



7 de noviembre de 2019

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

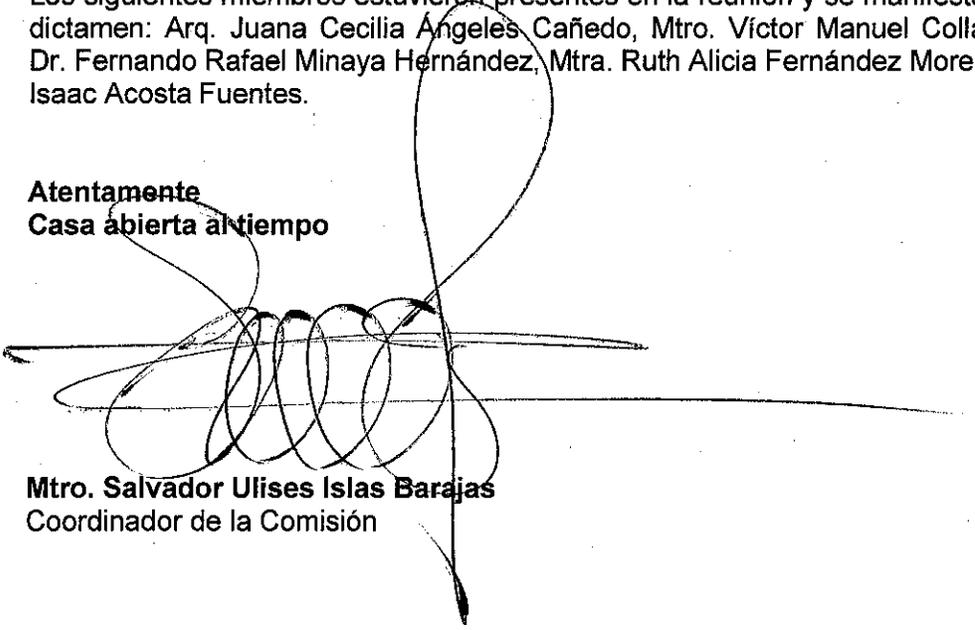
De acuerdo con lo establecido en los "Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Registro y Seguimiento de las Áreas, Grupos, Programas y Proyectos" numeral 2.4 y subsiguientes, la **Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, 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 de Registro de Proyecto de Investigación, propone el siguiente:

**Dictamen**

Aprobar el Registro del Proyecto de Investigación titulado "**Cubiertas retráctiles con sistema estructural compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020**", el responsable es el Mtro. Ernesto Noriega Estrada, adscrito al Programa de Investigación P-059 "Sistemas estructurales ligeras", que finaliza en el trimestre 21-P y que forma parte del Grupo de Investigación "Laboratorio de estructuras ligeras", 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 Angeles Cañedo, Mtro. Víctor Manuel Collantes Vázquez; Dr. Fernando Rafael Minaya Hernández, Mtra. Ruth Alicia Fernández Moreno y Asesor Dr. Isaac Acosta Fuentes.

**Atentamente  
Casa abierta al tiempo**

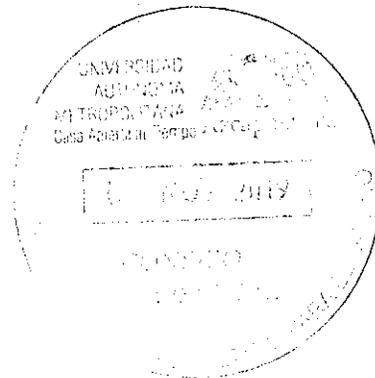


**Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas**  
Coordinador de la Comisión

08 de noviembre, 2019.

PT/JEFATURA/CYAD/134/2019

**Mtro. Salvador U. Islas Barajas**  
Secretario Académico  
Ciencias y Artes para el Diseño  
Presente



En respuesta a su oficio SACD/CYAD/669/19 y en atención a las observaciones de 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* anexo envío las correcciones sugeridas al registro del Proyecto de Investigación **“Cubiertas retráctiles con sistema estructural compuesto para el desarrollo de actividades generales en México, 2020** bajo responsabilidad del Mtro. Ernesto Noriega Estrada.

Sin más por el momento, reciba usted un cordial saludo.

Atentamente  
Casa abierta al tiempo

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

8 de noviembre de 2019

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

PRESENTE

Apreciable Dr. Edwing, sirva la presente para enviarle a usted un cordial saludo y para entregarle la sustitución de hojas donde viene el "ajuste al calendario", tal como lo ha solicitado la comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas, 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, en su oficio SACD/CYAD/669/2019 de fecha 7 de noviembre de 2019. La solicitud de registro es al Proyecto de Investigación titulado: **Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020**. Cuyo responsable del proyecto será un servidor, perteneciente al Grupo de Investigación Estructuras Ligeras, adscrito al Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. Entrego dichos ajustes en tiempo y forma, para que pueda ser incorporado en la siguiente sesión de Consejo Divisional señalado por la comisión respectiva.

Sin más por el momento, quedo de usted para cualquier comentario.

Atentamente

"Casa abierta al tiempo"



Mtro. Ernesto Noriega Estrada  
Profesor-Investigador del Grupo de investigación Estructuras Ligeras.

recopilación de información para la evaluación de las condiciones y variantes que dan origen a las hipótesis.

Realización de las propuestas de Diseño como solución al problema propuesto

Realización de ejercicios en la construcción de modelos físicos a escala con diferentes materiales, con la finalidad de someterlos a condiciones de simulación y poder refutar o avalar las posibles hipótesis.

La construcción de modelos físicos experimentales, se deberá someter al análisis y evaluación en los laboratorios necesarios para obtener las conclusiones y avalar o refutar. Las experiencias obtenidas, serán analizadas por tiempos de ejecución, bitácoras, resultados de las pruebas, así como por costos y factibilidad constructiva, hasta la comunicación de resultados.

#### 2.4.2.12 Plan de trabajo.

Acciones y tareas	Fecha	Trimestre	Participante
Acopio de Información y Estudio de Casos Análogos.	25/ noviembre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada Mtra. Isaura López Vivero Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Estudiar y analizar, los sólidos de Kepler-Poinsot para el diseño de estructuras ligeras.	27/ noviembre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Propuestas conceptuales. Diseñar la cubierta de membrana plástica a través de las superficies anticlásticas.	28/ noviembre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Trazos geométricos por computadora Utilizar el software más adecuado para el dibujo, análisis y diseño estructural.	29/ noviembre /2019	19-P	D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Modelado estructural. Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.	16/ diciembre /2019	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Diseño y análisis estructural (Conexiones y anclajes). Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.	20/ diciembre /2019	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Desarrollo de modelo a escala (Prototipo 1). Desarrollar dos prototipos de cubierta modular integral que considere resistencia, ligereza, sustentabilidad y facilidad de transporte Elaboración de documento de Reporte de investigación parcial	20/ marzo /2020	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Construcción de prototipos a escala Construir dos prototipos de cubiertas que consideren el sistema retráctil.	01/ abril /2020	20-I	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano

### Plan de trabajo

Actividades	Fecha	Trimestre
Acopio de Información	25/ noviembre /2019	19-P
Estudio de Casos Análogos	27/ noviembre /2019	19-P
Propuestas conceptuales	28/ noviembre /2019	19-P
Trazos geométricos por computadora	29/ noviembre /2019	19-P
Modelado estructural	16/ diciembre /2019	19-O
Diseño y análisis estructural (conexiones y anclajes)	20/ diciembre /2019	19-O
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 1)	20/ marzo /2020	19-O
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 2)	01/ abril /2020	20-I
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 3)	26/ junio/2020	20-I
Propuestas de sistemas constructivos	10/ septiembre/2020	20-P
Desarrollo del prototipo escala 1:1	30/octubre/2020	20-P
Colocación y análisis de prototipo	14/noviembre/2020	20-O
Evaluación económica	04/marzo/2021	21-I
Desarrollo del manual de construcción	02/abril/2021	21-P
Conclusión de resultados	28/julio/2021	21-P

### Recursos académicos, materiales, económicos y humanos

#### Materiales:

Fondos solicitados al laboratorio de cubiertas ligeras.

Lona de PVC con membrana interior.

Perfiles de acero, aluminio y barras de acrílico; para la realización de modelos a escala.

Lycra para modelos a escala.

Perfiles de acero para escala real

#### Económicos:

El financiamiento para la elaboración de prototipos será solicitado al Grupo de Investigación "Laboratorio de Estructuras Ligeras" \$20,000.00 para la compra de perfiles, tornillería, perfiles PVC y pruebas mecánicas.

#### Recursos Humanos:

Descrito en participantes, así como apoyo de los miembros del grupo de investigación, y en caso necesario de alumnos de servicio social en las diferentes etapas del proyecto.



ANUSE

Recibido 1009  
08/11/19

SACD/CYAD/669/2019  
7 de noviembre de 2019

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

**Asunto:** Observaciones a la solicitud de registro del Proyecto Cubiertas retractiles con sistema estructural compuesto para el desarrollo de actividades generales en México, 2020.

Por este medio, le informo que la *Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas, 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*, ha realizado la siguiente observación a la solicitud de registro del Proyecto "Cubiertas retractiles con sistema estructural compuesto para el desarrollo de actividades generales en México, 2020":

- Sustituir las hojas donde viene el calendario para que se ajuste a los tiempos, a partir del 25 de noviembre del año en curso, ya que no se puede iniciar un proyecto antes de su aprobación.

Para que esta solicitud pueda incorporarse en la siguiente sesión de Consejo Divisional, le solicito atentamente enviar la información solicitada a más tardar el lunes 11 de noviembre del año en curso.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
Casa abierta al tiempo

**Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas**  
Secretario

Angela  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

c.c.p. Mtro. Ernesto Noriega Estrada. Professore del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Handwritten signature/initials

04 noviembre de 2019

PT/JEFATURA/CYAD/125/2019.

**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, el registro del Proyecto de Investigación titulado: **"Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020"** para su revisión y en su caso aprobación y registro dentro del Programa de Investigación #P-059 *Sistemas de Estructuras Ligeras* del Grupo de Investigación: Laboratorio de Estructuras Ligeras bajo responsabilidad del **Mtro. Ernesto Noriega Estrada.**

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,  
**Casa abierta al tiempo**

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

25 de octubre de 2019

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

PRESENTE

Apreciable Dr. Edwing, sirva la presente para enviarle a usted un cordial saludo y para solicitarle de la manera más atenta, realice las gestiones necesarias para presentar ante el H. Consejo Divisional de CyAD, el Registro del Proyecto de Investigación titulado: **Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020**. El responsable del proyecto será el Mtro. Ernesto Noriega Estrada, perteneciente al Grupo de Investigación Estructuras Ligeras, adscrito al Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Sin más por el momento, quedo de usted para cualquier comentario.

Atentamente  
"Casa abierta al tiempo"

Mtra. María Teresa Bernal Arciniega  
Responsable del Grupo de investigación Estructuras Ligeras.





24 de octubre de 2019

Mtra. María Teresa Bernal Arciniega  
Responsable del Grupo de investigación Estructuras Ligeras.

PRESENTE

Apreciable Maestra María Teresa, sirva la presente para solicitarle de la manera más atenta, realice las gestiones necesarias para presentar ante el H. Órgano Colegiado pertinente, el Registro del Proyecto de Investigación titulado: **Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020**. El responsable del proyecto será el Mtro. Ernesto Noriega Estrada, perteneciente al Grupo de Investigación Estructuras Ligeras, adscrito al Departamento de Procesos y Técnicas de Realización de la División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Sin más por el momento, reciba usted un cordial saludo.

Atentamente  
"Casa abierta al tiempo"

Mtro. Ernesto Noriega Estrada  
Profesor-Investigador del Departamento de  
Procesos y Técnicas de Realización



Casa abierta al tiempo

**Universidad Autónoma Metropolitana**

Azcapotzalco



Ciencias y Artes para el Diseño

FORMATO PARA REGISTRO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Fecha de inicio Noviembre de 2019    Fecha de conclusión Noviembre del 2021

**Título del proyecto: Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020.**

Departamento al que pertenece: **Procesos y Técnicas de Realización**

Área o Grupo en el que se inscribe: **Laboratorio de Estructuras Ligeras. # G-020.**

Programa de Investigación, N° de registro y cómo enriquece a éste

**Programa: Sistemas de Estructuras Ligeras. #P-059**

Con el registro del programa de investigación, se estudian algunos sistemas estructurales ligeros, como alternativas de solución a diversos problemas planteados en términos de habitabilidad, economía y sustentabilidad. En este caso, la consideración de los avances tecnológicos, otras disciplinas y la forma arquitectónica como función estructural, ofrecen múltiples ventajas.

El registro de un nuevo proyecto enriquece al programa, por que contempla las Estructuras Retráctiles como una posibilidad de solución a problemas de montaje, costo, mínimo material necesario y transportación.

Proyectos que conforman al programa

**1.- Título del proyecto:**

**Diseño de Cubiertas Ligeras #N-441**

**Caso de Estudio:**

**Carpa Modular Multiusos para la UAM**

**Responsable: Mtra. María Teresa Bernal Arciniega**

**2.- Título del proyecto:**

**Optimización de materiales con base en la sustentabilidad e impacto ambiental en cubiertas reticulares de doble curvatura de bambú para zonas templadas. #N-442**

**Caso de estudio: Gridshell con Bambú.**

**Responsable: Mtra. Yolanda Neri Aceves**

**3.- Título del proyecto:**

**Modelos estructurales destructibles #N-443**

**Responsable: Mtra. Susana García Lory**

**4.- Título del proyecto:**

**Análisis de una tensoestructura ante las acciones accidentales de sismo y viento en la Ciudad de México**

**Responsable: Mtra. María Teresa Bernal Arciniega #N-444**

Tipo de Investigación: **Investigación experimental y para el desarrollo**

Responsable

Nombre: **Mtro. Ernesto Noriega Estrada**

Número económico: **22064**

Categoría y nivel: **Titular "C"**

Firma:

Tipo de contratación: **Tiempo Completo**

## Participantes

Nombre: **D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez**

No. Económico: **27839**

Adscripción: **Procesos y Técnicas de Realización**

Firma: 

Nombre: **Mtra. Isaura López Vivero**

No. Económico: **33684**

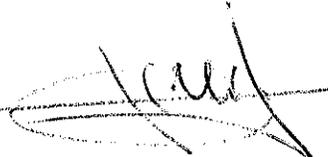
Adscripción: **Procesos y Técnicas de Realización**

Firma: 

Nombre: **Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal**

No. Económico: **18590**

Adscripción: **Evaluación del Diseño en el Tiempo**

Firma: 

Nombre: **Arq. Christian Raúl Rivera Laureano**

Número económico: **42417**

Adscripción: **Procesos y Técnicas de Realización**

Firma: 

## Antecedentes del proyecto

Las ventajas que ofrecen las estructuras ligeras por cubrir grandes claros sin apoyos intermedios, su propio peso, costo, rapidez en su montaje y buen comportamiento estructural ante un sismo, son una muy buena opción para el desarrollo de proyectos arquitectónicos hoy en día.

En el Laboratorio de Cubiertas Ligeras, y ahora en el grupo de investigación, se desarrolla trabajo multidisciplinar que conjunta las experiencias y habilidades de profesores-investigadores de nuestra Universidad. Es así como la unión de conocimientos en las licenciaturas en arquitectura, diseño Industrial y otras disciplinas, resulta indispensable para lograr los objetivos propuestos.

Algunos de los trabajos concluidos por este grupo de profesores se han presentado en diversos espacios donde se muestran los resultados de investigación.

## Sustentación del Tema

Hoy en día, existen múltiples actividades que realiza el ser humano de manera colectiva y que requiere de espacios adecuados para llevarlas a cabo en condiciones de resguardo de las inclemencias del tiempo. Un claro ejemplo lo tenemos en nuestra universidad cuando se llevan a cabo diferentes eventos en las áreas libres como la plaza roja y la plaza COSEI.

La divulgación de actividades de una institución, el servicio, la atención a la ciudadanía en casos de desastre y muchas otras actividades, requiere de espacios adecuados como los que puede ofrecer una estructura retráctil con sistema estructural fundamental y de rápida ejecución, con materiales resistentes de membranas plástica y perfiles metálicos ligeros.

## Objetivos del Proyecto de Investigación, generales y específicos

### Objetivos generales.

- Estudio y análisis de los sólidos de Kepler-Poinsot para el diseño de estructuras ligeras.
- Diseño de la cubierta de membrana plástica a través de las superficies anticlásticas.
- Construcción de dos prototipos de cubierta ligera modular.
- Propuesta de solución a la necesidad de espacios para el desarrollo de una de las funciones de la Universidad Autónoma Metropolitana.

### Objetivos específicos.

- Estudio de las formas derivadas del pequeño dodecaedro estrellado, gran dodecaedro estrellado, gran icosaedro y gran dodecaedro como principios de diseño.
- Diseño geométrico por computadora, de las estructuras seleccionadas.
- Utilización de software para el análisis y diseño estructural.
- Diseño de sistemas de unión que solucionen la forma de la cubierta.
- Desarrollar dos prototipos de cubierta modular integral que pueda ser resistente, ligera, recuperable y fácilmente transportable.
- Construcción de modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.

## Metas

La meta, es construir dos prototipos de cubierta retráctil para el desarrollo de diversas actividades, que represente la facilidad de armado, con sistemas de unión y materiales resistentes a bajo costo.

Al finalizar la investigación, se contará con dos estructuras prototipo terminadas que consideren los objetivos previstos en esta investigación y permita la evaluación.

Difundir los resultados a través de congresos, publicaciones y páginas de internet con el objetivo de presentar los resultados de la investigación.

## Métodos de investigación

El método propuesto de manera general, es el hipotético deductivo, sin embargo, podrían incorporarse otros. Se inicia con la atención a un problema por observación de campo en México, que es el resguardo de personas ante las inclemencias del tiempo para el desarrollo de diversas actividades, esto incluye la recopilación de información para la evaluación de las condiciones y variantes que dan origen a las hipótesis.

Realización de las propuestas de Diseño como solución al problema propuesto.

Realización de ejercicios en la construcción de modelos físicos a escala con diferentes materiales, con la finalidad de someterlos a condiciones de simulación y poder refutar o avalar las hipótesis.

La construcción de modelos físicos experimentales, se deberá someter al análisis y evaluación en los laboratorios necesarios para obtener las conclusiones y avalar u objetar. Las experiencias obtenidas, serán analizadas por tiempos de ejecución, bitácoras, resultados de las pruebas, así como por costos y factibilidad constructiva, hasta la comunicación de resultados.

### Plan de trabajo

Actividades	Fecha	Trimestre
Acopio de Información	28/ octubre /2019	19-P
Estudio de Casos Análogos	12/ noviembre /2019	19-P
Propuestas conceptuales	05/ noviembre /2019	19-P
Trazos geométricos por computadora	29/ noviembre /2019	19-P
Modelado estructural	16/ diciembre /2019	19-O
Diseño y análisis estructural (conexiones y anclajes)	20/ diciembre /2019	19-O
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 1)	20/ marzo /2020	19-O
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 2)	01/ abril /2020	20-I
Desarrollo de modelo a escala (prototipo 3)	26/ junio/2020	20-I
Propuestas de sistemas constructivos	10/ septiembre/2020	20-P
Desarrollo del prototipo escala 1:1	30/octubre/2020	20-P
Colocación y análisis de prototipo	14/noviembre/2020	20-O
Evaluación económica	04/marzo/2021	21-I
Desarrollo del manual de construcción	02/abril/2021	21-P
Conclusión de resultados	28/julio/2021	21-P

### Recursos académicos, materiales, económicos y humanos

#### Materiales:

Fondos solicitados al laboratorio de cubiertas ligeras.

Lona de PVC con membrana interior.

Perfiles de acero, aluminio y barras de acrílico; para la realización de modelos a escala.

Lycra para modelos a escala.

Perfiles de acero para escala real

#### Económicos:

El financiamiento para la elaboración de prototipos será solicitado al Grupo de Investigación "Laboratorio de Estructuras Ligeras" \$20,000.00 para la compra de perfiles, tornillería, perfiles PVC y pruebas mecánicas.

#### Recursos Humanos:

Descrito en participantes, así como apoyo de los miembros del grupo de investigación, y en caso necesario de alumnos de servicio social en las diferentes etapas del proyecto.

**Organismo solicitante: Ninguno**

**Productos de Investigación**

- 1.- Prototipos a escala reducida.
- 2.- Prototipo escala 1:1.
- 3.- Memoria proceso del diseño del proyecto arquitectónico.
- 4.- Memoria y proceso del diseño y análisis estructural.
- 5.- Manual del proceso de diseño y constructivo.

**Fuentes bibliográficas, hemerográficas y electrónicas**

- Bertolin Gil, D. (2017) Soldadura con electrodos revestidos de estructuras de acero carbono inoxidable y otros materiales. México, Editorial: Alfaomega/Marcombo
- Engel, H. Sistemas de Estructuras. Editorial Gustavo Gili. 2ª edición. España. 2000.
- Lewis W.J., (2003) "Tension structures, form and behavior" Thomas Telford, ISBN 0-17277-32-36-6
- Santomauro, R. TENSILE STRUCTURES FROM URUGUAY. Editor. Arq. Eduardo Folle- Chavannes. Impreso Montevideo, Septiembre 2008
- Noriega, E. METODOLOGIAS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS ATRAVES DEL TRAZO CON GEOMETRIA DESCRIPTIVA Y MODELOS FISICOS EXPERIMENTALES. Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura de la UNAM, Mayo 2007
- Olivera M.P. y Brasil R., (2003). "Design and analysis of tensión structures using general purpose finite element program", Textile composite and Inflatable Structures, Oñate y Kroplin (Eds.), CIMNE, Barcelona.
- Pérez Alama, V. (2004). Materiales y procedimientos de construcción. México, Editorial Trillas.

**Modalidades de difusión**

Artículos de divulgación.

Material didáctico.

Congresos.

Simposios.

Exposiciones

Con basen 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.

## **2.4 Registro de Proyectos de Investigación**

**2.4.1** Se anexa el oficio del Encargado del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización y se incluye una recomendación razonada de la Mtra. María Teresa Bernal Arciniega como Responsable de Grupo.

**2.4.2.1 Título del Proyecto: Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020.**

**2.4.2.2 Nombre del Departamento:** Departamento de Procesos y Técnicas de Realización  
**Grupo en el que se inscribe:** Laboratorio de Estructuras Ligeras. # G-020.

**2.4.2.3 Nombre del Programa de Investigación:** Sistemas de Estructuras Ligeras. #P-059

Con el registro del programa de investigación, se estudian algunos sistemas estructurales ligeros, como alternativas de solución a diversos problemas planteados en términos de habitabilidad, economía y sustentabilidad. En este caso, la consideración de los avances tecnológicos, otras disciplinas y la forma arquitectónica como función estructural, ofrecen múltiples ventajas.

El registro del proyecto; Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020., enriquece al programa y al grupo porque se inscribe dentro del campo de las Estructuras Ligeras y considera materiales de construcción a través de diversos sistemas estructurales, con el objetivo de demostrar los principios de resistencia de materiales, con base en la experimentación de modelos estructurales.

El análisis de los procesos constructivos de cubiertas ligeras, permite involucrar a los alumnos y docentes de la División de CyAD en el diseño, elaboración y proceso de realización de estructuras ligeras en edificaciones arquitectónicas.

**2.4.2.4 Tipo de Investigación con base en la clasificación del numeral.**

**2.4.2.4.3 Investigación experimental:** es la generación de conocimientos mediante experimentos específicos y aplicación de modelos realizados en talleres, laboratorios y en campo, orientados hacia la innovación en el Diseño.

**2.4.2.5 Datos completos del Responsable.**

Nombre: Mtro. Ernesto Noriega Estrada

Número económico: 22064

Categoría y nivel: Titular "C" Tiempo completo

Firma:



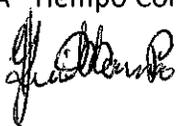
**2.4.2.6 Participantes:**

Nombre: D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez

Número económico: 27839

Asociado "A" Tiempo Completo

Firma:



## 2.4 Registro de proyecto de investigación

### 2.4.1 Recomendación razonada del responsable del grupo.

#### Recomendación Razonada

**Título del Proyecto:** Cubiertas Retráctiles con Sistema Estructural Compuesto, para el desarrollo de actividades generales en México, 2020.

En el grupo de investigación de Estructuras Ligeras y en el Laboratorio de Cubiertas, se desarrolla trabajo multidisciplinar que conjunta las experiencias y habilidades de profesores-investigadores de nuestra Universidad. Es así como la unión de conocimientos en las licenciaturas en arquitectura, diseño Industrial y otras disciplinas, resulta indispensable para lograr los objetivos del proyecto y del Grupo. La Coherencia entre el Proyecto con los objetivos y programa del Grupo, así como los del Departamento con los de la División, se encuentran señalados en la sustentación del tema, ya que Las estructuras ligeras, son un amplio campo de investigación, que brinda múltiples alternativas arquitectónicas a edificaciones ligeras para centros comerciales, casas habitación, aeropuertos, laboratorios, estaciones de transporte, y muchos más, en diversas condiciones climáticas con diseños formales atractivos y funcionales. Las acciones de diseñar, construir, estudiar y analizar estructuras ligeras con avances tecnológicos en el campo de la arquitectura, enmarcan la relación de los objetivos Divisionales con los Departamentales.

El sentido y la importancia del Proyecto de Investigación, se centra en la atención que se debe brindar a la ciudadanía en México, en diversas actividades culturales, recreativas, de movilidad o para casos de desastre natural que requieren de espacios adecuados como los que puede ofrecer una cubierta retráctil con sistema estructural compuesto y de rápida ejecución, con materiales resistentes de membranas plástica y perfiles metálicos ligeros.

Es importante resaltar, que el desarrollo de estructuras ligeras fomenta la investigación en el área de los sistemas constructivos, para generar nuevas perspectivas de solución.

Por estas razones es que se recomienda este proyecto de investigación que permitirá experimentar y ampliar el conocimiento en este campo, considerando que nuestro país aún presenta un rezago significativo en el desarrollo de las estructuras ligeras.

Atentamente

“Casa abierta al tiempo”



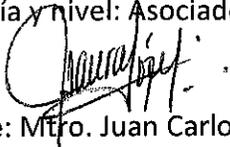
Mtra. María Teresa Bernal Arciniega  
Responsable del Grupo de investigación Estructuras Ligeras.

Nombre: Mtra. Isaura López Vivero

Número económico: 33684

Categoría y nivel: Asociado Tiempo Completo

Firma:



Nombre: Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal

Número económico: 18590

Categoría y nivel: Titular "C"

Firma:



Nombre: Arq. Christian Raúl Rivera Laureano

Número económico: 42417

Categoría y nivel: Ayudante "B"

Firma:



#### 2.4.2.7 Antecedentes del proyecto.

Las ventajas que ofrecen las estructuras ligeras por cubrir grandes claros sin apoyos intermedios, su propio peso, costo, rapidez en su montaje y buen comportamiento estructural ante un sismo, son una muy buena opción para el desarrollo de proyectos arquitectónicos hoy en día.

En el Laboratorio de Cubiertas Ligeras, y ahora en el grupo de investigación, se desarrolla trabajo multidisciplinar que conjunta las experiencias y habilidades de profesores-investigadores de nuestra Universidad. Es así como la unión de conocimientos en las licenciaturas en arquitectura, diseño Industrial y otras disciplinas, resulta indispensable para lograr los objetivos propuestos.

Algunos de los trabajos concluidos por este grupo de profesores se han presentado en diversos espacios donde se muestran los resultados de investigación.

El conocimiento previo que se tiene en el campo de las Estructuras Ligeras, se remonta a los años ochentas, cuando el Profesor Francisco Montero López (+) crea el Laboratorio de Cubiertas Ligeras y que a la fecha continúa vigente. Los Profesores Investigadores que ahora integran el Grupo de Investigación de Estructuras Ligeras, participan en congresos Nacionales e Internacionales donde muestran los avances y resultados de sus proyectos de investigación registrados ante los Órganos Colegiados correspondientes, cabe resaltar que alumnos que han trabajado en el Laboratorio de Cubiertas, han obtenido premios y reconocimientos en algunos congresos convocados por el SLTE (Simposio Latinoamericano de Tenso-Estructuras). Con estos antecedentes, se respalda el interés por este tema y se continúa investigando para proponer algunos tipos de estructuras ligeras que sean originales debido a las propuestas de diseño para resolver el problema planteado. El tipo de estructura aquí propuesto es nuevo, así como el sistema compuesto que se investigará, conformado por barras que se extienden, nodos, diseño de la cubierta y concepto arquitectónico, y en este sentido, lo hace original.

#### **2.4.2.8 Sustentación del Tema.**

Hoy en día, existen múltiples actividades que realiza el ser humano de manera colectiva y que requiere de espacios cubiertos para llevarlas a cabo en condiciones de resguardo de las inclemencias del tiempo. Un claro ejemplo lo tenemos en nuestra universidad cuando se realizan diferentes eventos en las áreas libres como la plaza roja y la plaza COSEI, que hacen necesaria la renta de carpas tradicionales.

Las estructuras ligeras, son un amplio campo de investigación, que brinda múltiples alternativas arquitectónicas a edificaciones ligeras para aeropuertos, museos, laboratorios, estaciones de transporte, centros comerciales y muchos más, en condiciones climáticas diversas con infinidad de diseños formales.

El sentido y la importancia del Proyecto de Investigación, se centra en que la divulgación de actividades de una institución, el servicio, la atención a la ciudadanía en casos de desastre y muchas otras actividades, requieren de espacios adecuados como los que puede ofrecer una cubierta retráctil con sistema estructural fundamental y de rápida ejecución, con materiales resistentes de membranas plástica y perfiles metálicos ligeros. Una cubierta retráctil con diseño basado en los principios de las superficies anticlásticas o cuerpos volumétricos, que se pueda transportar y guardar de forma sencilla, puede ser una solución al problema del resguardo y seguridad de las personas que requieren un lugar temporal que cubra sus necesidades.

#### **2.4.2.9 Objetivos del Proyecto de Investigación, generales y específicos.**

La finalidad del Proyecto de Investigación es construir al menos dos prototipos, como propuestas de cubierta retráctil con sistema estructural, que con relativa facilidad, se pueda instalar, retirar del lugar, transportar y guardar.

Conceptualizar y diseñar con base en principios formales derivados de los sólidos volumétricos y de algunas superficies.

##### **Objetivos generales.**

- Recabar información de casos análogos para su estudio y análisis.
- Estudiar y analizar, los sólidos de Kepler-Poinsot para el diseño de estructuras ligeras.
- Diseñar la cubierta de membrana plástica a través de las superficies anticlásticas.
- Construir dos prototipos de cubiertas retráctiles.
- Atender a la necesidad de espacios para el desarrollo de diversas actividades en la Universidad Autónoma Metropolitana y fuera de ella.

##### **Objetivos específicos.**

- Estudiar las formas derivadas del pequeño dodecaedro estrellado, gran dodecaedro estrellado, gran icosaedro y gran dodecaedro como principios de diseño.
- Diseñar diferentes alternativas de estructuras con el apoyo de la geometría descriptiva y dibujar por computadora las opciones seleccionadas.
- Utilizar el software más adecuado para el análisis y diseño estructural.
- Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.
- Diseñar los sistemas de unión que den solución a formal a la cubierta.

- Desarrollar dos prototipos de cubierta modular integral que consideren resistencia, ligereza, sostenibilidad y fácilmente transportables.
- Difundir los resultados

#### 2.4.2.10 Metas.

La meta, es recabar información, analizar, estudiar, proponer, desarrollar y construir dos prototipos con cubiertas plegables para la realización de diversas actividades, que represente la facilidad de armado, con sistemas de unión y materiales resistentes a bajo costo.

Al finalizar la investigación, se contará con dos prototipos terminados que consideren los objetivos previstos en esta investigación y permita la evaluación.

Difundir los resultados a través de congresos, publicaciones y páginas de internet con el objetivo de presentar los resultados de la investigación.

# de Meta	Logros		Tiempo establecido	Cuantificable	Comprobable	Objetivos
	Medibles	Específicos				
1	Cinco casos estudiados y analizados por la solución específica	Cubiertas comerciales, plegables y retráctiles	Dos semanas	Cinco casos	Escrito con la información analizada	Recabar información de casos análogos.
2	Estudio y análisis de los sólidos de Kepler-Poinsot	Trazo geométrico de los cuatro sólidos	Una semana	Cuatro sólidos estudiados	Cuatro dibujos terminados	Estudiar y analizar, los sólidos de Kepler-Poinsot para el diseño de estructuras ligeras.
3	Cuatro sólidos	Estudio y análisis de la forma de los sólidos	Una semana	Cuatro sólidos estudiados y analizados	Cuatro maquetas terminadas	Estudiar las formas derivadas del pequeño dodecaedro estrellado, gran dodecaedro estrellado, gran icosaedro y gran dodecaedro como principios de diseño.
4	Dos superficies Anticlásticas	Estudio y análisis de la forma de doble curvatura inversa	Dos semanas	Dos propuestas de diseños de doble curvatura	Dos modelos físicos experimentales	Diseñar la cubierta de membrana plástica a través de las superficies anticlásticas.
5	El mayor número posible de ejercicios propuestos	Diseño de las propuestas	Seis semanas	Al menos dos propuestas seleccionadas	Dibujos técnicos ejecutivos por computadora con normas técnicas	Diseñar diferentes alternativas de estructuras con el apoyo de la geometría descriptiva y dibujar por computadora las opciones seleccionadas.

6	Un solo software	Datos específicos del comportamiento de la cubierta	Seis semanas	Dos cubiertas, cada una con su sistema estructural compuesto	Resultados del análisis	Utilizar el software más adecuado para el análisis y diseño estructural.
7	Dos modelos con su análisis formal	Observar el comportamiento estructural	Veintidós semanas	Dos modelos físicos experimentales, cada uno con su análisis formal y estructural	Construcción de dos modelos físicos experimentales	Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.
8	Todas la propuestas necesarias	Solución al sistema de unión entre materiales	Veintidós semanas	Dos sistemas de unión (uno para cada prototipo estructural)	Prototipo de Nodos	Diseñar los sistemas de unión que den solución formal a la cubierta.
9	Desarrollo de dos prototipos	Factibilidad constructiva para desarrollar dos prototipos	Veintidós semanas	Dos cubiertas con sistema compuesto	Dos estructuras terminadas	Desarrollar dos prototipos de cubierta modular integral que considere resistencia, ligereza, sustentabilidad y facilidad de transportable.
10	Construcción de dos prototipos	Construcción de dos prototipos	Veintidós semanas	Dos cubiertas con sistema compuesto	Dos estructuras terminadas	Construir dos prototipos de cubiertas que consideren el sistema retráctil.
11	Dos prototipos	Presentación en espacios libres de la UAM	Dos semanas	Dos cubiertas presentadas en dos espacios	Dos estructuras presentadas	Atender a la necesidad de espacios para el desarrollo de diversas actividades en la Universidad Autónoma Metropolitana y fuera de ella.
12	Dos presentaciones	Dar a conocer los resultados de investigación	En un año después del registro	Según presentaciones en congresos, infografías o publicaciones	Constancias de participación	Difundir los resultados

#### 2.4.2.11 Métodos de investigación a utilizar en función del Proyecto de Investigación.

El método propuesto de manera general, es el hipotético deductivo, sin embargo, podrían incorporarse otros. Se inicia con la atención a un problema por observación de campo en México, que es el resguardo de personas ante las inclemencias del tiempo para el desarrollo de diversas actividades, esto incluye la recopilación de información para la evaluación de las condiciones y variantes que dan origen a las hipótesis.

Realización de las propuestas de Diseño como solución al problema propuesto

Realización de ejercicios en la construcción de modelos físicos a escala con diferentes materiales, con la finalidad de someterlos a condiciones de simulación y poder refutar o avalar las posibles hipótesis. La construcción de modelos físicos experimentales, se deberá someter al análisis y evaluación en los laboratorios necesarios para obtener las conclusiones y avalar o refutar. Las experiencias obtenidas, serán analizadas por tiempos de ejecución, bitácoras, resultados de las pruebas, así como por costos y factibilidad constructiva, hasta la comunicación de resultados.

#### 2.4.2.12 Plan de trabajo.

Acciones y tareas	Fecha	Trimestre	Participante
Acopio de Información y Estudio de Casos Análogos.	28/ octubre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada Mtra. Isaura López Vivero Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Estudiar y analizar, los sólidos de Kepler-Poinsot para el diseño de estructuras ligeras.	05/ noviembre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Propuestas conceptuales. Diseñar la cubierta de membrana plástica a través de las superficies anticlásticas.	12/ noviembre /2019	19-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Trazos geométricos por computadora Utilizar el software más adecuado para el dibujo, análisis y diseño estructural.	29/ noviembre /2019	19-P	D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Modelado estructural. Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.	16/ diciembre /2019	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Diseño y análisis estructural (Conexiones y anclajes). Construir modelos físicos experimentales para el análisis de la forma y comportamiento estructural.	20/ diciembre /2019	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Desarrollo de modelo a escala (Prototipo 1). Desarrollar dos prototipos de cubierta modular integral que considere resistencia, ligereza, sustentabilidad y facilidad de transporte Elaboración de documento de Reporte de investigación parcial	20/ marzo /2020	19-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Construcción de prototipos a escala Construir dos prototipos de cubiertas que consideren el sistema retráctil.	01/ abril /2020	20-I	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Atender a la necesidad de espacios para el desarrollo de diversas actividades en la Universidad	26/ junio/2020	20-I	D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal

Autónoma Metropolitana y fuera de ella.			
Propuestas de sistemas constructivos. Diseñar los sistemas de unión que den solución formal a la cubierta.	10/ septiembre/2020	20-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Desarrollo del prototipo escala 1:1 Difundir los resultados Elaboración de documento de Reporte de investigación parcial	30/octubre/2020	20-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Colocación y análisis de prototipo	14/noviembre/2020	20-O	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Arq. Christian Raúl Rivera Laureano
Evaluación general de las cubiertas con el sistema compuesto	04/marzo/2021	21-I	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Elaboración de documento de Reporte de investigación parcial	02/abril/2021	21-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal
Conclusión y resultados Elaboración de documento final	28/julio/2021	21-P	Mtro. Ernesto Noriega Estrada D.I. Guillermo de Jesús Martínez Pérez Mtra. Isaura López Vivero Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal Arq. Christian Raúl Rivera Laureano

#### 2.4.2.13 Recursos académicos, materiales, económicos y humanos con los que se cuenta y, en su caso, los requeridos

- Las formas y plazos en que serán usados los recursos académicos, se encuentran especificados en el Plan de trabajo. Los recursos materiales y económicos, están disponibles en el Laboratorio de Cubiertas Ligeras según el calendario de actividades en concordancia con los objetivos y las metas.
- Los recursos económicos con los que se cuenta, están considerados en el presupuesto anual del próximo año para el grupo de investigación.
- El espacio físico requerido para el desarrollo del proyecto se ubica en el Laboratorio de Cubiertas Ligeras con la herramienta necesaria para la construcción de los prototipos y una sala de juntas para los profesores investigadores.
- En cuanto a los recursos humanos, para cubrir necesidades académicas y especialistas en determinadas etapas del proyecto, serán atendidos por invitación a profesores investigadores de la División de CyAD o de otras Divisiones. Por el momento, no se considera la incorporación de nuevos integrantes, pero de ser necesario, se hará el registro ante el órgano colegiado correspondiente.

#### Materiales:

Lona de PVC con membrana interior.

Tubos de PVC para los prototipos.

Perfiles de acero, aluminio y barras de acrílico; para la realización de modelos a escala.

Lycra para modelos a escala.

#### Económicos:

El financiamiento para la elaboración de prototipos será solicitado al Grupo de Investigación "Laboratorio de Estructuras Ligeras" \$20,000.00 para la compra de tornillería, soldadura y Lycra para modelos a escala, así como para pruebas mecánicas.

#### Recursos Humanos:

Descrito en participantes, así como apoyo de los miembros del grupo de investigación, y de ser necesario, alumnos de servicio social.

#### 2.4.2.14 Organismo solicitante: No hay

#### 2.4.2.15 Productos de Investigación esperados durante y al término del Proyecto de Investigación, conforme a los productos del trabajo de la función académica de investigación en el TIPPA.

- 1.- Maquetas a escala.
- 2.- Prototipos 1:1.
- 3.- Reportes del proceso de diseño arquitectónico.
- 4.- Reporte de investigación y Memoria de diseño y análisis estructural.
- 5.- Reporte del proceso de diseño y constructivo.
- 6.- Reporte Final para concluir proyecto de investigación

#### 2.4.2.16 Fuentes bibliográficas

- Bertolin Gil, D. (2017) Soldadura con electrodos revestidos de estructuras de acero carbono inoxidable y otros materiales. México, Editorial: Alfaomega/Marcombo
- Engel, H. Sistemas de Estructuras. Editorial Gustavo Gili. 2ª edición. España. 2000.
- Lewis W.J., (2003) "Tension structures, form and behavior" Thomas Telford, ISBN 0-17277-32-36-6
- Santomauro, R. TENSILE STRUCTURES FROM URUGUAY. Editor. Arq. Eduardo Folle- Chavannes. Impreso Montevideo, Septiembre 2008
- Noriega, E. METODOLOGIAS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS ATRAVES DEL TRAZO CON GEOMETRIA DESCRIPTIVA Y MODELOS FISICOS EXPERIMENTALES. Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura de la UNAM, Mayo 2007
- Olivera M.P. y Brasil R., (2003). "Design and analysis of tensión structures using general purpose finite element program", Textile composite and Inflatable Structures, Oñate y Kroplin (Eds.), CIMNE, Barcelona.
- Pérez Alama, V. (2004). Materiales y procedimientos de construcción. México, Editorial Trillas.

#### 2.4.2.17 Modalidades de difusión durante y al término del proyecto conforme a los productos de preservación y difusión de la cultura y de docencia indicados en el TIPPA.

Artículos de divulgación.  
Material didáctico.  
Congresos y Simposios  
Exposiciones