



Received: 22-10-2020
Accepted: 04-11-2020

Anales de Edificación
Vol. 7, Nº1, 62-78 (2021)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2021.4771

Nuevas posibilidades de expresividad del hormigón: definición, componentes y clasificación de sistemas de encofrado flexible. New possibilities of concrete expressiveness: definition, components and classification of fabric formwork systems.

Elena Malpartida Vázquez & Alfonso Garcia Santos

Universidad Politécnica de Madrid (España, e.malpartida@alumnos.upm.es; alfonso.gaciasantos@upm.es)

Resumen—Los sistemas de encofrado flexible generan nuevas posibilidades de expresión en elementos de hormigón. El presente artículo clasifica los sistemas de encofrado flexible y su principal componente la membrana contenedora, establece además una terminología en castellano y definición adecuadas a esta tecnología de encofrados. Este artículo sistematiza el uso de procedimientos de construcción de encofrados flexibles asociando sistemas y tipología de encofrados con la forma del objeto de hormigón a construir. Se establecen 8 tipologías de sistemas y 16 grupos de membranas. Se muestran los procesos y grupo de membranas empleadas en 19 de los sistemas de encofrado flexible más representativos. Los sistemas seleccionados permiten la construcción de todo tipo de elementos de hormigón, la flexibilidad de la membrana permite ampliar el abanico de formas y explotar al máximo las posibilidades creativas y de expresividad del hormigón.

Palabras clave— encofrados flexibles; sistemas de encofrados; hormigón; nuevas formas; membranas de encofrado.

Abstract—Flexible formwork systems generate new expression possibilities in concrete elements. This article classifies flexible formwork systems and their main component the container membrane, also establishes a terminology in Spanish and definition appropriate to this formwork technology. This article systematizes the use of fabric formwork construction procedures by associating formwork systems and typology with the shape of the concrete object to be constructed. 8 types of systems and 16 groups of membranes are established. The processes and group of membranes used in 19 of the most representative flexible formwork systems are shown. The selected systems allow the construction of all kinds of concrete elements, the flexibility of the membrane allows to expand the range of shapes and make the most of the creative and expressive possibilities of concrete.

Keywords— fabric formwork; formwork systems; concrete; new forms; membrane materials.

I. INTRODUCCIÓN

LA TECNOLOGÍA actual de Sistemas de Encofrado Flexible o S.E.F presenta una amplia variedad de sistemas y componentes. Esta gran diversidad puede llevarnos a una falta de criterio a la hora de utilizar esta tecnología de encofrados. El presente artículo sistematiza el empleo de los procedimientos de construcción con encofrado flexible en relación con el objetivo formal del elemento de hormigón y su principal componente, la membrana contenedora.

La historia de la construcción del hormigón presenta obras de distinto carácter formal sin embargo la necesidad de moldes para dar forma al hormigón y la construcción de estos moldes con elementos rígidos limita las capacidades del hormigón por lo que finalmente su uso más generalizado es en la construcción de geometrías cartesianas. Pier Luigi Nervi en su libro “Estructuras” 1956 resalta que:

“Aunque el hormigón armado ha sido utilizado durante más de cien años y con un creciente interés durante las últimas décadas, pocas de sus propiedades y potencialidades han sido completamente explotadas...la principal causa de esto es técnicamente: la necesidad de construir encofrados de madera” (traducción propia)

La primera aparición de encofrados flexibles es atribuida a Gustav Lilienthal en 1899 para construcción de forjados.

“the invention consist on spreading some pliable but sufficiently impermeable fabric or paper over the beams intended to carry the ceiling that is to be built, of covering the fabric with wire-netting, and of pouring concrete on the top of the covering thus formed.” (Lilienthal, 1899)

El texto anterior refiere la utilización de un textil o papel flexible o maleable, pero suficientemente impermeable, sobre el cual se coloca una malla metálica sobre la que luego se vierte el hormigón.

Desde ese momento hasta ahora la historia de los encofrados flexibles ha sufrido una gran evolución con distintos periodos de estudio o impulsión de esta tecnología que se han orientado a distintos aspectos de la misma. Estos periodos van de la mano de distintos autores con diferentes enfoques entre los que destacan;

James Waller que en el 1930 al 1950 desarrolla distintos sistemas de encofrado flexible entre los que destaca “Nofrongo” o “Ctesiphon” que permitía la rápida construcción de elementos abovedados que fueron utilizados como estructuras temporales o refugios de emergencia durante la 2ª Guerra Mundial.

Wallace Neff que en 1941 inicia la construcción de cascaras o cúpulas de hormigón con encofrado neumático, camino que fue seguido por David y Barry South que continuaron esta línea

en los años 70 y continúan hasta hoy con su empresa Monolithic.

Otra de las figuras destacadas es Miguel Fisac que en 1969 construye el primer edificio en el que se incluyen paneles de fachada encofrados con materiales flexibles.

A mediados de 1950 aparecen en el mercado las primeras fibras sintéticas y con ellas la aparición de los primeros encofrados flexibles submarinos en los años 60.

Tomando como base la tecnología anterior aparecen figuras como la de Kenzo Unno y principalmente la del investigador Mark West que junto con la universidad de Manitoba funda en 2002 el instituto C.A.S.T., centro que dedica fundamentalmente su actividad a la investigación y desarrollo de sistemas de encofrados flexibles. En 2008, se forma ISOFF, the International Society of Fabric Forming, en la primera conferencia internacional sobre encofrados flexibles celebrada en la Universidad de Manitoba, Canadá. Este impulso fue acogido por la universidad de Bath donde se celebró el ICFF2012, el segundo congreso internacional en encofrados flexibles. En 2015, el IASS, Association of Shell and Spatial Structures, y el ISOFF se unen para celebrar un simposio en Amsterdam, esta unión culmina con la formación en 2017, de un nuevo Grupo de Trabajo del IASS (WG21) dirigido por el profesor Arno Pronk y el Dr. John Orr, actualmente ligado a la Universidad de Cambridge, que cubre diversas áreas de investigación entre ellas el estudio de los encofrados flexibles.

II. TERMINOLOGÍA

Es necesario adoptar una nomenclatura en castellano para esta tecnología de encofrados flexibles y aclarar el porque la misma difiere de la traducción más evidente de la terminología adoptada en inglés por los autores mas relevantes.

D.Veenendal, M.West y P.Block citan en su artículo “History and overview of fabric formwork: using fabrics for concrete casting” posibles términos para referirse a los encofrados de hormigón que emplean membranas flexibles.

A) *Fabric formwork*,

B) *Flexible formwork*

C) *Membranes, flexible, textile or fabric mould*

Los autores descartan las opciones del apartado C por ser menos comunes y porque pueden causar confusión con otras tecnologías. Finalmente deciden aceptar la opción de *fabric formwork* por ser el más empleado en las últimas publicaciones y porque el termino *fabric* en ingles necesita de la adjetivación de *wooven* o *non wooven* para definirse como material tejido o no tejido y por tanto el termino *fabric formwork* incluye ambos tipos de membranas.

Sin embargo, no sucede lo mismo en castellano donde la traducción de fabric, tela, se define en la RAE como;

“Obra, especialmente la tejida en el telar, hecha de muchos hilos, que, entrecruzados alternativa y regularmente en toda su longitud, forman como una lámina”

La denominación en castellano “encofrados de tela” excluiría todos aquellos materiales no tejidos.

Finalmente se decide emplear en castellano el término “encofrados flexibles” por englobar tanto membranas tejidas como no tejidas y por ser el término acuñado por Fisac en 1972 para registrar su patente “Sistemas de encofrado flexible para hormigón” que emplea como membrana de encofrado una lámina flexible de plástico.

III. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE ENCOFRADO FLEXIBLE

Con el fin de delimitar el ámbito de la tecnología de sistemas de encofrado flexible es preciso llegar a una definición que lo distinga del resto de sistemas de encofrados para hormigón. En castellano, se define como encofrado a un sistema, compuesto por distintos elementos, destinado a contener y moldear el hormigón hasta su endurecimiento o fraguado.

La utilización de materiales flexibles y deformables como encofrado permite que el hormigón sea moldeado y que este moldee a la vez el encofrado. D.Veenendal, M.West y P.Block (2011) definen los encofrados flexibles como aquellos “encofrados que utilizan una membrana flexible para el soporte estructural de hormigón fresco o tierra apisonada” (traducción propia). Consideramos necesario incluir en la definición los elementos que sirven de soporte al elemento contenedor o membrana debido a la importancia de la función de estos en los sistemas de encofrado flexible. En definitiva, la definición propuesta es;

Encofrados flexibles son aquellos que emplean una membrana flexible como soporte del hormigón fresco y permiten al hormigón moldearse a sí mismo dentro de unos límites o condiciones de contorno hasta alcanzar una forma definitiva una vez finalizado el proceso de fraguado.

IV. COMPONENTES DE SISTEMAS DE ENCOFRADO FLEXIBLE

Para facilitar la comprensión de los procedimientos de construcción de elementos de hormigón con encofrados flexibles es necesaria una descripción de sus principales componentes. Los sistemas de encofrado flexible se dividen en dos partes fundamentales, condicionantes estáticos temporales del sistema y membrana contenedora.

A. *Condicionantes estáticos temporales*

Denominamos condicionantes estáticos temporales a aquellos elementos necesarios para posicionar la membrana y sujetar la misma durante el proceso de fraguado. Una vez finalizado el proceso de fraguado estos elementos se retiran y son generalmente reutilizables.

Estos componentes son generalmente elementos rígidos, aunque pueden presentarse también configuraciones flexibles como cuerdas, cables o espumas plásticas.

Podemos distinguir dos tipos fundamentales de soportes;

Soportes directos

Se consideran soportes directos a aquellos medios auxiliares que, aunque a través de la membrana, están en contacto con el hormigón dejando su huella o parte de sus cualidades impresas en el acabado final del elemento de hormigón. Se los considera parte activa del encofrado.

Soportes indirectos

Se consideran soportes indirectos a aquellos medios auxiliares cuya función es la sujeción y posicionamiento de la membrana de encofrado. Se consideran elementos pasivos del encofrado.

B. Membranas de encofrado

La membrana es el elemento constructivo más característico de los sistemas de encofrado flexible su principal función es contener el hormigón durante el proceso de fraguado y la flexibilidad su principal característica.

Desde la aparición de esta tecnología una gran variedad de membranas ha sido empleadas en sistemas de encofrados flexibles. A continuación se presenta una clasificación de las membranas, utilizadas o sugeridas por los investigadores como de posible utilización, atendiendo a sus materiales base de fabricación.

Se clasifican en 16 tipología de M.1 a M.16, que se organizan en tres grupos fundamentales.

- G1. Membranas de material base fibras naturales
- G2. Membranas de material base láminas plásticas
- G3. Membranas de material base fibras artificiales

Tipologías de membrana del Grupo 1;

M.1. Membranas a base de tela de arpillera

Se trata de un textil a base de fibras de yute tejidas, es por tanto una fibra natural vegetal del grupo de las liberianas. Para evitar que el hormigón se filtre a través de la tela se recomienda extender una fina capa de barro o sustancia pastosa que sirva de impermeabilización, esto permite que el tejido sea retirado una vez fraguado el hormigón, de no hacer esto la tela quedaría adherida al hormigón.

M.2. Membranas a base de tejidos de algodón

Se trata de un textil a base de fibras de algodón tejidas es por tanto una fibra natural vegetal del grupo de las semillas. Este tipo de membrana se ha utilizado como membrana en la fabricación de mobiliario, en concreto el textil empleado es un tejido de algodón resistente destinados a la ropa de cama, de 1 mm de espesor con parches de terciopelo que se adjuntan a la tela; los diversos tejidos que componen la membrana pueden ser detectado tanto visualmente como al tacto lo que facilitara la transmisión de estas cualidades al hormigón.

M.3. Membranas a base de lana

No se especifica la procedencia, ni el sistema de formación del textil o membrana, no se conoce si ha sido probado o no, tan solo se sugiere como posible utilización.

M.4. Membranas a base de papel

No se dan más especificaciones, no se conoce si ha sido probado o no, tan solo se sugiere como posible utilización.

M.5. Membranas a base de alfombras de hierbas u hojas

No se dan más especificaciones, no se conoce si ha sido probado o no, tan solo se sugiere como posible utilización.

M.6. Membranas a base de textil impregnado de goma o caucho

Este tipo de membrana se utilizó en los primeros encofrados neumáticos. No se aportan más datos del textil de base tan solo que la goma se utilizaba para conseguir la impermeabilidad de la membrana. Como ejemplo se nombran tejidos de algodón recubiertos

Tipologías de membrana del Grupo 2;

M.7. Membranas a base de láminas de polietileno

El polietileno se describe como un material resinoso con propiedades termoplásticas que se sintetiza mediante la inducción de la polimerización oxidativa de gas etileno. Las láminas de polietileno son producidas usando un proceso conocido como extrusión de película soplada. Se trata de una lámina impermeable y que no se adhiere al hormigón. Existen láminas de distintos grosores a partir de un espesor mínimo de 0,01mm.

M.8. Membranas a base de láminas de PVC

El PVC o policloruro de vinilo es uno de los derivados plásticos más versátiles. Las láminas de PVC son producidas usando un proceso conocido como calandrado. Se trata de una lámina impermeable y que no se adhiere al hormigón.

M.9. Membranas a base de láminas de EPDM

El EPDM o etileno polipropileno dieno monómero es un termopolímero elastómero que tiene buena resistencia a la abrasión y al desgaste. La composición de este material contiene entre un 45% y un 75% de etileno, siendo en general más resistente cuanto mayor sea este porcentaje. Sus usos más frecuentes son en el sellado de juntas en los automóviles, y como lámina impermeabilizante de cubiertas en la edificación. Se fabrica en planchas en diferentes espesores que varían de 0,8 mm a aproximadamente 2 mm y en 2 tipos el americano y el europeo que se diferencian en la elasticidad y la uniformidad de superficie. Para los sistemas de encofrado flexible la variación americana es más utilizada debido a su acabado liso, para no dejar huellas en el hormigón. Este material tiene buenas propiedades como aislamiento eléctrico, una resistencia muy buena a los agentes atmosféricos, ácidos y álcalis y a los productos químicos en general, lo que lo hace indicado para el contacto directo con el hormigón. Se trata de un material elástico e impermeable.

M.10. Membranas a base de láminas FRP

Se trata de una membrana impermeable a base de matrices plásticas reforzadas con fibras. (FRP) es un material compuesto hecho de una matriz de polímero reforzado con fibras. Las fibras son generalmente de vidrio, de carbono, de basalto o de

aramida, aunque otras fibras tales como papel o madera o de amianto se han utilizado a veces. El polímero es generalmente un epóxido, éster de vinilo o plástico termoestable de poliéster y resinas de fenol formaldehído están todavía en uso. FRP se utilizan comúnmente en la industria aeroespacial, automotriz, marina y la industria de la construcción. La principal característica de este tipo de materiales es una mayor resistencia, otras características variaran en función de sus componentes.

Tipologías de membrana del Grupo 3;

M.11. Membranas a base de tejido de poliolefinas

Se trata de una membrana tejida de fibras poliméricas de poliolefinas que pueden ser polietileno o polipropileno, estas fibras presentan una buena resistencia tanto a medios ácidos como básicos lo cual permite su uso en contacto directo con el hormigón. Se trata de un material permeable, resistente, difícil de rasgar y que no se adhiere al hormigón durante el proceso de fraguado por lo que la utilización de líquidos desencofrantes no es necesaria. Estas cualidades permiten que sean reutilizables, sin embargo, los tejidos de poliolefinas no son en realidad un material elástico por lo que bajo carga y con el paso del tiempo sufrirán deformaciones. La novedad del uso de estos productos como material de encofrado es la causa de que hasta el momento no se conozcan los límites de su ciclo de reutilización.

“Tejido de polietileno sin recubrimiento ha sido utilizado en el instituto CAST más de quince veces sin aparente degradación” Mark West (15)

Otra de las características que han influido en su expansión como material de membrana de encofrado flexible es su bajo coste. Son comúnmente empleadas en la construcción como geotextiles.

M.12. Membrana a base de poliolefinas recubiertas

Este tejido ha sido desarrollado por CAST en colaboración con Fabrene inc., una fábrica dedicada a la producción industrial de tejidos plásticos. Se denomina “Development Product W756” Esta tela se presenta en rollos de 3m de ancho y puede ser termosoldada, para la formación de piezas mayores.

Se trata de una membrana geotextil tejida de poliolefinas (polipropileno o polietileno) que se ha fabricado con distintos acabados superficiales en ambas caras. Se busca un textil que por un lado quede permanentemente adherido al hormigón encofrado y por otro lado una superficie que sirva de encofrado a otras piezas por lo que ha de ser fácilmente separable y no adherente al hormigón. Una de las caras del textil se realiza con fibras poliméricas de poliolefinas desordenadas, soldadas y no tejidas de modo que queda una superficie irregular que se adhiere de forma permanente al hormigón, la otra cara se termina con revestimiento plástico impermeable de PVC de modo que se consigue una superficie lisa y fácil de separar de la siguiente pieza a encofrar.

M.13. Membranas a base de tejidos de poliéster recubiertos de PVC/PVDF

Se trata de una membrana tejida de fibras de poliéster, este tipo de fibras presentan una elevada resistencia a tracción, son poco deformables, y tienen un buen comportamiento a fluencia; son fácilmente hidrolizables a pH muy básicos mayores de 12, lo que desaconseja su empleo en contacto con hormigones. Para evitar este contacto lleva un recubrimiento plástico de PVC/PVDF. El resultado final es por tanto una membrana impermeable de alta resistencia a tracción. Este material frecuentemente empleado en la arquitectura textil.

M.14. Membranas a base de tejidos de poliamidas recubiertos de PVC

Se trata de una membrana tejida de fibras de poliamidas, o también conocidas como nylon, (PA), este tipo de fibras presentan una tenacidad muy elevada y unas excelentes características de deslizamiento y resistencia al desgaste, por otro lado las poliamidas presentan una elevada absorción de humedad, con lo cual se ven influenciadas las características mecánicas y presentan una reducida estabilidad dimensional. Para evitar esta absorción de la humedad lleva un recubrimiento plástico de PVC. El resultado final es por tanto una membrana impermeable que se utiliza en modelos pequeños debido a su baja estabilidad dimensional.

M.15. Membranas a base de HDPE

Se trata de una membrana tejida de fibras poliméricas de polietileno, de alta densidad, estas fibras presentan una buena resistencia tanto a medios ácidos como básicos lo cual permite su uso en contacto directo con el hormigón. Es un material permeable, resistente, difícil de rasgar y que no se adhiere al hormigón durante el proceso de fraguado por lo que la utilización de líquidos desencofrantes no es necesaria. Estas cualidades permiten que sean reutilizables, sin embargo, no es en realidad un material elástico por lo que bajo carga y con el paso del tiempo sufrirá deformaciones. Además de estas cualidades otra de sus grandes ventajas es su bajo coste.

M.16. Membranas a base de tejidos de elastanos o spandex





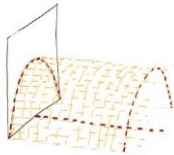
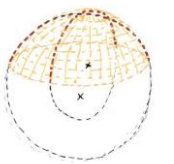
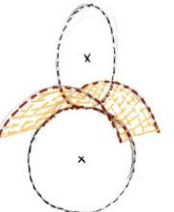

Los poliuretanos segmentados son fibras elásticas conocidas como elastanos o spandex en EE.UU. Se trata de una membrana tejida con fibras de elastano cuya principal cualidad es la elasticidad pudiendo estirarse hasta un 600% sin deformarse. Forman un tejido elástico, permeable, Tiene una alta resistencia a la absorción de agua. Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, hidrocarburos, agua dulce y salada. Esto le permite estar en contacto con el hormigón durante el fraguado.

V. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ENCOFRADO FLEXIBLE

Existen una gran variedad de sistemas de encofrados flexibles. Para facilitar una elección de S.E.F. adecuada a la forma y características finales del objeto de hormigón se presenta la siguiente clasificación. Para elaborar esta

diferenciación se toman como base la clasificación presentada por H. Abdelgader, M. West y J.Gorski, (2008) y la elaborada por Veenendaal, D., West, M., Block, P. (2011).

TABLA I
 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN OBJETO DE HORMIGÓN

FAMILIA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
A	Elemento lineal vertical	Elemento desarrollado en torno a un único eje colocado en posición vertical.	
B	Elemento lineal horizontal	Elemento desarrollado en torno a un único eje colocado en posición horizontal.	
C	Elemento superficial vertical	Elemento desarrollado en torno a un eje colocado en posición vertical que se desliza en un eje, dirección o curva contenida en el plano horizontal.	
D	Elemento superficial horizontal	Elemento desarrollado en torno a dos ejes contenidos en el plano horizontal.	
E	Elemento tridimensional al monoclástico	Elemento desarrollado en torno a una curva principal contenida en un plano vertical que sigue su desarrollo en un eje contenido en el plano horizontal.	
F	Elemento tridimensional al sinclástico	Elemento compuesto por curvas cuyos centros de curvaturas se encuentran en el mismo lado de la superficie.	
G	Elemento tridimensional al anticlástico	Elemento compuesto por curvas cuyos centros de curvaturas se encuentran en los lados opuestos de la superficie.	
H	Elemento tridimensional al libre	Elemento que no se ajusta a ninguna de las definiciones anteriores	

Se estudian 57 sistemas de encofrados flexibles. Este estudio nos permite extraer las características principales de cada uno de los sistemas estudiados y establecer 8 tipologías básicas de sistemas de encofrado flexible. Esta diferenciación de tipologías se elabora atendiendo a las características de los soportes y las membranas de los sistemas de encofrado utilizados y a la relación de estos con el hormigón.

Sistemas de una misma tipología permiten la construcción de una gran variedad de formas. Para facilitar el estudio de sistemas de encofrado flexible se realiza una diferenciación de las distintas formas fundamentales que podemos encontrar en los elementos que componen un objeto de hormigón y que implican variaciones en las características esenciales de los encofrados o moldes. Estos elementos quedan organizados en ocho familias que se definen en la tabla 1.

A continuación, se presentan las 8 tipologías básicas de clasificación y las familias de formas que se pueden construir con el empleo de cada una de estas tipologías. A modo ilustrativo se describe para cada caso uno de los sistemas que mejor representa las características del grupo de formas y tipologías asociados;

1.1. Sistemas de encofrados flexibles tipo “bolsa”

Son aquellos encofrados flexibles en los que la forma final del objeto es el resultado directo de la presión interna que ejerce el hormigón en la membrana flexible. El posicionamiento del hormigón se realiza mediante vertido. El encofrado rodea y cubre la mayor parte del elemento de hormigón excepto el orificio o superficie por la que se realiza el vertido.

Familia A	S1. Fabric-Formed Columns
AUTOR: Mark West y alumnos de máster de arquitectura, Jaspal Atwal, Christopher Sullivan and Daniel Reeves en la Universidad de Manitoba, Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 1999	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: tejidos de <i>spandex</i> (M.16)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado	
DESCRIPCIÓN: Columnas construidas para el Canwest Global Theatre, Manitoba, en 1999. Este proyecto supuso la construcción de los primeros elementos verticales estructurales encofrados con S.E.F. Se construyeron trece columnas de hormigón armado y para los moldes se utilizaron principalmente tejidos elásticos de punto “spandex” con lo que se consigue un acabado más voluptuoso. Este tejido se mezcla con otros menos elásticos para la creación de protuberancias o se emplean soportes directos flexibles, cuerdas para controlar	

la deformación. Es necesaria la construcción de andamios a los que se fija la parte superior del molde para conseguir la altura deseada de columna.



Fig.1. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

Familia C	S2. Quilt-Point Method
AUTOR: Kenzo Unno	
FECHA: 1997	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: tejido de polietileno (M15)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN: Es un sistema para la formación de muros desarrollado por Kenzo Unno, la deformación de la membrana debida a la presión que ejerce el hormigón en su interior es contenida por unos pasadores con arandela a modo de espadines para fijar la distancia entre las dos caras de encofrado. Para mantener la altura es necesaria la utilización de elementos de borde rígidos, bien piezas de madera o metálicas. En este caso cabe destacar el característico acabado que se obtiene tras la utilización de este tipo de encofrados. La correcta distribución del hormigón, dada la flexibilidad del encofrado se garantiza desde el exterior al poder influir directamente en la superficie del hormigón a través de la tela como vemos en la figura 2.	

Fig. 2. Umi Architectural Atelier.


Familia H	S3. Disruptive technology
AUTOR: Workshop dirigido por Remo Pedreschi y Chris Speed. Universidad de Edimburgo.	
FECHA: 2010	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: Tejido de algodón (M.2)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos y patronaje básico	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ o prefabricado	
DESCRIPCIÓN: Se trata de un sistema desarrollado por estudiantes de máster de la universidad de Edimburgo durante un ciclo de workshop de dos años. Este sistema busca la creación de un elemento tridimensional estructural que resulta de la combinación ideal de las funciones de pilares y vigas, resultando en un elemento ramificado y orgánico. Una vez realizado el diseño de la pieza el proceso resulta relativamente sencillo, se traslada el diseño a las piezas de textil planas que se unen a través de costuras para formar la manga o bolsa contenedora del hormigón, como soporte indirecto se utiliza una estructura de tubos de metálica y una base y tapa de madera en las que se encaja la membrana contenedora. Terminada esta operación se inicia el vertido y una vez fraguado el hormigón se retira el encofrado resultando un elemento final de hormigón que refleja por completo las características del material empleado.	
	



Fig. 3. Universidad de Edimburgo y Richardbush wordpress

T2. Sistemas de encofrados flexibles mixtos

Se entiende como sistema de encofrado flexible mixto aquellos en los que los elementos rígidos intervienen de forma activa en la consecución de la forma, de modo que en el elemento final queda la huella tanto de elementos flexibles como rígidos. Esta huella de elementos rígidos es en muchos casos la ausencia de hormigón.

Familia A y B	S4. Branching structures-columns
AUTOR: Grupo de investigación Center for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 2004	
MATERIAL A MOLDEAR: Morteros y Hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA Geotextil (M11)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ o prefabricado	
DESCRIPCIÓN: El significado de “Branching structures” es estructuras de ramificación que desde el instituto C.A.S.T. definen como “uno de los trucos favoritos de Naturaleza para distribuir de manera eficiente la materia”. Este sistema de encofrado flexible no sirve solo para columnas, sino que también es utilizado para forjados y vigas, pretende ser un sistema de construcción integral que ofrece una respuesta racional a imperativos puramente estructurales al facilitar la construcción de estructuras de hormigón armado en la dirección de las fuerzas mediante encofrados, moldes, hechos de hojas planas flexibles de tela. El caso que nos ocupa es el encofrado de una columna que se ramifica en su parte superior para reducir la luz de la viga. Es necesario la construcción de un soporte de madera para la membrana que forma el contorno de la pieza. El relieve de la pieza o diámetro de la columna viene dado por la holgura de la membrana entre los soportes de madera. El detalle de acabado de la figura 4 es debido al exceso de tejido en la zona de la ramificación debido a que partimos de una superficie plana, por lo que para reducir el abultamiento se	

cose el exceso de tejido quedando esta acción impresa en el hormigón.

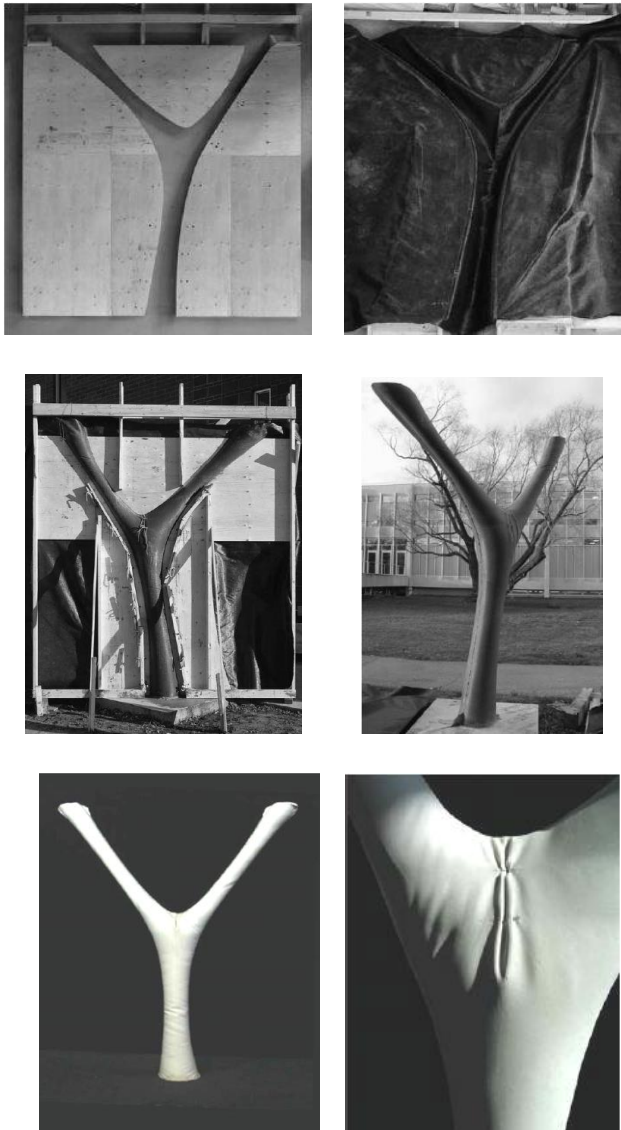


Fig.4. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

gran ahorro de material, son habituales en madera y acero, pero no en hormigón, esto es debido al alto grado de complejidad que requeriría su encofrado.

El instituto CAST ha desarrollado un método simplificado para construir un molde reutilizable para prefabricar este tipo de vigas en hormigón armado. Consiste en la utilización de dos láminas planas de tela estirada sobre dos piezas de madera contrachapada que se unen para formar el molde o encofrado de la viga. Como ya hemos visto en esta tipología de encofrados mixtos los elementos rígidos desempeñan un papel fundamental al influir de manera directa en la forma final del hormigón, esto sucede especialmente en este caso donde el elemento rígido condiciona las dimensiones fundamentales de la viga mientras que la tela se limita a suavizar las transiciones entre las formas planas. El armado de acero se dispone en el segmento continuo inferior de la viga.

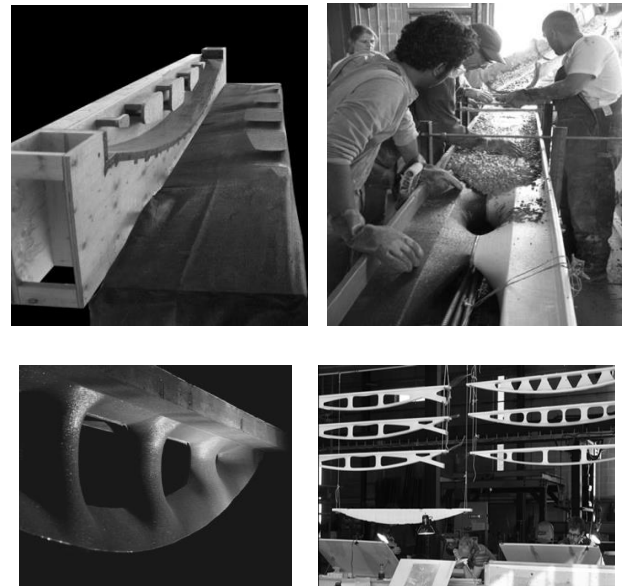


Fig.5. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

Familia B	S5. Vigas en celosía
AUTOR: Mark West en el grupo de investigación Centre for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 2006	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: Geotextil (M11)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado	
DESCRIPCIÓN: Este sistema de encofrado permite la construcción de vigas de hormigón en celosía. Este tipo de vigas, que suponen un	

Familia C	S6. Fabric-Cast Walls
AUTOR: Centre for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura, para Armstrong + Cohen Architects and the TunaHaki Orphanage.	
FECHA: 2008	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado (maquetas yeso)	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado convencional	
MATERIAL DE MEMBRANA: Geotextil (M11)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ o prefabricada	
DESCRIPCIÓN:	

El Fabric-Cast Walls es un sistema de encofrado diseñado para la construcción del Teatro TunaHaki. Se trata también de un sistema mixto que combina elementos rígidos con la membrana textil, sin embargo, al contrario que en el caso anterior, hay un claro predominio del elemento textil como material de encofrado.

El muro se ha concebido como una serie de pequeñas columnas verticales de 1,1m de altura unidas por una viga horizontal que conecta la parte superior de estas columnas. Se construyen múltiples niveles uno encima de otro para obtener un elemento final con un funcionamiento continuo en sentido vertical dada la continuidad de las armaduras a través de las columnas y horizontal a través de las vigas de atado en la cabeza de los pilares. El vertido se realiza en posición vertical. Los soportes directos rígidos. El encofrado se compone de dos hojas rectangulares de tela. Las perforaciones en la pared se consiguen por una serie de contrachapados verticales llamados “impactos” que se adjuntan a cada lado del molde y se presionan uno contra el otro para formar las aberturas de la pared. La tela se grapa a los elementos de madera para establecer una holgura permanente. Por encima de los denominados “Impactos” y a lo largo de la parte superior del encofrado, el tejido se grapa a un elemento rígido horizontal que define el borde superior del vertido. La presión interna, ejercida por el vertido de hormigón sobre la membrana textil, moldea las columnas. En función de la forma de los llamados “impactos” y de la holgura que se otorgue a la membrana textil, se obtendrán variaciones y distintas tipologías de muro.

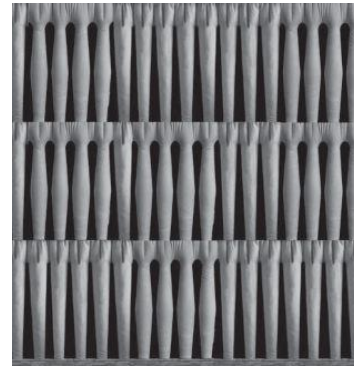
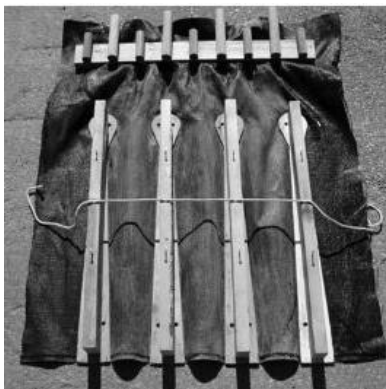


Fig.6. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

Familia B y D	S7. Fastfood
AUTOR: Richard Fearn, para su empresa Fabform con sede en Canadá	
FECHA: 1993	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado convencional	
MATERIAL DE MEMBRANA: Laminas de polietileno (M7)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN:	
Sistema empleado en construcciones en Canadá y Estados Unidos. Este sistema de encofrado flexible se destina a la cimentación y esta patentado, desarrollado y utilizado por la empresa Fabform. Consiste en una combinación de sistemas tradicionales de madera con una membrana contenedora flexible que permanece una vez terminado el proceso de fraguado como encofrado perdido. La utilización de una membrana impermeable como encofrado perdido evita el ascenso de humedad por capilaridad a través de la estructura.	

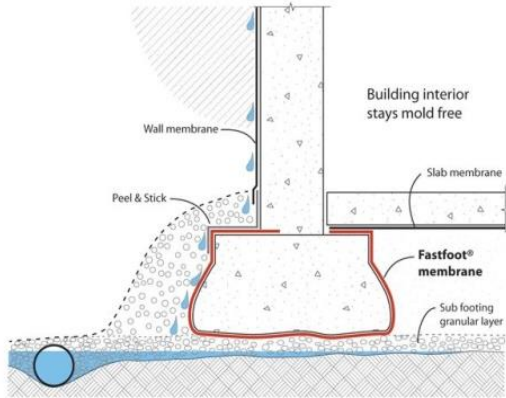


Fig. 7. Fab-Form Industries Ltd. Surrey, BC Canada. Richard Fearn, www.fab-form.com

T3. Sistemas de encofrados flexibles de una cara al descubierto

Estos sistemas se caracterizan porque durante el proceso de fraguado su dimensión principal se alinea con el plano horizontal, la membrana contenedora se sitúa en la parte inferior y el vertido se realiza por la cara superior que queda al descubierto. En este tipo de sistemas la configuración de soportes directos y el peso del hormigón configuran la forma final de la membrana contenedora.

Familia C	S8. Paneles de Fisac
AUTOR: Miguel Fisac de la Serna	
FECHA: 1972	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: lamina de polietileno (M7)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN: En su patente “SISTEMA DE ENCOFRADOS FLEXIBLES PARA HORMIGON” de 1972 Miguel Fisac describe este encofrado del siguiente modo “El invento consiste en esencia en la formación de encofrados que se componen de una estructura portante resistente, preferentemente de acero o madera, completada por una retícula de alambre, nylon,	

cuerda etc... cubierta por la cara correspondiente al hormigón a moldear con una lámina de una materia flexible y de resistencia adecuada para permitir soportar la presión de la masa de hormigón en las partes huecas del citado entramado resistente.” Realiza una ampliación y mejora de esta misma patente en 1976. Y matiza añadiendo “El invento a que se refiere la presente memoria, consiste en un nuevo tipo de encofrado capaz de conseguir que el hormigón, una vez fraguado, mantenga permanentemente la huella genética de su estado pastoso original, por lo que será aplicable en aquellas construcciones en las que el hormigón tenga atribuidas funciones decorativas.”

“El resultado final del proceso descrito anteriormente es una pieza que quedara totalmente compacta y con una superficie brillante.”

La figura 8 pertenece a la patente de Fisac.

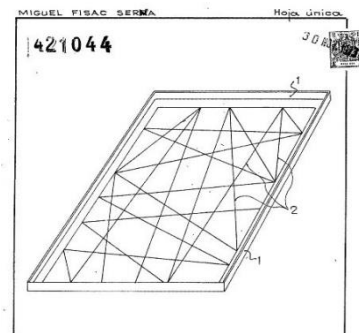


Fig. 8. Fisac Serna, M. (1972).

Imágenes de la parroquia Nuestra Señora de la Flor del Carmelo (1990).

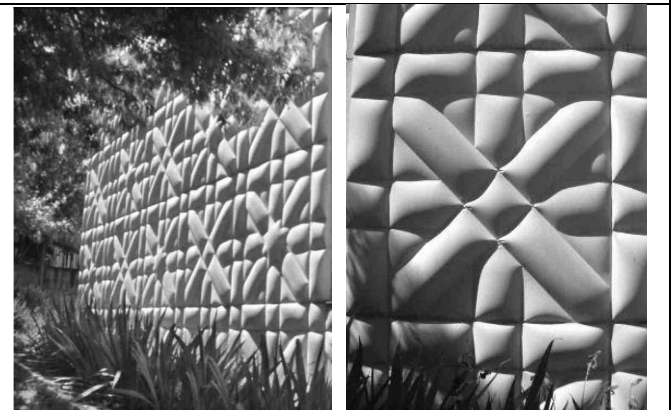


Fig. 9. Navarro Segura, M.I. (2003).

Familia D	S9. Branching structures-slabs
AUTOR: Grupo de investigación Center for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 2008	
MATERIAL A MOLDEAR: Yeso	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: Geotextil (M11)	

PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ
DESCRIPCIÓN: Este sistema de encofrado flexible desarrollado en el instituto CAST esta ideado para permitir la construcción de lo que denominan estructuras ramificadas o branching structures, el propósito es construir forjados, vigas y pilares en continuidad, imitando las estructuras de la naturaleza y construyendo en la dirección de las fuerzas. La membrana textil plana se coloca sobre apoyos rígidos necesarios para la composición del encofrado, para la formación de nervios o vigas se libera el forjado del elemento rígido y se da la holgura necesaria a la tela para la formación del mismo. Para dar continuidad con los elementos verticales aparecen piezas de ábaco o capitel como se muestra en la figura 36

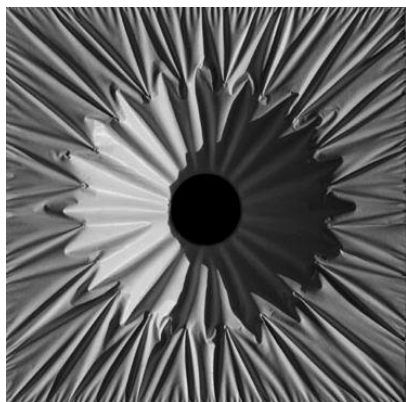
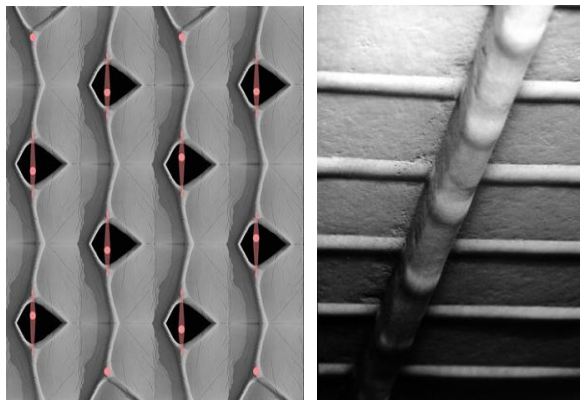


Fig. 10. Araya, R., West, M. (2012).

Familia E	S10. Thin-shells o cascaras 2
AUTOR: Mark West en el grupo de investigación Centre for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 2005	
MATERIAL A MOLDEAR: Mortero reforzado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Fibras de carbono	
MATERIAL DE MEMBRANA: Geotextil (M11)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	

TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado/In situ
DESCRIPCIÓN: Este sistema tiene por objeto la creación de una fina lamina de hormigón para ello se utiliza un marco rígido a cuyos extremos longitudinales se fija una pieza de tela plana, en los extremos transversales se coloca una pieza de madera adaptada a la curvatura de la tela y que sirve de tope para el hormigón. Para conseguir un mejor acabado en la parte que no está en contacto con la membrana y una continuidad y constancia en el espesor de la cascara se realiza una pieza de madera de la misma curvatura pero que mantiene una distancia igual al espesor de la cascara deseada. Una vez fraguado se realiza el desmolde de la pieza.



Fig. 11. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

T4. Sistemas de encofrados flexibles neumáticos

Son aquellos sistemas en los que el posicionamiento de la membrana de encofrado se obtiene a partir de la impulsión de aire.

Familia F	S11. Monolithic
AUTOR: David B. South	
FECHA: 1979	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón proyectado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: tejidos de poliester o nailon recubiertos de PVC (M13/M14)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Membrana patronada	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN: “Con la membrana firmemente fijada al suelo, se bombea aire para inflar el encofrado. Una vez inflado, no se puede verter o proyectar el hormigón pues la membrana cedería y no es posible la colocación de apoyos dada la dificultad de colocar agarres a la membrana y a que se corre el riesgo de perforarla.” Tang, G. (2012) (traducción propia). Partiendo de esta base cobran sentido el siguiente sistema. A finales de 1979, David South desarrolló un sistema en el cual se proyectaba espuma de poliuretano en el interior del encofrado de tela. La espuma proporciona la rigidez necesaria para la colocación de apeos y refuerzos en el interior. El siguiente paso sería la aplicación del hormigón	

proyectado en el interior. El encofrado textil puede ser dejado en su lugar como terminación o retirado para dar el acabado deseado. Este sistema se utiliza con frecuencia en los EE.UU. Diámetros entre 10-20m son comunes y hasta 100metros son factibles.

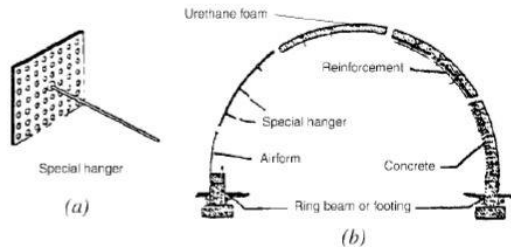


Fig. 12. Monolithic, Italy, Texas. David B. South, www.monolithic.com

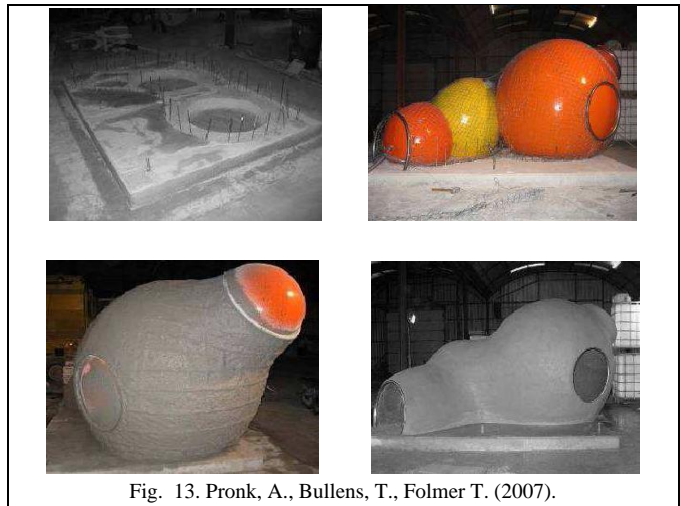


Fig. 13. Pronk, A., Bullens, T., Folmer T. (2007).

T5. Sistemas de encofrados flexibles de membrana pretensada

Se engloban en esta tipología aquellos sistemas de encofrado flexible cuya membrana esta pretensada. Este tipo de encofrados ofrecen una mayor resistencia a las presiones ejercidas por el hormigón de modo que la variación de forma entre el estado inicial del encofrado y el estado una vez vertido el hormigón será menos significativo que en el resto de los sistemas.

Familia H	S12. Blobs
AUTOR: Arno Pronk, Toine Bullens, Tiddo Folmer	
FECHA: 2007	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón reforzado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Fibras de policarbonato	
MATERIAL DE MEMBRANA: PVC (M8) y malla metálica	
PROCESADO DE MEMBRANA: membrana patronada	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN:	
Este sistema de encofrado flexible permite la creación de una superficie anticlástica a partir de estructuras neumáticas sinclásticas unidas mediante una malla metálica que se utiliza como parte de la membrana. En los puntos de la malla que no están en contacto con las superficies neumáticas es necesario reducir la abertura de la malla por lo que se coloca varillas metálicas flexibles de 6mm de espesor que reducen el agujero de la malla y refuerzan la estructura.	
Para la colocación de los balones neumáticos es necesario disponer una base, una vez colocados se posiciona la malla y las varillas de refuerzo. El hormigón se proyecta en dos capas. Una vez proyectada la segunda capa de hormigón es necesario tratar la superficie final para conseguir un buen acabado. La unión de las dos mallas genera superficies clásticas y anticlásticas.	

Familia G	S13. Pretensado 1
AUTOR: Arno Pronk, Rogier Houtman, Menno Afink En La Eindhoven University Of Technology	
FECHA: 2006	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón proyectado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Malla de fibra de vidrio	
MATERIAL DE MEMBRANA: Ferrari Fluotop 1502 T2 (M13)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Membrana patronada	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN:	
Este proyecto desarrolla un sistema para la construcción del Pabellón Philips de Le Corbusier. Para lo que se plantea la construcción de un prototipo a escala de una de las piezas del pabellón. El proceso parte del diseño y construcción de una membrana textil de igual geometría, para lo que utiliza una membrana propia de arquitectura textil, Ferrari Fluotop 1502 T2, que se trata de una membrana de poliéster recubierta de PVDF y de alta estabilidad dimensional, para conseguir una capa de 10cm en el hormigón se proyecta el mismo en 3 fases, una primera de 30mm tras la cual se coloca una malla de fibra de vidrio para evitar fisuraciones y a continuación las 2 siguientes. En el otro lado de la membrana se proyecta como aislamiento poliuretano proyectado sobre el cual se proyecta hormigón como acabado.	

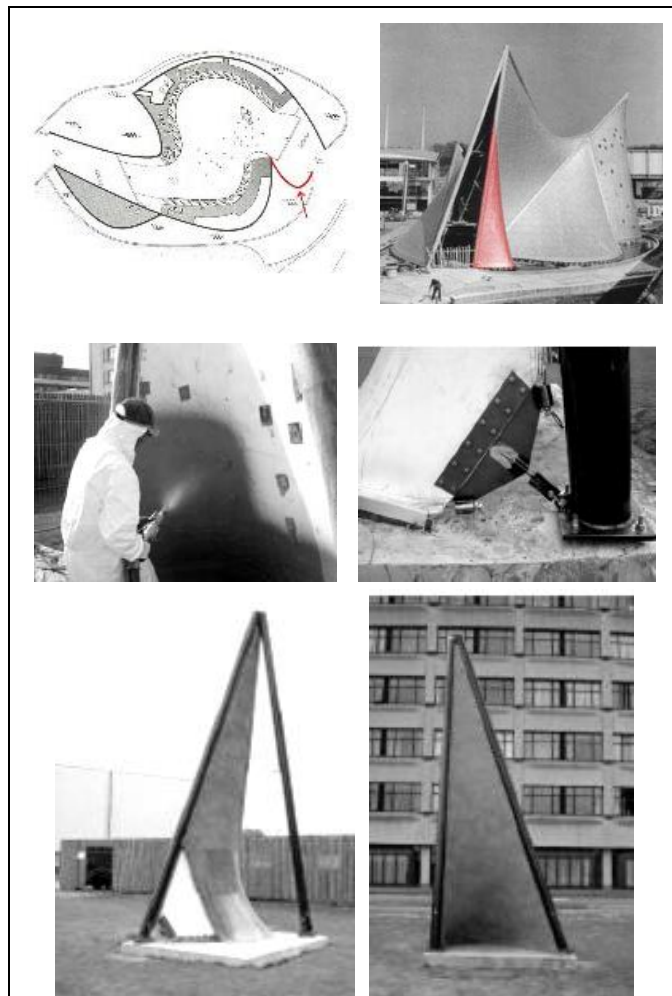


Fig. 14. Pronk, A., Bullens, T., Folmer T. (2007).

El sistema constructivo propuesto se muestra en la siguiente figura. Si fuera necesario acero de refuerzo se colocaría sobre el poliuretano. Se propone también como acabado opcional hacia el interior la proyección de aislamiento acústico.

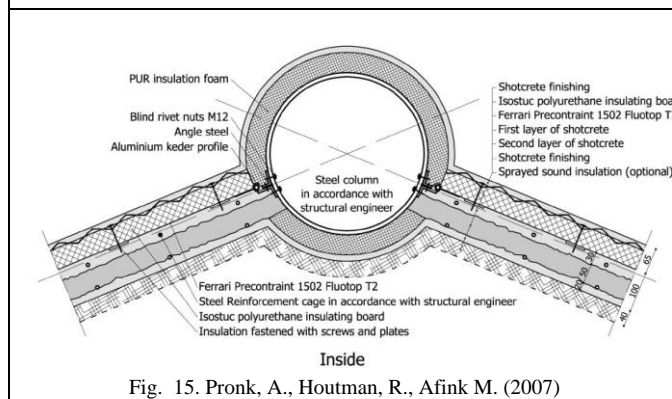


Fig. 15. Pronk, A., Houtman, R., Afink M. (2007)

T6. Sistemas de encofrados flexibles colgados

Los sistemas de esta tipología de encofrados flexibles se caracterizan por que es el peso del hormigón el principal elemento que moldea la membrana que se encuentra apoyada o

colgada de una estructura de soporte indirecto. De modo que existe una gran variación de forma entre el estado inicial del encofrado y el estado una vez vertido el hormigón.

Familia E	S14. Ctesiphon shell
AUTOR: James Waller	
FECHA: 1950	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón aplicado en capas	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: Tela de arpillera (M1)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Tejidos planos	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN:	
Este sistema es empleado en gran cantidad de obras. La primera de estas instalaciones se construyó en 1950, el primer paso es la construcción de una estructura soporte de acero diseñada con la geometría de la catenaria. A continuación, se fija a la estructura la tela de arpillera o estopa de forma que se crea una piel de la forma exacta que se quiere construir, la tela se humedece y se van añadiendo finas capas de mortero de unos 10mm hasta adquirir el grosor total requerido. Estas construcciones fueron concebidas como estructuras temporales de rápida y fácil construcción. Sin embargo tuvo una gran aceptación incluso se creó una industria específica Ctesiphon Construction Ltd.	

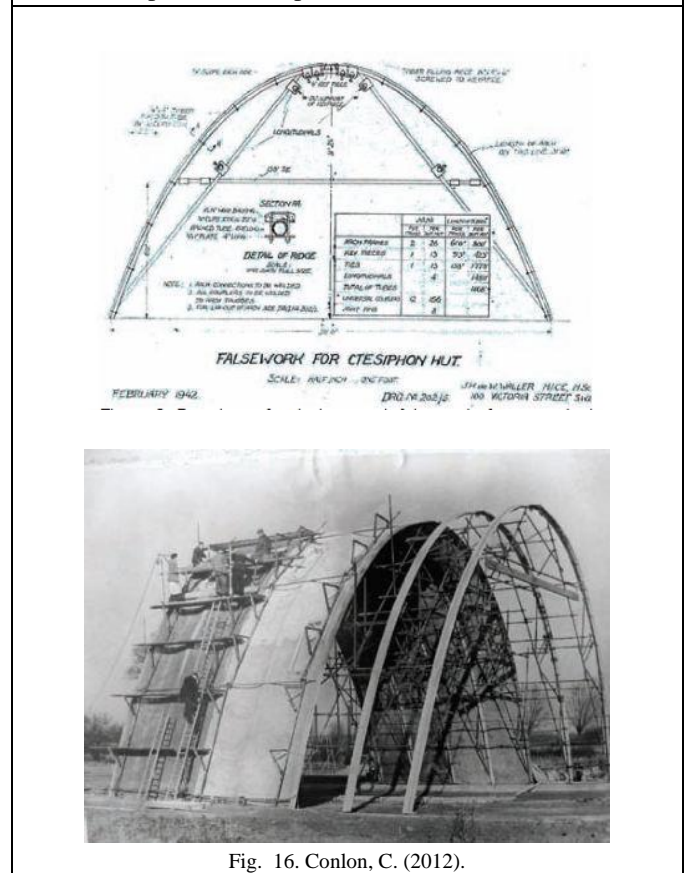


Fig. 16. Conlon, C. (2012).

Familia H	S15. Curtain panel
AUTOR: Mark West en el grupo de investigación Centre for Architectural Structures and Technology (C.A.S.T.) en la Universidad de Manitoba en la Facultad de Arquitectura.	
FECHA: 2007	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón proyectado (GFRC) (maquetas yeso)	
REFUERZOS EMPLEADOS: Fibra de vidrio	
MATERIAL DE MEMBRANA: Geotextil (M11)	
PROCESADO DE MEMBRANA: Textil plano	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado	
DESCRIPCIÓN:	
Se trata de un proceso muy sencillo por el cual se obtienen paneles de hormigón de formas complejas que son originadas por el peso del hormigón sobre la tela. Consiste en el cuelgue de una pieza de tela plana de una estructura de soporte indirecto, dependiendo del modo en que se fije la membrana y el diseño del soporte se obtendrán distintas formas.	



Fig. 17. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST) Imágenes de modelos de yeso

Una vez colocada la membrana se proyecta hormigón reforzado con fibra de vidrio hasta conseguir el espesor deseado desde un mínimo de 5cm en toda la superficie.

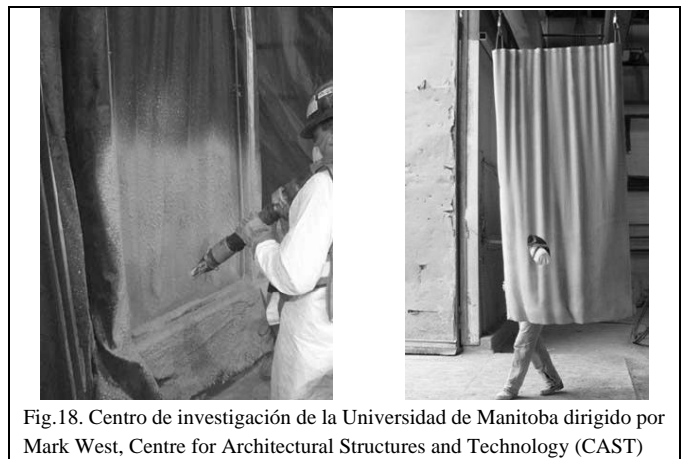
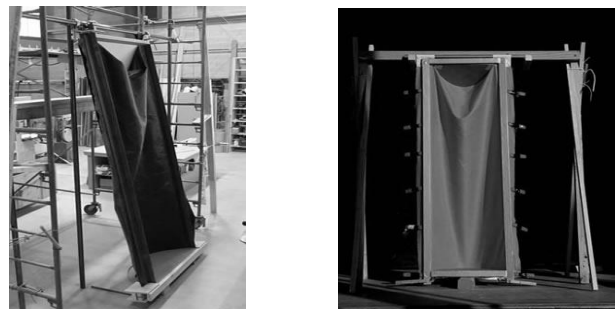


Fig. 18. Centro de investigación de la Universidad de Manitoba dirigido por Mark West, Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

T7. Sistemas de encofrados flexibles deformados a propósito después de encofrar

Estos sistemas de encofrado flexible realizan el vertido del hormigón en una superficie inicial que a través de diversos procesos se deforma hasta obtener la superficie final deseada.

En este grupo de sistemas de encofrado para mantener constante el espesor de la pieza durante la deformación es necesario extraer el aire del molde con una bomba de vacío, por lo que la membrana de esta tipología de encofrados ha de ser impermeable.

Familia E	S16. Suspensión method y Lifting method
AUTOR: F. Huijben	
FECHA: 2011	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: Lamina plástica impermeable (M7/M8)	
PROCESADO DE MEMBRANA: No patronada	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado	
DESCRIPCIÓN:	
Este sistema es empleado en la construcción de prototipos. Durante el 2011 F.Huijben desarrolló varios métodos para la creación de superficies curvas a partir de encofrados flexibles en los que el vertido se realiza en horizontal. La deformación puede realizarse a través de lo que él denomina el “suspensión method”, es decir levanta los extremos de la pieza hasta que queda colgada, tal y como se muestra en la figura 19;	

Fig. 19. Huijben, F., Van Herwijnen, F. R. A. N. S., & Nijssse, R. (2011) o bien mediante el denominado “lifting method” que consiste en izar la estructura por la parte central, como muestra la figura 20. Para mantener constante el espesor de la pieza

durante la deformación es necesario extraer el aire del molde con una bomba de vacío, por lo que la membrana de esta tipología de encofrados ha de ser impermeable.

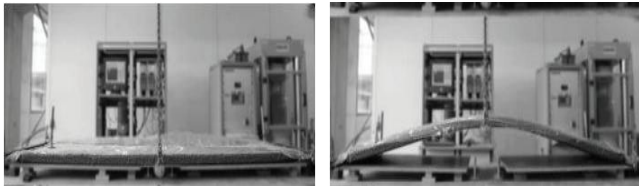


Fig. 20. Huijben, F., Van Herwijnen, F. R. A. N. S., & Nijse, R. (2011)

Familia E o G	S.17 Lower formwork method
AUTOR: Rietbergen y Vollers	
FECHA: 2009	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: Lamina plástica impermeable (M7/M8)	
PROCESADO DE MEMBRANA: No patronada	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: Prefabricado	
DESCRIPCIÓN: En el sistema propuesto por esta patente para asegurar un espesor constante del hormigón el vertido se realiza sobre un molde plano en posición horizontal. Una vez finalizado el proceso de vertido, durante el fraguado la pieza se coloca sobre una estructura rígida ya preparada para obtener la forma final. Este proceso se ilustra en la figura 21. Para mantener constante el espesor de la pieza durante la deformación es necesario extraer el aire del molde con una bomba de vacío, por lo que la membrana de esta tipología de encofrados ha de ser impermeable.	
Fig. 21. Grünewald, S., Janssen, B., Schipper, H.R., Vollers, KJ., & Walraven, J.C. (2012)	

T8. Sistemas de encofrados flexibles submarinos

Se entiende como encofrados flexibles submarinos aquellos encofrados flexibles diseñados específicamente para obras de ingeniería marítima y que permiten la construcción in situ de los elementos de hormigón es decir sumergidos o parcialmente sumergidos.

Esta tipología de encofrados puede utilizar cualquiera de los

sistemas descritos anteriormente con la particularidad de su realización bajo el agua. En esta tipología de encofrados la membrana suele permanecer como encofrado perdido de modo que actúe como protección del hormigón.

Familia A	S.18 Marine Pile jackets
AUTOR: Martin G. Hawkswood	
FECHA: 2011	
MATERIAL A MOLDEAR: Hormigón armado	
REFUERZOS EMPLEADOS: Armado de acero tradicional	
MATERIAL DE MEMBRANA: tejidos porosos poliéster/polipropileno o tejidos reforzados con fibras de nailon.	
PROCESADO DE MEMBRANA: Textil no patronado	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	
DESCRIPCIÓN: Este sistema de encofrados flexibles es desarrollado para la reparación de los pilares submarinos del embarcadero de mercancías del puerto de Dublin construido en 1950. Tras la limpieza de los pilares existentes se instalan el refuerzo de armadura, si es necesario o directamente la membrana textil rodeando el pilar dejando el espacio suficiente para la colocación del hormigón. Para garantizar una correcta distribución se disponen separadores entre la superficie del pilar y la membrana. La membrana permanece como encofrado perdido de modo que actúe de protección del hormigón.	
Fig. 22. Hawkswood, M. (2012)	

Familia H	S.19 Fabriform
AUTOR: Construction Techniques Inc.	
FECHA: Primeras aplicaciones años 60	
MATERIAL A MOLDEAR: Morteros, tierras hormigón	
REFUERZOS EMPLEADOS: No	
MATERIAL DE MEMBRANA: tejidos porosos poliéster/polipropileno o tejidos reforzados con fibras de nailon.	
PROCESADO DE MEMBRANA: tejido no patronado	
TIPO DE CONSTRUCCIÓN: In situ	

DESCRIPCIÓN:

La empresa Construction Techniques comercializa este tipo de sistemas desde mediados de los 60 hasta la actualidad. Estas matrices de hormigón se emplean como métodos de control de la erosión están formadas por dos capas de membrana conectadas entre sí formando una retícula regular que facilita un vertido controlado. El vertido se realiza in situ lo que permite una perfecta adaptación de la matriz al terreno.

La siguiente imagen pertenece a la instalación de en 1967 de este sistema en el embalse de Allegheny, Nueva York



Fig. 23. Construction Techniques Inc. www.fabriform1.com

VI. CONCLUSIONES

La utilización de encofrados tradicionales representa únicamente la faceta del hormigón como un material rígido, y desaprovechan su potencial formal, flexibilidad, capacidad de adaptación y expresividad. Dado que el hormigón refleja las cualidades del material que se utiliza en su encofrado el uso de materiales flexibles permitirá, además de utilizar la cualidad resistente del hormigón, aprovechar su moldeabilidad y sacar máximo rendimiento a sus posibilidades creativas y de expresividad.

A. Conclusiones de membranas de encofrado flexible.

Existe una gran variedad de membranas empleadas en encofrados flexibles que atendiendo a sus materiales de base quedan divididas en 16 tipos. Cada uno de estos grupos presenta características especiales que afectan a su comportamiento como elemento contenedor de hormigón. Es necesario establecer una primera diferenciación entre membranas permeables o impermeables ya que esta característica es requisito o impedimento para su utilización en según qué tipologías de sistemas.

1) Membranas impermeables.

M7, M8, M9, M10, M12, M13, M14

2) Membranas permeables.

M1, M2, M3, M4, M5, M6

Para la utilización de membranas porosas es necesario un estudio en relación con las características del hormigón a emplear. Buscando una porosidad de la membrana tal que deje pasar el aire de modo que obtengamos una mejor compactación y que permita también la expulsión del exceso de agua de la mezcla a través de un gradiente temporal de manera que garantice la correcta hidratación de todos los componentes del cemento, de este modo se consigue un mejor acabado y un aumento de la resistencia final del hormigón debiéndose garantizar que no exista pérdida de lechada ni de componentes del cemento arrastrados por el agua.

Cabe destacar también la utilización de membranas que por su propia naturaleza no se adhieren al hormigón. Estas membranas no necesitan la utilización de líquidos desencofrantes.

3) Membranas que no se adhieren al hormigón.

M7, M8, M11, M12, M15

La flexibilidad es una característica necesaria de la membrana para su empleo en sistemas de encofrado flexible. No debe confundirse flexibilidad con elasticidad siendo esta última una característica opcional. La elasticidad en membranas de S.E.F. facilita la reutilización de las membranas por la capacidad de las mismas de recuperar la forma original siempre y cuando no se supere su límite de elasticidad. Es necesario un mayor control e la relación carga deformación.

4) Membranas elásticas.

M9, M16.

El espesor y resistencia del cualquier grupo de membranas condicionara la distancia entre soportes directos o indirectos.

B. Conclusiones de sistemas.

Las distintas tipologías de encofrados flexibles presentadas permiten la construcción de todo tipo de elementos estructurales construidos en hormigón, pilares, vigas, muros, forjados, cubiertas y cimentaciones. Además, los S.E.F. simplifican la construcción de sistemas estructurales tradicionalmente reservados al acero o la madera, como ocurre con el sistema S5 de la tipología T2 de sistemas de encofrados flexibles mixtos desarrollado para la construcción de cerchas de hormigón.

La tipología de Sistemas de Encofrado Flexible de una cara al descubierto, T3, es la más adecuada para la construcción de elementos superficiales de hormigón visto que puedan ser encofrados en horizontal. Los elementos superficiales verticales deberán ser prefabricados.

Los sistemas que permiten una mayor expresividad formal del hormigón reflejando con claridad su estado de fluidez son el T1, S.E.F tipo bolsa y el T3.

Todas las tipologías de sistemas de encofrados flexible presentadas amplían el abanico de posibilidades formales, sin embargo, destacan las tipologías T1 y T2 para hormigones vertidos y la T5 y T4 para hormigones proyectados.

El empleo de estos sistemas supone una reducción de costes para la construcción de formas complejas y una reducción del volumen de material de encofrado, permiten la creación de elementos de sección variable y que no dependen de un eje o de un plano si no que responden a su entorno mediante ramificaciones o extensiones en las tres dimensiones.

Existe una gran variedad de sistemas de encofrado flexible que permiten la construcción de nuevas geometrías y formas de expresividad del hormigón que no son posibles con el empleo de los sistemas de encofrado tradicionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Dr. John Orr por su atención y facilitarnos el contenido del segundo congreso internacional de encofrados flexibles, ICFE 2012.

REFERENCES

- Abdelgader, H., West, M. & Górski, J. (2008). State-of-the-Art Report on Fabric Formwork. Proceedings of the International Conference on Construction and Building Technology, Kuala Lumpur, Malasia.
- Araya, R. & West, M. (2012). Flat sheet fabric moulds for double curvature precast concrete elements.. Ponencia del ICFE2012, Bath.
- BISFA. (2015) Asociación internacional de productores de fibras hechas por el hombre. www.bisfa.org
- Conlon, C. (2012). James Waller's contribution to the advancement of shell roof construction and fabric formed concrete. Ponencia del ICFE2012, Bath
- Fisac Serna, M. (1972). Sistema de Encofrados Flexibles para Hormigón. No de publicación: ES0382096 A1, 16.10.1972
- García Santos, A. (2005). Estructura y propiedades. Editor: Instituto Juan de Herrera.
- García Santos, A. (2005). Fabricación, durabilidad y tipos. Editor: Instituto Juan de Herrera.

- Grünewald, S., Janssen, B., Schipper, H.R., Vollers, K.J., & Walraven, J.C. (2012) Deliberate deformation of concrete after casting. Ponencia del ICFE2012, Bath.
- Hawkswood, M. (2012). Fabric Formwork Systems used in Marine Construction. Ponencia del ICFE2012, Bath.
- Huijben, F., Van Herwijnen, F. R. A. N. S., & Nijse, R. (2011). Concrete shell structures revisited: introducing a new 'low-tech' construction method using vacuumatics formwork. In Structural Membranes 2011: V International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures. 2011.
- Lilienthal, G. (1899) Fire proof ceiling. U.S. Patent 619,769
- Navarro Segura, M.I. (2003). Miguel Fisac 2003 Basa, ISSN 0213-0653, N° 27, 2003, págs. 5-39
- Martin, G Hawkswood M. (2012) Fabric Formwork Systems Used in Marine Construction. ICFE 2012 (P45)
- Pronk, A.D.C., (2006) The 2 million euro Philips pavilion IASS Symposium Beijing p. 508
- Pronk, A., Houtman, R. & Afink M. (2007). The Reconstruction of the Philips Pavilion. In: Hussain Mousa Dashti, ed., Ponencia de the conference Sources of architectural form, Kuwait, 15 pages.
- Pronk, A., Bullens, T. & Folmer T. (2007). A Feasible Way to Make Freeform Shell Structures - IASS, Venetië, 8 pages,
- Schmitz, R.P. (2014) Fabric-formed Concrete: A novel method for forming concrete structures. Civil Engineering and Urban Planning III. 183-189.
- South, DB. & South. B. (1979). Building structure and method of making same. US Patent 4,155,967.
- Tang, G. (2012). The Rise and Fall of The Thin Concrete Shell. Form Active structures and its relationship to Formwork: A cultural assessment of past application and future impact on architectural design. Ponencia del ICFE2012, Bath.
- Vollers, K.J. & Rietbergen, D. (2009). A method and apparatus for forming a double-curved panel from a flat panel; PCT; WO 2009/002158 A1; 31-12-2008.
- Veenendaal, D., West, M. & Block, P. (2011). History and overview of fabric formwork: using fabrics for concrete casting. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin · Structural Concrete 12, No. 3, 2011.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.