

Actas del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes

MEZCLAS DE CEMENTO U OTROS LIGANTES APLICABLES A MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS UTILIZANDO EPS [1] MOLIDO Y CASCOTES RECICLADOS PROVENIENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

**¹Yajnes, M. E.; Caruso, S. I.; Pecorelli, I.; Sutelman, S.; Cantero, N.; Altamirano, G. Arquitectas. Centro Experimental de la Producción (CEP), Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.
Director: arquitecto Carlos Hugo Levinton
Intendente Güiraldes 2160 Pabellón III Ciudad Universitaria C1428EGA Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
e-mail: ¹meyarch@gmail.com**

RESUMEN

Desde el CEP desarrollamos materiales de construcción alternativos a los tradicionales para minimizar el impacto medioambiental generado por los residuos de construcción y demolición (RCD).

El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo gracias a sus excelentes propiedades: durabilidad, resistencia y adaptación a moldes. Su uso produce grandes costos medioambientales: enorme cantidad de energía consumida para extracción, acarreo, fabricación y traslado de componentes.

Esta investigación desarrolla distintas fórmulas utilizando EPS molido y cascotes fraccionados mezclados con ligantes apropiados para fabricar Materiales Constructivos durables, económicos, de bajo peso y con buena aislación térmica, reduciendo el impacto ambiental que produce la fabricación tradicional de bloques, ladrillos y revestimientos.

El EPS es uno de los RCD de restos y de embalajes más perjudiciales al medio ambiente tanto por su volumen como por su prolongado tiempo de degradación, mientras que los cascotes son el principal RCD en nuestra área de trabajo.

Estas mezclas pueden ser utilizadas para autoconstrucción y planes de vivienda contribuyendo a generar empleo, creando nuevos conocimientos y expandiendo la conciencia del cuidado Medioambiental. Los profesionales del Centro trabajamos junto con alumnos en programas de pasantías de investigación con crédito académico.

Para la obtención de las citadas materias primas se han generado acuerdos con empresas generadoras, con planes logísticos para optimizar recorridos reduciendo consumo de combustible. De esta forma se evita que un considerable volumen de RCD llegue a vertederos y centros de enterramiento habituales y se reduce la potencialidad de su voladura tapando desagües pluviales.

Se desarrollan por un lado mezclas aislantes en densidades de 500 a 600 kg/m³ que utilizadas en espesores habituales de construcción cumplen con las normas actuales de transmisión térmica. Estas mezclas incluyen cemento, residuos de EPS molidos pasantes por tamiz de 6mm y aditivos. Por otro lado se desarrollan mezclas en densidades de 900 a 1100 kg/m³ que utilizadas en espesores habituales cumplen con resistencia equivalente a la de ladrillos comunes. Estas mezclas incluyen cemento, residuos de EPS molidos pasantes por tamiz de 6mm, restos de cascotes molidos pasantes por tamiz de 20mm, arena y aditivos. Los moldes requeridos son fabricados a su vez con materiales reciclados de EPS.

Keywords: sustentabilidad, residuos, cascotes, poliestireno, educación

1.- Planteo del Problema

En la República Argentina, principalmente en áreas urbanas y suburbanas, existe una importante y mensurable cantidad de restos de EPS provenientes de obras de construcción y embalajes sin un destino claro de disposición final, tanto en el área doméstica como empresarial.

Existe una importante y mensurable cantidad de cascotes provenientes de RSU y RCD que son actualmente vertidos en volquetes sin una previa clasificación en obra. El CEP ATAE de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU), cuenta con un equipo técnico de profesionales capacitados para el desarrollo de técnicas de reutilización y reciclado de dichos materiales aplicadas a la construcción que actualmente están dedicados a la investigación de dicha problemática.

2.- Estado actual del conocimiento sobre el tema

Se está trabajando en el laboratorio del CEP en el desarrollo de Hormigones en base a EPS de diferentes características, obteniendo a través de ensayos en probetas y en bloques por un lado, un hormigón que utilizado en espesores habituales de muros exteriores cumple por sí solo con los requerimientos de resistencia térmica para categoría B de Norma IRAM [2] de Aislamiento Térmico en edificios, métodos de cálculo N° 11601 3ra edición 2002-10-10, vigente para las diferentes zonas bioclimáticas de Argentina.



fig. 1 "Embalajes de EPS "

Se logró este objetivo con hormigones de 500 k/m³ de densidad. La dosificación utilizada para llegar a esta densidad fue 1:6, una parte de cemento y 6 partes de EPS molido pasando por un tamiz de 6mm. Se cuenta con ensayos de conductividad térmica llevados a cabo por el INTI [3] Construcciones Unidad Técnica Habitabilidad. Los resultados obtenidos coinciden con los valores de conductividad de mezclas obtenidas con la incorporación de EPS virgen según la hoja 15 de la citada Norma Iram 11601. Se cuenta con los certificados mencionados y cálculos de transmitancia térmica realizados con diferentes densidades de mezclas, todos aplicados a bloques del mismo espesor. Se emplea esta mezcla en bloques denominados "Hache" diseñados por el director del Centro el arq. Carlos Hugo Levinton y rediseñado por la arquitecta Marta Yajnes en medidas de largo y espesor.



fig. 2 “Bloque Hache con hormigón EPS 500 k/m³”

Como segundo paso se desarrolló un Hormigón de 1000 k/m³ de densidad, que utilizado en espesores habituales para muros portantes cumple con el mismo valor de resistencia a compresión que un ladrillo común. Se complementó el requerimiento térmico con placa maciza de EPS proveniente de residuos recuperados. La dosificación utilizada para esta densidad fue de 1:1:3,5, una parte de cemento, una parte de arena y 3,5 partes de EPS molido pasando por un tamiz de 6mm.



fig. 3 “Bloque Hache Plus con hormigón EPS 1000 k/m³”

Por otro lado se desarrollaron diferentes mezclas con la incorporación de cascotes provenientes de RCD, pero por las densidades obtenidas, el peso final de los productos fue mayor al de productos similares a los habituales de mercado. Se buscó en todo momento lograr mezclas cuyas densidades estuvieran tabuladas en la mencionada Normas IRAM, de forma que su empleo resulte práctico a los destinatarios, al poder emplear programas existentes para verificaciones térmicas. Se trabajó reemplazando un porcentaje de agregado fino en dichas mezclas por diferentes tipos y cantidades de los citados cascotes de fórmulas tabuladas para la densidad buscada.

Se emplea esta mezcla en bloques denominados “Hache Plus” diseñados por la arquitecta Marta Yajnes con la colaboración de las arquitectas Natali Cantero y Georgina Altamirano. En ambos casos las arquitectas diseñaron un Sistema Constructivo en base al Bloque Hache básico donde se incluyen para ambos casos bloques de esquina y de viga dintel.



fig. 4 "Bloques de esquina"

3.- Hipótesis de la investigación

3.1.- Hipótesis principal

La incorporación de materiales reciclados en las mezclas de hormigón contribuye efectivamente a la sustentabilidad de la construcción con impacto a corto, mediano y largo plazo.

3.2.- Hipótesis secundarias

3.2.1.- Mezclas utilizando poliestireno expandido proveniente de residuos

Con la cantidad de EPS molido proveniente de los embalajes de electrodomésticos vendidos en el área metropolitana de Buenos Aires (AMBA) por mes es posible :

- Obtener productos para la construcción de muros de 200 viviendas de 36 m².
- Obtener mezclas más económicas que otras de usos similares al usar un residuo como materia prima
- Obtener mezclas más livianas que otras de usos similares existentes.
- Obtener mezclas con buena aislación térmica, siendo posible que las mezclas obtenidas a partir de este residuo tengan las mismas propiedades térmicas que mezclas de igual densidad obtenidas a partir de materiales vírgenes.
- Fabricar productos con estas mezclas que posean una resistencia adecuada para ser utilizados en construcción de muros no portantes o portantes debidamente reforzados.
- Obtener mezclas que presenten una buena resistencia al fuego.
- Desarrollar una tecnología replicable y apta para la generación de empleo.
- Contribuir a la disminución de la Huella Ecológica de la Construcción con el uso de agregados provenientes de residuos de EPS al disminuir el riesgo que representan dichos embalajes depositados en aceras y volquetes para el escurrimiento de aguas en sumideros tapados.

3.2.2.- Mezclas utilizando poliestireno expandido y cascotes

Con la cantidad de cascotes provenientes de demoliciones realizadas por mes en el área metropolitana de Buenos Aires (AMBA) es posible :

- Obtener mezclas más económicas que otras de usos similares al utilizar parte del agregado grueso proveniente de RCD.

- Obtener mezclas equivalentes en peso que otras mezclas similares
- Disminuir la densidad de las mezclas de cascotes sustituyendo una proporción de arena de las mezclas tradicionales con EPS molido, resultando elementos de menor peso y mejor maniobrabilidad.
- Obtener mezclas que presenten una buena resistencia al fuego.
- Obtener mezclas que posean buena resistencia a agentes biológicos.
- Obtener mezclas que posean una resistencia adecuada para ser utilizadas en construcción de muros portantes para 2 pisos, dependiendo de la resistencia a la compresión de la fórmula adoptada y de acuerdo a los datos provistos por la Guía Siempio [4] y los provenientes del estudio realizado por el arq. Pablo Azqueta, consultor técnico de las normas de la AAPE [5].
- Contribuir a la disminución de la Huella Ecológica de la Construcción al disminuir la cantidad de material en volquetes.
- Desarrollar una tecnología replicable y apta para la generación de empleo.

3.2.3.- Moldes

- Es posible preparar moldes con EPS provenientes de embalajes recuperados y obtener con dichos moldes productos de la misma o mayor calidad que los productos obtenidos con moldes fabricados con metal o madera vírgenes.
- Es posible bajar los costos finales al utilizar moldes así fabricados facilitando su replicación por cooperativas de vivienda y ONGs.



fig. 5 “Molde de Bloque Hache con EPS recuperado y bloque resultante”

4.- Objetivos

4.1.- Objetivo general

Promover el uso de RCD y RSU como agregados en mezclas de hormigones y productos finales de construcción, favoreciendo el cuidado del ambiente y la reducción de la huella ecológica, mejorando las condiciones de habitabilidad y eficiencia energética.

4.2.- Objetivos específicos

- 4.2.1 Desarrollar mezclas aptas para ser utilizadas en elementos constructivos portantes que no superen en más de 10% el peso de elementos de mercado.
- 4.2.2 Desarrollar distintas fórmulas para mezclas con buena capacidad aislante aptas para ser utilizadas en elementos constructivos.

- 4.2.3 Desarrollar moldes económicos apropiados para cada elemento constructivo que permitan el moldeo múltiple y simultáneo.
- 4.2.4 Mejorar el sistema de obtención de materiales de RSU y RCD
- 4.2.5 Optimizar el sistema de molido de EPS y cascotes.
- 4.2.6 Determinar en cada elemento constructivo: Resistencia a la Compresión, Dureza Superficial, Resistencia al Fuego, Absorción de Agua y Permeabilidad, Conductividad y Transmitancia Térmica.
- 4.2.7 Difundir los resultados de la Investigación.

5.- Metodología

Se desarrolla una metodología **experimental**, en la que cada mezcla propuesta es materializada a través de probetas en una primera instancia y luego en productos finales. Consecuentemente se realizan análisis cualitativos de ensayos de materiales realizados en laboratorios especializados y se reinterpretarán los datos obtenidos a partir de dichos ensayos. Los resultados permitirán comprender y entender los datos que se generarán a partir de cada ensayo de densidades, pesos, valores de conductividad de mezclas y transmitancia térmica de productos finales, costos y tiempos de fabricación entre otros, de forma de jerarquizarlos según indicadores.

5.1.- Obtención de materiales de trabajo

Se procurará optimizar la red actual de contactos y acuerdos del CEP con diferentes empresas y organizaciones para Reducir el volumen de RSU y RCD que producen las mismas, permitiendo que estos residuos se transformen en materia prima.

5.2.- Fabricación

Hormigones en base a cascotes y a EPS de diferentes características. Se continuará con el trabajo con hormigón tipo A. Para la fabricación del Hormigón tipo B se trabaja sobre la misma premisa que para el material ya desarrollado reemplazando parte del aporte de arena por cascotes provenientes de RCD. A efectos de minimizar la emanación de gases al ambiente se estudiarán mejoras en el fraccionamiento.



fig. 6 "Máquinas de fraccionamiento y tamizado"

5.3.- Pasos seguidos en nuestro laboratorio para la obtención de EPS molido:

- 5.3.1- Medición volumétrica de cada pieza: a) medición externa, lados, volúmenes; b) medición volumétrica real por sumergido en agua (principio de Arquímedes).
- 5.3.2.- Medición en peso en kg y obtención de densidad del material.
- 5.3.3.-Fraccionamiento de las piezas con segelín para poder ser introducido en la máquina ralladora ad hoc.
- 5.3.4.-Rallado y tamizado de EPS a través de tamiz de 6 mm.

5.3.5.-Medición de volumen obtenido de EPS molido.

5.3.6.-Medición de peso en kg y obtención de densidad del material.

5.3.7.-Separación y guardado de sobrantes para otros usos.

MEZCLA 1 cemento, arena, cascote, EPS	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	MEZCLA 3 cemento, polvo ladrillos, arena, cascote, EPS	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD
1:1:1:3,75	kg	m3	kg/m3	1:0,5:0,5:1:3,75	kg	m3	kg/m3
PROBETA 1	2,02	0,0019	1057	PROBETA 1	2,03	0,0025	818
PROBETA 2	1,99	0,0020	1000	PROBETA 2	1,86	0,0023	807
PROBETA 3	2,32	0,0023	1000	PROBETA 3	2,13	0,0026	805
PROMEDIO	2,11	0,0021	1019	PROMEDIO	2	0,0025	810

MEZCLA 2 cemento, arena, cascote, EPS	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	MEZCLA 1 cemento, polvo, cascote, EPS	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD
1:1,5:1,5:5	kg	m3	kg/m3	1:1,5:1,5:4,2	kg	m3	kg/m3
PROBETA 1	2,1	0,0024	869	PROBETA 1	1,77	0,0022	815
PROBETA 2	2,19	0,0025	878	PROBETA 2	2,13	0,0025	844
PROBETA 3	2,1	0,0024	888	PROBETA 3	2,29	0,0026	880
PROMEDIO	2,13	0,0024	878	PROMEDIO	2,06	0,0024	846




fig. 7 “Pruebas de búsquedas de mezclas densidad 1000k/m3 en formato ladrillos” aglomerantes y áridos unidad medida en kilos, EPS unidad medida en volúmenes

5.4.- Perfeccionamiento de Moldes

Se ha perfeccionado el desarrollo de moldes de sencilla fabricación, simples y múltiples, utilizando mayormente EPS recuperado, con diferentes materiales de terminación logrando variantes en las superficies vistas. Los caños utilizados para huecos corresponden a materiales de mercado para instalaciones sanitarias.

5.5.- Listado de Tareas

5.5.1.- Diseño Plan de Trabajo, prioridades, cronograma y búsqueda de bibliografía.

5.5.2.- Elaboración de planillas de control de actividades.

5.5.3.- Mejora herramientas existentes para fraccionamiento de las materias primas.

5.5.4.- Adquisición los materiales como cemento, cal, arcilla, cola vinílica, a través de fondos de programa vigente Ubacyt Pacha 2015 y aportes de colaboradores.

5.5.5.- Recuperación de embalajes de EPS y similares por diferentes métodos:

- Recolección en la FADU de embalajes de equipamiento interno (reposición de lámparas de bajo consumo de gran tamaño).
- Recolección en vía pública.
- Recolección en empresas de venta de electrodomésticos, provenientes de su mercadería en exhibición.
- Acuerdos de cooperación y disposición final de residuos con empresas radicadas en el AMBA (Area Metropolitana de Buenos Aires), (envases de traslado de fabricantes a distribuidores de farmacéuticas y laboratorios, sobrantes de obras a través de empresas constructoras)

5.5.6.- Fraccionamiento y procesamiento de los agregados provenientes de recuperación con máquinas existentes en el laboratorio del CEP.

5.5.7.- Fabricación de probetas cilíndricas y otras con las medidas de un ladrillo común utilizando mezclas fórmulas y aditivos.

5.5.8.- Fabricación de productos para utilizar en muros como el bloque “Hache” ya desarrollado en el CEP por el director del centro arq. Carlos Levinton y la directora del proyecto arq. Marta Yajnes con sus pasantes de investigación y del bloque “Hache Plus”.

5.5.9.- Cálculos transmitancia térmica programas específicos norma IRAM 11601.

- 5.5.10.-Ensayos Modos y Tiempos de Secado; Prueba de Dureza Superficial; Pruebas de Resistencia a la Compresión; Pruebas de Resistencia al Fuego; Pruebas de Absorción de Agua; Prueba de Transmisión del Calor.
- 5.5.11.-Selección de las mezclas que mejor hayan cumplido las expectativas, se realizarán los estudios normados sobre ellas en laboratorios especializados.
- 5.5.12.-Revisión, rediseño mezclas y productos en base a ensayos, costos y testeos.
- 5.5.13.- Elaboración de material de Difusión y Divulgación de los Resultados finales.

5.6.- Recursos humanos.

Para el desarrollo de la investigación se cuenta con Investigadores del CEP; alumnos de 1er año de la carrera de Arquitectura de la FADU, materia Introducción a los Tipos Constructivos; alumnos pasantes de las diferentes carreras de la FADU con crédito académico; graduados pasantes de investigación; voluntarios internos y externos de diferentes Organizaciones no Gubernamentales y particulares interesados en la temática para ampliar sus conocimientos y su potencial aplicación.



fig. 8 “Pasantes alumnos de grado de las diferentes carreras y niveles”

6.- Resultados Previstos.

A través de la utilización de los citados residuos de RSU y de RCD se espera lograr:

- 6.1.- Productos que aporten una solución sustentable al problema habitacional cumpliendo con los principios de la OPS Organización Panamericana de la Salud, (el CEP ATAE es sede de la Coordinación Nacional).
- 6.2.- Productos que por sus características técnicas y económicas satisfactorias se conviertan en referentes para popularizar la reducción de la cantidad de residuos RSU depositados en rellenos sanitarios y basureros a cielo abierto.
- 6.3.- Productos que puedan ser aptos para producción por cooperativas de trabajo con valores competitivos tanto para su uso propio en reemplazo de materiales tradicionales como para posterior fabricación para venta, generando empleo.
- 6.4.- Ofrecer dentro de la currícula universitaria una alternativa que incluya la enseñanza de métodos de construcción más sustentables que los tradicionales. De esta forma no sólo se logrará bajar consumos de CO₂ y la eliminación de fuentes de contaminación sino que se formarán profesionales con más herramientas para su suceso personal.
- 6.5.- Una correcta Planificación para el fraccionamiento y traslado de los recursos de RSU y RCD junto a una adecuada Gestión de recursos y productos finales.

7.- Estudios Complementarios:

7.1.- Introducción a apartado de Cálculos de Transmitancia Térmica

7.1.1.- Pasos realizados:

Se realizaron cálculos de transmitancia térmica en bloque modelo “Hache” y “Hache Plus” para muros desarrollados en el CEP. Se trabajó aplicando la Norma IRAM 11.601 realizando cálculos manuales en planillas propias, con el objetivo de lograr la verificación de los productos para llegar a valores que verifiquen dentro de la categoría B de dicha norma. Se realizó planilla de síntesis.

Se mantuvieron constantes los siguientes valores en los modelos analizados:

- El espesor total del bloque de 0,163 mts.
- La localización de la verificación en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- En los bloques “Hache Plus” se mantuvo constante el espesor de la placa compacta de EPS

Observaciones:

- Se verificó el K para estación invierno.
- No se calcularon puentes térmicos.
- En cada planilla se incluye un cálculo de peso de cada bloque.

7.1.2.- Variantes analizadas

Cálculo 1: Bloque denominado “Hache 500”, con capa superficial interior de 0,008 metros de espesor de de mortero de cemento, alma de hormigón de EPS en un espesor de 0,147 metros de densidad 500 kg/m³ y capa superficial exterior de 0,008 metros de espesor de de mortero de cemento.

Cálculo 2: Bloque denominado “Hache Plus 1900i”, con capas superficial interior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento, alma de hormigón de cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1600 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Cálculo 3: Bloque denominado “Hache Plus 1900”, con alma de hormigón de cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1900 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Cálculo 4: Bloque denominado “Hache Plus 1600i”, con capas superficial interior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento, alma de hormigón de cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1600 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Cálculo 5: Bloque denominado “Hache Plus 1600”, con alma de hormigón de cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1600 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Cálculo 6: Bloque denominado “Hache Plus 1000i”, con capas superficial interior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento, alma de hormigón de EPS molido y cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1000 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Cálculo 7: Bloque denominado “Hache Plus 1000”, con alma de hormigón de EPS molido y cascotes en un espesor de 0,113 metros de densidad 1000 kg/m³, placa de EPS compacta de 0,03 metros de espesor y capa superficial exterior de 0,01 metros de espesor de mortero de cemento.

Nota: Para el Bloque “Hache 500”, se redujeron al mínimo posible ambas capas superficiales para lograr mayor capacidad aislante y reducir riesgo de condensaciones superficial e intersticial. Para hormigones 1000 kg/m³ EPS y cascotes se tomo lambda 0,42 W/mc según norma Iram 11601 hormigones arcilla expandida.

N° bloque	Nombre del bloque	valor K W/m ² c	desviación K % sobre B 1	Desviación K % sobre B 6	peso unitario kg	desviación P % sobre B 1
B 1	HACHE 500	0,859		8,877	6,765	
B 2	HACHE PLUS 1900i	0,908	5,634	15,011	15,370	127,187
B 3	HACHE PLUS 1900	0,908	5,634	15,011	15,232	125,147
B 4	HACHE PLUS 1600i	0,869	1,087	10,061	13,406	98,151
B 5	HACHE PLUS 1600	0,872	1,487	10,496	13,061	93,052
B 6	HACHE PLUS 1000i	0,789	-8,153		9,477	40,080
B 7	HACHE PLUS 1000	0,780	-9,241	-1,185	8,718	28,861

Tabla. 1 “Cuadro comparativo de resultados de la transmitancia térmica K para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y peso de Bloques Hache y Hache Plus”

7.1.2.- Conclusiones

Se observa que todas las mezclas propuestas tienen valores de K admisibles dentro del área del AMBA para categoría B de Norma Iram 11601 según leyes vigentes en la Provincia de Buenos Aires, siendo la desviación máxima de 15%. Solo la mezcla identificada como B7 de las mezclas B2 a B7 correspondientes a cálculos de peso bloques “Hache Plus” entra dentro del rango buscado de pesos inferiores a 9 kilos unitarios, siendo la desviación con respecto al bloque Hache 500 máxima de 125%.

7.2.- Introducción al cuadro comparativo de conductividades térmicas

7.2.1.- Pasos realizados

Se comparó la conductividad térmica alcanzada por las placas producidas en el CEP y ensayadas en laboratorio del INTI, con valores tabulados en Norma IRAM 11.601 para mezclas obtenidas con materiales vírgenes de densidades estandarizadas. Las mezclas nominadas M1, M2, M5 y M6 corresponden a valores de las citadas Normas mientras que se intercalaron los valores obtenidos en los ensayos de nuestras placas como M3 y M4.

Se listaron los valores en orden creciente en función de la densidad de las mezclas. La mezcla nominada como M3 de 632 kg/m³ de densidad se logró con una proporción en volúmenes de 1:3,5 siendo 1 el valor de la incorporación de cemento y 3,5 la de EPS recuperado molido.

La mezcla nominada como M4 de 710 kg/m³ de densidad se logró con una proporción en volúmenes de 1: 5 siendo 1 el valor de la incorporación de cemento y 5 la de EPS recuperado molido.

7.2.2.- Análisis

Luego del análisis volcado en la Tabla 3 se llegó a la conclusión que las mezclas obtenidas con la incorporación de EPS recuperado molido, con los pasos seguidos en nuestro laboratorio para su obtención, alcanzan valores de lambda equivalentes, proporcionales o aún más bajos que las mezclas obtenidas a partir de EPS virgen. En la tabla 3 se observa que los hitos de los datos obtenidos para las mezclas M3 y M4 están por debajo de la línea trazada para los valores M1, M2, M5 y M6.

Nombre del bloque	N° mezcla	A: densidad horizontal kg/m ³	B: valor lambda vertical W/mc
hormigon de EPS 300 Iram	M 1	300	0,090
hormigon de EPS 500 Iram	M 2	500	0,150
hormigon de EPS 632 kg/m ³	M 3	632	0,170
hormigon de EPS 710 kg/m ³	M 4	710	0,180
hormigon de EPS 1000 Iram	M 5	1000	0,260
hormigon de EPS 1300 Iram	M 6	1300	0,350

Tabla. 2 “Cuadro comparativo de resultados de conductividad térmica lambda”

7.2.3.- Conclusiones

Se elaboró un primer gráfico de líneas uniendo los valores obtenidos para todas las mezclas M1 a M6. Se elaboró un segundo gráfico de líneas en el que se unieron los valores tabulados en la Norma IRAM 11.601 y se incorporaron como hitos separados los valores obtenidos en ensayos para las mezclas producidas en nuestro laboratorio. Se observa que ambos valores están por debajo de la línea trazada.



Tabla. 3 “Línea de unión de resultados de conductividad térmica lambda de Tabla 2 con indicación de valores para las mezclas desarrolladas en el CEP”

8.- Conclusiones generales

8.1.- Ha sido posible coordinar acciones entre empresas privadas, ONGs y la universidad pública para encarar un proyecto que reduce la cantidad de RSU y RCD para aplicación en un sistema constructivo sustentable transferible a la comunidad.

8.2.- Los estudiantes involucrados mejoraron su capacidad de inter relación entre alumnos de diferentes carreras y de comprensión de la situación ambiental local.

- 8.3.- Se obtuvieron mezclas de las densidades buscadas cumpliendo así con los preceptos de diseño en cuanto a peso de los productos facilitando su uso.
- 8.4.- La calidad térmica de las mezclas obtenidas con empleo de RSU y RCD fraccionado con métodos desarrollados por el CEP ha sido equivalente a la de productos comerciales con mano de obra especializada y maquinaria industrializada.
- 8.5.- La calidad de los prototipos de productos finales alcanzó las expectativas de estándares de terminaciones y ensayos preliminares.
- 8.6.- Los conceptos arriba citados en estas Conclusiones permitirán desarrollar un método comparativo de costos para relacionar los productos del Centro CEP con elementos existentes en el mercado a igualdad de prestaciones.

REFERENCIAS.

- [1] EPS Expanded Polystyrene.
- [2] Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- [3] INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones.
- [4] Guía para la construcción Sempio .<http://guiasempio.com.ar/gs-esp/area-construccion/tecnologia/0010-hormigon-liviano-eps/tabla-hormigon-eps.pdf>
- [5] AAPE Asociación Argentina del Poliestireno Expandido

Bibliografía.

- Azqueta, P. E. [en línea] *Hormigones livianos a base de poliestireno expandido* http://www.aape.com.ar/biblioteca/Hormigones_Livianos.pdf 27/02/13
- Azqueta, P. E.; Bittner, P. U. (2002). Las condensaciones de humedad en la construcción. *Revista VIVIENDA N° 474 (páginas 54 a 57)*
- Cagiao Villar, Juan; Breixo Gómez Meijide; Juan Luis Doménech Quesada; Salvador Gutiérrez Mainar; Hortensia Gutiérrez Lanza; Fernando Martínez Abella; M^a Belén González Fonteboa. (2010). *HUELLA ECOLÓGICA DEL CEMENTO - Cálculo de la huella ecológica de una industria cementera y propuesta de medidas de ingeniería sostenible destinadas a su reducción*. Universidade da Coruña, Laboratorio de Ingeniería Sostenible, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia.
- Cittadino, A; Igarzabal de Nistal, M.A; Zamorano, J; Ocello, N; Majul, M.V; D'hers, V; Ajhuacho, R. (2012). *Atlas de la Basura, Área Metropolitana de Buenos Aires*. Wolkowicz Editores, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Gonzalo, G. E., Nota, V. M. (2009). *Manual de Arquitectura Bioclimática Sustentable*, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.
- Henry, J. Glynn ; Gary W. Heinke. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Prentice Hall, 2^a edición, México.
- Instituto de Ingeniería Sanitaria FIUBA (2012). *Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos del área metropolitana de Buenos Aires, informe final*. Facultad de ingeniería, Universidad de Buenos Aires ; CEAMSE Ecología Urbana, C. A. B. Aires.
- Latchinian, A. (2009). *Globotomía*. Ediciones Punto Cero, Caracas.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2005). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de RSU (ENGIRSU)*. Ministerio Salud y Ambiente, Jefatura Gabinete de Ministros, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

- Tchobanoglous G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Mc-Graw-Hill, México.
- UNESCO ETXEA. (2009). *Manual de Educación para la sostenibilidad*. Fundación Iberdrola, Bilbao.

Agradecimientos: A los alumnos que han colaborado con las investigaciones: Diseño industrial: desarrollo y mejora de máquinas y moldes: M.C. Cappelletti, M. Egan, J.M. Federici, F. Menzella, R. Sztrum. Arquitectura: trabajo de mezclas y bloques: M. Cuccorese, L. Cutufia, M. Gude, I. Hefling, N. Ibarra, A. Iriart, C. Joaquin, G. Linari, L. López Mora, R. Luna, M. S. Mac Gaul, G. Molina, F. Sremac y C. Torres. Y al arquitecto Ricardo Tartaglia que ha aportado su conocimiento sobre trabajos prácticos y fue el quien comenzó con las investigaciones preliminares.