



Tomás E. Sosa Pedroza

ORCID: [0000-0002-4050-7741](https://orcid.org/0000-0002-4050-7741)

Ernesto Noriega Estrada

J. César Carpio Utrilla

Nuevas tecnologías para habitaciones emergentes en casos de desastre

Páginas 21-44

En:

Administración y Tecnología para el Diseño.
Anuario 2011. Año 13, número 13 (2011).

ISSN: 2007-7572

Universidad
Autónoma
Metropolitana
AMM
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Universidad Autónoma Metropolitana.
Unidad Azcapotzalco

<https://www.azc.uam.mx>



Ciencias y Artes para el Diseño

División de Ciencias
Y
Artes para el Diseño

<https://www.cyad.online/uam/>



<https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/>

Procesos
y Técnicas de Realización

Departamento de Procesos
Y

Técnicas de Realización

<http://procesos.azc.uam.mx/>



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como

Atribución-NoComercial-SinDerivadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

© 2011. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Se autoriza copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando se den los créditos de manera adecuada, no puede hacer uso del material con propósitos comerciales, si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. Para cualquier otro uso, se requiere autorización expresa de la UAM.

NUEVAS TECNOLOGIAS PARA HABITACIONES EMERGENTES EN CASOS DE DESASTRE

Arq. Tomás E. Sosa Pedroza
Mtro. Ernesto Noriega Estrada
Arq. J. César Carpio Utrilla

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México, D.F.

correo:tesp@correo.azc.uam.mx

correo:cjcu@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La intención de presentar este artículo de divulgación es el resultado del esfuerzo multidisciplinar que conjunta las habilidades, experiencias y voluntades de un grupo de docentes-investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad-Azcapotzalco, interesados en proponer soluciones para resolver un problema recurrente y cíclico en todo el territorio nacional, que es el de dar refugio adecuado a la población afectada por los efectos de las llamadas contingencias naturales.

La conjunción de los conocimientos y las experiencias profesionales de los docentes firmantes de este artículo; Arq. César J. Carpio Utrilla, Mtro. Ernesto Noriega y Arq. Tomás Sosa P. han permitido tener un avance significativo en el proyecto de investigación, el cual ha sido formalmente registrado en la División de Ciencias y Artes para el Diseño de Azcapotzalco de la misma Universidad con el nombre de “Refugio Inmediato para Casos de Desastre”.

Es de destacarse la aportación de los alumnos de servicio social de la carrera de arquitectura que han sido de un gran apoyo para el desarrollo del proyecto: Marcela Ramírez Navarrete, Héctor Vázquez y José A. Laureano quienes han brindado un apoyo fundamental para los logros conquistados a la fecha y que con su trabajo y sus aportaciones han enriquecido abundantemente la propuesta final.

Es la intención de los autores el de presentar en este artículo los avances de la investigación obtenidos a la fecha.

El origen del proyecto se fundamenta en una dramática realidad que vive un importante número de la población de nuestro país, que se ve afectada continuamente por los efectos, a veces devastadores, de los fenómenos naturales que de forma continua y cíclica se presentan a lo largo del territorio nacional. Los fenómenos meteorológicos como los huracanes, crecidas de ríos o deslaves, o los fenómenos geológicos como los sismos son generadores continuos de desestabilización social.

Por su posición territorial en el Continente Americano el país se ve comúnmente afectado por

estas circunstancias de origen natural, que en muchas ocasiones llegan a ser desastrosas, y que a la vez se convierten en generadoras de movimientos masivos de los grupos de personas que se han visto afectadas en su seguridad personal y con la pérdida de sus bienes materiales. La protección a estos grupos de desplazados es una preocupación constante del gobierno federal y que a través de diferentes instrumentos operativos de protección civil intenta dar solución, aunque sea de manera parcial, a sus problemas de habitación.

Una de las medidas operativas que las autoridades correspondientes, ya sean estatales, municipales, delegacionales, etc., que deben establecer, es proporcionar protección inmediata a la población afectada y a sus bienes, mediante espacios seguros de habitación con sus servicios correspondientes, a fin de protegerla de daños a su salud o a su integridad.

Es en este contexto donde se ubica la presente investigación, cuyo objetivo es el de proponer una alternativa de habitación inmediata a los grupos de desplazados por efecto de las contingencias, ya sean naturales o sociales. La variante presentada consiste en que la propuesta se presenta en forma de módulos habitacionales de tipo familiar, alternativa que modifica el método que el sistema de protección civil y la cruz roja mexicana aplican actualmente a través de proporcionar refugio a los desplazados mediante instalaciones de albergue colectivo.



NUEVA ORLEANS. KATRINA 2005

VERACRUZ.

KARL 2010

Un objetivo adicional del trabajo presente es el de ofertar al Sistema Nacional de Protección Civil para que en sus funciones operativas dispongan de un recurso de albergue que se pretende sea fácil de instalar, económico en su construcción, confortable de habitar, de carácter temporal, sustentable y fácil de desmontar, que evite a mediano plazo problemas de convivencia y de deterioro de las condiciones de vida de los refugiados, como sucede frecuentemente en el esquema de protección actual implantado actualmente por el Sistema.

Es en este contexto donde se ubica nuestra propuesta de investigación con la intención de dar una posibilidad de habitación inmediata a los grupos de desplazados por los efectos de las contingencias naturales, y a la vez se tiene la intención de dar apoyo a las autoridades de Protección Civil en sus funciones operativas con una propuesta constructiva económica, viable, confortable, temporal y sustentable.

La integración en el diseño arquitectónico de procesos constructivos: rápidos, simples de aplicación, modulares, de temporalidad corta, repetitivos, económicos y con el concepto de prefabricación permitirá producir módulos de habitación temporal para una familia de forma rápida y económica.

La propuesta consiste en un módulo habitacional que al ser proyectado para alojar solamente a grupos familiares de cuatro integrantes, para evitar en gran medida el hacinamiento de personas en un solo lugar lo que generalmente provoca situaciones de intolerancia, estrés e inseguridad en sus ocupantes, efectos recurrentes en los afectados con el método que emplea actualmente protección civil.

El sistema constructivo propuesto tiene como valor adicional la posibilidad de ubicar cada módulo en áreas de desplante de escaso tamaño, con pendientes topográficas suaves para adaptarse a la ubicación que las autoridades de protección civil decidan en su momento. Igualmente por su facilidad de construcción y si las condiciones climáticas lo permiten, el módulo podrá ser ubicado dentro de la zona del siniestro lo que permitirá a las autoridades de protección civil resolver algunos problemas sociales que son recurrentes en los eventos de desastre.

Frecuentemente a las autoridades de protección civil les es difícil convencer a las víctimas de los siniestros de abandonar sus hogares por temor a hurtos y saqueos de sus bienes lo que genera que algún integrante de la familia se quede a resguardar su casa con el peligro de contraer alguna enfermedad por las condiciones insalubres del sitio.

En la propuesta actual de los procedimientos de rescate a las víctimas de estos eventos los refugios son habilitados normalmente lejos de los sitios siniestrados, ocasionando en la población afectada inquietud e impulsos por querer regresar lo mas pronto posible a sus hogares. Estas actitudes generan situaciones de difícil control de la comunidad albergada y cuando el tiempo de recuperación de sus hogares es mayor el problema se torna en ocasiones difíciles de controlar por parte de las autoridades.

Todos estos problemas podrán ser manejados de mejor manera si la ubicación del módulo de refugio propuesto se encuentra lo mas cercano posible a las zonas habitadas originalmente por las víctimas del desastre y si el tiempo de construcción es en un solo día le será más fácil a las autoridades convencer a los grupos afectados de salirse de sus casas mientras pasa el siniestro.

Otra característica ventajosa del módulo propuesto es que su cubierta es capaz de dar solución a las necesidades de confort y protección a la familia albergada exclusivamente por un tiempo corto y con características biodegradables, con la intención de que las autoridades puedan desintegrarlo de forma segura, rápida y fácil cuando el evento de desastre haya pasado.

La intención de proponer este tipo de material de cubierta es la de no repetir el ejemplo de los refugios instalados por el gobierno federal para dar albergue a las víctimas del sismo del año de 1985 ocurrido en una gran parte del país, y que después de 26 años se han convertido en una problemática social de difícil resolución para las autoridades. La razón fundamental radica en que los albergues fueron construidos con materiales que han conservado sus cualidades iniciales de confort y de resistencia, lo que motiva a los albergados a permanecer en ellos, con todas las consecuencias sociales y urbanas que ello atrae.

Actualmente en la ciudad de México se conservan solamente 3 zonas de refugio de los 400 instalados originalmente; en la colonia Lindavista, en la colonia Roma y en el oriente de la ciudad, de los cuales cada uno posee cantidades variables de módulos de habitación. Las zonas de refugio fueron diseñadas en su momento para dar refugio a los damnificados mediante módulos familiares de habitación, los cuales fueron asignados a cada familia según un censo previo de los afectados.



GOOGLE EARTH. CAMPAMENTO LINDAVISTA

En el año 85 todas estas zonas de refugio los módulos de habitación fueron diseñados en desplantes ortogonales de 16 m² de área y en su concepción constructiva se siguió el criterio de erigir cada módulo mediante una estructura de madera rústica a base de polines 4" x 4" de sección como apoyos verticales, travesaños de barrote de 2" x 4" unidos con clavos y para la cubierta y los muros fueron utilizados laminados de acero. Los servicios sanitarios fueron instalados comunalmente dentro de la misma zona de refugio.

Es de llamar la atención que a pesar de haber pasado más de 25 años y a pesar de persistir estas condiciones de habitación tan precarias, los usuarios persistan en seguir habitando los módulos de habitación y que las autoridades correspondientes se lo hayan permitido.

En razón de este ejemplo en nuestra propuesta le hemos dado al módulo la característica de ser habitable solamente en forma temporal aplicando materiales en la cubierta utilizables solamente a corto plazo y de características biodegradables. El cálculo de la temporalidad de degradación, a fin de que sean utilizables solamente durante el tiempo que dure la contingencia es de 40 días, evitando a futuro que las comunidades afectadas el día de hoy tengan a futuro los problemas que se viven actualmente en los campamentos de refugiados antes mencionados.

FENÓMENOS NATURALES GENERADORES DE CONTINGENCIAS

El desplazamiento obligado de personas desde sus espacios naturales de habitación hacia sitios más seguros por casos de contingencia, es una situación constante en varios estados del país, según estadísticas la vulnerabilidad de un importante sector de la población mexicana es muy alta ante estos fenómenos meteorológicos y geológicos.

El territorio nacional es susceptible, como consecuencia de su ubicación geográfica, de sufrir huracanes y ciclones cada vez más intensos ya que la cuenca oceánica con mayor actividad de estos fenómenos¹ es la del Pacífico noroeste donde se concentra casi un tercio de la producción total mundial.

Aquí algunas cifras de lo que representa la vulnerabilidad de la población ante los embates naturales:

De acuerdo a los datos censales del Consejo Nacional de Población (CONAPO), un poco menos del 68% del total de la población de México se encuentra expuesta a sufrir algún grado de exposición ante contingencias de origen natural.

En las estadísticas² del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la vulnerabilidad de la población está relacionada con los siguientes eventos:

- Inundaciones por el desbordamiento de ríos, de presas o por la ruptura de la infraestructura sanitaria.
- Fractura de la estructura urbana debida a sismos.
- Quiebra de las instalaciones municipales y anegamientos de su hábitat por consecuencia de huracanes y aluviones.

1 Datos estadísticos del Centro Nacional de Prevención de Desastres 2007.

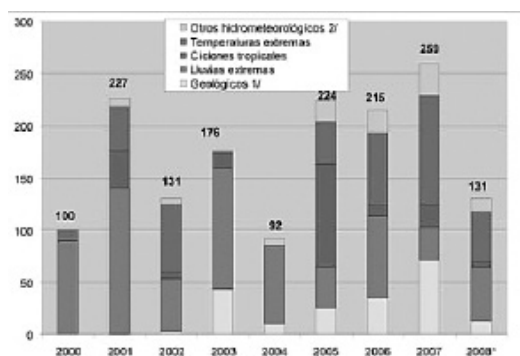
2 INEGI. Compendio de estadísticas ambientales 2008.

- Pérdida total o parcial de sus casas originada por deslizamientos de tierra o desgajamiento de cerros, lomas y montañas en época de lluvias.
- Aunque en menor grado de ocasión, pérdida de sus casas generada por incendios de bosques y pastizales en época seca.

Los municipios afectados del país por diversas contingencias en los últimos cinco años, según la encuesta del Consejo Nacional de Población (CONAPO)³ se plantean así:

• Total de municipios afectados	2 456
• Por fenómenos hidrometeorológicos	1 400
• Por eventos sísmicos	161
• Por eventos volcánicos	25
• Otros eventos	370
• Influenza	349

Según los estimados de las décadas anteriores las afectaciones por los fenómenos naturales han dejado en México 100 vidas humanas por promedio anual y alrededor de 7000 millones de dólares estadounidenses⁴.



En un estudio⁵ evaluatorio sobre el impacto socioeconómico de los desastres ocurridos en el país, realizado en conjunto por el Comisión Económica para la América Latina y el Caribe (CEPAL) dependiente de la ONU y por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) del gobierno federal se observa en las siguientes gráficas el impacto en términos económicos de los eventos de contingencia generados por los desastres naturales.

3 CONAPO. Encuesta nacional de gobierno, seguridad pública y justicia municipal 2009.

4 www.eird.org/.../no_16_2009/images/art15-1.jpg

5 CEPAL-CENAPRED. Metodologías para la evaluación del impacto socioeconómico de los desastres, 2009.

CUADRO 1-1
SÍNTESIS DE DAÑOS POR DESASTRES EN MEXICO
DE 1980 A 1999 POR TIPO DE EVENTO

Tipo de evento	Muertos (Número)	Millones de dólares corrientes		
		Daños	Pérdidas	Total daños y pérdidas
Total	10114	9595,7	794,9	10390,6
Meteoreológicos	2767	4402,3	144,9	4560,1
Geológicos	6097	4043,7	516,4	4560,1
Provocados	1250	1149,7	133,6	1283,3

De esta gráfica lo más destacable es la relación histórica de los decesos provocados por los eventos meteorológicos y geológicos durante el período 1980-1999 en donde se incluye por supuesto el dato de los decesos provocados por el sismo de 1985.

CUADRO 1-2
MÉXICO: VÍCTIMAS Y DAÑOS PROVOCADOS POR LOS DESASTRES EN EL PERIODO 2001-2005
(Millones de pesos corrientes)

Año	Muertos	Hidrometeorológicos	Geológicos	Otros	Total	Tipo de cambio	Total (Millones de dólares corrientes)
2001	276	2416,8	29,3	30,0	2476,1	9,34	265,1
2002	453	10952,0	2,0	272,0	11226,0	9,66	1162,1
2003	526	4267,8	1290,8	1413,5	6972,1	10,79	646,2
2004	336	714,7	0,4	122,2	837,3	11,29	74,2
2005	518	45096,0	1,4	328,6	45426,0	10,90	4167,5
Promedio 2001-2005	422	12689,5	264,8	433,2	13387,5		1263,0

En esta otra gráfica del mismo documento en donde se reflejan los datos de las víctimas como consecuencia de los desastres hidrometeorológicos y geológicos ocurridos en el país durante el período 2001-2005, es de notarse la baja en términos de muertos en relación con la gráfica anterior.

De acuerdo a las cifras analizadas es de concluirse que los efectos de los fenómenos naturales en las zonas vulnerables de la geografía mexicana generan continuamente desestabilización en las localidades afectadas y que por la fuerza con que se presentan en muchos de los casos obligan a estos habitantes a desplazarse a sitios más seguros para salvaguardar sus vidas y pertenencias.

CONTEXTO NORMATIVO

El principal instrumento operativo que el gobierno federal utiliza en ocasiones de desastre en el país es el llamado Sistema Nacional de Protección Civil que es un conjunto de estructuras del sector público organizadas para dar protección a los grupos de personas que hayan sido afectadas por algún evento de contingencia. La Secretaría de Gobernación es la instancia encargada de normalizar todo el Sistema.

El Sistema, tal como se le conoce actualmente, tiene su origen en los años 80's como consecuencia de los efectos del sismo de 1985 acontecido en el país, que resquebrajó, entre otras consecuencias, los procedimientos gubernamentales de protección ciudadana existentes hasta esa fecha.

El Sistema Nacional de Protección Civil se deriva de la **Ley General de Protección Civil**, que desde su aprobación como herramienta reguladora ha establecido procedimientos de análisis, prevención y acción ante la eventualidad de un desastre. La Ley⁶ establece en su artículo 9 como mandato:

El Sistema Nacional de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios, a fin de efectuar acciones coordinadas, destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre.

Planteando con mayor claridad en el artículo 10 los objetivos y funciones del Sistema:

El objetivo del Sistema Nacional es el de proteger a la persona y a la sociedad ante la eventualidad de un desastre, provocado por agentes naturales o humanos, a través de acciones que reduzcan o eliminen la pérdida de vidas, la afectación de la planta productiva, la destrucción de bienes materiales, el daño a la naturaleza y la interrupción de las funciones esenciales de la sociedad, así como el de procurar la recuperación de la población y su entorno a las condiciones de vida que tenían antes del desastre.

Al momento de la ocurrencia de situaciones de desastre provocadas por algún un fenómeno natural o social en alguna región del país las medidas operativas del Sistema deben ser aplicadas de forma inmediata a través de protocolos establecidos previamente mediante instancias del gobierno federal como las Estatales, Municipales, el Ejército Mexicano o en las llamadas sociedades no gubernamentales como la Cruz Roja.

6 Ley General de Protección Civil. México 2002.

De las instancias mencionadas se puede resaltar a la Cruz Roja Mexicana que es un organismo no gubernamental cuya intervención en casos de desastre es considerado como indispensable cuando algún evento desestabilizador se presenta, de ahí se deduce que la Institución siempre aparece en los planes de la Ley como elemento operativo.

La Cruz Roja plantea con claridad en el artículo quinto de sus estatutos el motivo principal de su integración como organismo no gubernamental en su MISIÓN:

"Ofrecer atención eficiente a la población en casos de emergencia y en situaciones de desastres, e impulsar acciones tendientes a incrementar la capacidad de las personas y las comunidades con el impulso de la acción voluntaria".

Para los efectos de operación de las acciones en casos de desastre que la Cruz Roja implementa, la Institución ha emitido el documento Manual Nacional Normativo y Operativo para Casos de Desastre Serie 3000 en donde se establecen los fundamentos legales para el apoyo social y el método para la aplicación de las acciones ejecutoras necesarias para el auxilio de las víctimas.

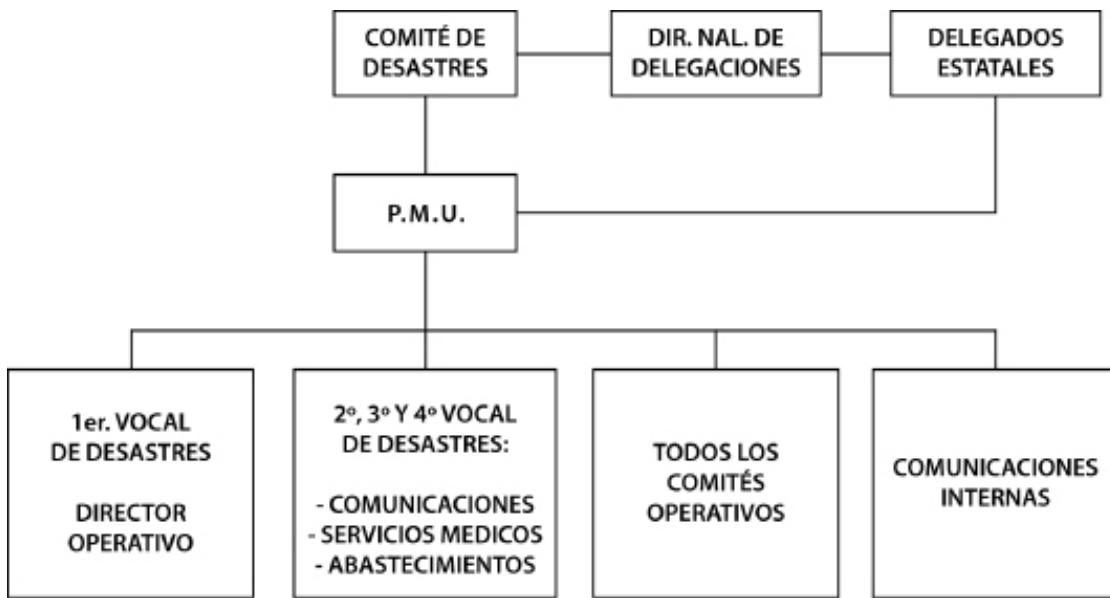
En el apartado I de este documento, llamado Políticas Básicas de Acción de la Cruz Roja Mexicana se manifiesta la separación de la institución del gobierno mexicano y su carácter de organización no gubernamental.

1.4 En relación con el Gobierno, la Cruz Roja Mexicana es independiente de él, aunque está sometida a las leyes que rigen en el país. La responsabilidad de la prevención de los desastres, los conflictos armados, las tensiones y los disturbios internos, así como la asistencia a las víctimas directas o indirectas de esas situaciones, incumbe en primer lugar a los poderes públicos, por lo que la ayuda de la institución tiene un principio de carácter auxiliar y complementario, para ser presentada ante todo en la fase de urgencia. Sin embargo, si las circunstancias lo exigen y la Cruz Roja Mexicana tiene la seguridad de disponer de recursos, medios necesarios y suficientes, puede emprender programas de asistencia a más largo plazo.

Otro artículo del Manual que es relevante para los propósitos de esta ponencia es el II 1.1 en donde se establece que:

"El Programa Nacional y Operativo de Socorros para Casos de Desastre, serie 3 000 se aplica para las situaciones de desastre....

Dicha aplicación estará a cargo del Comité Operativo de Emergencia (COE) en sus diferentes modalidades. Las facultades del COE serán las de establecer los mecanismos mas convenientes para poder dar una respuesta inmediata ante la demanda de auxilio en las zonas siniestradas, para lo cual tendría que planificar en coordinación con el Puesto de Mando Unificado..."



ORGANIGRAMA DE COORDINACIÓN PARA LA APLICACIÓN OPERATIVA DE LA SERIE 3000

Por su parte, para canalizar adecuadamente las operaciones y los recursos necesarios para el auxilio de los afectados por alguna contingencia el Sistema Nacional de Protección Civil⁷ emitió un reglamento de operaciones para guiar a las instancias de gobierno en la conformación de las brigadas de protección civil y en su accionar operativo. En él se establece que el núcleo de primer nivel de respuesta es el municipal asignándole a la brigada del Sistema Municipal de Protección Civil ⁸designada la tarea de ser el enlace entre el propio municipio y las autoridades estatales.

El Sistema Municipal de Protección Civil, es organizado por el Ejecutivo Municipal y es parte integrante del Sistema Estatal, teniendo como fin prevenir, proteger y auxiliar a las personas, su patrimonio y su entorno, ante la posibilidad de un desastre producido por causas de origen natural o humano.

Para el cumplimiento de lo dispuesto en el presente ordenamiento, los Cuerpos de Seguridad existentes en el Municipio, actuarán coordinadamente entre si de acuerdo a las directrices que marque el Sistema Municipal de Protección Civil. Asignando⁹ también a los Sistemas Municipales afectados la responsabilidad de definir los objetivos y las estrategias necesarias para la aplicación adecuada de las acciones en caso de desastre.

7 Reglamento "Tipo" de Protección Civil. Programa de Manejo de Riesgos.

8 Artículo 5 Reglamento de Protección Civil.

9 Artículo 15.

El Programa Municipal de Protección Civil y sus Subprogramas de Prevención, Auxilio y Recuperación, definirán los objetivos, estrategias, líneas de acción, recursos necesarios y las responsabilidades de los participantes en el Sistema, para el cumplimiento de las metas que en ellos se establezcan, de conformidad con los lineamientos señalados por los Sistemas Nacional y Estatal de Protección Civil.

Es en este contexto normativo en donde el esfuerzo de investigación en desarrollo se inserta, al dar apoyo al Sistema Nacional de Protección Civil en su principal mandato que es el de proporcionar seguridad en las personas y en sus bienes materiales a los grupos poblacionales desplazados por alguna contingencia. Igualmente es propósito de los investigadores el de canalizar los resultados hacia la institución Cruz Roja para que el módulo de habitación pueda ser empleado por ésta institución en futuros eventos de desastre.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

La propuesta arquitectónica del trabajo de investigación, parte de la definición planteada por la Organización de las Naciones Unidas para las edificaciones¹⁰ con capacidad para salvaguardar a los grupos de desplazados por contingencias naturales o sociales, que dice:

“Se comprende como albergue como el lugar de alojamiento temporal para las personas afectadas por un desastre u otra circunstancia extrema que les impide continuar en su vivienda en condiciones seguras y que para efectos de planificación técnica y financiera su durabilidad debe considerarse un período inicial de 30 días.”

Nuestra propuesta para resolver la problemática antes planteada, es la de diseñar un módulo habitacional que dé albergue temporal a un grupo familiar compuesto de cuatro personas, que a través de un proyecto integral dé facilidades para que su construcción pueda ser realizada de manera inmediata y su ocupación final no rebase un tiempo mayor a ocho horas.



PERSPECTIVA. HECTOR VAZQUEZ

El módulo habitacional además de cumplir con las condiciones mínimas de hábitat como son: confortabilidad, aislamiento climático ante el intemperismo, protección acústica del exterior, protección física para el usuario albergado y sus pertenencias, solidez estructural, etc., en lo constructivo su sistema de soporte deberá de ser capaz de ser transportable, de bajo costo, ser reutilizable y que sus partes de cubierta sean biodegradables a corto tiempo para su fácil demolición al término del evento.

Para lograr estos objetivos técnicos, en la resolución del proyecto hemos llegado a la conclusión de que el método de construcción del módulo habitacional deberá estar fundamentado en los preceptos de la prefabricación; como son la producción industrial, la modulación y la estandarización de sus componentes. En el desarrollo de las primeras especulaciones de diseño le hemos incluido al proyecto arquitectónico las siguientes características técnico-arquitectónicas:

- El área de desplante del módulo será reducido para poder ubicarlo sobre terrenos que no requieran despalme o preparaciones muy detalladas.
- Módulo habitacional dinámico que pueda ser construido en el lugar donde las brigadas de protección civil lo dispongan y que pueda ser colocado en su posición final de forma inmediata.
- Procedimiento de construcción integral que permita la edificación del módulo familiar sobre cualquier tipo de terreno y bajo cualquier circunstancia climática.
- Los componentes de construcción del módulo serán ligeros y de escaso volumen para que puedan ser transportados fácilmente al sitio de la contingencia.
- Sistema constructivo de soporte basado en un molde neumático que sea sellado, reutilizable y fácilmente inflable.
- Material de cubierta aplicado por el sistema de aspersión, con base de poliuretanos biodegradables.
- Sistema constructivo integral de fácil manipulación para que pueda ser habilitado por las brigadas Municipales de Protección Civil en su posición final.
- Manual técnico de habilitación para el módulo familiar que sea fácil de interpretar por las brigadas Municipales de Protección Civil.

LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

En lo arquitectónico el proyecto idóneo para satisfacer el programa de necesidades establecido y las características de tiempo y materiales por utilizar para su construcción es el de una propuesta semiesférica, porque es la geometría con superficie mínima, que cubre el máximo en volumen y es la forma más simple para construirse. Esto permite un acomodo confortable para los usuarios y genera un espacio adicional para el guardado de pertenencias que la familia asignada haya podido rescatar.

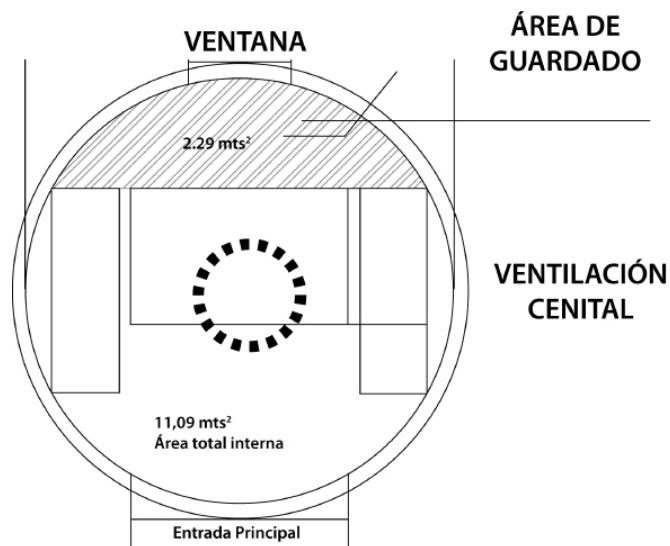
El espacio proyectado en el módulo permitirá la posibilidad de ubicar colchonetas para el descanso y pernocta de los usuarios, que son las que habitualmente provee el Sistema de Protección Civil en casos de desastre. En total se acomodarán tres unidades de colchoneta en cada módulo, dos individuales y una doble, con la finalidad de proporcionar la mayor posibilidad de confort a la familia refugiada.

Las colchonetas escogidas tienen dimensiones estandarizadas, siendo de dimensiones de 1.80 x 1.20 mts. para la doble y de 0.60 x 1.80 mts. para la sencilla.



COLCHONETA. MARCA LIFERPA

La superficie destinada en el proyecto arquitectónico para el espacio de guardado de las pertenencias rescatadas de la familia refugiada, es de 2.20 metros cuadrados, teniendo la ventaja de ser un área igualmente protegida del intemperismo pudiéndose guardar en él documentos valiosos para los refugiados u objetos de valor económico alto.



Para los efectos de aeración e iluminación del módulo se proyectaron dos vanos en el cuerpo de la semiesfera, el primero a manera de ventana que estará ubicado al frente del vano de la puerta de acceso y el segundo en la parte superior a manera de hueco cenital. Estos dos vanos integrados al cuerpo de la semiesfera mas el dispuesto para la puerta de acceso permitirán el efecto de ventilación cruzada que provocará el movimiento del aire caliente contenido en el módulo, de forma ascendente hacia el vano cenital, desde donde será expulsado al exterior.

Los vanos además de proporcionar frescura al interior del módulo igualmente tienen la función de permitir la filtración de la luz natural, para ello les serán ubicados en los marcos a manera de ventanas y puerta de acceso material plástico transparente trabajados en franjas angostas, similar al que se colocan como puerta de acceso en los refrigeradores tipo industrial. Las puertas y ventanas fabricadas con este material serán desmontables de tal manera de que puedan ser recuperadas, (y nuevamente utilizadas en otro evento de contingencia) al momento de ser demolido el módulo al término de la contingencia.

Desde la perspectiva estructural de la construcción del módulo, se pretende que la semiesfera habitacional cumpla satisfactoriamente las condicionantes finales de trabajo a las que va a estar expuesta, las que podemos suponer que serán extremas; fuertes vientos, lluvia incesante, condiciones moderadas de inestabilidad social, etc., además de que las condicionantes durante su proceso de edificación, tampoco serán las idóneas.

A fin de satisfacer las condicionantes de que el módulo cumpla con las características que impone la teoría de la prefabricación, como son; producción en serie, de fácil transportación al sitio, de facilidad de construcción, sistema constructivo integral, etc., se procurará que los componentes para su construcción sean conjuntados en una sola unidad de embalaje para su mejor y rápido manejo, tanto en bodega como en el sitio de la edificación final.

Como se pretende que sea el Sistema de Protección Civil de cada Estado del país quien sea la instancia operativa del módulo habitacional, desde la etapa de almacenaje hasta su construcción final, estos paquetes contenedores les serán suministrados con todos los componentes necesarios para su construcción e igualmente con los manuales de uso para su ejecución. Igualmente promoveremos con el mismo Sistema cursos de capacitación sobre el método de construcción a coordinadores de operación, al voluntariado y al personal que el mismo Sistema disponga.

REQUISITOS DEL PROYECTO

Es de preverse que el módulo tendrá que ser edificado en condiciones adversas en el momento de la edificación tanto climáticas como sociales y de terreno, por lo tanto también serán contempladas en la propuesta operativa del proyecto final.

Estos son los supuestos de las condicionantes adversas para la edificación:

- Por las circunstancias al momento de la edificación es de suponerse que la mano de obra por emplearse no tendrá antecedentes de constructores, por lo tanto el sistema estructural deberá ser fácilmente aplicable.
- Por las circunstancias del evento y por la exigencia de dar refugio inmediato el sistema de soporte deberá ser aplicable de forma expedita y al primer intento.
- Para dar mayores facilidades en su construcción el sistema de soporte para cada módulo habitacional será empaquetado con las cantidades exactas de sus insumos.
- Para su mejor transportación al sitio del evento el paquete contenedor del módulo será ligero y de fácil maniobrabilidad.

LA PROPUESTA ESTRUCTURAL

Durante el desarrollo de la investigación logrado a la fecha, una de las primeras conclusiones a la que hemos llegado es de que para el soporte estructural primario del módulo habitacional la mejor opción es el empleo de las cimbras clasificadas como neumáticas, que es un concepto constructivo que proporciona valores muy apropiados a las necesidades impuestas por el proyecto; ligereza, rapidez de colocación, facilidad de armado y desarmado al ser fabricadas con membranas plásticas y cables fácilmente transportables, industrialización en su manufactura, reutilizables, utilización de apoyos simples, etc.

En la teoría estructural se pueden definir a las estructuras neumáticas como: *componentes con "construcción bajo presión"* término que envuelve al control y a la estabilización de las estructuras construidas mediante diferencias de presión aplicadas con la acción de gases, líquidos o algunos sólidos granulares.

Las construcciones estabilizadas mediante la acción neumática son fabricadas en una planta industrial especializada mediante membranas delgadas y flexibles de tela o algún material plástico diseñadas para soportar las diferencias de presión generadas por la atmosférica y la neumática de diseño. Tal diferencia de fuerzas induce esfuerzos de tensión que le permiten a la estructura soportar cargas gravitacionales, de viento y de impacto.

Las construcciones neumáticas son clasificadas en dos tipos las llamadas hinchadas y las soportadas por la presión neumática, la diferencia consiste en que para lograr la estabilidad de la estructura en las llamadas hinchadas es necesario sostener la presión del aire y en las llamadas soportadas la presión de aire puede ser suprimida después de haber logrado su inflado total porque poseen en su estructura una válvula de sellado. Tanto las construcciones hinchadas o soportadas poseen las mismas características de escaso peso estructural, de tiempo corto de armado y desarmado y de traslado, facilidad de almacenamiento y traslado.

En el proyecto hemos aprovechado estas cualidades de las membranas neumáticas para diseñar una cimbra de contacto para el módulo que permita resistir las fuerzas, sobre todo de impacto, a las que va a estar expuesta. En el procedimiento constructivo una vez cumplida su función de ser cimbra de contacto para recibir en primera instancia el material de cubierta y al endurecer ésta, será desinflada para volver a utilizarse en otro módulo similar.

Al igual que la estructura de soporte del módulo, su cubierta final además de satisfacer las características propias de un elemento estructural para una habitación como son; resistencia, impermeabilidad, confortabilidad, etc., requiere satisfacer algunas condicionantes adversas durante su aplicación en el sitio:

- Deberá poseer condiciones térmicas, acústicas, de resistencia estructural, incombustibilidad e impermeable.
- En la cubierta de la semiesfera se pretende aplicar un material que reúna las siguientes características para el uso inmediato del módulo de habitación.
- Se pretende que el sistema constructivo final sea fácilmente transportable al lugar del siniestro, por lo tanto el material de la cubierta no deberá ser abultado.
- El material de aplicación, junto con su envase contenedor deberán de ser ligeros para su fácil transportación al sitio del evento.
- Debe de ser fácil de aplicar en el sitio del evento, considerando que los encargados de hacerlo en su momento serán las personas habitantes del lugar o los voluntarios que protección civil disponga.
- Por las circunstancias de la obligación de proteger rápidamente a los desplazados, el material de la cubierta deberá de lograr su consistencia final de trabajo en un tiempo no mayor a 4 horas.
- El material base de la cubierta para la semiesfera tendrá que ser biodegradable a corto plazo, por la circunstancia de que el módulo funcionará como refugio temporal para su posterior demolición en un plazo no mayor a 30 días.
- Deberá ser rápido en su degradación, en un tiempo máximo de 30 días.
- Para la demolición final del módulo el material de la cubierta deberá ser fácilmente destruible, sin que se requiera herramienta o equipo especial.

En la exploración realizada en el mercado de la construcción mexicana, hemos llegado a la conclusión de que el mejor material disponible para satisfacer estas condicionantes de trabajo y de aplicación, es el basado en las espumas de poliuretano aplicadas por aspersión. Las espumas de poliuretano son materiales de origen químico que en la construcción actual tienen muchas aplicaciones como insumo de cubiertas, para efectos decorativos, en la fabricación de muebles o como impermeabilizantes, etc., y que para los propósitos de la investigación hemos llegado a la conclusión de que es el idóneo para satisfacer las condicionantes planteadas. Actualmente en México están disponibles diferentes tipos de espumas de poliuretano que cumplen las necesidades de la propuesta, sin embargo será

necesario buscar algunas variantes en su composición química para que puedan ser mas adecuadas en dos aspectos; que pierdan mas rápidamente sus condiciones estructurales de resistencia e impermeabilidad y que mejoren su comportamiento de biodegradabilidad. Es nuestra intención incluir en la investigación el desarrollo que mejore el comportamiento de las espumas para el módulo, ante estas dos variantes.

Para mejorar las condiciones de habitabilidad del módulo en el piso se aplicará el mismo material de la cubierta, igualmente aplicado por aspersion, ya que al ser material impermeable y con características térmicas se podrán lograr condiciones de confort altamente favorables en su interior, como; aislamiento del suelo natural, temperatura controlable, firmeza de pisada al usuario, ambiente seco y protección de fauna nociva pequeña. Al igual que el material de la cubierta, al término de la contingencia el piso será demolido con el fin de liberar al terreno, donde haya sido edificado el módulo, para sus fines originales de uso.

MANUFACTURA DEL PROTOTIPO

Para la manufactura de las primeras aproximaciones del modelo nos hemos apoyado en el **Laboratorio de Cubiertas Ligeras** que es una instancia académica y de investigación de la Unidad Azcapotzalco de nuestra universidad, que es un espacio que se especializa en desarrollar propuestas novedosas para edificaciones con base en las estructuras ligeras. El Laboratorio fue impulsado desde sus inicios por el siempre bien recordado Arq. Francisco Montero y a la fecha su labor de apoyo a la línea de investigación de cubiertas ligeras ha sido continuada por el Mtro. Ernesto Noriega, coautor en este artículo de divulgación.

Aprovechando la infraestructura del Laboratorio, sus capacidades investigativas y su larga experiencia en el desarrollo de estructuras sustentadas por aire y con el apoyo de nuestros estudiantes de arquitectura que cumplen su servicio social actualmente, se han desarrollado a la fecha avances substanciales en la consecución de la primer meta del proyecto de investigación, que es la de construir un modelo a escala del módulo diseñado.

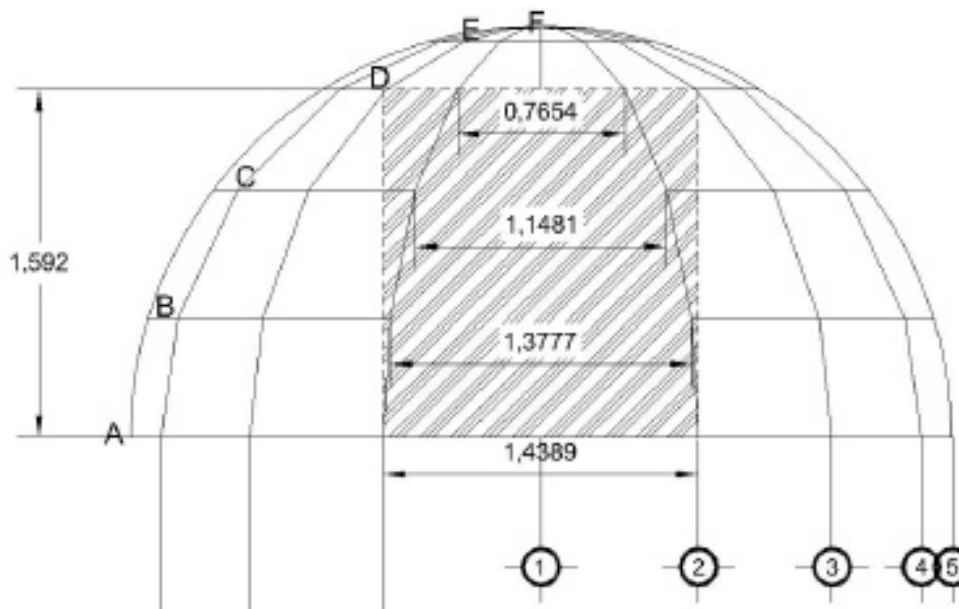
Para puntualizar sobre el proceso de manufactura del prototipo, primero definiremos lo que consideramos como cúpula semiesférica, algunos aspectos sobre conceptos básicos de la forma y el trabajo estructural para posteriormente abundar sobre el proceso constructivo.

Para este caso en particular podríamos decir que: “La cúpula es una superficie que presenta las características de doble curvatura y el mismo empuje en todas las direcciones, con curvas en un mismo sentido de manera radial, la más sencilla es la que resulta de la esfera”. Esta cúpula presenta de manera general dos componentes básicos, el primero son los “nervios” que se encuentran dispuestos radialmente y el segundo son los anillos que se determinan a diferentes alturas.

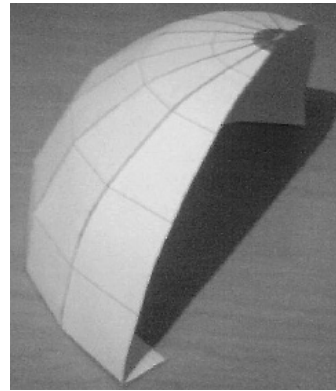
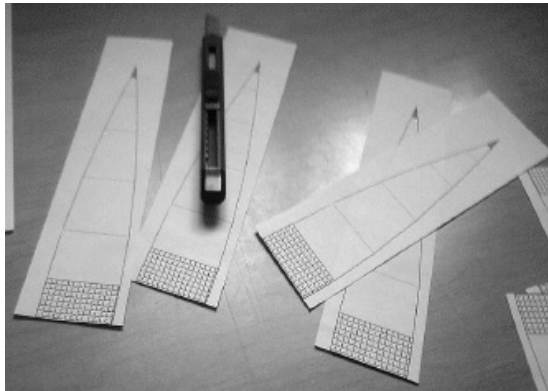
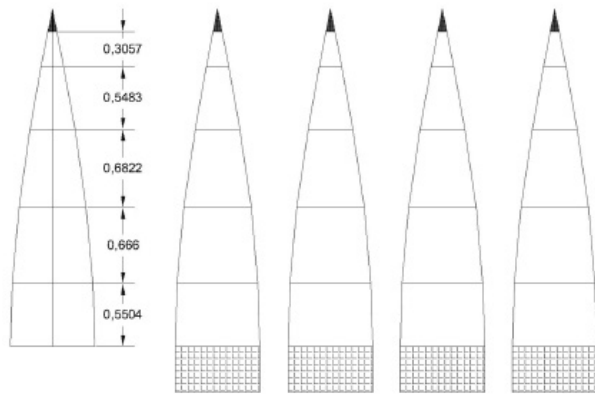
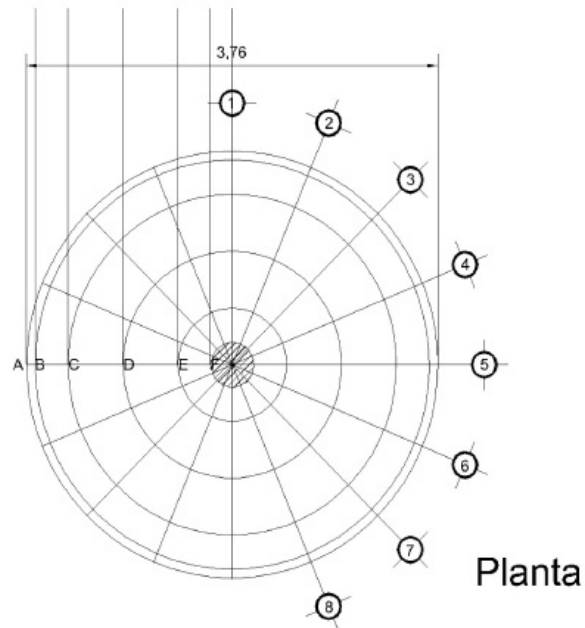
Los nervios generan una curva denominada meridiano, esta es una curva descrita por una sección vertical que corta sobre el eje de la superficie, mientras que los anillos generan una circunferencia llamada paralelo que es una sección horizontal que corta perpendicularmente el eje de la superficie.

Se comprenderá que una cúpula semiesférica tiene la forma de media esfera donde la transición de fuerzas de los paralelos a los meridianos se da entre los 45° y 60° con respecto al eje vertical, estas fuerzas pueden ser tangenciales y actúan de manera perpendicular a las fuerzas meridianas y a lo largo del paralelo.

En la parte superior trabajan a compresión y en la parte inferior a tensión, estas fuerzas limitan movimientos hacia fuera de la cúpula, presentándose también la fuerza meridiana que actúa a lo largo de la línea llamada con el mismo nombre y se da solo con cargas verticales y siempre de compresión. La base de la cúpula recibe la fuerza meridiana y contiene los componentes hacia el exterior, también se le conoce como zuncho o cornisa y los materiales propuestos en la construcción de la cúpula van a determinar el tamaño de la sección o refuerzos para resistir los esfuerzos de flexión producidos por deformaciones elásticas.



CORTE



DISEÑO Y CORTE DE "GAJOS"

Para realizar el estudio, se fabricaron pompas de jabón que es la base para crear formas básicas, la curva tiene dos direcciones en la superficie, es decir, en el radio de curvatura se pueden encontrar los positivos y negativos. Las pompas de jabón son una superficie mínima y la forma debida a la tensión superficial del líquido, le confiere resistencia, flexibilidad y ligereza.

En cuanto al proceso constructivo de elaboración del modelo, se decidió que la mejor escala para realizarlo 1:20 porque contiene el volumen de aire adecuado para ser inflado por una secadora de pelo de marca comercial y al observar los resultados obtenidos a la fecha, en cuanto a tiempos de colocación y de calidad final, se han aproximado adecuadamente a los esperados inicialmente.

En el proceso primero fue necesario diseñar la forma de la cúpula con ayuda de la geometría descriptiva, para poder obtener los gajos en longitud y forma verdadera y poder construir el primer modelo hecho con papel cartoncillo, cortándose primeramente los 16 gajos de acuerdo al trazo de diseño y dejándoles una pestaña de cada lado para poder unirlos posteriormente con material adherente. Este modelo fue importante porque se pudo verificar el trazo y las medidas.

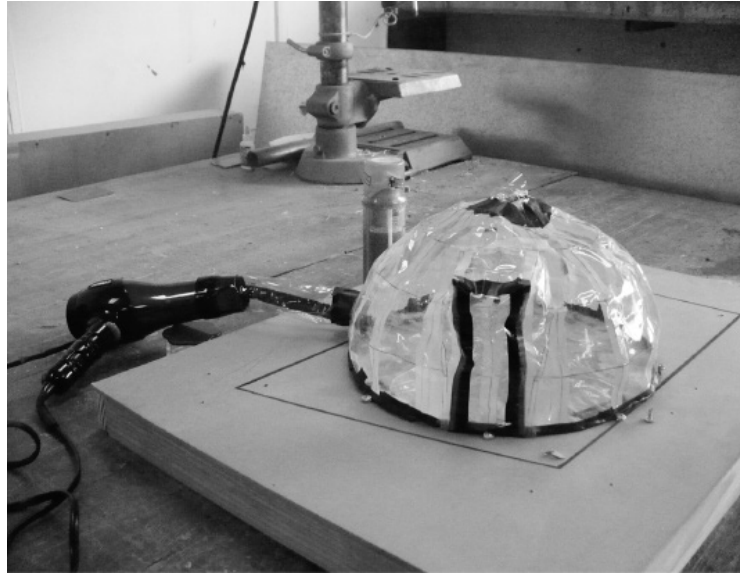
Una vez afinados los detalles de trazo de las secciones modulares construidas con material cartoncillo se procedió a elaborar el modelo con material plástico transparente. Después de varios intentos de manufactura, algunos fallidos por el tipo de material escogido era demasiado ligero para la presión de aire que se le aplicó y que generaba continuas fugas de aire, se llegó al modelo definitivo con el uso de material plástico mas grueso y resistente.

Con el nuevo material escogido se conceptualizo un modelo como superficie delgada y flexible que fuera capaz de soportar cargas a través del desarrollo de esfuerzos de tensión. El plan determinó una estructura neumática de baja presión que se analizó como membrana tensionada a la que se introdujo aire para generar sobrepresión interior y por lo tanto estabilidad.

En este caso, no se necesitó de estructura soportante ya que la sobrepresión interior contrarresta las cargas que actúan sobre ella, siempre y cuando este “sellada” y anclada en todo el perímetro para evitar fugas. Con plantilla previamente trazada en un cartón, se marcó sobre el polipropileno dejando una pestaña de 1 centímetro de ancho a lo largo y en un solo lado del gajo.

Una vez cortados y marcados los gajos se unieron con cinta elástica de arriba hacia abajo, con la idea de evitar pliegues en forma de bolsa en la cúspide de la cúpula, aspecto que se había observado con anterioridad al tener sobre posición de planos. El perímetro se fijó a una base de cartón con alambre galvanizado en forma de ganchos para evitar su deformación en la base y mantener su forma. Para levantarla, se usó una pistola de calor para inyectar aire a la estructura a través de un ducto conectado de la pistola hacia la maqueta.

Exitosamente se pudo comprobar que una vez tensionada la cúpula, si se realizaban aperturas directamente al material, disminuía la presión interior pero no caía por completo.



También se pudo observar que en el proceso de inflado era necesario dejar pequeñas perforaciones para permitir el paso del exceso de presión de la pistola de presión ya que continuamente se debe inyectar aire, y no se puede mantener estable sin un motor que trabaje constantemente. Por otro lado los gajos se deben unir de arriba hacia abajo y de preferencia con un pequeño anillo para evitar la aglomeración de puntas en el vértice.

Con el modelo terminado en la etapa de la neumática, el siguiente paso fue aplicar espuma de poliuretano de la marca MAX-FILL®, con la idea de probar la capacidad de carga del modelo al aplicar dicha espuma. Se pudo comprobar que el modelo resistió perfectamente bien la aplicación de la espuma, sin embargo, fue necesario mantener estable el modelo con la inyección de aire durante una hora y treinta minutos hasta que la espuma se pudo mantener estable por sí misma.

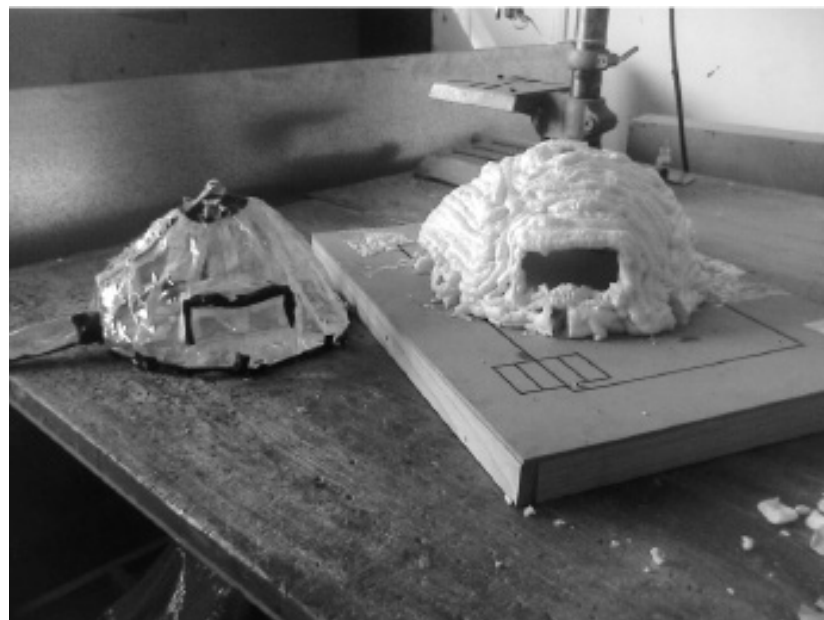
En la primera aplicación del rellenedor sobre el modelo neumático fue necesario cubrir con una capa de aceite comestible a manera de que funcionara como desmoldante a fin de evitar que se adhiriera al material plástico de contacto. Al principio resultó difícil la aplicación de la espuma ya que ésta, no se adhería al modelo neumático, por lo tanto fue necesario esperar a que seca la primera capa para después aplicar una cantidad generosa del material de abajo hacia arriba.

Podríamos decir que con relativo éxito, el modelo de espuma de poliuretano adquirió de manera razonable la forma interior del modelo neumático, no fue así con la parte exterior ya que ésta quedó burda sin mucha calidad estética, sin embargo, se pudo cortar perfectamente bien con una segueta

y mejorar su apariencia, por supuesto que no somos especialistas en la aplicación de espuma con la idea que quedara aparente pero fue un buen resultado que permitió continuar con el desarrollo del prototipo del módulo.



APLICACIÓN DE LA ESPUMA



EXTRACCIÓN DE LA NEUMÁTICA



MODELO TERMINADO

CONCLUSIONES

A manera de conclusión, podemos mencionar que en estos primeros intentos a través del modelo, hemos encontrado varios puntos de solidez que nos servirán para la construcción del prototipo final. Tales puntos de ejecución son los siguientes:

- A pesar de que este primer intento no fue realizado en las condiciones climáticas supuestas para un caso de emergencia, por haberse hecho la prueba en el ambiente protegido del laboratorio de estructuras, aun así los resultados finales han cumplido casi al 100% con lo previsto en los tiempos de ejecución y en la resistencia estructural del modelo.
- En cuanto a la forma que se seleccionó fue la semiesfera, porque es la geometría con superficie mínima, cubriendo el máximo en volumen y es la forma que tiene una aceptable resistencia estructural. Desde el punto de vista del proceso constructivo, resulta mucho más sencillo tener un solo gajo tipo que se pudo reproducir rápidamente lo que facilitó el desarrollo.
- En cuanto a la forma volumétrica seleccionada, la semiesfera es la más adecuada debido a que tiene la geometría con superficie mínima, que cubre el máximo posible de volumen interno, además de que es la forma con mayor capacidad estructural de resistencia.
- Desde el punto de vista del proceso constructivo resulta mucho más sencillo de construir a través un gajo tipo, que se pueda cortar y habilitar de forma tipificada.
- Con respecto a los materiales empleados, pudimos constatar que la espuma nos da las condiciones y características que buscamos de rapidez, función, protección y permeabilidad aunque no de aplicación y estética pero aún falta por investigar hasta encontrar con la ayuda de otras disciplinas las características de degradación y el menor impacto ambiental.
- El uso de materiales derivados de polímeros para la cimbra neumática es una buena opción para este caso en el que buscamos varios usos del mismo modelo para fabricar varias viviendas, sin embargo necesitamos experimentar con materiales más resistentes para garantizar varios usos y si es de baja o alta presión dependerá de las condiciones climáticas del lugar.

BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento nacional de socorros. Cruz Roja Mexicana.
- INEGI. Compendio de estadísticas ambientales 2008.
- Datos estadísticos del Centro Nacional de Prevención de desastres 2007.
- Arq. José Mirafuentes, Primer coloquio de estructuras neumáticas. De la Universidad de Stuttgart Alemania.
- Google Earth. Fotos de libre acceso en internet.