsulas son temporales, suelen tener un sistema de torillos que permiten ajustar el nivel de las trabes.

- d) Cuando se tienen colocadas las trabes portantes y de rigidez, se coloca el sistema de piso, en este caso, se emplea un sistema formado por losas alveolares, se colocan las losas en cada tablero hasta completar el nivel. De acuerdo con los cálculos, se pueden montar más niveles comenzando con las trabes y terminando con las losas alveolares.
- e) Se coloca el acero de refuerzo longitudinal en las vigas en los extremos de las vigas (zona U) tanto en el lecho inferior como en el lecho superior. Los estribos que faltan de formarse ya sea doblando el acero o colocando grapas, se colocan en su posición.
- f) Se cuela el nodo hasta la altura de las losas alveolares. En este paso es importante que el concreto tenga la misma resistencia de las vigas (NTC-C, 2017). La estabilidad de la estructura depende de que los nodos estén colados, en esa etapa. La estructura es isostática y pequeñas cargas accidentales pueden provocar el colapso de la estructura completa. Debido a lo anterior, debe analizarse cuantos niveles pueden montarse sin tener los nodos colados y evitar poner en riesgo a la estructura.
- g) Si se emplean ménsulas temporales, éstas pueden retirarse en esta etapa.
- h) Como las columnas de la estructura están construidas en segmentos, se colocan los segmentos superiores cuidando que el acero del segmento superior de la columna quede ubicado perfectamente en los ductos de la columna inferior. Se colocan separadores que permiten mantener una distancia entre las caras de las columnas y al mismo tiempo se emplean para garantizar la verticalidad de las columnas. Se coloca el Grout procurando que no queden huecos en los ductos. Una vez que el Grout ha alcanzado su resistencia, se puede continuar con el montaje de las trabes, losas, etc.
- i) Se coloca el refuerzo del firme de concreto en todos los niveles. Para evitar que durante el colado del firme se manche el firme de los niveles inferiores, el colado se hace de arriba hacia abajo. Primero se cuela el firme de la azotea y se termina con el de la planta baja o en los sótanos cuando aplique.
- j) Cuando se tiene completa la estructura y se han retirado las últimas ménsulas temporales, pueden colocarse los acabados.

3.5.2 Desarrollo del modelo didáctico

La descripción del sistema constructivo del apartado anterior, es ejemplificada para efectos didácticos en dos fases con modalidades distintas: Un **modelo digital** que ilustra una edificación realizada con la tecnología mencionada en crujías de cuatro (2 x 2) módulos y cuatro niveles, con una subestructura a base de pilas y superestructura con columnas y vigas prefabricadas unidas en conexiones de junta “húmeda”, entresijos de placas alveolares y capa de compresión de concreto armado. Todo ello se describe gráficamente, de modo que puede identificarse cada uno de los componentes del sistema.

La segunda fase muestra el mismo sistema constructivo en un **modelo físico** de escala reducida con una configuración de un tablero entre cuatro columnas y cuatro niveles de altura, que por razones prácticas omite las pilas y se desplanta a nivel de planta baja. El modelo está elaborado en material plástico de diverso tipo en cada una de sus partes y está compuesta por los mismos elementos descritos anteriormente con la característica de que es posible ir armando el modelo paso a paso y pieza por pieza, de modo que el ejercicio didáctico se convierte en una experiencia

lúdica que refuerza el aprendizaje despejando todo género de dudas respecto de las particularidades y características del sistema constructivo.

3.5.2.1 Primera fase. Modelo tridimensional digital

La planeación y desarrollo del modelo didáctico SD-69 Conexión entre elementos prefabricados, parte de la elaboración de bocetos desarrollados por el Laboratorio de Estructuras del Departamento de Materiales de CBI, que han servido al Laboratorio de Modelos Estructurales de CyAD como punto de partida para el desarrollo de un modelo digital en 3D que representa un sistema de marcos (crujías dos x dos en cuatro niveles) con elementos de columnas y vigas prefabricados de concreto armado que se ensamblan en nodos con conexión "húmeda". En la descripción gráfica se detallan los componentes del sistema.

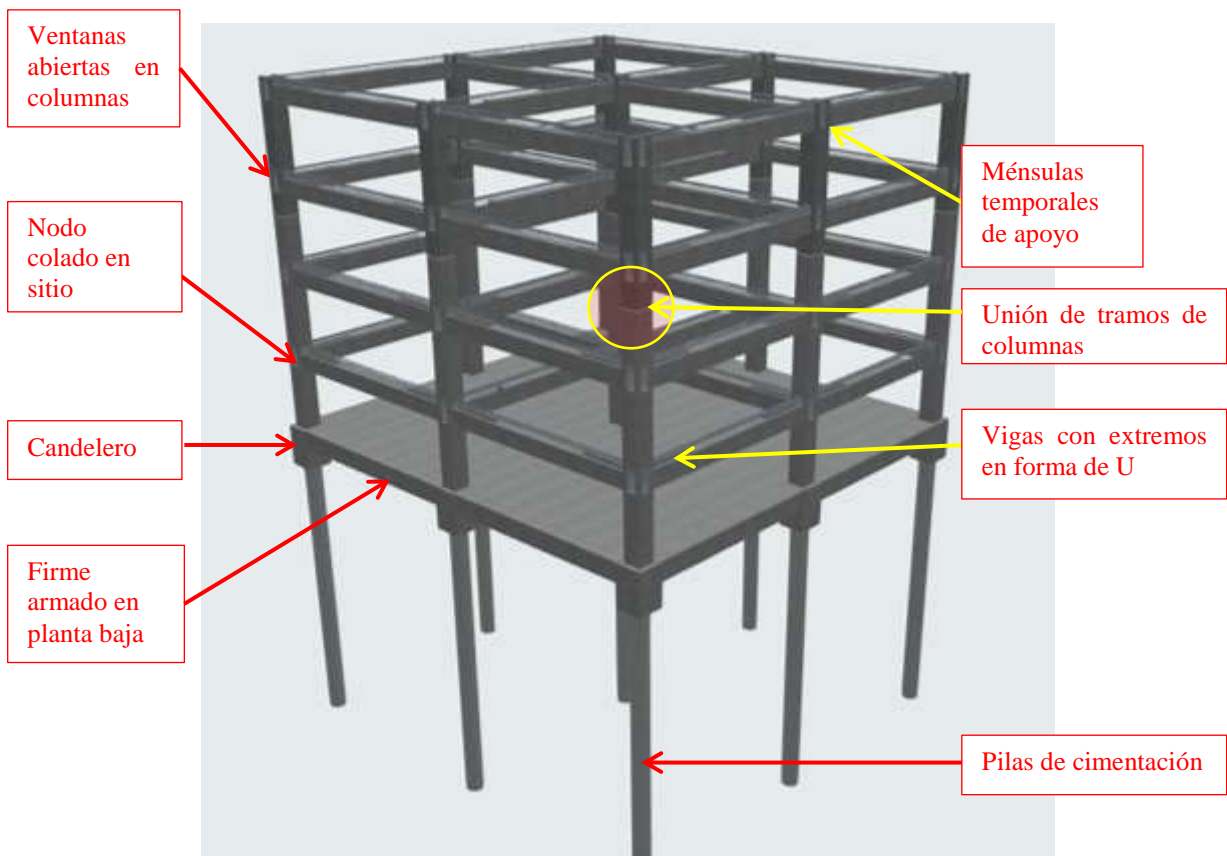


Figura 1. Sistema de marcos con elementos de concreto presforzado

En la *Figura 1* se observa el modelo de una estructura de marcos de vigas y columnas prefabricadas unidas en los nodos mediante una conexión húmeda colada en sitio.

La cimentación de la estructura está formada por pilas de concreto que se unen a las columnas a través de "candeleros" prefabricados en donde se traslapa el acero de refuerzo de la columna y la pila, el candelero también sirve para traslapar el acero longitudinal de las contratraves con el acero de la losa de cimentación.

Este modelo es de 4 niveles, las columnas prefabricadas pueden construirse de más de un nivel. Para facilitar el transporte y montaje, así como para mostrar cómo se unen las columnas, se

fabrican en dos longitudes, una dos niveles y medio para la parte inferior y la otra de un nivel y medio en la parte superior, el traslape de las columnas se lleva a cabo a la mitad de la altura de cada uno de los entrepisos, que es el punto donde el momento flexionante es cero. Se emplean ductos en el tramo de columna inferior para alojar el acero de refuerzo de la columna superior que tiene una longitud mínima igual a la longitud de desarrollo. Una vez ubicado el acero de refuerzo al interior de los ductos, se puede llevar a cabo el colado con un mortero fluido con aditivos que evitan la contracción volumétrica conocido como "Grout". Para poder colocar el grout se debe dejar una distancia mínima de 5 cm entre la superficie superior de la columna de abajo y la superficie inferior de la columna de arriba para que el grout fluya y llene perfectamente los ductos. Se puede requerir hacer una especie de ménsula o cánula para que el mortero sea fácil de colocar y una vez endurecida se demuele y se afina la superficie.

En la *Figura 1*, se ilustra también la cimentación con pilas y los candeleros que las rematan en su extremo superior para el anclaje de las columnas. Haciendo contacto con el terreno se muestra la losa de fondo o firme armado.

Las vigas principales se construyen con una sección en forma de U en los extremos (Park, 1986) ver *Figura 2*. Dicha sección permite que se coloque acero de refuerzo que pasa a través de la columna y queda anclado de ambos extremos. Una vez que el refuerzo longitudinal y transversal se coloca en su posición final, se cuela el nudo para darle continuidad.

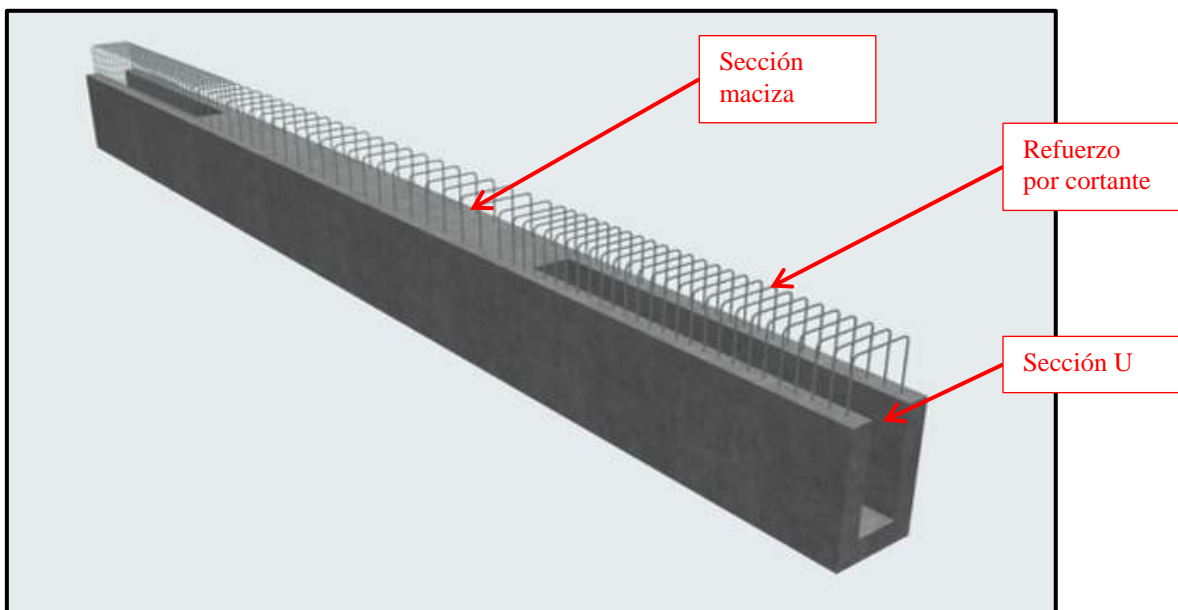


Figura 2. Trabe portante prefabricada

En la *Figura 3*, se muestra una etapa en que ya se han colado los nodos hasta la altura de las losas alveolares, el concreto empleado se representa en color amarillo ocre. Las losas alveolares que están ubicadas en su posición final, para distinguirlas, en esa misma figura se muestran en color azul.

El colado de los firmes (capa de compresión sobre las placas alveolares) se hace llegar hasta el borde del entrepiso a efecto de que cubra los estribos de las traves que sobresalen en altura con el propósito de obtener un colado monolítico del sistema. El procedimiento se realiza iniciando por la losa de azotea y siguiendo por etapas sucesivas hacia abajo en cada entrepiso para evitar escurrimientos indeseables en losas terminadas si se hiciera en sentido inverso.

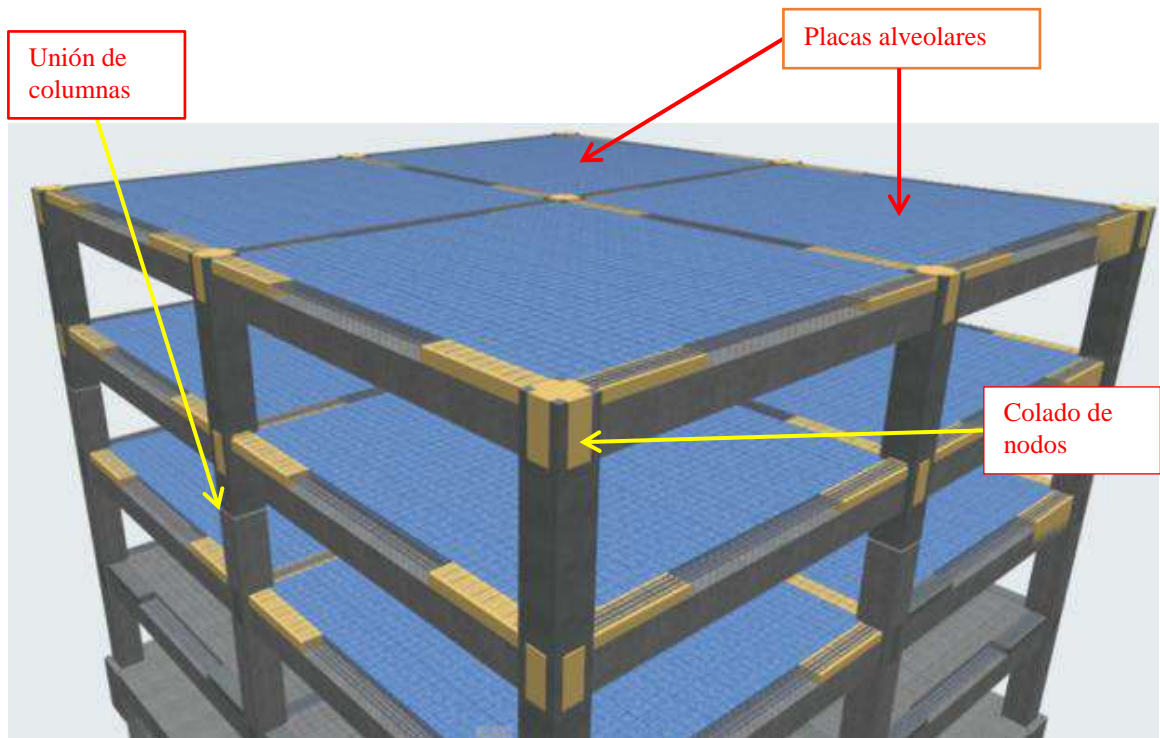


Figura 3. Colocación del sistema de piso formado por placas alveolares (en azul).

En la Figura 4 se muestra el armado del firme de concreto que se coloca sobre las placas alveolares a la que comúnmente se le denomina capa de compresión, aunque no solamente debe resistir compresiones, también debe resistir tensiones (Rodríguez, 2021).

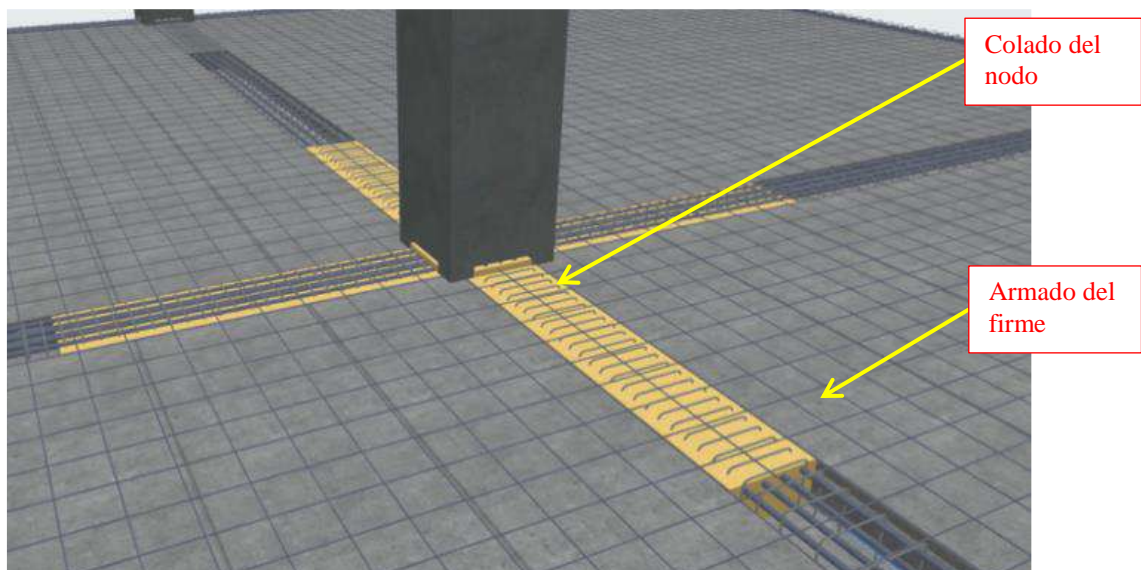


Figura 4. Nodo de una columna interior. Armado del firme de concreto.

En la *Figura 5* se muestra un detalle de un nodo de esquina en el que se aprecia el colado del nodo, así como la unión del segmento inferior de la columna con el segmento superior.

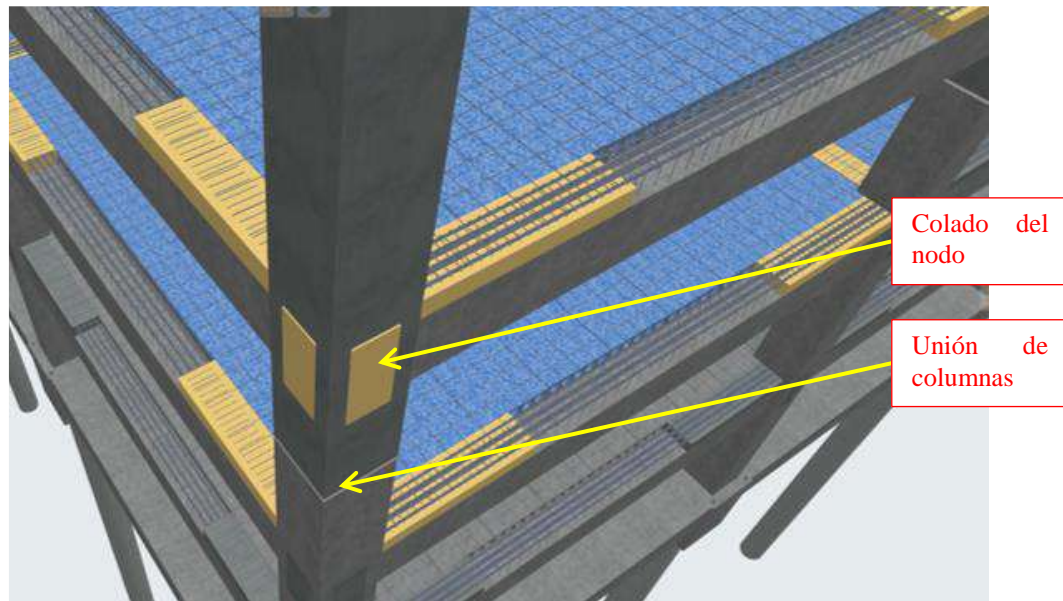


Figura 5. Nodo de conexión en esquina

En la *Figura 6* se describe un nodo de esquina con la conexión de vigas y columna. Se muestra en parte el armado previo al colado parcial de las vigas y el firme de concreto sobre losas alveolares.

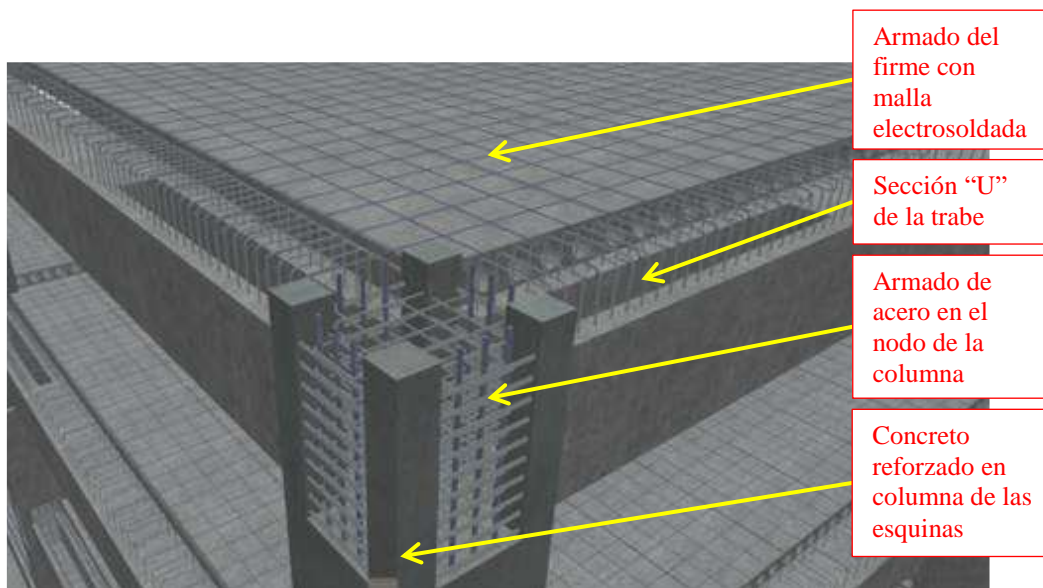


Figura 6. Detalle del armado en un nodo de conexión en esquina

La columna está seccionada para mostrar el armado del nodo y las ventanas para el colado monolítico de las vigas. Se observa el armado previo al colado monolítico con columnas. Las vigas están apoyadas de forma provisional en cartelas metálicas fijadas a los costados de la columna (que no se alcanzan a ver en esta figura).

3.5.2.2 Segunda fase. Modelo tridimensional físico

El modelo tridimensional de la conexión a escala reducida queda materializado en términos físicos. En las figuras presentadas en este documento se muestran algunas imágenes representativas de ese proceso, pero es necesario decir que en el desarrollo del modelo tridimensional están ya calculados y resueltos todos los armados tanto de las columnas en sus nodos y en los ensambles de cada tramo de columna, como el de las vigas, la capa de compresión de las losas y su fijación en sus bordes con las vigas, según se detalla en el apartado 5.4.2 de la Memoria Gráfica.

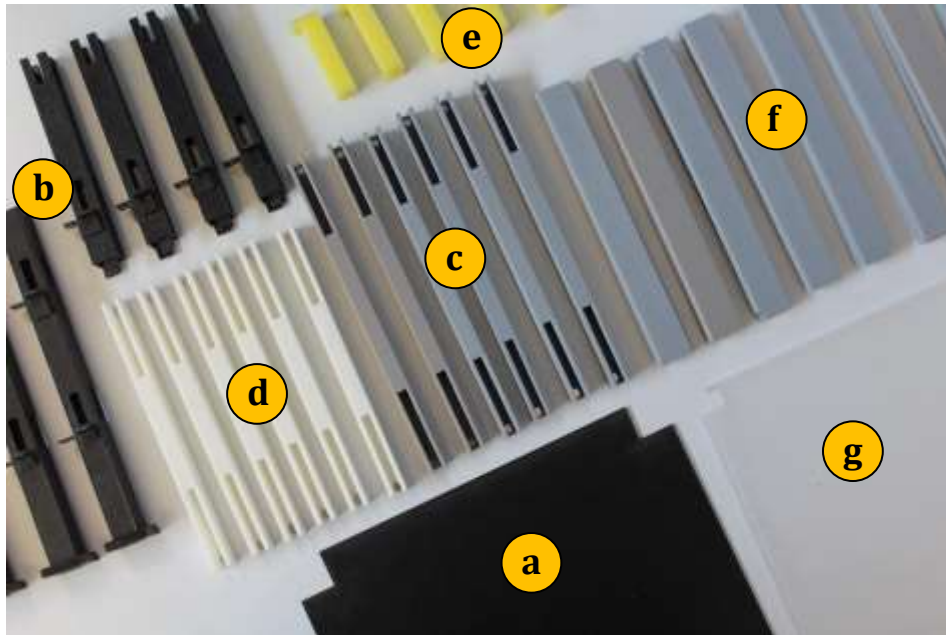


Figura 7a. Componentes elementales del sistema emulativo.

Se muestran en esta figura los componentes constructivos del modelo físico (referirse también al apartado 3.5.3 de la Memoria Descriptiva): a) Firme armado del desplante de la estructura; b) Columnas en sus dos tramos: cortas y largas; Vigas con extremos ahuecados en "U", tanto c) transversales como d) longitudinales; e) Juntas húmedas; f) Placas alveolares; g) Capa de compresión.



Figura 7b. Componentes elementales del sistema emulativo.

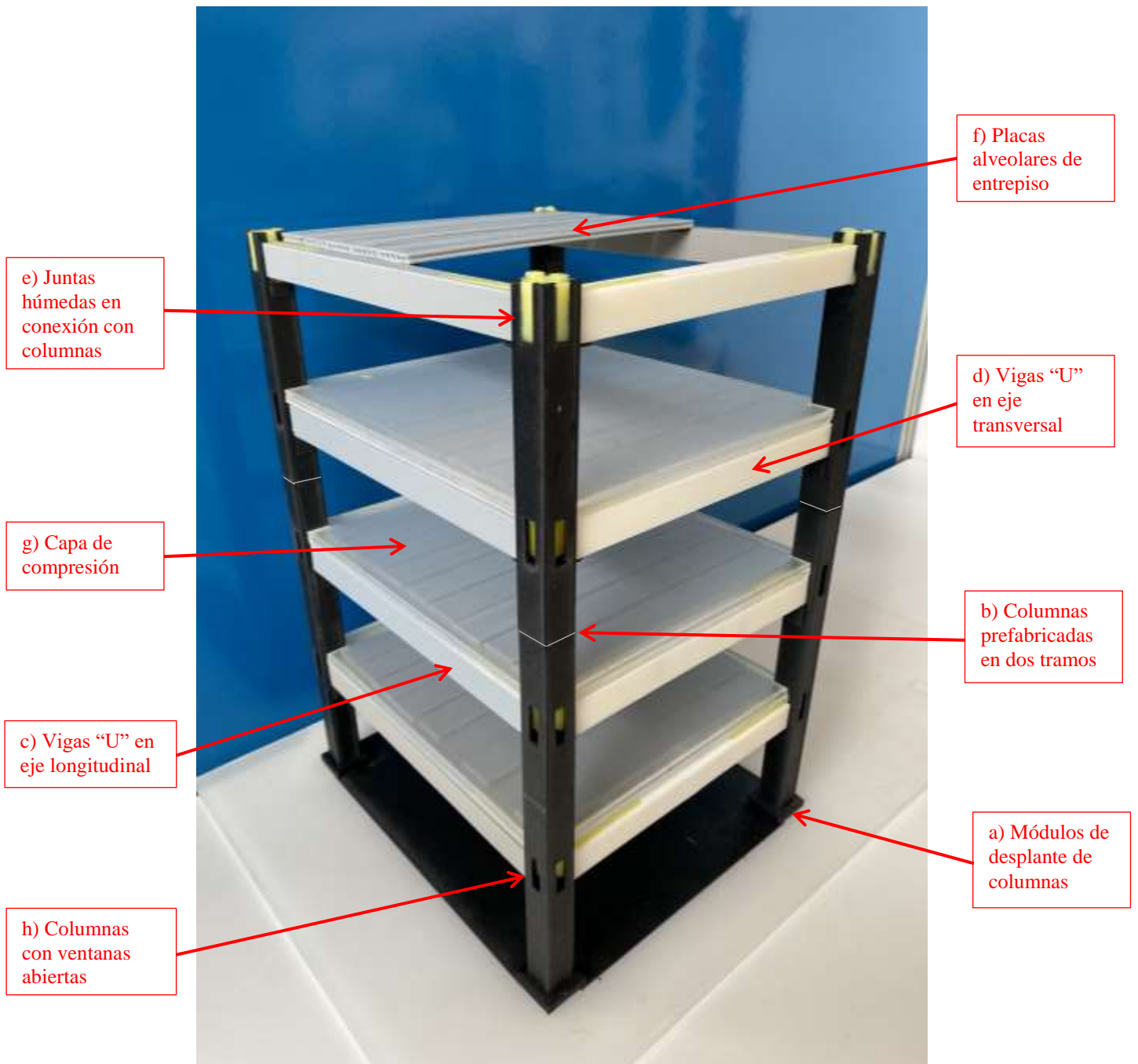


Figura 7c. Componentes elementales del sistema emulativo.

Desplante de columnas en planta baja y colocación de vigas.

Se muestra en las siguientes imágenes el proceso de armado del modelo desde la base, donde se ubican postes de retención de ABS (*Figura 8a*) que proporcionan el anclaje necesario a las columnas del primer tramo (*Figura 8c*) fabricadas con el mismo material. La placa negra de ABS (*Figura 8b*) representa el firme armado sobre el que se desplantan las columnas.

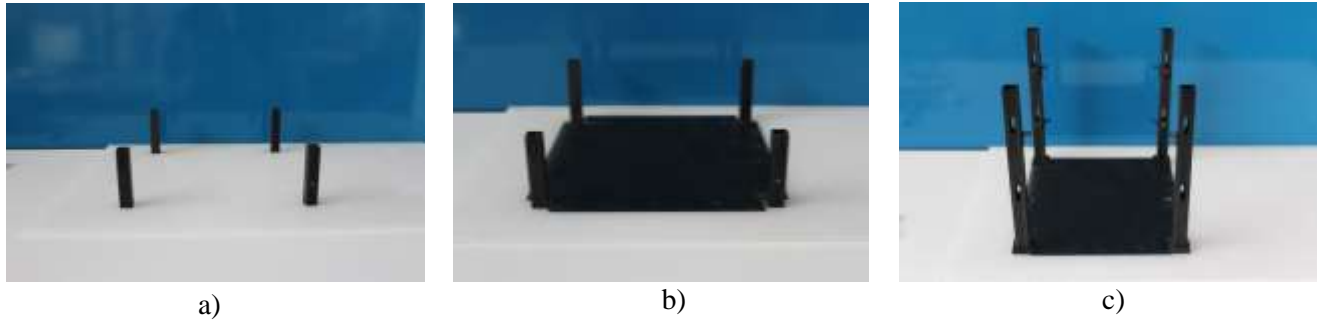


Figura 8. Desplante de columnas en planta baja.

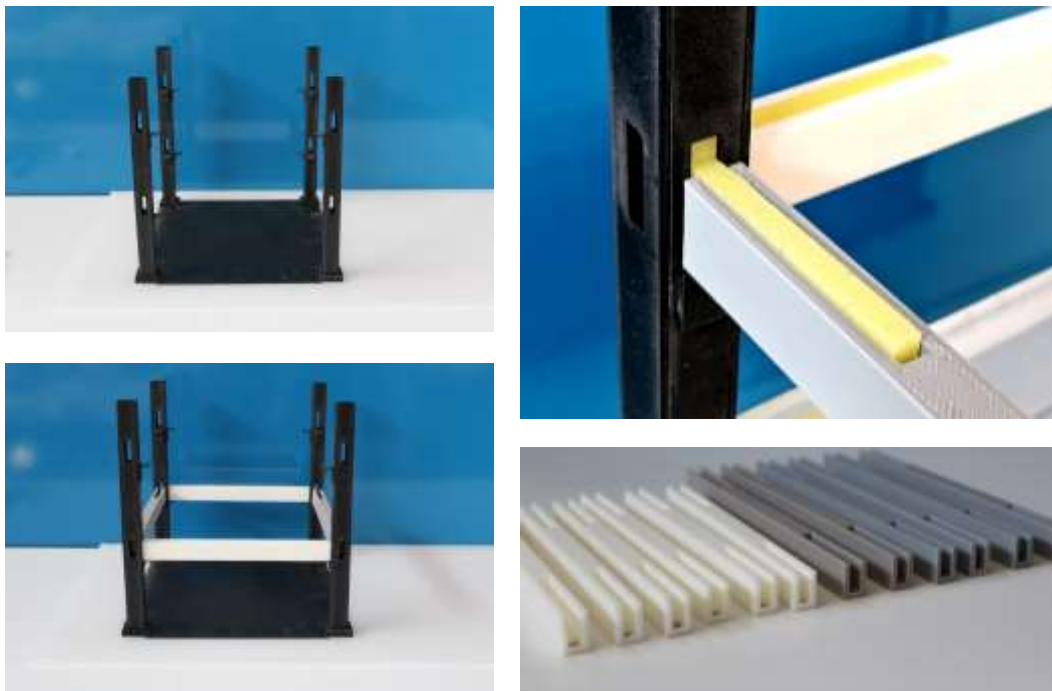


Figura 9. Colocación de vigas "U" prefabricadas apoyadas en ménsulas metálicas provisionales.

Aquí se describe la colocación de las vigas del primer nivel mismas que se apoyan provisionalmente en ménsulas de placa metálica aquí representada también en plástico ABS cortado con láser y sujeto a las columnas con cianoacrilato. Cada ménsula (*Figura 10*) cuenta con una inserción de imán circular de neodimio con retención suficiente para fijar firmemente los extremos de las vigas que, a su vez, cuentan con otro imán en contraparte. La temporalidad de estos apoyos es determinada en el proceso constructivo real, por el momento en que se realice en obra el colado de concreto en sitio que le dará a la junta carácter definitivo.

Se observa en el detalle de la *Figura 9c* la colocación de la “junta húmeda” representada con un inserto de silicón amarillo que penetra la ventana de la columna y que en el proceso constructivo real será de concreto colado en obra para hacer una conexión monolítica con la columna.

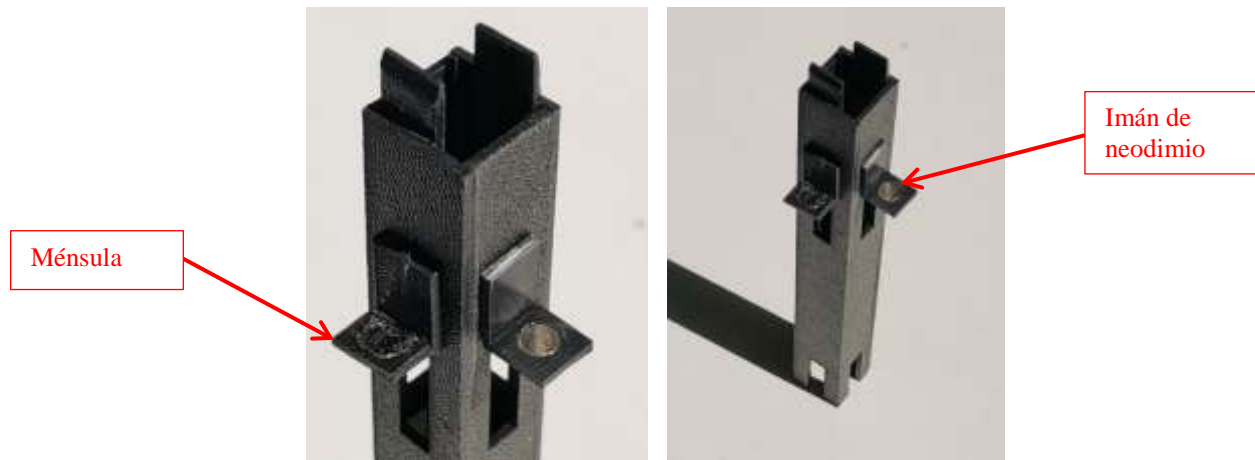


Figura 10. Detalle de ménsula con inserto de imán de neodimio para fijación de las vigas en la maqueta.

Colocación de las placas alveolares

Se muestran en las *Figura 11a y b*, las placas que, apoyadas en las vigas perimetrales conformarán cada entrepiso. Estas piezas prefabricadas pretensadas tienen capacidad de resistir flexión por carga axial suficiente para cubrir claros de hasta 10 m con un espesor de 25 cm. En el Modelo fueron fabricadas por impresión 3D por sistema de deposición con hilo de ABS y afinados sus extremos con herramienta manual.

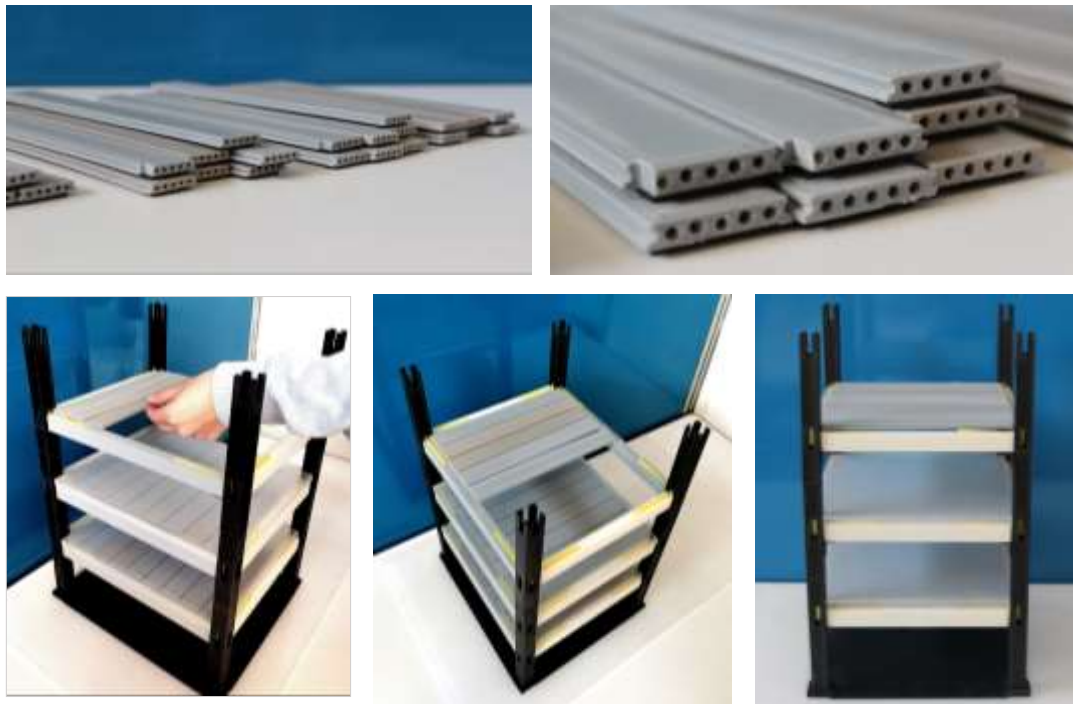


Figura 11. Proceso de colocación de las placas alveolares en los distintos entrepisos.

Se repite el proceso en cada entrepiso hasta cubrir toda la altura de la estructura para posteriormente aplicar la capa de compresión, consistente en un firme de concreto de 6 cm de espesor con lo que quedará terminado el sistema. Es importante señalar que se inicia la colocación de esta capa en la losa más alta para que, como se señaló al inicio de esta sección, por los escurrimientos del colado no ensucien el piso terminado inmediato inferior en el supuesto de que éste estuviese terminado, ya que las juntas entre placas alveolares no están selladas.



Figura 12. Colocación de firme o capa de compresión que complementa el sistema de losas alveolares en cada entrepiso.

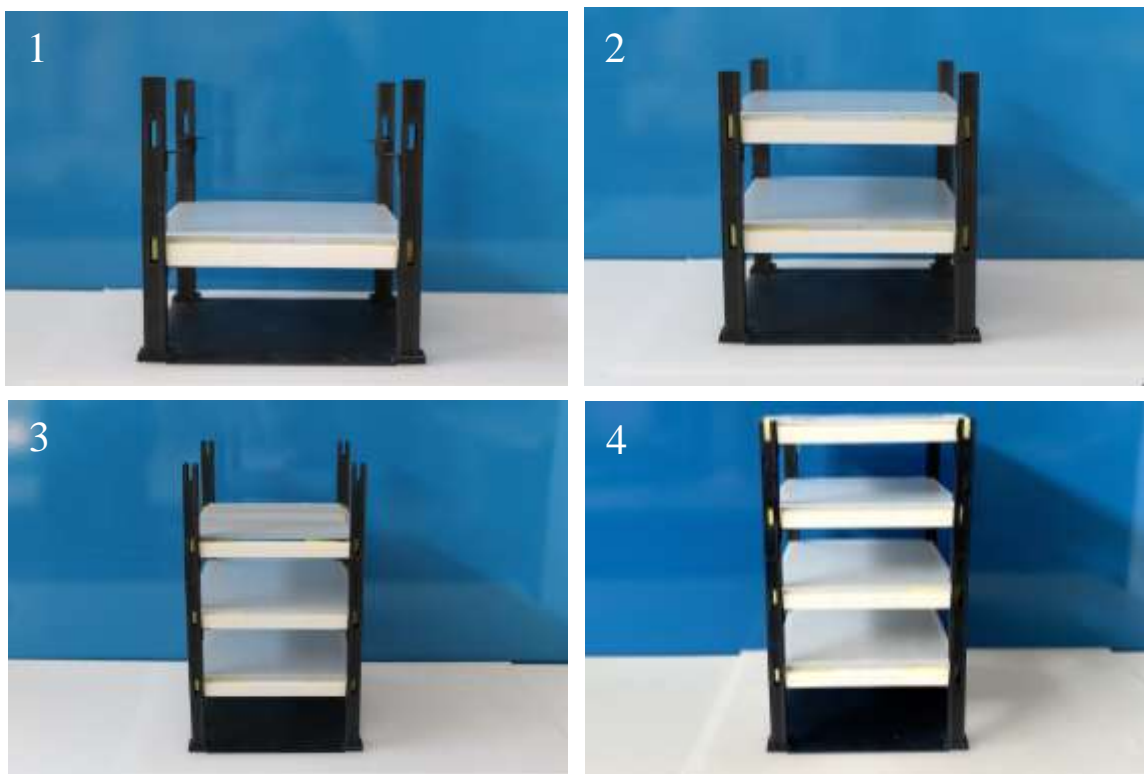


Figura 13. Secuencia de colocación de entrepisos en el modelo.



Figura 14. Vistas del modelo.

3.5.3 Memoria Descriptiva

El trabajo realizado para este proyecto difirió sustancialmente del desarrollo normal de los prototipos que se han realizado en este Programa de Investigación, por lo que la ruta metodológica de investigación tuvo que ser adecuada a las necesidades didácticas del modelo desarrollado.

Lo primero que hay que señalar es que, en lugar de un prototipo, como los desarrollados anteriormente, se construyó un modelo icónico a escala, pieza por pieza, exceptuando los componentes de acero. Una parte muy importante de este desarrollo, además de las piezas que se mencionan adelante, fueron los escantillones utilizados para garantizar la homogeneidad de los ensambles.

Este modelo fue construido tomando como base la representación digital del edificio original. La escala utilizada fue de 1:20. En la mayoría de las piezas se utilizaron archivos digitales para dimensionar en el cortador láser y modelados tridimensionales para manufacturarse en impresora de 3D, por el método de Fused Deposition Modeling (Modelado por Deposición Fundida).

El modelo está constituido por las siguientes piezas:

1. Base
 - 1.1 Postes de retención
2. Columnas
 - 2.1 Ménsulas de apoyo
 - 2.2 Candeleros
 - 2.3 Imanes de Neodimio
3. Trabes
 - 3.1 Juntas húmedas
 - 3.2 Imanes de Neodimio
4. Losas alveolares
5. Firme de concreto
6. Capa de compresión

1. Base

La Base está manufacturada de acrílico transparente de 6 mm de 350 mm x 600 mm. Lleva 6 barrenos pasados de 15 mm x 15mm y que dan alojamiento a sendos Postes de Retención cuadrados.

La retícula sobre la que está perforada la Base es de 203.88 mm x 234.65 mm a sus centros, correspondiendo el lado largo de esta retícula al lado corto de la Base. Esa retícula está centrada a las dimensiones de la Base.

1.1 Postes de Retención

Construidos de lámina de ABS NEGRO de 1.6 mm de grosor y de 15 mm x 15 mm x 80 mm de longitud. Las cuatro paredes de cada uno de los Postes fueron cortadas con láser y pegadas con cianoacrilato. Asimismo, los postes fueron adheridos a la Base con el mismo tipo de adhesivo.

2. Columnas

De estas piezas has dos tipos, las Largas y las Cortas.

Las Columnas Largas fueron manufacturadas de lámina de ABS NEGRO de 1.6 mm de grosor y de 16.2 mm x 16.2 mm x 226 mm de longitud, cortadas por láser y pegadas con cianoacrilato.

Estas Columnas llevan dos ventanas rectangulares de 6 mm x 21 mm al centro de cada cara. Las ventanas bajas se encuentran a 80 mm de la orilla inferior y las ventanas altas se encuentran a 71 mm de las bajas.

Las Columnas Cortas fueron manufacturadas de lámina de ABS NEGRO de 1.6 mm de grosor y de 16.2 mm x 16.2 mm x 145 mm de longitud, cortadas por láser y pegadas con cianoacrilato.

Estas Columnas llevan dos ventanas rectangulares de 6 mm x 21 mm al centro de cada cara. Las ventanas bajas se encuentran a 36 mm de la orilla inferior y las ventanas altas se encuentran a 71 mm de las bajas.

2.1 Ménsulas de apoyo

Estas piezas están constituidas por dos tramos de lámina de ABS NEGRO de 1.6 mm de espesor y cada uno de los tramos de 11 mm x 14 mm pegados con cianoacrilato en ángulo recto.

Al centro del lado horizontal del estribo y a 5.5 mm del ángulo recto lleva un barreno de 5.5 mm de diámetro que sirve como alojamiento para un Imán de Neodimio.

Estas Ménsulas de apoyo van adheridas con cianoacrilato al centro de cada cara de las Columnas, 3 mm abajo de la arista inferior de cada ventana.

2.2 Candeleros

Estas piezas sirven de basamento para las Columnas, una vez que éstas se han insertado en los Postes de Retención.

Los Candeleros fueron impresos en 3D, en Neopreno flexible negro formando un cuadrado de 28 mm x 28 mm x 6 mm de altura. Llevan un recuadro interior al centro, de 18 mm x 18 mm.

2.3 Imanes de Neodimio

Piezas comerciales redondas de 5 mm de diámetro x 1.6 de espesor. Estos imanes, de alta potencia, se adhieren con cianoacrilato en el barreno de la cara horizontal de cada ménsula, así como en las aristas extremas de las Trabes.

3. Trabes

De estas piezas hay dos tamaños, las Largas y las Cortas.

Las Largas fueron impresas en 3D con hilo de ABS gris. Miden 215 mm x 12 mm x 18 mm. Llevan un canal de 6 mm x 15 mm x 53 mm de longitud que parte de cada uno de los extremos de la Trabe y corre hacia el centro de la pieza, dejando un tramo de 110 mm de longitud al centro.

A 5 mm de distancia de cada uno de los extremos lleva un barreno pasado de 5 mm de diámetro para alojar un Imán de Neodimio que se adhiere con cianoacrilato.

Las Cortas fueron impresas en 3D con hilo de PLA (Ácido Poliláctico). Miden 175 mm x 12 mm x 18 mm. Llevan un canal de 6 mm x 15 mm x 53 mm de longitud que parte de cada uno de los extremos de la Trabe y corre hacia el centro de la pieza, dejando un tramo de 70 mm de longitud al centro.

A 5 mm de distancia de cada uno de los extremos lleva un barreno pasado de 5 mm de diámetro para alojar un Imán de Neodimio que se adhiere con cianoacrilato.

3.1 Juntas húmedas

Estas piezas son una simulación de lo que sucede en la vida real, en la que en el Canal de las Trabes se cuela concreto que corre hasta llegar a la Ventana correspondiente de la Columna con la que se asocia.

Estas piezas están fabricadas en moldes de lámina de ABS y miden 6 mm x 53 mm con una protuberancia superior de 6 mm x 6 mm que es la parte que entra en la Ventana de la Trabe.

3.2 Imanes de Neodimio

Piezas comerciales redondas de 5 mm de diámetro x 1.6 de espesor. Estos imanes, de alta potencia, se adhieren con cianoacrilato en el barreno de la cara horizontal de cada uno de los extremos de las Trabes.

En conjunto con el Imán de Neodimio de cada Ménsula de apoyo y la Junta Húmeda estructuran cada una de las crujeas del modelo.

4. Losas Alveolares

Piezas impresas en 3D, en hilo de ABS gris de 5 mm x 25 mm x 197 mm. La sección transversal de esta pieza fue copiada de la fotografía de una pieza real y fue digitalizada y modelada tridimensionalmente.

La pieza tiene cinco alveolos circulares distribuidos de manera equidistante a lo ancho y corren a toda la longitud de la pieza.

5. Firme de Concreto

Pieza manufacturada de lámina de ABS negro de 1.6 mm de grosor y cortada por rayo láser, con dimensiones de 262.65 mm x 231.82 mm. En cada una de las esquinas lleva un corte cuadrado.

Ese corte tiene 22.6 mm x 22.6 mm y sirve para ajustar exactamente contra las esquinas interiores de las Columnas, en su parte más baja.

Esta pieza recarga sobre los cuatro Candeleros que circundan la base de las Columnas.

6. Capa de Compresión

Esta pieza, de acrílico transparente de 3 mm de grosor, fue cortada por rayo láser de 243.10 mm x 210.17 mm y lleva un corte rectangular en cada esquina. Toda la pieza descansa sobre 9 de las Losas Alveolares, cuyos extremos descansan sobre las orillas interiores de las Trabes Largas.

Uno de los cortes es de 15 mm x 8.90 mm. El segundo de ellos es de 11 mm x 8.90. El tercero de ellos es de 11 mm x 15 mm y el Cuarto de ellos es de 15 mm x 15 mm.

Las diferencias de medidas se explican porque de dos de los lados, las Losas de Compresión deben llegar hasta el límite de las Trabes, mientras que los otros dos lados sólo deben llegar hasta el meridiano longitudinal de las Trabes.

Se les adhirió un reborde de 3 mm x 5 mm del mismo acrílico que corre por las cuatro aristas de la Losa.

5.4 Memoria gráfica

5.4.1 Elaboración de accesorios y modelo 3D preliminar



Figura 15. Proceso de inserción de imanes de neodimio en placa horizontal de las ménsulas.

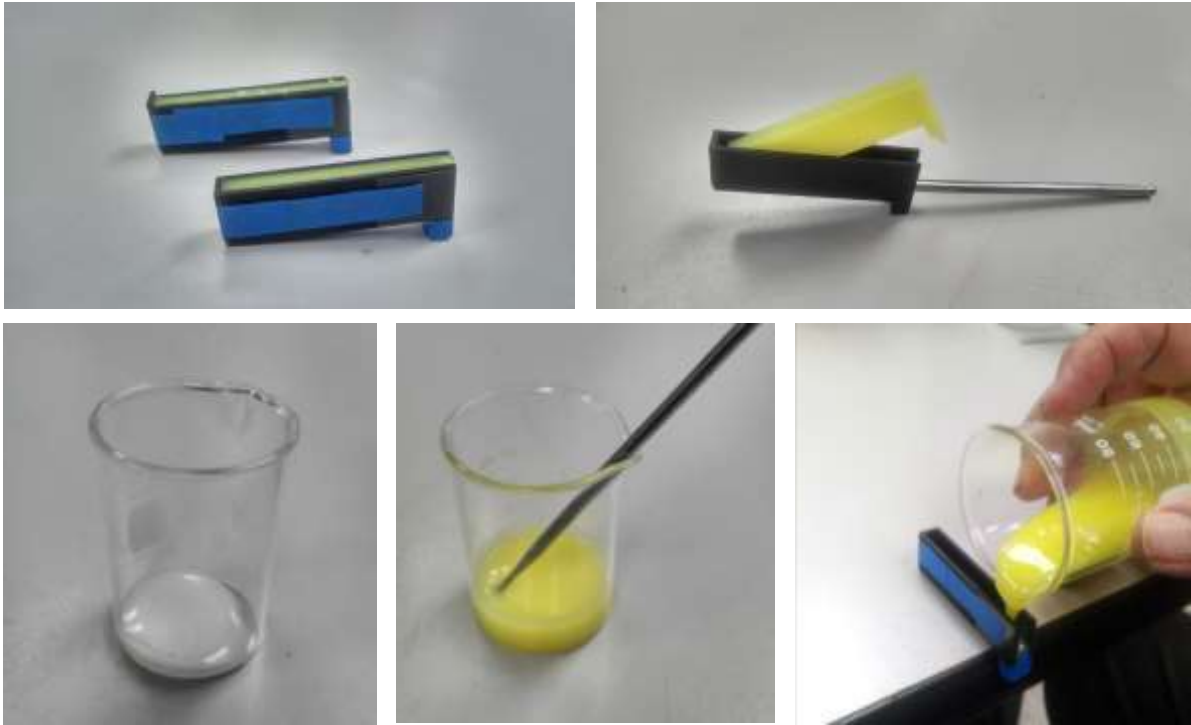


Figura 16. Molde y colado de “juntas húmedas” de silicón.

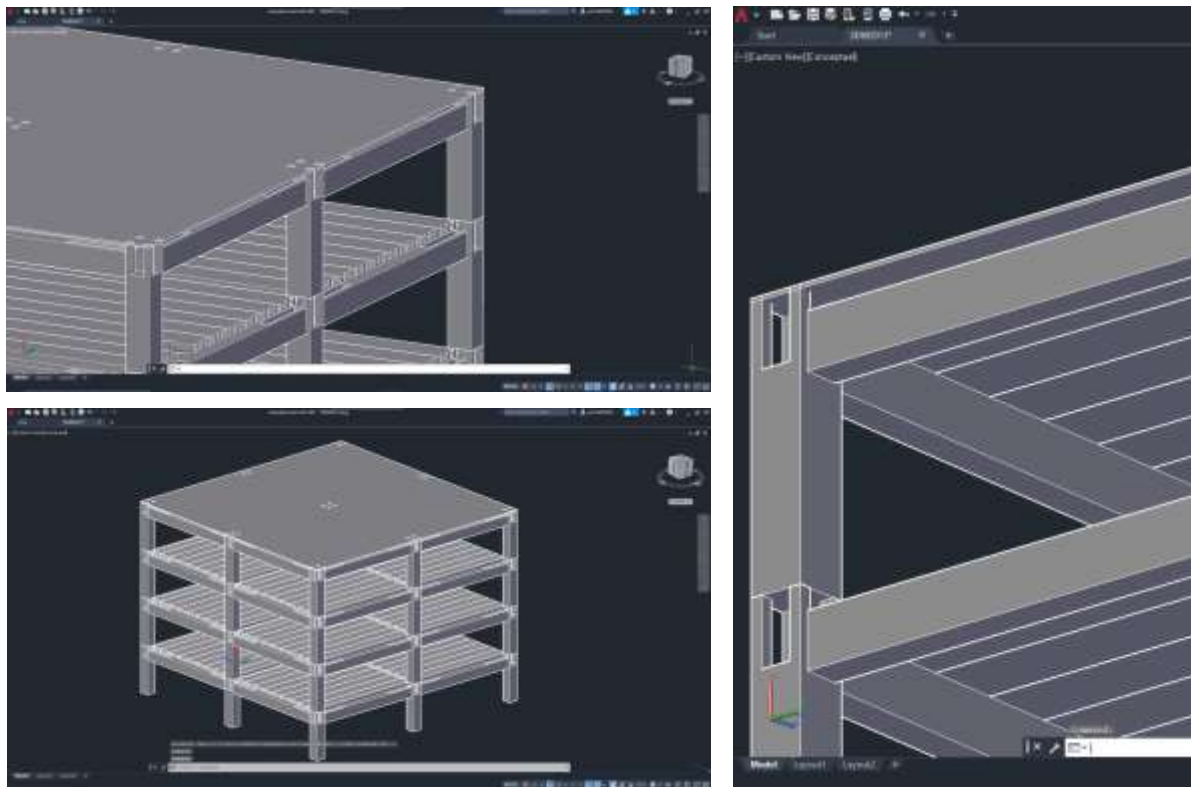
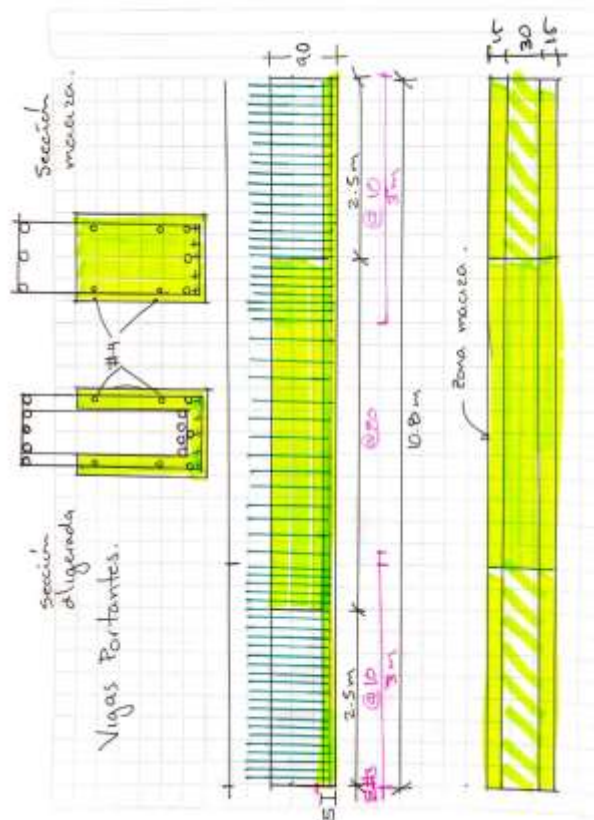
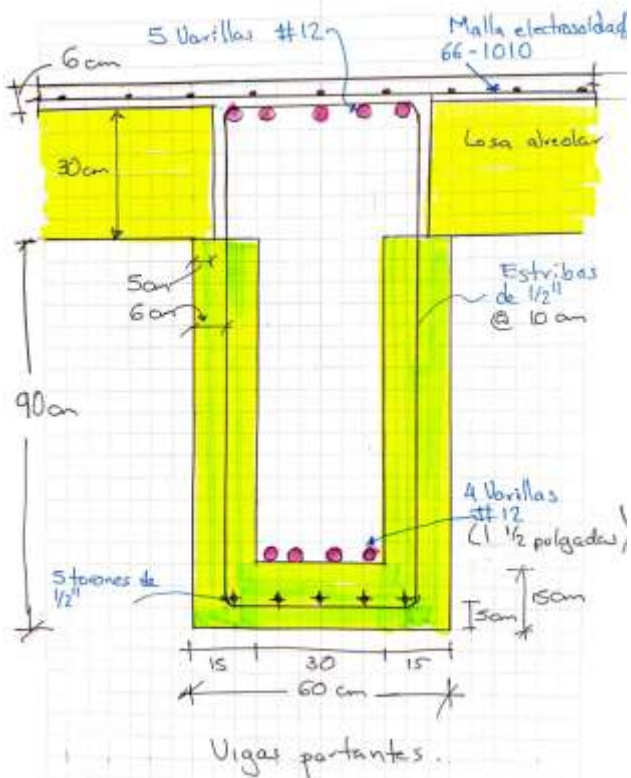
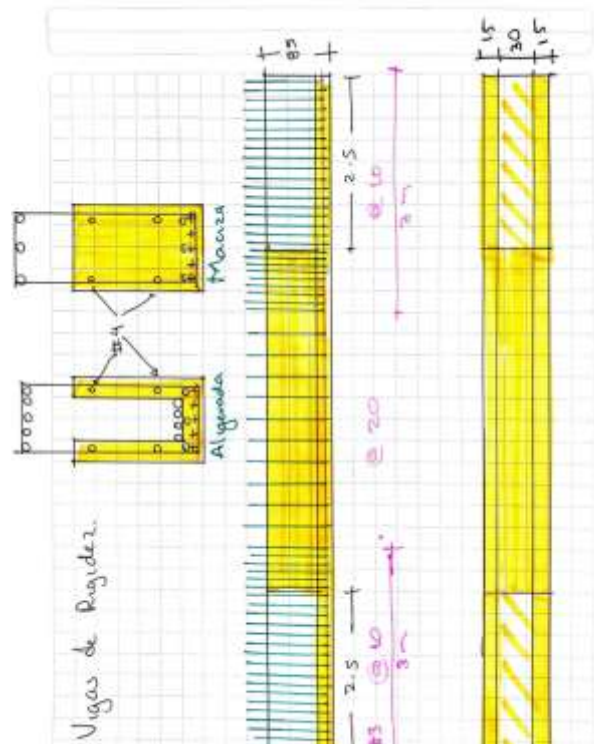
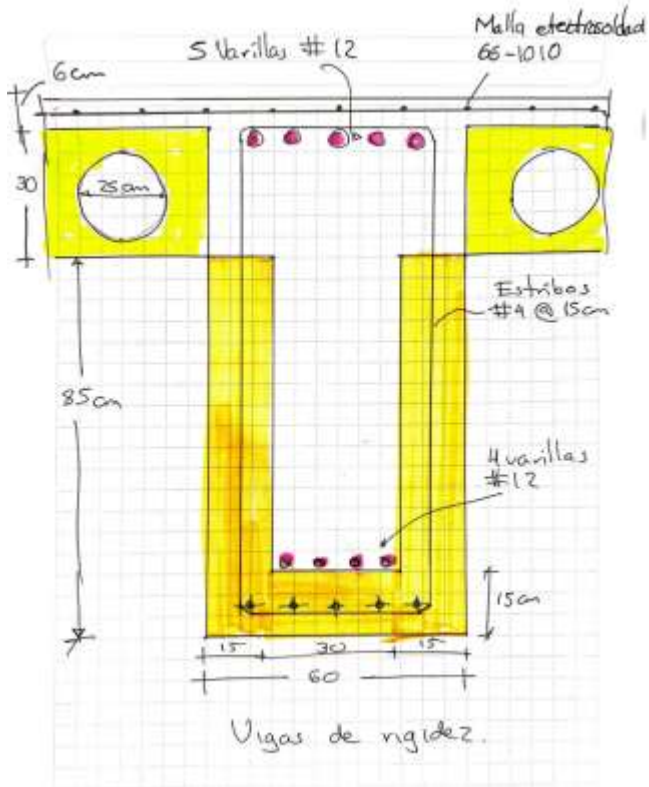
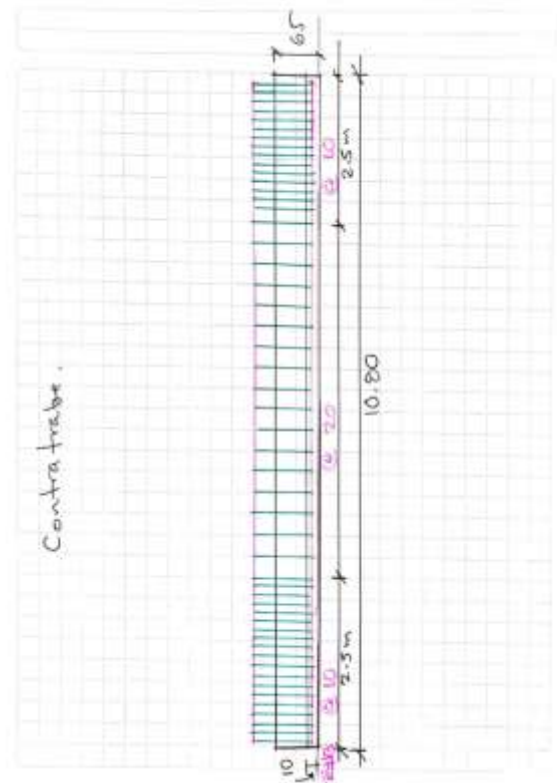
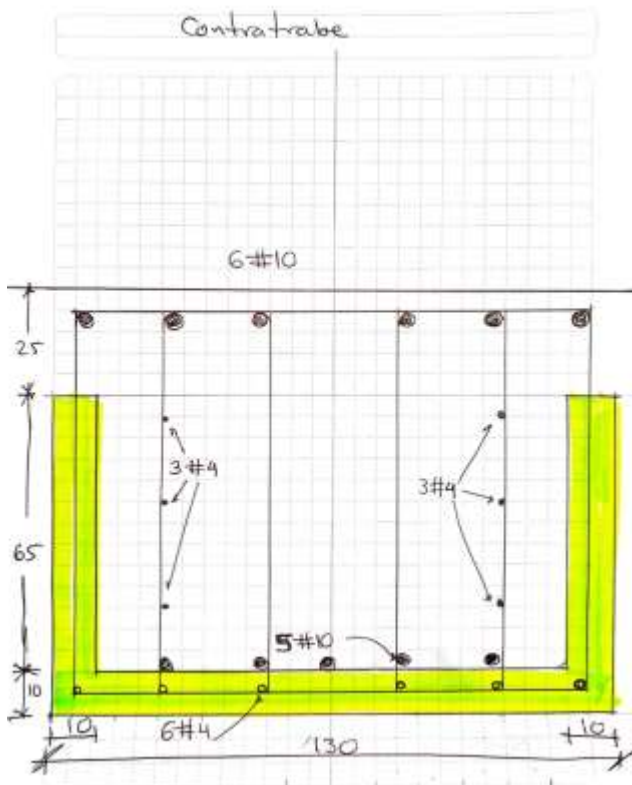


Figura 17. Modelo 3D en AutoCAD previo a la fabricación de elementos constructivos.

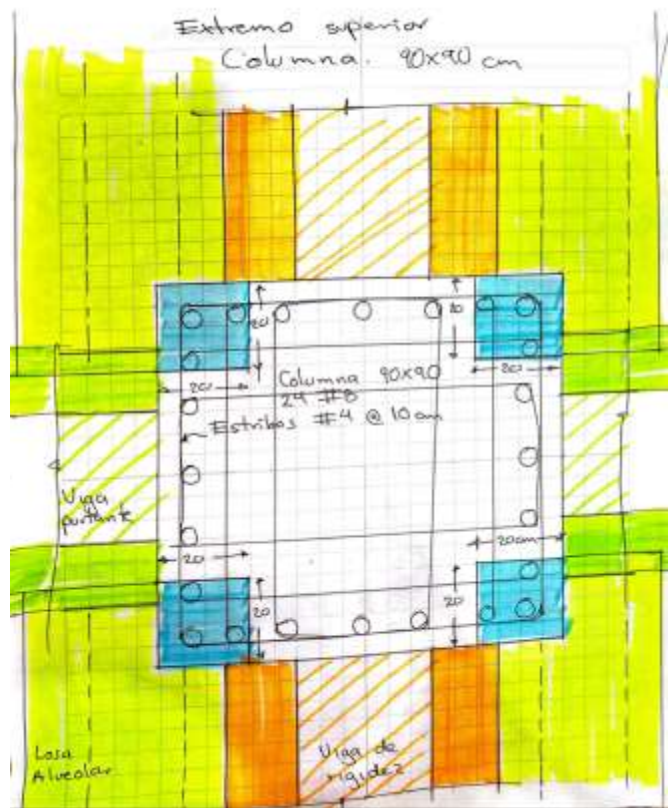
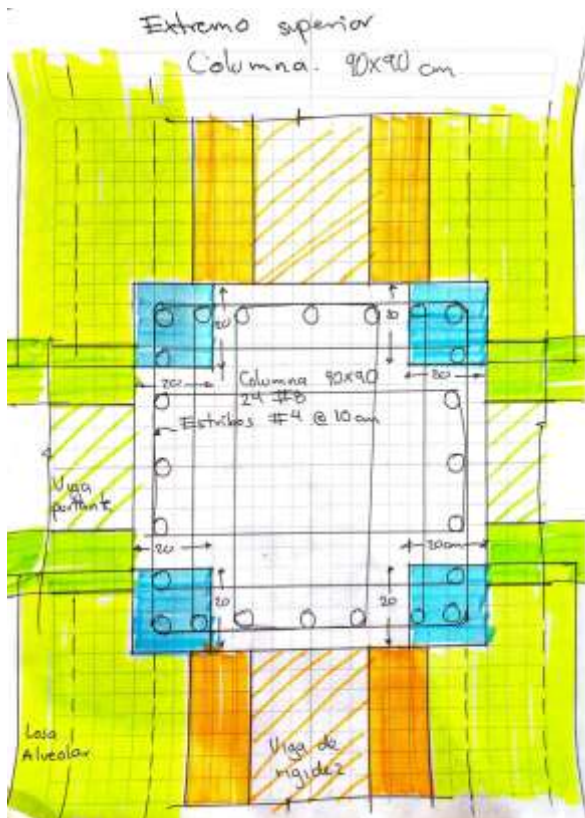
5.4.2 Croquis dimensionados con la especificación resultante del cálculo del armado del acero

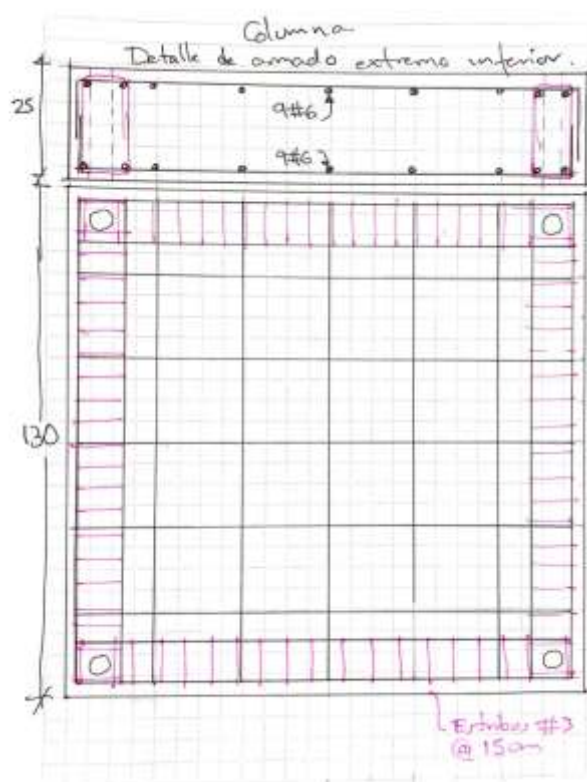
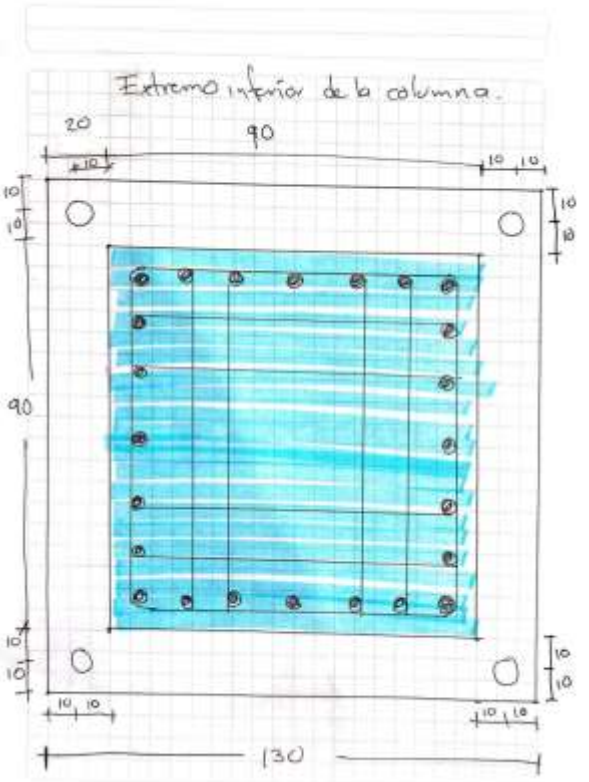
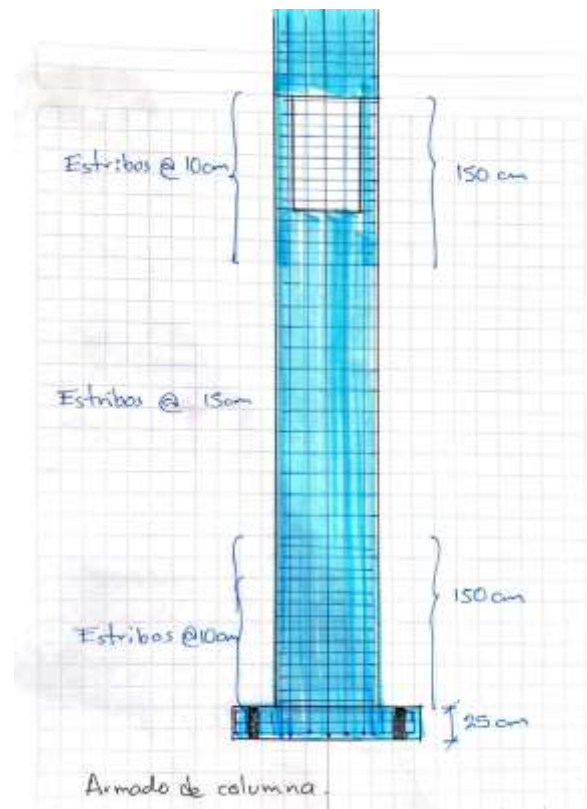
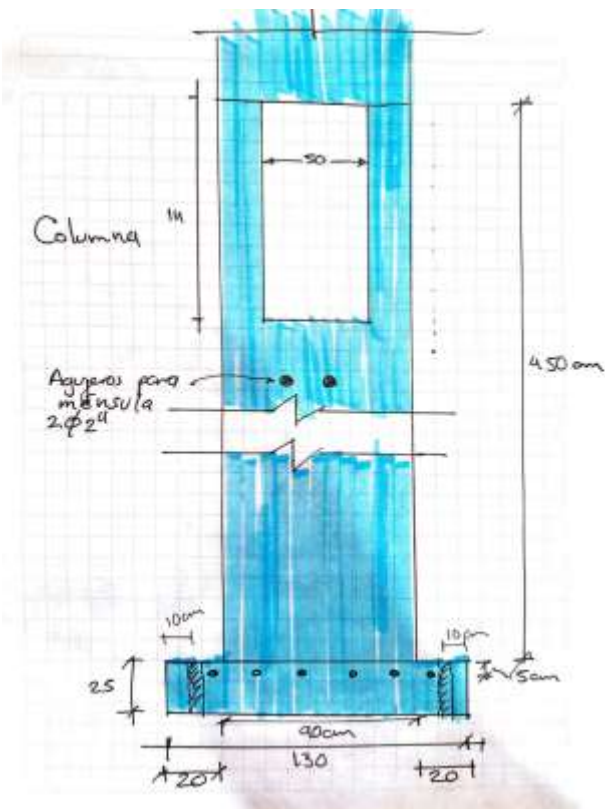
Armado de vigas y montaje de placas alveolares

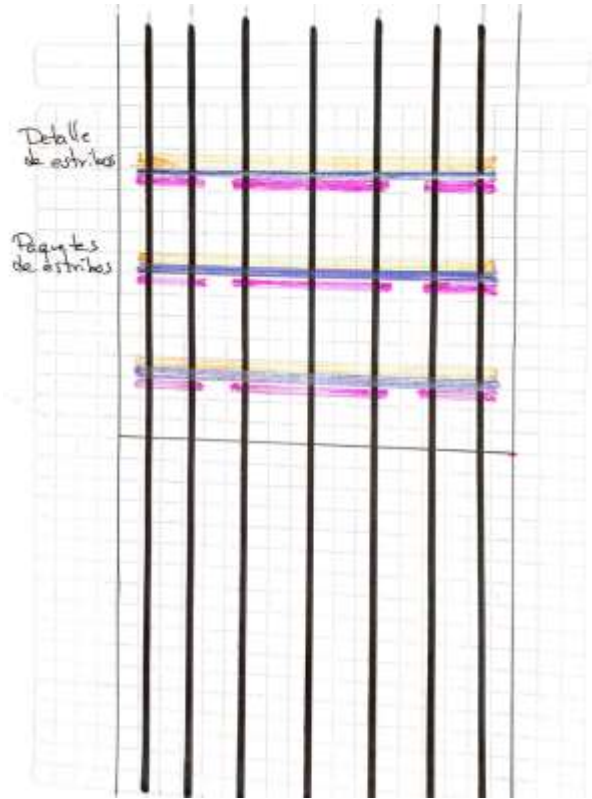
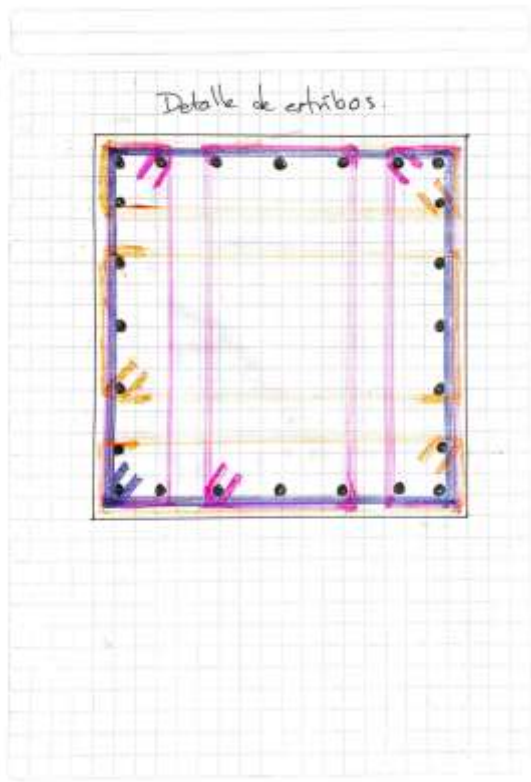




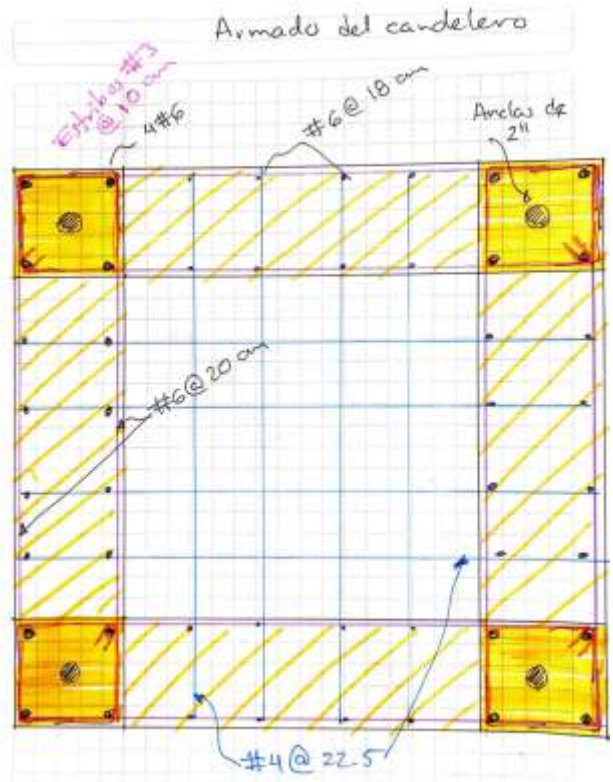
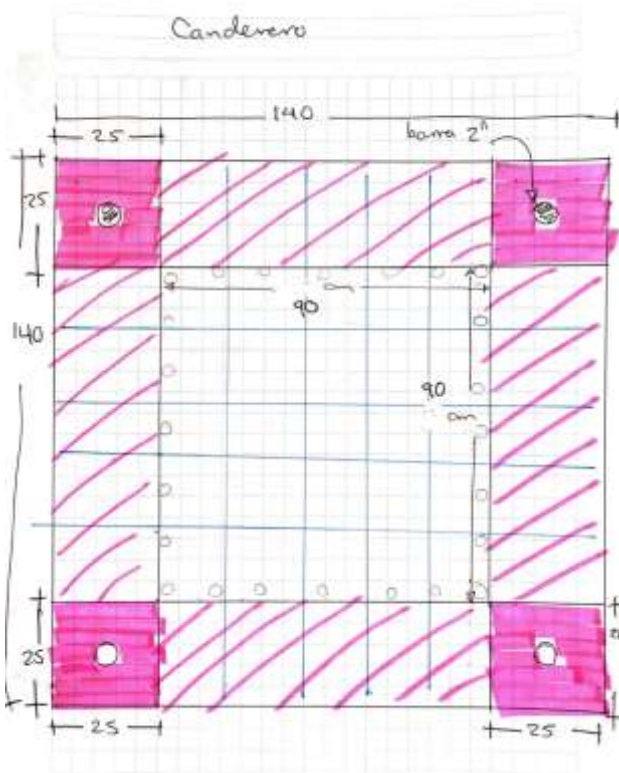
Armado de columnas y acoplamiento de vigas y entrepiso

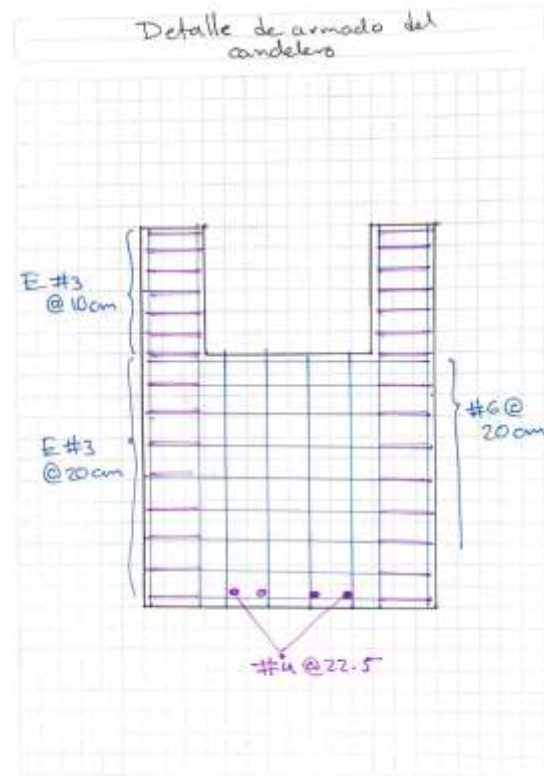
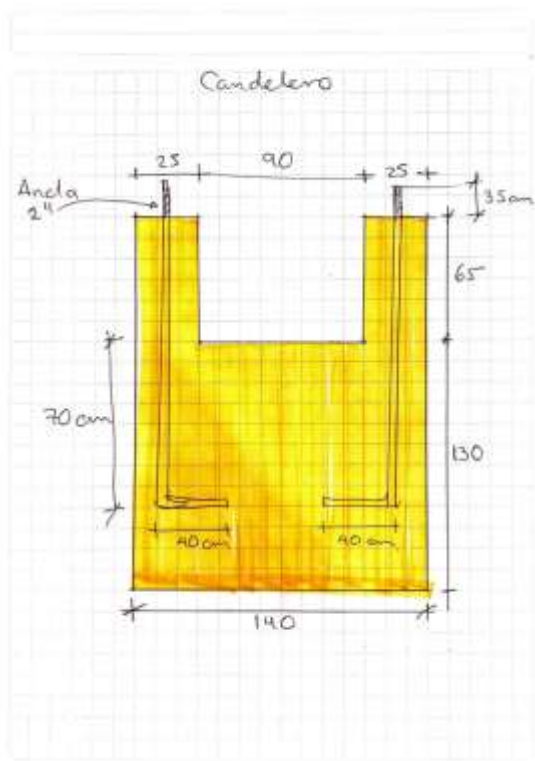




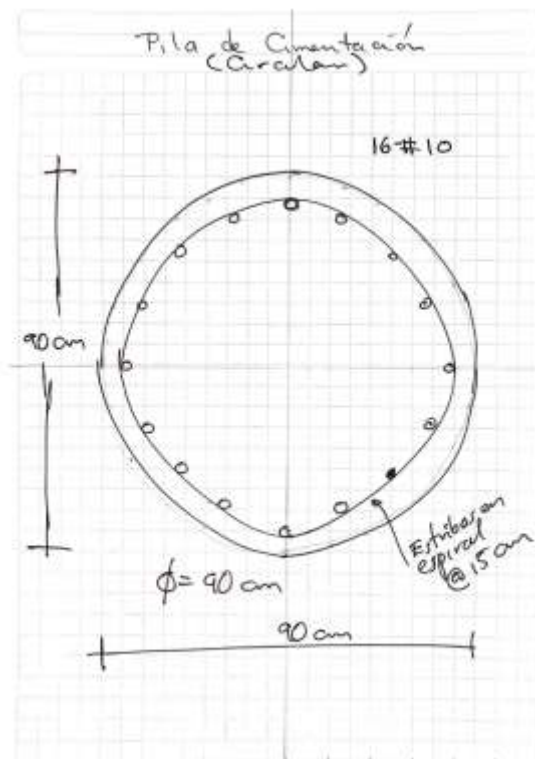


Especificación de armado en candeleros





Especificación de armado de pilas



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 cuyos integrantes trabajan coordinadamente haciendo aportaciones específicas de acuerdo a su campo de especialidad y experiencia, de modo que la interacción es necesariamente multidisciplinaria.

- **M en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo.** - Responsable del Proyecto. 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. Acopio de información, difusión y vinculación con otros grupos e Instituciones interesados en el tema. Elaboración de artículo de investigación y ponencia para la difusión de resultados en el Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Juriquilla, Qro. Mayo de 2022.
- **Dr. Eduardo Arellano Méndez.** - Investigador del Departamento de Materiales de CBI y Coordinador de la línea temática de Diseño Estructural. Elaboración de la propuesta temática y conceptual para el desarrollo del proyecto y generación del apoyo teórico correspondiente. Generación de material gráfico y documental para el desarrollo de los modelos virtual y físico. Elaboración de artículo de investigación y ponencia para la difusión de resultados en el Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Juriquilla, Qro. Mayo de 2022. Aplicación de resultados a los programas de estudio.
- **M. en C. Antonio Abad Sánchez.** - Cuya responsabilidad se centra en la contribución de diseño industrial para la planeación y desarrollo de los elementos que conforman el modelo físico, selección de materiales, corte láser e impresión 3D de cada elemento, diseño de partes complementarias y elaboración detallada de la estructura a escala. Elaboración de artículo de investigación y ponencia para la difusión de resultados en el Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Juriquilla, Qro. Mayo de 2022
- **M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena.** - Apoyo logístico en Diseño Industrial. Localización y selección de materiales apropiados para la elaboración del modelo.
- **Jesús Arturo Morales Delgado.** - Alumno, quien desarrolló el modelo 3D en la primera etapa del desarrollo del prototipo.
- **Jacqueline Vázquez Ordóñez.** - Ayudante "B" del Laboratorio de Modelos Estructurales, quien ha elaborado la documentación necesaria para el procedimiento de registro y conclusión, apoyo en la gestión administrativa, registro fotográfico, 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.

El proyecto que se describe tiene un propósito eminentemente didáctico, por lo que su génesis y aplicación están precisamente relacionados con la docencia en la medida que son el Plan y los Programas de Estudio la base fundamental de análisis de casos en los cuales se detecta (como se ha comentado en la descripción de la metodología) la necesidad de reforzar el aprendizaje y hacerlo significativo. De hecho, una vez concluido cada proyecto, se incorpora al catálogo de productos del Laboratorio y se pone a disposición de los docentes del área de estructuras y tecnología, tanto de la División de CBI como de la de CyAD, con los cuales se programan trimestralmente las sesiones en las que la exposición de clase se ve complementada con la demostración de cada tema con el apoyo de los aparatos de la Serie SD. El alcance de este programa evidentemente trasciende el aula y aún los muros universitarios, ya que periódicamente los integrantes del grupo de trabajo participan en eventos nacionales e internacionales a través de exposiciones, ponencias y artículos en los que se difunden las experiencias del programa, mismas que se documentan en las publicaciones y memorias respectivas.

6. Aportaciones al campo de conocimiento

Aportación en el mejoramiento de los métodos de enseñanza aprendizaje

El proceso constructivo en el diseño de las estructuras es muy importante, tanto que en algunos casos define el sistema estructural que se va a emplear; en el caso de las estructuras prefabricadas con conexiones emulativas, el proceso constructivo impacta en la magnitud de los elementos mecánicos para los que se debe diseñar (flexión y cortante). El uso del material didáctico desarrollado aclara que las conexiones entre vigas y columnas emulativas del concreto reforzado permite la construcción de estructuras seguras y con capacidad de carga aptas para zonas sísmicas como lo es el territorio mexicano.

El proyecto propuesto armoniza con el concepto de mejoramiento del aprendizaje al formar parte de un programa de investigación con vocación de aplicación a la docencia a través del cual se implementan modelos y dispositivos originales que no se encuentran en el mercado, aportando un acervo de material educativo que queda disponible para complementar a los cursos relacionados con los temas estructurales, no solo en el ámbito de la Unidad Azcapotzalco, sino en un nivel interinstitucional.

El modelo didáctico que se describe impacta favorablemente en la actualización del conocimiento y la información disponible en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes en la temática constructiva y estructural.

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 donde se revisa y somete a prueba a 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 llegado 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 propuesta y desarrollo de proyectos de investigación de corta duración permite arribar a resultados concretos y fácilmente verificables cuya aplicación se vuelve inmediata por su correspondencia con nichos académicos perfectamente identificados. La experiencia obtenida en este proyecto y los precedentes, confirma la vocación de trabajo colaborativo entre entidades afines y complementarias en la formación universitaria entre arquitectos e ingenieros civiles, potenciando las posibilidades de una formación integral de los estudiantes de ambas disciplinas.
- El género de productos académicos que se proponen implica la participación multidisciplinaria de diversos campos del diseño y las ingenierías, como lo corrobora la participación activa de profesores investigadores del Departamento de Materiales de CBI, de Diseño Industrial, Diseño de la Comunicación Gráfica y Arquitectura.
- El trabajo colaborativo interdivisional entre los laboratorios de Materiales de CBI y el de Modelos Estructurales de CyAD ha podido desarrollarse desde hace algunos años con resultados interesantes que se traducen en diversos aparatos y prototipos que han permitido atender los objetivos y expectativas académicos de ambas entidades al hacer coincidir intereses temáticos comunes.
- En el caso que nos ocupa, conocer las particularidades de los procesos constructivos y estructurales prefabricados es un tema de mutuo interés tanto para la licenciatura de arquitectura como para la de ingeniería civil en las UEA correspondientes, habida cuenta de las ventajas evidentes que tales procesos aportan a la edificación hoy en día.
- Ilustrar con modelos físicos la solución de las conexiones en este tipo de sistemas apoya significativamente el proceso de enseñanza aprendizaje en las UEA's de programas de estudio específicos al aplicar esta estrategia didáctica probadamente exitosa.
- Una clara percepción del problema, la comunicación precisa de los requerimientos y la correcta interpretación conceptual de los mismos como base para el desarrollo del prototipo apoyado en el conocimiento de materiales y mecanismos, son sin duda elementos necesarios para acercarse al objetivo esperado. En otras palabras, una necesaria labor de equipo.

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. González C. O. M. (1966), "CENIC, programa para la elaboración de ayudas audiovisuales para la enseñanza del concreto", IMCYC-Instituto de Ingeniería UNAM.
3. "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.
4. Roberts, N. P., (1989), "Understanding structural mechanics", High Tech Scientific.
5. 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
6. Park, R., and Bull, D. K., "Seismic Resistance of Frames Incorporating Precast Prestressed Concrete Beam Shells," PCI JOURNAL, V. 31, No. 4, July-August 1986, pp. 54-93.
7. Conexiones en las estructuras prefabricadas, Nota informativa #1, ANIPPAC.
Experimental tests of precast reinforced concrete beam-column connections. Hector Guerrero, Vladimir Rodriguez J., Alberto Escobar, Sergio M. Alcocer, Felipe Bennetts, Manuel Suarez

Fwd: Término proyecto N-582

2 mensajes

Director de Ciencias y Artes para el Diseño <dircad@azc.uam.mx> 10 de enero de 2023, 16:48
Para: SECRETARIA ACADEMICA CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO <sacad@azc.uam.mx>, OFICINA TECNICA DIVISIONAL CYAD - <consdivcyad@azc.uam.mx>
Cc: DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TECNICAS DE REALIZACION - <procytec@azc.uam.mx>

Estimadas Mtra. Areli y Lic. Lupita

Por este medio envío a trámite de la Comisión de Proyectos de Investigación la solicitud de la Jefatura de Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, referente al Proyecto N-582.

Agradezco su atención enviando cordiales saludos.

Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas


Director de la División de Ciencias y Artes para el Diseño
Universidad Autónoma Metropolitana Azc.
dircad@azc.uam.mx
Tel: 55 53189145
M: 55 48701011

----- Forwarded message -----

De: **DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TECNICAS DE REALIZACION** - <procytec@azc.uam.mx>
Date: lun, 9 ene 2023 a las 13:00
Subject: Término proyecto N-582
To: Director de Ciencias y Artes para el Diseño <dircad@azc.uam.mx>

Por medio del presente correo envío un cordial saludo y aprovecho para presentar la terminación del proyecto N-582.
Anexo documentación.
Agradezco de antemano sus atenciones.

--
Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
CyAD
UAM-Azcapotzalco

 **003 conclusión proyecto N-582 SD-70 Carlos Moreno.pdf**
15194K

SECRETARIA ACADEMICA CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
<sacad@azc.uam.mx>

10 de enero de 2023, 22:28

Para: Director de Ciencias y Artes para el Diseño <dircad@azc.uam.mx>
Cc: OFICINA TECNICA DIVISIONAL CYAD - <consdivcyad@azc.uam.mx>, DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TECNICAS DE REALIZACION - <procytec@azc.uam.mx>

Estimado Mtro. Salvador,

Se confirma haber recibido la documentación adjunta, para darle seguimiento con la Comisión correspondiente.

Saludos cordiales,

Areli

[El texto citado está oculto]

