

BOVEDILLAS FABRICADAS CON HORMIGONES LIVIANOS CON LA INCORPORACION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN SUS MEZCLAS

¹*Sutelman, S.M.; ¹Tosi, L.A.; ¹Marín, H.

¹ Centro Experimental de la Producción; Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires; Buenos Aires, Argentina

Director: Carlos Hugo Levinton

Introducción a los Tipos Constructivos, Cátedra Marín

Pabellón III Ciudad Universitaria, Intendente Güiraldes s/n, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

e-mail: *silvanasutelman@yahoo.com.ar

RESUMEN

En Argentina, las bovedillas fueron introducidas por los inmigrantes italianos a mediados del siglo XIX para la construcción de techos y entresijos de viviendas y edificios públicos. Eran realizadas con ladrillos colocados de canto o de punta, dándole la forma de pequeñas bóvedas, apoyadas sobre vigas de hierro, para cubrir las luces del local.

En la actualidad, encontramos en el mercado argentino productos similares ladrillos de techo realizados en diferentes materiales cerámicos, hormigón y EPS⁸. Dichos ladrillos o bloques son rectos en su cara inferior y necesitan una terminación de cielorraso luego de ser colocados. Son utilizados con viguetas de hormigón pretensadas donde se apoyan las piezas, el sistema se completa con una capa de compresión de hormigón armado in situ.

Se cuenta por otra parte, con una cantidad de residuos de áridos de construcción y demolición de obra que exceden en cantidad al circuito de su re uso, como también materiales de descarte proveniente de embalajes de EPS, ambos significan un problema por su volumen y estos últimos son agentes de contaminación ambiental por obstrucción de sumideros, dado que no tienen aún un circuito formal ni arraigado de reducción ni de comercialización por parte de las Cooperativas de Recolectores Urbanos o empresarial.

En este trabajo, se investigan las aplicaciones de mezclas de hormigones con incorporación de EPS reciclado y cascotes triturados, ya investigadas y desarrolladas en nuestro Centro, en diferentes diseños de bovedillas con el objetivo de desarrollar productos que puedan competir económicamente con sus equivalentes del mercado nacional, optimizando las características de los mismos, en cuanto a peso, terminaciones en su cara vista, aislación térmica y seguridad para trabajo en obra, emulando la imagen de las bóvedas con ladrillos tradicionales citadas y recuperando la memoria constructiva.

De esta manera se investiga y promueve la aplicación de un sistema constructivo energéticamente eficiente, desarrollando un producto innovador en lo tecnológico y de calidad, que represente una mejora en lo ambiental, minimizando el consumo de los recursos naturales, transformando residuos en recursos con la meta de reducir la huella de carbono y con posibilidad de crear empleos verdes.

Keywords: sustentabilidad, residuos, reciclaje, producto, mercado.

¹. Poliestireno expandido

1.- La bovedilla, definición e historia

La bovedilla es una bóveda pequeña que se utiliza, entre viguetas prefabricadas de hormigón, en un entrepiso o en el techo de una habitación para cubrir el espacio. El sistema se completa con una capa de compresión con hormigón y malla de hierro.

Fue introducida a la Argentina en la segunda mitad del siglo XIX con la llegada de la inmigración italiana, se incrementó la mano de obra, con lo cual comienza a cambiar el aspecto de la ciudad de Buenos Aires. Surgen nuevas técnicas de construir. Las construcciones típicas para las viviendas italianas eran de estructura portante de ladrillos para los muros, las cubiertas eran de estructura de madera y en el interior como entrepisos, se utilizaban las bovedillas con vigas de hierro [1]. Estos entrepisos estaban formados por una estructura resistente (viguetas o vigas de hierro), la estructura aislante (bovedilla), solado y cielorraso. Las viguetas tenían una longitud máxima de 5 metros y la separación entre ambas viguetas era de entre 0,60m o 0,70m. La bovedilla era el relleno en forma de bóveda, se podían construir de ladrillos con fines de aislación o resistencia y de acuerdo al solado que se colocara en la parte superior. Podían ser simples, para ser empleadas en entrepisos que llevaban solado de madera y que a su vez podían ser planas o peraltadas, elevadas en el centro, o dobles, que estaban compuestas por forjados resistentes, y constaban de 2 hileras simples, con ladrillos colocados de canto [2].

Con la aparición de las nuevas tecnologías, los ladrillos comunes se reemplazaron por ladrillos para techo cerámicos, de hormigón o poliestireno expandido y las viguetas de hierro, primero por viguetas de hormigón realizadas in situ y luego por viguetas pretensadas de hormigón, prefabricadas.

2.- Investigaciones previas sobre hormigones livianos de EPS y cascote

En los últimos años dentro de la tecnología de la construcción, se han incorporado materiales no tradicionales, provenientes de desechos o residuos sólidos urbanos RSU y de construcción y demolición RCD, como materia prima reemplazando y combinándose con agregados tradicionales en morteros y hormigones.

La investigación realizada en la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina por María R. Sánchez de Colacelli y Ángel M. Costilla, se centró en la recuperación de EPS para ser utilizado en materiales de construcción (bloques, ladrillos, paneles) para cerramientos de viviendas, generando nuevas fuentes de trabajo con cooperativas. El uso de EPS como agregado en morteros y hormigones con diferentes dosificaciones y granulometrías, reemplaza a la arena, logrando en las mezclas una importante reducción del peso, mejor aislación térmica y costos viables económicamente [3].

La investigación realizada en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fe, Argentina, por M. Suarez, C. Defagot, MF Carrasco, A. Marcipar, R. y H. Saus Miretti, se centró en la comparación de hormigones elaborados con residuos de escombros (demoliciones) y ladrillo triturado (fábricas ladrilleras) para evaluar la influencia de las impurezas del escombros sobre el comportamiento del hormigón elaborado con cada residuo. Se llegó a la conclusión que estos hormigones no pueden calificarse como hormigones livianos estructurales y ser aptos para la fabricación de bloques portantes, no portantes y bloques para forjados, y estos bloques podrían resultar competitivos en el mercado [4].

La investigación realizada en la Universidad de Cuenca, Ecuador, por Carlos E. Contreras Cojano, se centró en la elaboración de hormigones con áridos provenientes de residuos de construcción con el objetivo de alcanzar una resistencia a la compresión de 210kg/cm², elaborando diferentes dosificaciones sustituyendo al árido natural, por árido reciclado de hormigones provenientes de pavimentos. Por los

resultados obtenidos en ensayos de compresión y flexión, se concluye que con el remplazo del árido natural en un 40%, se alcanzan niveles altos de resistencia [5].

En cuanto a la sustitución de áridos vírgenes por reciclados, tanto en el caso de las Universidades de Tucumán y Santa Fe de Argentina, como en la Cuenca, Ecuador, se comprobó la factibilidad de su incorporación en hormigones, con los que se podrá fabricar productos para la construcción.

En la Asociación Argentina del Poliestireno Expandido AAPE, su consultor técnico el Arq. Pablo Azqueta realizó un informe de utilización de hormigones livianos con perlas de poliestireno expandido molido. Se destacan las propiedades que le aporta dicho material al hormigón liviano, desde pesos específicos muy bajos, buena aislación térmica por baja conductibilidad, escasa absorción de humedad y buena resistencia mecánica. Según esta investigación, el poliestireno pre-expandido puede ser reemplazado por poliestireno expandido molido, para la ejecución de rellenos o contrapisos y aislantes, que no requieran especificaciones especiales en cuanto a la resistencia mecánica. Para mejorar su adherencia al hormigón se plantea el uso de una dispersión acrílica o vinílica [6]. El Arq. Azqueta asesoró a la Arq. Yajnes para sus investigaciones en el proyecto SI TRP 19 [7], sobre el uso de EPS.

3.- Definición de materiales reciclados y sus características

En el presente proyecto se plantea el reciclado y reutilización de cascotes caracterizados por provenir de pequeñas demoliciones residenciales realizadas por sus dueños y la demolición completa o parcial de edificios por empresas especializadas, para la fabricación de los productos.

Las arqs. Silvana Sutelman, Marta Yajnes y equipo, hicieron una investigación del circuito del cascote en Buenos Aires, Argentina, desde su demolición en obra, hasta su reutilización, donde se pudo observar que residuo generado excede en cantidad a su re uso [8]. Este material se caracteriza por una densidad en estado tamizado entre 900 y 1000 kg/m³.

Con respecto al EPS se propone su reutilización y provienen de suministros médicos, productos alimenticios, electrodomésticos, mobiliario y paneles para aislación en edificios, etc. de densidades variables entre 20 y 50 kg/m³. En Buenos Aires, Argentina, este residuo no posee un circuito formal de reducción ni de comercialización.

4.- Hipótesis

Es posible mantener las tradiciones constructivas locales mediante la utilización de productos de construcción como la bovedilla con mezclas de hormigón liviano de baja densidad, que incorporen materiales reciclados, cascote de demolición y EPS, contribuyendo a la aplicación de un sistema constructivo energéticamente eficiente. Se plantea que las bovedillas resultantes en comparación con los ladrillos de techo cerámicos que encontramos en el mercado resultarán más económicas, livianas, con terminaciones incluidas en el producto, de fácil traslado sin que se quiebre, para ser utilizados en construcción de entresijos.

Con la incorporación de RSU y RCD como parte de sus mezclas, se reduce el volumen y contaminación ambiental generada por ellos, lo que contribuye a disminuir la Huella Ecológica.

5.- Objetivos

- Diseñar un producto que mantenga las tradiciones locales constructivas, emulando la imagen de las bóvedas tradicionales hechas con ladrillos.
- Respetar las medidas de ancho de colocación entre viguetas pre-tensadas como indica el mercado a efectos de permitir el reemplazo conveniente de las mismas y obtener a su vez el acople óptimo y sencillo con dichas vigas.
- Diseñar un producto para ser replicado fácilmente por los sectores sociales vulnerables.
- Diseñar un producto que compita con sus equivalentes en el mercado nacional optimizando sus características, en cuanto a su precio y peso.
- Incorporar residuos cascote de demolición y EPS en las mezclas de hormigones. El EPS baja su densidad y mejora su aislación térmica.
- Generar un producto que asegure un sistema de entresijos apto para ser pisado por el personal de obra, al momento de montaje
- Obtener terminaciones que no requieran cielorrasos aplicados, reduciendo el tiempo y los costos de materiales y mano de obra, en la construcción de un entresijo y a su vez que no presenten poros que permitan el anidado de insectos o acumulación de suciedades.
- Reducir los tiempos de producción adecuando los moldes existentes y utilizando moldes múltiples para la producción en serie del producto.

6.- Características

Las bovedillas investigadas en el Centro CEP se caracterizan por una composición tricapa: una inferior y otra superior de mortero de cemento, un alma de hormigón según mezcla elegida a base de cemento, cal y materiales reciclados: cascote picado proveniente de demolición de obra (RCD), EPS molido de embalajes (RSU) y aditivos. El cascote en el hormigón contribuye a su dureza y el EPS a mejorar la aislación térmica y bajar su peso siendo menor que los elementos cerámicos y de hormigón del mercado, [9]. Su cara inferior tiene terminación a la vista eliminando tareas de obra. Por el fácil traslado del producto sin que se quiebre y por su forma, ofrece a la vez mayor seguridad durante el trabajo de montaje (Fig 1).

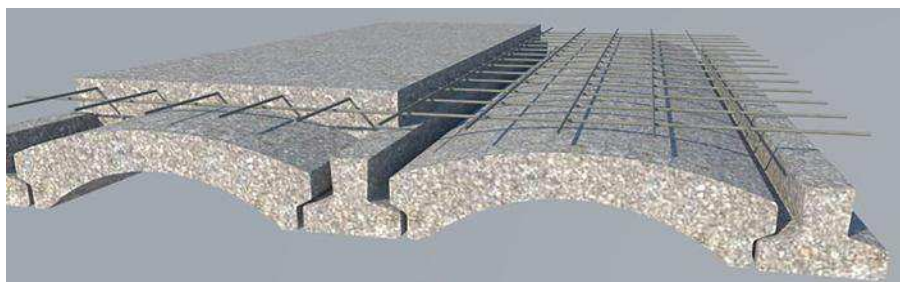


Fig. 1 "Detalle del sistema constructivo"

7.- Propuestas de las bovedillas

Al principio se trabajó con 2 propuestas de diseño similares y posteriormente se agregó una 3ra. Las propuestas 1 (Fig. 2) y 2 (Fig. 3) poseen doble curvatura en sus caras inferior y superior. En ambos casos, la medida de los anchos es de 0,41m para que al colocarlas sobre las viguetas a ejes de las mismas, respeten el ancho de 0,50cm que es el que se utiliza en el mercado. En cuanto a la propuesta 3, (Fig. 4) varió su forma en la cara superior reemplazando la curva por rectas. Su ancho varió a 0,42m para optimizar el apoyo entre viguetas. Los largos utilizados en las 3 propuestas son de 0,50m, el doble de las del mercado y como alternativa para evitar cortes en obra, de 0,25m.

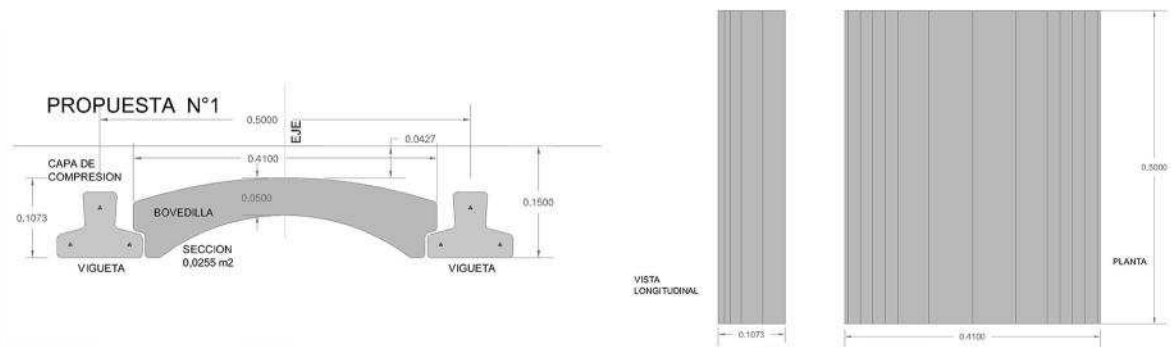


Fig. 2 “Planta, vista longitudinal y sección de la propuesta N° 1”

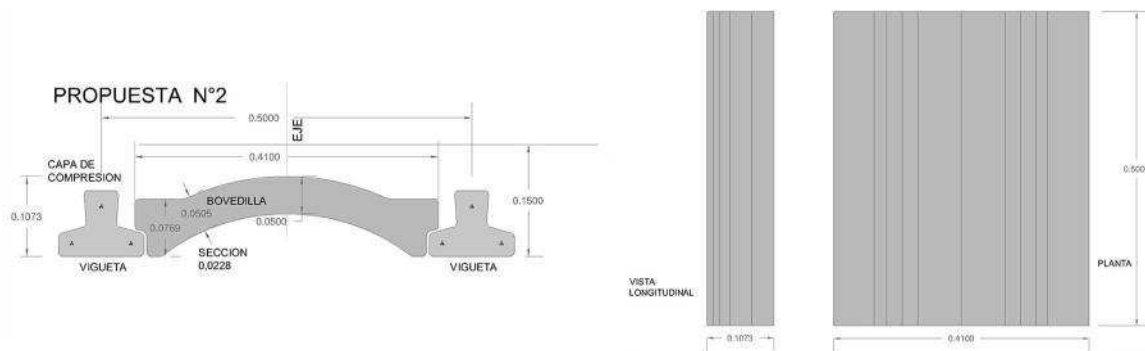


Fig. 3 “Planta, vista longitudinal y sección de la propuesta N° 2”

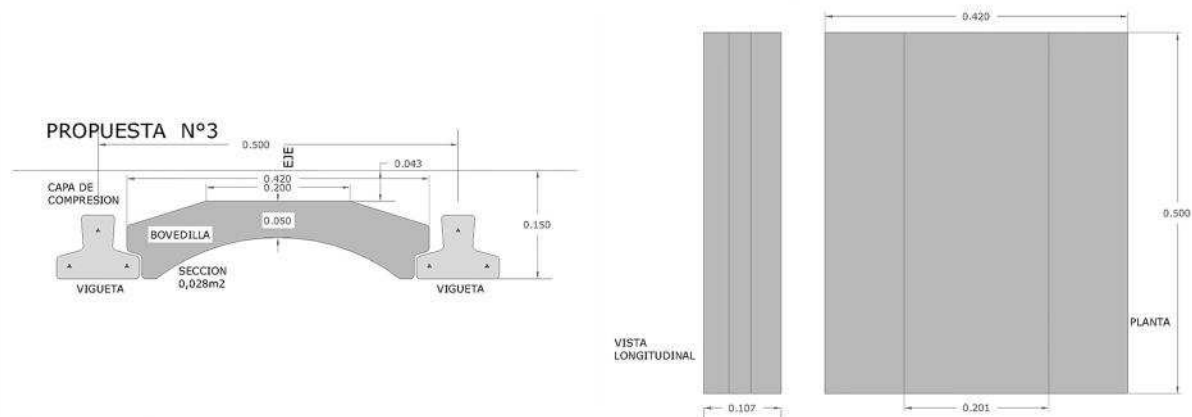


Fig. 4 “Planta, vista longitudinal y sección de la propuesta N° 3”

8.- Metodología

La metodología adoptada es de carácter experimental con práctica de ensayos preliminares hechos en el CEP previos a los definitivos a realizarse en Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI [10]. Plan de tareas:

- Selección de recursos humanos: se trabaja con docentes del equipo del CEP y con alumnos de grado de la carrera de arquitectura ya sea pasantes con crédito académico avanzados o de la asignatura de ITC (Introducción a los tipos constructivos) de primer año de carrera.
- Ensayos y elección de mezclas sobre moldes existentes: a modo de prueba con empleo de molde de bovedilla de hierro existente. Las mezclas utilizadas fueron desarrolladas en el proyecto CEP TRP 19.
- Rediseño del producto.
- Armado de moldes
- Recolección de materiales reciclados y su tratamiento o transformación

- Recolección de materiales vírgenes donados o comprados
- Preparación de mezclas y llenado de moldes
- Curado y secado del hormigón, pesado, control, ensayos preliminares del producto.
- Rediseño del producto, adaptación del molde y llenado moldes con mezclas.
- Selección de producto y estudio de factibilidad comercial: Por sus resultados satisfactorios en sus mezclas y pesos, se hace la selección del producto y posteriormente el cálculo los costos y se compara con los del mercado.

9.- Desarrollo de la investigación

9.1. - Armado de moldes

A modo de prueba, se utilizó un molde de bovedilla de hierro existente en el CEP, que a pesar de no cumplir con el diseño que se había estipulado, se adaptó para darle la forma curvada de las 2 primeras propuestas (Fig. 5). Su largo es de 0.50m. Lo que se pretendía con este ensayo, era tener una 1era aproximación a la investigación para analizar los resultados de bovedillas resultantes para evaluar las ventajas y desventajas del molde y de las mezclas.



Fig. 5 “Molde bovedilla CEP existente”

Posteriormente se trabajó con las propuestas 1 y 2 (Fig. 6 Foto1 y 2). Para el desarrollo de dichos moldes se utilizaron materiales de bajo costo, para poder modificarlos a medida que se progresaba en el estudio del desmolde de los mismos. Para su base se utilizó primero foam Board (plancha de EPS cubierta en ambas caras por cartón) y luego de cambió por madera. EPS para los laterales, cubierto con una lámina adhesiva y vinílica para que no se adhiriera el material y alto impacto para cubrir la curvatura inferior.

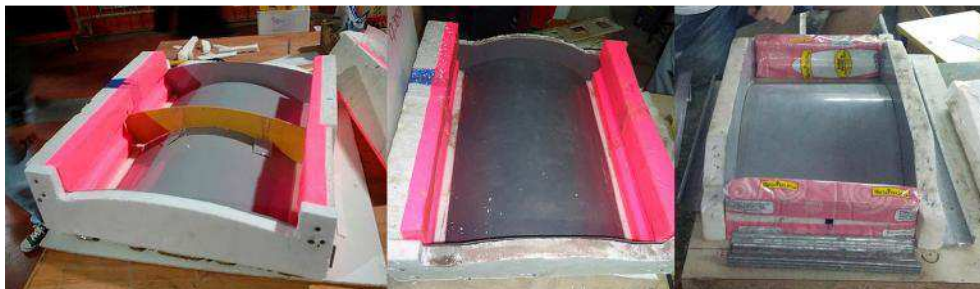


Fig. 6 “Moldes Propuestas 1, 2 y 3”

Teniendo en cuenta los estudios de desmolde con las mezclas utilizadas que explicaremos más adelante, se decidió hacer la 3er propuesta (Fig. 6 foto 3). En este caso se adaptó un molde preexistente al nuevo diseño, pero con un largo de 0.25m para que sea más fácil su manipulación.

9.2. - Desarrollo de las bovedillas

Durante todo el proceso de la investigación de las bovedillas, las mezclas utilizadas de hormigón liviano, fueron desarrolladas en el proyecto CEP TRP19. Dichas mezclas fueron ensayadas en probetas con anterioridad y durante el proceso de investigación, dentro de dicho proyecto. Por falta de recursos económicos no se hicieron ensayos en el INTI de conductividad térmica de los hormigones utilizados en este producto, por lo que se utilizó la información con la que contábamos.

Para determinar las mezclas de hormigón, se utilizó los valores de las tablas para los hormigones de las Normas IRAM 11601 de Aislamiento para Edificios [11] donde un Hormigón con EPS de densidad de 500 kg/m³ tiene una conductividad térmica de 0,15 W/m·K y para una de 1000kg/m³ su conductividad térmica es de 0,26 W/m·K.

Por otro lado se contó con un ensayo de conductividad térmica del 09/04/2012 hecho por el CEP en el INTI, con un hormigón de EPS reciclado y una densidad de 632kg/m³, su valor de conductividad aparente fue de 0,17 W/m·K ± 3% (fig. 7).

Esto comprobó que los valores obtenidos por mezclas de hormigón con agregados de EPS reciclado, se corresponden con los de agregados vírgenes de EPS y cuentan con una mejor aislación térmica, bajando su densidad, respecto a las mezclas de hormigones tradicionales.



Fig .7” Ensayo de conductividad térmica”

Como se trata de estudios de laboratorio todos los consumos utilizados para los materiales fueron indicados en kilos a diferencia del EPS que por sus características no lo haría viable y se indicó en litros sobre el valor del cemento.

La proporción del agua que se utiliza en estas mezclas es del 50% en relación al cemento si la arena está seca, en caso de que esté húmeda esta proporción debe ser modificada. Al utilizarse un EPS triturado, se debe agregar a la mezcla un adhesivo vinílico, para que el EPS no se vuele y se adhiera al cemento.

En primera instancia, para las bovedillas desarrolladas a modo de prueba con el molde de chapa existente en el CEP, se utilizó una mezcla de hormigón con dos dosificaciones diferentes, prueba 1 y 2. Detalle tabla 1. Los materiales que se usaron fueron: cemento, cal hidráulica, arena y como agregados gruesos el cascote y EPS.

Ensayos	Mezcla Hormigón CEP TRP19	Dosificación				
		Cemento	Cal	Arena	Cascote	EPS
Prueba 1	N°1	1	-----	1	1	3,75
Prueba 2	N°20	1/2	1/2	1	1	3,75
Prueba 3	N°2	1	1/4	3/4	-----	3,75
Prueba 4	N°2b	1	1/4	3/4	-----	5

Tabla 1 “Dosificación utilizada para la bovedilla de prueba 1, 2, 3 y 4”



Fig. 8 “Bovedillas de prueba con molde existente Prueba 1 y 2”

Los pesos de ambas bovedillas fueron 9,850 kg (11/02/2014) con un largo de 0.50m, Como se puede observar en la tablas 1, la única diferencia que existe entre ambas pruebas son sus dosificaciones, donde se sustituyó parte del cemento por cal hidráulica. En ambas pruebas, los inconvenientes que se detectaron, fueron con respecto a su sección. La bovedilla resultó muy débil en espesor, por tratarse de un hormigón liviano y de baja densidad, por lo que había que utilizar un espesor mayor al que posee el molde, ya que se posibilitan fisuras y roturas. Con respecto al ancho del molde, la bovedilla resultante generó una distancia mayor entre ejes de viguetas pre-tensadas que la comercial de 0,50m, por lo tanto hubo que reducir su ancho. Por otro lado hormigón ya fraguado se desarmó al tacto, (Fig. 8).

Se probó 2 tipos de mezclas en 3 muestras con hormigones livianos de EPS triturado. Se utilizaron las propuestas 1 y 2 de bovedillas para la prueba 3 con la mezcla N°2, con un largo de molde de 0,50m y para la prueba 4 se utilizó la mezcla N°2b con un largo de molde de 0,25m (fig. 9). Detalle dosificación tabla 1.



Fig. 9 “Bovedillas Propuesta 1 y 2”

Los resultados obtenidos en las 2 propuestas con la mezcla N°2 fueron muy buenos, siendo la misma homogénea, de fácil traslado del producto sin que se quiebre, con un peso para la Propuesta 1 de 9,48 Kg (01/10/2013) y 8.60 kg (01/10/2013) para la Propuesta 2, con una densidad en ambos casos de 660 kg/m³. Para la prueba 4, donde se tomó el molde de la Propuesta 1, con 0,25m de largo y con la mezcla N°2b, la cantidad de EPS agregada a esta mezcla fue excesiva y la bovedilla se desarmó con facilidad. Su peso fue de 3,35 kg (08/10/2013), si lo comparamos con las de 0,50m de largo su peso sería de 6,70 kg.

En los 3 casos se desmoldó los laterales a los 20 minutos pero no su base, se esperó 6 horas para que la mezcla endurezca, ya que por la forma de doble

curvatura no la permitía recuperar. Por lo tanto se consideró varias bases o camillas si se quiere hacer una producción en serie con estas propuestas.

También se observó, que si la bovedilla estaba compuesta sólo de hormigón liviano, o sea de baja densidad, al ser de constitución porosa, podrían anidar insectos, acumular suciedades y corría el riesgo de desarmarse al tacto con el acarreo de la fábrica a la obra. Por este motivo se pensó en hacer una capa de mortero de cemento en la cara inferior y más liviano o lechada en la cara superior a modo de protección, teniendo en cuenta que se adicionaría peso extra a las mezclas. También se pensó en agregar color a la cara inferior para que quede su terminación a la vista y eliminar tareas de terminación en obra. Este agregado de color es un polvo llamado Ferrite. En estos ensayos se incorporó el cascote a la mezcla de hormigón, esta vez filtrando el polvo del cascote para que no se desarme al taco (Fig. 10). Detalle dosificación tabla 2.

Mezclas	Mezcla CEP TRP19	Tipo Prop.	Dosificación					
			cemento	cal	Adhesivo cementicio	Arena	Cascote	EPS
Capa Superior-Lechada	-----	-----	1	-----	-----	3	-----	-----
Hormigón	N°2	1 y 2	1	1/4	-----	3/4	-----	3,75
Hormigón	N°7	1	1	-----	1/2	1	1	5
Hormigón	N°1	3	1	-----	-----	1	1	3,75
Hormigón	N°12	3	1	-----	-----	1/2	1/2	3,75

Tabla 2 “Dosificaciones para Bovedillas tricapa - Propuestas 1, 2 y 3”



Fig. 10 “Bovedillas tricapa, Propuesta 1 y 2”

Para las mezclas de las capas superior e inferior siempre se utilizaron las mismas dosificaciones. Lo que cambia entre ellas es el agregado del colorante tipo Ferrite en el mortero para darle el color en la capa inferior y mayor relación agua cemento en la capa superior ya que se trata de una lechada.

Los resultados obtenidos en ambas propuestas a partir de una composición tricapa y con la Mezcla N°2 fueron muy buenos por el fácil traslado del producto sin que se quiebre, terminación a la vista y protección de la capa de hormigón. El peso de la Propuesta 1 fue de 11,88 kg (15/10/2013) y de la Propuesta 2 de 10,72 kg (29/10/2013). La densidad es de 660kg/m³.

Para la mezcla N°7 se utilizó el molde de la propuesta 1. Dicha mezcla contiene un adhesivo cementicio, que es muy utilizado en la construcción para pegar todo tipo de solado. El adhesivo sustituye al adhesivo vinílico y como contiene cemento sustituye parte del mismo en la mezcla.

Los resultados de la bovedilla obtenidos con la mezcla N°7, fueron muy buenos por el fácil traslado del producto sin que se quiebre y terminaciones. El peso de 13,035 kg (18/02/14) y una densidad de 830 kg/m³.

Para resolver la recuperación de la base del molde en menos tiempo, se modificó el diseño de la bovedilla en su cara superior y se preparó para un largo de bovedilla de 0,25m. La idea era recuperar el molde completo, invirtiéndolo para apoyarlo en una superficie plana cuando el mortero de cemento endurezca, (fig. 11). Se probaron 2 mezclas para el hormigón la N°1 y la N°12. Detalle dosificación tabla 2.



Fig.11 “Bovedillas tricapa, Propuesta 3”

La mezcla N°1 de 660 kg/m³ de densidad ya había sido utilizada en el molde de prueba, al principio de la investigación y se desarmó al tacto, pero con los ajustes hechos con el tamizado del cascote, se obtuvieron muy buenos resultados en las pruebas, la mezcla no se desarmó al tacto y se pudo recuperar el molde completo aproximadamente a la hora. Se obtuvo un peso de 8,705 kg (02/12/14). Para obtener una pieza más liviana en peso, se probó la mezcla N°12 de densidad 620 kg/m³ y se obtuvo una pieza con un peso de 5,785 kg (09/12/14)

Para probar las bovedillas con los alumnos en el CEP, se colocaron 2 vigas-pretensadas en el piso a una distancia de 0,50m entre sus ejes, con 2 bovedillas y una madera sobre las mismas a la que se subió un alumno. Las bovedillas resistieron el peso de una persona y tuvieron un buen acople entre la bovedilla y vigueta pretensada (Fig 12). Se prevé en un futuro realizar los ensayos en el INTI.



Fig.12 “Pruebas hechas con alumnos en el CEP”

10.- Selección de producto y estudio de factibilidad comercial

10.1.- Selección de producto

Se hicieron los costos de la propuesta 3 con las mezclas N°2, N°7 y N°12. Los datos fueron provistos por corralones y constructoras. Elaboración propia, (fig.13).

COSTOS DE BOVEDILLA Prop 3 actualizada 18/01/15 [BOVEDILLA 50]			COSTOS DE BOVEDILLA Prop 3 actualizada 18/01/15 [BOVEDILLA 50]		
MEZCLA 1 CON TACURÚ	DENSIDAD 666 kg/m ³	PRECIO FINAL	MEZCLA 7 CON WEBER	DENSIDAD 820 kg/m ³	PRECIO FINAL
MATERIALES		\$ 14,17	MATERIALES		\$ 11,83
MANO DE OBRA 4 PERSONAS		\$ 7,00	MANO DE OBRA 4 PERSONAS		\$ 7,00
AMORTIZACION MAQUINAS Y GASTOS VARIOS		\$ 2,48	AMORTIZACION MAQUINAS Y GASTOS VARIOS		\$ 2,48
GASTOS DE MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACION Y BENEFICIO		\$ 3,54	GASTOS DE MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACION Y BENEFICIO		\$ 3,20
		\$ 27,19			\$ 24,51

COSTOS DE BOVEDILLA Prop 3 actualizada 18/01/15 [BOVEDILLA 50]			COSTOS DE BOVEDILLA Prop 3 actualizada 18/01/15 [BOVEDILLA 50]		
MEZCLA 12 CON TACURÚ	DENSIDAD 620 kg/m ³	PRECIO FINAL	LADRILLON DE TECHOS CERAMICOS		
MATERIALES		\$ 11,11	u	u	u (total sup)
MANO DE OBRA 4 PERSONAS		\$ 7,00	\$11,94	2.000	\$ 23,88
AMORTIZACION MAQUINAS Y GASTOS VARIOS		\$ 2,48	revoque materiales clorotaso	0.500	\$ 14,80
GASTOS DE MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACION Y BENEFICIO		\$ 3,09	mano de obra revoque	0.500	\$ 15,00
		\$ 23,68	TOTAL		\$ 53,38

Mercado libre consultado 18/01/2015	http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-511003827-ladrillo-para-techo-ceramica-11x25x42-cm-ladrillo-sapi
--	---

Fig.13 “Resumen de costos de Mezclas N° 1, 7 y 12 y ladrillo de techo cerámico”

Se hizo una comparativa de las 3 mezclas, teniendo en cuenta su peso, densidad y costo. Detalle tabla 4.

Propuesta 3 - 0,50m largo	Peso Kg	Densidad kg/m ³	Costo \$ AR
Mezcla N°1	17,41	660	27.19
Mezcla N°7	13,035	830	24.51
Mezcla N°12	11,57	620	23.68

Tabla 4 "Propuesta 3 - Mezclas N°1, N°7 y N°12"

La variación entre las 3 mezclas tomando el mayor y el menor valor en peso, densidad y precio fue de 5,81kg en peso, 2,10 kg/m³ en densidad y \$AR 3.51 en precio. La mezcla N°12 obtuvo los valores más bajos en peso, densidad y precio. Por lo tanto se eligió la Propuesta 3 con la mezcla N°12 como la más apropiada para utilizar en un sistema de producción, por la incorporación de cascote y EPS en su mezcla de hormigón, por los resultados obtenidos en su desmolde, facilidad de traslado del producto, bajo peso, densidad y costo.

10.2.- Comparativa con el mercado

En una comparativa con los productos que hay en el mercado, se eligió el diseño de la Propuestas 3 con la mezcla N°12. Se comparó dicha propuesta con su equivalente en el mercado, el ladrillo cerámico para techo por ser el más utilizado, al que también se le sumó las terminaciones en obra. En ambos casos se consideró los largos de 0,50m, tomando 2 unidades con ladrillo de techo cerámico (fig.14)

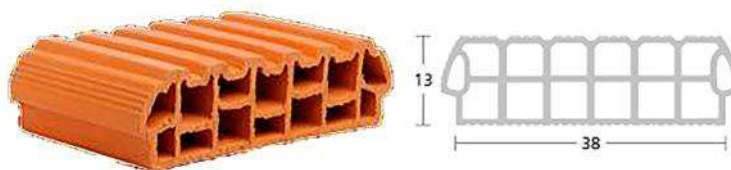


Fig.14 "Imagen del ladrillo cerámico para techo"

De la comparativa que se observa en la tabla 5, la propuesta 3 resulta más liviana en peso y su costo es menor comparado con el ladrillo cerámico para techo. La diferencia a favor de la bovedilla es de 1.63kg y 29.70\$AR. Si tomamos un m², la diferencia de precio entre ambos productos es de 118.8\$AR, siendo el costo aproximado por m² de la bovedilla de 94.72\$AR y el costo aproximado por m² del ladrillo cerámico para techo de 213.52\$AR. Por lo tanto, se llega a la conclusión que la bovedilla de la Propuesta 3 con la mezcla N°12 es un material viable para su producción en serie y su comercialización. Detalle tabla 5.

Comparativa con el Mercado	Mezcla N° 12 Propuesta N° 3	Ladrillo Cerámico para techo - se consideran 2 unidades
Medidas(m)	0,42x0,50	0,11x0,38x0,25 (unid.)
Pesos (Kg)	11,570	13,20
Costo Total (\$AR)	23.68	53.38

Tabla 5 "Comparativa entre la Propuesta 3 y el equivalente el mercado"

11.- Logros

- Se logró conseguir una bovedilla de diseño y módulo que mantenga las tradiciones locales constructivas.

- Se logró un producto que respete las medidas de ancho de colocación entre viguetas pre-tensadas como indica el mercado.
- Se logró un producto de fácil replicado por los sectores sociales vulnerables.
- Se logró un producto que compita con los ladrillos cerámicos para techo que existen en el mercado, en cuanto a su peso y precio.
- Con la incorporación de cascote como agregado grueso, si bien no hay ensayos de resistencia hechos en el INTI, si son utilizados correctamente en la posición indicada, resisten el peso de una persona parada encima. No se rompen o quiebran, siendo seguros al manejo en obra del personal, al momento de montaje. Con la incorporación del EPS como agregado grueso y la elección de la mezcla de hormigón N°1, N°7 y N°12, se logró conseguir una conductividad térmica, que se corresponda dentro de los valores del ensayo del CEP y de la Normas IRAM 11601, citados en el apartado 9.2.
- Se logró incorporar una terminación en la cara inferior de la bovedilla, la cual queda a la vista. Eso hace que no se necesite de cielorrasos aplicados, reduciendo el tiempo y los costos de materiales y mano de obra, en la construcción de un entepiso y a su vez que no presenten poros que permitan el anidado de insectos o acumulación de suciedades.
- Se logró realizar moldes múltiples para optimizar la producción en serie, aunque por el tamaño de la mesa vibradora que hay en el CEP, sólo se pudo hacer de 2 bovedillas.
- Para el 2015 se espera que se concrete la producción en serie de la bovedilla construyendo un módulo eco eficiente para una vivienda. Hay un convenio ya firmado de transferencia por parte del CEP y la “Cooperativa Nuevamente” como beneficiaria. Por otro lado el CEP ha ganado el proyecto “Ingeniero Enrique Mosconi” [12], donde la Cooperativa está incluida en la construcción de un módulo eco eficiente donde se incorporarán las bovedillas, entre otros desarrollos del Centro.

12.- Dificultades

- Por falta de recursos económicos, no se realizaron ensayos de resistencia y conductividad térmica en el INTI, tampoco un molde de chapa, lo que implicaría un mejor estudio de su desmolde y optimización de tiempos de producción. No se pudieron, adquirir maquinarias y herramientas, para el vertido y control de pesos de los materiales, haciéndose manualmente.
- El alto costo de productos vinílicos usados en la mezcla con EPS y la falta de información en materiales alternativos.

13.- Conclusiones

La bovedilla es un producto concreto e innovador en lo tecnológico y de calidad, que utiliza hormigones con agregados reciclados de cascote y EPS, promoviendo la aplicación de un sistema constructivo energéticamente eficiente, minimizando el consumo de los recursos naturales y transformando los residuos en recursos, con la meta de reducir la huella ecológica y con posibilidad de crear empleos verdes.

Para construir una vivienda, considerando la Propuesta 3 con la mezcla 12, por cada m² de vivienda, los residuos reciclados utilizados como agregados gruesos, son de 6,12kg para el cascote y 45,90 litros para el EPS. Si la vivienda tuviera una superficie de 45m² se utilizarían 275kg de cascote y 2065,5 litros de EPS, por lo tanto con la incorporación de dichos residuos en los hormigones de las bovedillas, se reduce el volumen que producen en el medio ambiente.

Al ser la bovedilla un producto que puede replicarse con facilidad, por los tiempos y simpleza de su fabricación y teniendo en cuenta que el residuo de EPS no posee un

circuito de recolección formado en la Argentina, se puede crear una nueva fuente de empleo para el sector marginado de nuestra sociedad, donde se incluya un circuito de recolección de dicho residuo para su posterior utilización en la fabricación del producto.

AGRADECIMIENTOS

A la arq. Marta Yajnes por los aportes de su proyecto CEP SI TRP 19, FADU, UBA.
A los arq. Homero Marín, Carlos Colavita y a sus alumnos, que a modo de final no convencional optan por un programa de finales donde trabajan con nuestras investigaciones.

REFERENCIAS

- [1] Galli A.P (2007). Las inmigraciones italianas y su aporte técnico-ornamental a la arquitectura argentina. Tesina N° 274, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Belgrano, *pág.7 a 13. Buenos Aires, Argentina*
http://184.168.109.199:8080/jspui/bitstream/123456789/4200/1/274_galli.pdf
- [2] Primiano J. (1988). *Curso práctico de Edificación. Edic.N°17. pag. 235 a 251.* Editorial Construcciones Sudamericana. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Sánchez de Colacelli M. R., Costilla M. (2009).Un material no tradicional usado de manera tradicional, Revista *CET 31*, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina
<http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/anteriores/Nro31/PDF/N31Inv02.pdf>
- [4] Suárez M., Defagot C, Carrasco M.F., Marcipar A, Miretti R, Saus H. (2006). Estudio de hormigones elaborados con residuos de ladrillerías. Centro Estudios para la Construcción y Vivienda (CECOVI), *Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina.*
<http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del%202006/INCLUSION%20DE%20RESIDUOS-NUEVOS%20MATERIALES/02%20-%20SANTA%20FE%20Hormigon%20reciclado%20de%20ladrilleria.pdf>
- [5] Contreras Lozano C. E. Concreto con áridos Reciclados. (2012) Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador, <dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/535/1/Tesis.pdf>
- [6] Azqueta, P. E. Hormigones livianos a base de poliestireno expandido. *AAPE. Asociación Argentina del Poliestireno Expandido,*
http://www.aape.com.ar/biblioteca/Hormigones_Livianos.pdf
- [7] Yajnes M y equipo, (2013-2014). Proyecto SI TRP 19 Mezclas de Cemento u otros ligantes aplicables a Materiales y Técnicas Constructivas utilizando EPS molido y cascotes reciclados provenientes de RSU y RCD en su Composición. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina
<http://www.cep-fadu-uba.blogspot.com.ar>
- [8] Yajnes, Sutelman et all. (2014). El camino del cascote en Buenos Aires, Argentina,
[http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El camino del Cascote en Buenos Aires, Argentina](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El%20camino%20del%20Cascote%20en%20Buenos%20Aires%20Argentina.pdf)
- [9] Gonzalo G, Nota V.M. (2003). *Manual de Arquitectura Bioclimática,* Universidad Nacional de Tucumán, Editorial Nobuko. Buenos, Argentina.
- [10] INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones, Buenos Aires, Argentina, <http://www.inti.gob.ar/>
- [11] Norma IRAM 11601 (2004). Aislamiento Térmico para edificios, *pág 15.* Argentina.
<https://materialidad2012.files.wordpress.com/2012/03/11601.pdf>
- [12] Levinton C. H. y equipo del CEP ATAE (2014-2015). Módulo Ecoeficiente. UBA 082 Proyectos de Vinculación Tecnológica, Capacidades Científico Tecnológicas Universitarias para el Desarrollo Energético - Ingeniero Enrique Mosconi - Ministerio de Educación, Subsecretaría de Gestión y Coordinación de Políticas Universitaria. Buenos Aires, Argentina.