

"HORMIGONES **CON** **AGREGADOS** **LIVIANOS****"**

RESUMEN: En el presente trabajo se estudiaron las características (densidad, resistencia, condiciones aislantes, costos, etc.) que le transfieren al hormigón, distintos agregados livianos, como ser: arcilla expandida, cascotes de ladrillos, escoria expandida, poliestireno expandido, entre otros. Al final del mismo se realizó una comparación de dichas características, con el fin de adoptar el agregado óptimo para la elaboración del hormigón liviano.

ALUMNOS:

- **ARAMAYO CRUZ, Gabriel**
- **BUNCUGA, Verónica**
- **CAHUAPÉ CASAUX, Marina**
- **FORGIONE, Fabricio**
- **NAVARRETE, Arnoldo**

Objetivos:

- Estudiar las propiedades del hormigón liviano conferidas por distintos agregados y sus aplicaciones
- Comparar las distintas características entre hormigones
- Analizar tendencias

1- Introducción:

En el presente trabajo de investigación se trata el tema de "*Agregados para hormigones livianos*".

En las construcciones civiles actuales, nos encontramos en la mayoría de los casos con distintos tipos de hormigón. Este es una mezcla íntima entre un cementante, un árido fino y un árido grueso, más agua y eventualmente aditivos, que al endurecer a través de un proceso químico denominado fragüe adquiere una consistencia similar a las mejores piedras naturales. Podemos encontrar clasificaciones de los distintos tipos de hormigón según distintos aspectos. Según su tipo de agregado encontramos livianos y pesados. A su vez estos pueden tener distintos tipos de resistencia.

El hormigón liviano se caracteriza por su capacidad aislante y su baja densidad. Según CIRSOC 201 un hormigón se considera liviano cuando su densidad no excede los 2000 kg/m^3 . Las demás características dependerán del tipo de agregado.

2- AGREGADOS LIVIANOS

Los agregados livianos usados en la elaboración de hormigones, han sido adoptados en consideración a su estructura celular, que ofrece una de las principales ventajas, que es la baja densidad y consecuentemente el aislamiento térmico, a la par de ciertas propiedades acústicas, pues amortiguan las vibraciones. La estructura del interior, se produce generalmente con altas temperaturas, originando gases que causan expansión. La capacidad de absorción de agua y el grado de aislamiento térmico no vienen fijados solamente por el porcentaje de burbujas, sino también por la naturaleza de estas y por su cantidad tamaño y distribución.

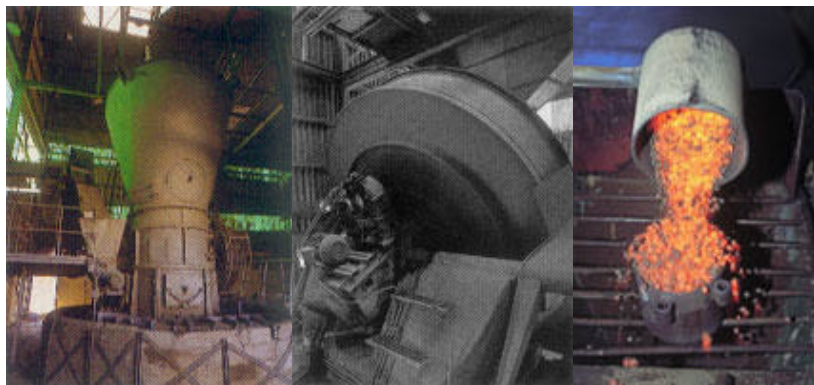
En este trabajo vamos a estudiar los siguientes: arcilla expandida, cascote de ladrillo, escoria expandida y poliestireno expandido.

2.1- ARCILLA EXPANDIDA

2.1.1- Procedencia

Es un material aislante de origen cerámico, producido industrialmente.

Se fabrica a partir de arcilla pura extraída de canteras a cielo abierto. Tras un primer proceso de desbaste, esta arcilla pura se almacena en naves cerradas para su homogeneización y secado. Una vez seca, la arcilla se muele hasta obtener un polvo impalpable denominado crudo.



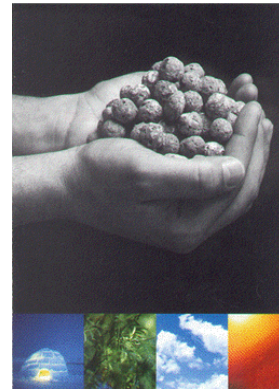
Aglomerado con agua en los platos granuladores, el crudo forma por efecto de la rotación unas esferas de barro de tamaño controlado. Estas pequeñas esferas, con una granulometría de 0 a 4 mm, son el germen de la arcilla expandida.

La expansión de la arcilla se produce en hornos rotativos gracias a un choque térmico a 1.200 °C. A esta temperatura, la arcilla comienza a fundir al tiempo que se produce la combustión de la materia orgánica en el interior de la arcilla. Los gases de combustión expanden la bola de barro hasta alcanzar 5 veces su tamaño original.

En nuestro País, desde 1966 la empresa ARCILLEX S.A., fabrica en forma interrumpida arcilla expandida clinkerizada en su planta industrial en José León Suárez, provincia de Buenos Aires, con 84 hectáreas de yacimientos propios para la extracción de su materia prima. Cuenta con una capacidad productiva de 250.000 m³ anuales gracias a sus dos hornos rotativos y con una infraestructura de clasificación y despacho adaptable a cualquier necesidad del mercado.

2.1.2 – Característica del agregado

- Presenta una alta porosidad.
- Material duro.
- Color marrón claro.
- Forma redondeada.
- El peso específico puede variar entre, aproximadamente, 270 y 600 Kg/m³
- Superficie rugosa.
- Granulometrías variables (en mm):
 - (0 – 3)
 - (3 – 10)
 - (10 – 20)
 - (20 – 40)
- No es corrosivo ni se pudre.
- Es un material aislante continuo, sin puentes térmicos
- Es resistente al fuego.
- Costo promedio: \$ 45 por m³
- Soporta la exposición al sol sin fundirse ni deteriorarse.
- Envejece.
- No produce gases.



2.2- CASCOTES DE LADRILLO

2.2.1- Procedencia

• **Composición:** Como su nombre lo indica, es ladrillo triturado. Este está conformado por un 80% de arcilla, con el agregado del material ligante, como estiércol cascarillas de cereales entre otros, más impurezas. Químicamente la arcilla está compuesta por: 45% a 70% de sílice, 10% a 40% de alúmina y 10% a 20% de agua.

• **Origen:** Es un material proveniente de los hornos de ladrillos, residuos de la fabricación de baldosas o recuperación de escombros, que previa limpieza de impurezas, trituración y cribado pueden ser usados como agregados. El proceso general de la producción del mampuesto, consiste:

1- Selección y extracción de la materia prima:

a- *Desgaste:* La tierra es desmalezada de raíces y piedras

b- *Disgregación:* consiste en desmenuzar los terrones de arcilla. Se los deja a la intemperie para que las heladas los desmenucen (helacidad). A demás las lluvias arrastran los elementos solubles y las lavan de los elementos orgánicos y minerales. Este proceso dura naturalmente 1 año, industrialmente están tecnificados.

2- *Humectación y amasado:* Consiste en obtener la consistencia ideal para el posterior moldeo. Esto se obtiene hidratando la arcilla.

3- *Moldeo:* se les imprime la forma deseada, previendo un exceso de material por la contracción

4- *Secado:* para reducir al mínimo el agua de amasado, evitando las grandes contracciones en la cocción

5- *Cocción a altas temperaturas.* La cocción rápida da la estructura porosa.

6- Así se obtienen 3 tipos de ladrillo:

c- *sobre el fuego:* vitrificado casi negro, pero con escasa adherencia del mortero, piezas con gran contracción y deformación utilizados en cimientos.

d- *Centro del horno:* de primera o de cal, regulares, porosos, rojizos y sonido metálico .

e- *Periferia:* bayos o de media cal; rojo amarillento, sonido opaco.

Para usarlos como agregados, serán triturados, cribados y clasificados en grupos de acuerdo al tamaño de los granos. Se deben eliminar los de dimensión inferior a los 3 mm. , ya que son los que contienen mayor cantidad de impurezas perjudiciales. Si se desean agregados más finos se debe retriturar y cribar granos mayores.

2.2.2- Características del agregado

- *Porosidad:* Su porosidad depende de las tierras utilizadas y del proceso de elaboración. Los más porosos son aquellos ladrillos extraídos del centro del horno. Los poros pequeños aumentan la resistencia a la conductibilidad térmica.
- *Dureza*
- *Peso específico:* oscilan entre 1,7 y 2 kg/dm³, aunque es menor que el de agregados normales, es mayor que otros agregados livianos, aumentando la densidad del hormigón que constituirán
- *Resistencia:* Tiene una resistencia a la compresión comprendida entre los 100 y los 300 kg/cm², y si estos son de clinker, resisten hasta 500 kg/cm²
- *Superficie:* ásperas y rugosas
- *Color:* La coloración se determina a partir de la cantidad de óxido constitutivo. Según donde fueron cocidos: son casi negros o vitrificados si se hicieron sobre el fuego, rojizos en el centro del horno, y rojo amarillento si fueron cocidos en la periferia.
- *Forma:* por su origen son irregulares y aristas angulosas, aunque en hornos rotatorios pueden conseguirse granos redondeados
- *Absorción:* Por su estructura porosa (cámaras de aire comunicadas entre si y con el exterior), son muy absorbentes, a tener en cuenta en el momento de proyectar las mezclas.
- *Granulometría:* gran variabilidad, debido que está dada por el hombre, extrayendo las inferiores a 3mm, por contener mayor grado de impurezas. Es preciso disminuir el tamaño de los agregados mayores para aumentar la baja resistencia, elasticidad y densidad que por su misma estructura tiene.
- *Costo promedio:* \$ 20.60
- *Reciclado:* es la base de su existencia, favoreciendo la economía. Una condición necesaria es la separación cuidadosa, antes y durante la demolición, para prevenir la mezcla de materiales y la contaminación de los materiales reciclables. Los materiales se transportan a plantas de reciclaje donde son clasificados y triturados.

2.3- ESCORIA EXPANDIDA

La escoria se forma por la fusión de la ganga del mineral, los fundentes y las cenizas del coque (o del carbón vegetal para el uso especial de Altos Hornos a carbón vegetal).

Responde a diferentes nombres entre los que pueden mencionarse: escoria espumosa, escoria esponjosa, pómez artificial (antiguamente) o pómez siderúrgica (en la actualidad).

2.3.1 – Procedencia

Podemos considerar a la escoria espumada dentro de la clasificación de materiales como un cerámico.

Composición química: las escorias de alto horno contienen cuatro óxidos principales: sílice, alúmina, cal y magnesia, los cuales constituyen aproximadamente el 95% del total.

Los elementos de menor importancia influyen al azufre, manganeso y hierro, con trazas de muchos otros elementos y componentes.

En escorias comerciales esta composición varía dentro de límites relativamente estrechos. Los análisis de la mayoría de las escorias de altos hornos norteamericanos (basados en la examinaron de cientos de análisis divulgados en el onceavo simposio de la Asociación Nacional de Escorias) caen dentro de los siguientes rangos:

	<i>Porcentaje</i>
Sílice(SiO ₂)	33 a 42
Alúmina(Al ₂ O ₃)	10 a 16
Cal(Oca)	36 a 45
Magnesita(MgO)	3 a 12
Azufre(S)	1 a 3
Oxido de hierro(OF _e)	0.3 a 2
Oxido de Manganeso(Omn)	0.2 a 1.5

La composición varía de horno a horno, dependiendo de los constituyentes y sus proporciones en los minerales, fundentes, coque, y otras materias primas; pureza del material a fabricar y diferencias de práctica operativa.

El azufre proviene principalmente del coque, el óxido de manganeso de los minerales y el óxido ferroso de una reoxidación parcial. Pueden estar presentes pequeñas cantidades de compuestos de titanio, bario, boro, potasio, sodio, fósforo, entre otros.

Composición mineralógica: La composición mineralógica de la escoria juega un rol importante en la determinación de su comportamiento cuando se usa como material inerte de ciertos productos. También es un factor muy importante en ciertos usos químicos.

La formación de cristales depende enormemente de la velocidad de enfriamiento desde el estado de fluido al sólido, mientras que las características de los minerales dependen, en primer lugar de la composición química.

Origen: De acuerdo a la metodología de enfriamiento las escorias se clasifican en:

- Escorias de enfriamiento lento
- Escorias de enfriamiento rápido(Escoria granulada)
- Escorias de enfriamiento moderado(escoria expandida)

Esta ultima es la que resulta de interés como agregado liviano.

Métodos de obtención:

Procesos de tratamiento combinado. Método GALEX

Los procesos de tratamiento combinado son los que utilizan agua y aire en el tratamiento de la escoria.

Básicamente consiste en las siguientes etapas:

- Expansión de la escoria
- Granulación
- Enfriamiento
- En algunos métodos la expansión se logra mediante el agregado de agua, en pequeñas cantidades, a la escoria fundida lo que provoca una hinchazón por la generación de burbujas de vapor en su interior.
- Inmediatamente o mientras se esta produciendo la expansión, la escoria es fragmentada o granulada al caer sobre un tambor aletado rotativo que la arroja por fuerza centrifuga en una playa de acopio donde se enfría.
- Hay otros métodos mas antiguos donde la expansión se realiza en las llamadas piletas de espumado, en las que se vuelca la escoria fundida y por el fondo perforado se inyecta agua a presión provocando la citada espuma.
- Luego esta se traslada a piletas de enfriamiento donde solidifica como piedra pómez.
- Finalmente, para transportarla es necesaria su trituración mecánica.

METODO GALEX: Este método, desarrollado originalmente en Canadá por la National Slag Limited de Hamilton, fue perfeccionado por la Enterprise Gagneraud Pere et Fils de Francia, a través de las instalaciones realizadas en las plantas siderúrgicas de Solmer y Usinor.

Se trata de un procedimiento físico, que combina la expansión y porización de la escoria, facilitada por medio de la inyección de agua y la dispersión mecánica obtenida merced a un tambor horizontal giratorio.

El esquema de instalación¹ se compone de:

7- SISTEMA DE ALIMENTACION DE ESCORIA

8- TAMBOR GIRATORIO

9- RED DE INYECCION DE AGUA

La escoria líquida es derivada hacia el canal vibrador, cuyo fondo está recubierto de una película de agua. En forma simultánea se produce la primera inyección de agua que provoca la iniciación de la expansión, logrando además un rápido crecimiento de la viscosidad de la escoria que impide a los gases escapar demasiado rápido.

La escoria avanza sobre una película de agua cayendo sobre el tambor con una inclinación aproximada de 45°. El tambor accionado por un motor de velocidad variable, está provisto de aletas longitudinales que fragmentan la banda de escoria en expansión en partículas, cuyas dimensiones son función directa de su velocidad de rotación y del espesor de la capa de escoria.

El tambor posee además enfriamiento interior continuo, producido por agua que circula por el eje central y es eyectado a través de los orificios ubicados en el extremo de las aletas.

Las partículas proyectadas por el tambor adquieren la velocidad periférica del mismo, depositándose a diferentes distancias de acuerdo con su peso propio. Cuando el enfriamiento provocado por las inyecciones de agua se ha realizado en forma controlada, las partículas de escoria proyectadas por las aletas del tambor se encuentran en estado semiplástico.

El agua inyectada y que no se ha evaporado totalmente es pulverizada al mismo tiempo que las partículas de escoria.

Por efecto de la tensión superficial, las partículas toman una forma más o menos esférica, y como se desplazan en un medio que contiene gotitas de agua, los glóbulos se enfrían con suficiente rapidez como para adquirir en superficie una estructura vítrea. Por el contrario, el interior cuya velocidad de enfriamiento es más lenta, toma una estructura cristalina y alveolar.

Una fracción de estos gránulos, que por efecto del rápido enfriamiento de su superficie, conservan gases en su interior, al entrar en contacto con gruesas gotas de agua, estallan, disgregándose en gránulos más finos.

Al finalizar la trayectoria impuesta por el tambor giratorio, los glóbulos caen en un área de recepción dispuesta en el fondo del slag-pit.

¹ ver figura esquema simplificado en anexo

El material ya se encuentra a una temperatura lo suficientemente baja como para ser extraído rápidamente por medio de una cargadora frontal y el calor residual permita evaporar una gran parte del agua intergranular.

El producto bruto puede ser así enviado a una instalación de clasificación granulométrica o puesta en deposito.

Obtención – Situación geográfica:

Las escorias, como se dijo anteriormente es un residuo impuro formado fundamentalmente por calcio, hierro, aluminio y silicato de magnesio, que aparece en el proceso de producción de arrabio y acero y en la fundición de metales como el cobre, el plomo o el níquel. Por lo tanto para conocer los lugares de obtención de este material, deben citarse aquellos lugares en donde exista la actividad siderúrgica.

Entre ellos pueden nombrarse:²

- f- Estados Unidos
- g- Canadá
- h- Rusia
- i- Unión Europea
- j- Japón
- k- Sudáfrica
- l- Argentina
- m- Otros países de América Latina

Algunos centros siderúrgicos en nuestro país:

-SIDERAR – ACEROS BRAGADOS – ACINDAR-

2.3.2- Características del agregado

- Estructura porosa
- Peso específico 2.64
- Peso por unidad de volumen

	Tamaño Granulométrico (mm)	
	0 a 1	3 a 7
Arido suelto		
Arido asentado a sacudidas		

- *Color:* Anaranjado claro
- *Forma:* Dado el proceso por el cual se obtiene la expansión, se forman al enfriarse con el agua por efecto de la tensión superficial partículas de forma mas o menos esférica.

² Ver mapa adjunto

2.4 – POLIESTIRENO PRE-EXPANDIDO

2.4.1 – Procedencia

- **Composición:** Es un polímero. La base del poliestireno es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión: el hidrocarburo pentano C₅H₁₂. De esta forma obtenemos el **poliestireno expansible** que luego podrá ser expandido conformando las distintas formas comerciales. También se puede obtener otro tipo de poliestireno expansible denominado “difícilmente inflamable” o “auto extingible” del cual ya veremos sus propiedades.
- **Origen:** Es de origen artificial, ya que al no encontrarse poliestireno expansible en la naturaleza, debemos recurrir a procesos de sintetización a fin de producirlo.

El poliestireno expansible, se pre-expande en grandes “ollas” (90°C a 105°C) aumentando su volumen hasta 50 veces gracias a la acción del agente de expansión, dando lugar así a la famosa “perlita” de poliestireno. Luego se dejan un tiempo en reposos a fin de que el aire penetre en las partículas y las seque, estabilizando su volumen.

Estas son las perlititas que usamos como agregado en nuestro hormigón que se complementan con aditivos complementarios cuyo rol en el hormigón se verá mas adelante.

2.4.2 – Características del agregado

- **Porosidad / compacidad:** 1 cm³ de poliestireno expandido contiene de 3 a 6 millones de celdillas, cerradas y no conectadas, llenas de aire, que son resultado de su proceso de fabricación visto en el punto 3.2.1. Es entonces un material muy poroso, pero cuya característica principal reside en estas celdillas cerradas y no conectadas.
- **Dureza / Blandura:** Debido a su porosidad y al material polímero que rodea las celdillas, es compresible con los dedos. Es entonces un material blando y de buena elasticidad.
- **Densidad / Peso específico:** Debido al volumen que representan las celdillas de aire (alcanzan hasta un 97%), es un material de muy baja densidad y muy bajo peso específico. El peso específico es función de la duración del calentamiento en el proceso de pre-expansión.
- **Densidad:** 10 kg/m³
- **Forma:** Las perlititas son de forma esférica. Si el material proviene del reciclado (o bien se desgrana una plancha de EPS) entonces son de forma irregular

- *Color:* Son de color blanco
- *Lisura o rugosidad superficial:* En este aspecto reside uno de los grandes problemas de las perlitas de EPS. La superficie de la perlita es casi perfectamente lisa lo que afecta considerablemente la adherencia de la pasta de cemento y agua, a la misma, a la hora de mezclar los componentes del hormigón. Esto sumado a la baja densidad de la perlita hacen que alguna de ellas se “floten” en la mezcla íntima, generando así un esqueleto granular defectuoso.
- Otro aspecto que aporta a este fenómeno es la poca trabazón entre perlitas debido a su forma perfectamente esférica.
- *Absorción:* Gracias a la conformación del EPS (celdillas de aire cerradas y no conectadas entre sí) el material es de muy baja absorción.
- *Tamaños comerciales(granulometría):* Granulometría variable entre 2 y 8 mm
- *Posibilidad de reciclado*

Existen varias opciones de reciclar o reusar productos o embalajes fabricados a base de poliestireno expandido.

Se debe facilitar el reciclado directo o por terceros (no contaminarlo, formar paquetes, reducir volumen, llevarlo a una institución recolectora, etc.).

- **Reusar** el embalaje a nivel doméstico (mudanzas, almacenaje, jardinería, decoración).
- Moler piezas de EPS recolectadas. Emplear la molienda en la fabricación de **hormigón liviano** o en el aflojamiento de suelos, jardines, estadios.
- **Volver al Poliestireno (PS):** Con EPS desgasificado se pueden fabricar piezas por inyección (macetas, carretes de películas, artículos de escritorio, etc.). Se rescata así la energía "intrínseca" del plástico. Esta energía (que es la acumulada durante todo el proceso industrial a partir del petróleo en el material) siempre es mayor a la obtenida por combustión.
- Obtención de **energía calórica** para procesos a escala industrial. 1 kg de espuma del tipo fácilmente inflamable (generalmente embalajes) equivale en su valor energético a aproximadamente 1,2 l de fueloil. En un proceso de combustión completa, el EPS es eliminado libre de cenizas, con formación de: energía, agua y dióxido de carbono.
- **Reciclaje interno** de productos de descarte en la fábrica de espuma. La fabricación de EPS en bloques, placas o piezas con destinos específicos y predeterminados, admite un contenido respetable de material regenerado (limpio) sin alterar el aspecto ni las cualidades técnicas del producto final.

- **"Volver al petróleo".** En plantas de pirólisis (craqueo de sustancias orgánicas) se descompone el poliestireno obteniéndose gases y sustancias de bajo peso molecular. (materia prima para nuevos plásticos, productos petroquímicos o combustibles).-
- Otra opción no menos interesante, es la de reciclar piezas (vasos, bandejas) tanto de poliestireno expandido (EPS), espuma extrudada (XPS) e incluso de poliestireno común (PS), en máquinas de **reducción**.- Mediante solventes obtenidos de los cítricos, se obtiene poliestireno recuperado en forma de un gel desgasificado (que ocupa tan sólo el 5% del volumen de las piezas iniciales) que a su vez vuelve a ser materia prima nuevamente.-
- La espuma desechada como residuo doméstico común, no emite sustancias nocivas al suelo, ni a las aguas, ni al aire. Una pieza suficientemente fraccionada de EPS, colabora en la mejor **aireación** y por lo tanto una descomposición más acelerada de las sustancias orgánicas adyacentes en la planta de deposición final.-
- *Degradación en el tiempo (durabilidad):* La estabilidad del poliestireno expandido a la acción de los agentes químicos corresponde en gran medida a las propiedades de la sustancia básica poliestireno, debiéndose tener en cuenta la pequeña masa expandida.
- El poliestireno es compatible con los materiales empleados comúnmente en la construcción, como ser: el cemento, la cal, el yeso, las dispersiones plásticas, el agua y los morteros elaborados a partir de los mismos; no se oxida ni se resume con el paso del tiempo.

3- CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN QUE FORMA

3.1- HORMIGÓN CON ARCILLA EXPANDIDA

3.1.1 – Características del Hormigón que forma

- *Dosificación:*

HORMIGONES ESTRUCTURALES						
	<i>ESTRUCTURAS</i>		<i>PREMOLDEADOS</i>		<i>BLOQUES</i>	
	<i>Dosif 1</i>	<i>Dosif 2</i>	<i>Dosif 1</i>	<i>Dosif 2</i>	<i>Dosif 1</i>	<i>Dosif 2</i>
<i>Proporción práctica en volumen</i>	<i>1:3:2,5</i>	<i>1:2:2</i>	<i>1:1:2:2</i>	<i>1:0,5:2,5:3</i>	<i>1:6</i>	<i>1:1,5:5</i>
<i>Cemento (Kg/m³)</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>330</i>	<i>300</i>	<i>260</i>	<i>275</i>
<i>Arena (m³/m³)</i>	<i>0,725</i>	<i>0,650</i>	<i>0,270</i>	<i>0,120</i>	<i>---</i>	<i>0,320</i>
<i>0 – 3 (m³/m³)</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>0,540</i>	<i>0,600</i>	<i>1,200</i>	<i>1,060</i>
<i>3 – 10 (m³/m³)</i>	<i>0,600</i>	<i>0,650</i>	<i>0,50</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>---</i>
<i>10 – 20 (m³/m³)</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>0,700</i>	<i>---</i>	<i>---</i>
<i>Agua (lt / m³)</i>	<i>180</i>	<i>200</i>	<i>175</i>	<i>160</i>	<i>130</i>	<i>130</i>
<i>Resistencia media a la compresión (Kg/cm²)</i>	<i>225</i>	<i>270</i>	<i>225</i>	<i>170</i>	<i>80</i>	<i>105</i>
<i>Densidad seca (Kg/cm²)</i>	<i>1700</i>	<i>1750</i>	<i>1400</i>	<i>1330</i>	<i>1275</i>	<i>1510</i>
<i>Asentamiento (cm)</i>	<i>4 – 6</i>	<i>4 – 7</i>	<i>1 – 2</i>	<i>2 – 4</i>	<i>0 – 1</i>	<i>0 – 1</i>
<i>Coef. Cond. Térmica (Kcal / m °C h)</i>	<i>0,85</i>	<i>0,85</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>---</i>	<i>---</i>

CONTRAPISOS LIVIANOS AISLANTES			
	Cemento Común		Cemento de Albañilería
	e: ≤ 5 cm	e: > 5 cm	---
Proporción práctica en volumen	1:9	1:9	1:7
Cemento (kg/m ³)	170	170	160
3-10 (m ³ /m ³)	1,050	---	1,050
10-20 (m ³ /m ³)	---	1,050	---
Agua (lt/m ³)	140	130	100
Resistencia media a la compresión (kg/cm ²)	40 900	40 800	30 900
Densidad seca (kg/m ³)			
Coef. Conduct. Térmica (Kcal/m °C h)	0,22	0,20	0,22

- Por su materia prima y proceso de fabricación en hornos rotativos a 1200°C, no contiene sustancias químicamente activas, orgánicas o inorgánicas, no existen riesgos de reacción alcali-árido, ni otro tipo de reacción con otros componentes.
- La arcilla expandida puesta en obra, puede ser vertida a través de grandes sacos o por bombeo desde camiones cisterna.
- Debido a su forma redondeada, y a sus tamaños relativamente pequeños le transfiere al hormigón buena trabajabilidad.
- *Precio de mercado:* \$219 + iva

3.1.2 – Consideraciones

- Reducción aproximada de un 30% del peso total de la estructura sin afectar la resistencia. Permite cálculos de secciones estructurales que con áridos pesados, ahorrando materia prima.
- Mayor volumen de carga por camión, lo que representa un considerable ahorro en fletes.
- Facilidad de acarreo en obra, tanto del agregado como de hormigones frescos. Ahorro de tiempos y jornales.

3.1.3 – Usos

- Hormigones Estructurales Livianos.
- Piezas Pretensadas y Postensados.
- Premoldeados en General.
- Hormigones Refractarios.
- Capas de Compresión de Losas Cerámicas.
- Contrapisos Aislantes Livianos.
- Concretos Asfálticos para Uso Vial.
- Bloques.
- Paneles Aislantes.
- Drenajes.

3.2-HORMIGÓN CON CASCOTE

3.2.1- Características del hormigón que forma

- *Dosificación:* Según la finalidad del hormigón estas son (para 1 m³)

	Proporciones volumen			Materiales para 1 m ³						
	Cem	cal	aren gr.	Polvo de Ladrillo	cascote	Cem .	cal	aren gr.	porland	cascote
						kg.	kg.	m ³	m ³	m ³
1- contrapisos	¼	1	3	2	10	35	65	0,26	0,175	0,88
2- base de cordones, conduntos, fundaciones, etc.	½	1	4		8	17	51	0,391		0,782
3-relleno de pozos, fondo de tanques	¼	1	3	1	6	60		0,342	0,114	0,684
4- fondo de cámaras		1	3		5		73	0,42		0,7

- *Resistencia: Partiendo de la arena y el cascote de ladrillo pueden confeccionarse dos tipos de hormigón:*

- Hormigón de estructura compacta, que para pesos por unidad de volumen comprendidos entre 1,5 y 2,1 kg/dm³ y dosis de cemento desde 130 a 350 kg/m³ tienen una resistencia a la compresión de 70 a 320 kg/cm². La resistencia a la flexotracción es de 60 kg/cm²

- Hormigón de estructura porosa, que alcanza para pesos por unidad de volumen comprendidos entre 1 y 1,5 kg/dm³ y para dosis en cemento de 150 a 350 kg/m³, unas resistencias a la compresión de 20 a 70 kg/cm². La estructura porosa se engendra por supresión del grano fino entre 0 y 1mm o entre 0 y 3 mm, o utilizando el llamado grano único de 1 a 3mm o de 3 a 7 mm o granulometrías similares. E limita la cantidad de cemento para evitar que llene todos los huecos que se producen.

- *Los hormigones de cascote de ladrillo son relativamente elásticos, de mediana o pequeña retracción, se dilatan pocos y presentan coeficientes de dilatación térmica reducidos.*
- *Pesos específicos: caen entre 1,250 kg/dm³ y 1,350 kg/m³.*
- *Trabajabilidad: debido a su variada granulometría, y sus lados angulosos, no permiten una gran trabajabilidad, así también el bombeo*
- *Precio de mercado: aproximadamente \$ 32*

3.2.2- Usos

Son utilizados en: cimientos, suelos, divisiones horizontales, paredes. Por lo general son utilizados como hormigones de relleno. Por ejemplo en bases de columnas, es utilizado, ya que aunque tiene menor resistencia, al aumentar su área soporta la misma tensión, y favoreciendo económicamente la estructura.

3.3- HORMIGÓN CON ESCORIA GRANULADA

3.3.1 Características del hormigón que forma

- *Resistencia mínima a la compresión para:*

Bloque de cemento c/ árido de escoria	20 Kg/cm ²
Bloque hueco confeccionado en H ^o de escoria	30 Kg/cm ²
Bloque hueco y en forma de T de H ^o de pómez artificial	20Kg/cm ²

- *Resistencia química:* La propiedad más significativa de la escoria espumada cuando se usa como agregado de concreto es su hidraulicidad.

- Muy buenas características térmicas y acústicas
- *Trabajabilidad:* El Hº de pómez siderúrgica podrá tener una aglomeración por puntos cuando se desee fabricar un Hº puramente aislante, sin capacidad de carga digna de mención. Si además debe tener buena resistencia tendrá que conseguirse una estructura del tipo de Hº de árido poroso (porosidad no accesible).
- Los áridos están constituidos por minerales porosos y se sumergen en el aglomerado. (Porosidad granulométrica.)
- Los áridos están constituidos por minerales pétreos porosos y su granulometría es tal que limitando adecuadamente la adición de cemento queden huecos entre granos de árido (porosidad de aglomeración y propia del grano.)

3.3.2- Consideraciones

La composición química de las escorias puede afectar la estabilidad del Hº, llevando incluso a la desintegración. Ciertos óxidos de hierro y algunos silicatos se encuentran entre los componentes que pueden producir perjuicios.

3.3.3- Usos

- Concretos ligeros resistentes
- Bloques
- Paredes moldeadas in situ
- Paredes de fachada
- Tabiques cargados

3.4-HORMIGÓN CON EPS

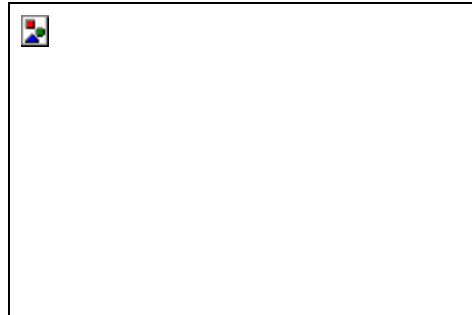
3.4.1 – Características del hormigón que forma

- Dosificación o dosaje:

Para perlitas de EPS y EPS molido (proveniente del reciclaje) y según la densidad a obtener los dosajes son los siguientes:

Densidad(kg/m ³)	Cemento	Perlitas EPS o EPS molido	Arena	Agua
800	1	8	3	2

Nota: a esta mezcla se le agrega un aditivo para evitar la flotabilidad del EPS en el hormigón (ver 2.4.2 / Lisura)



Para perlitas ISOCRET (marca):

Densidad(kg/m3)	Cemento (Kg)	ISOCRET(Kg)	Agua(lts)
200	200	8.5	100
250	250	8.5	120
300	300	8.5	150
350	350	8.5	175

Nota: este hormigón no lleva arena, y no lleva aditivo ya que las perlitas vienen tratadas con un aditivo especial para generar mas adherencia y evitar así la flotabilidad, logrando una distribución homogénea (EIA)

- Precio de mercado:

Molido: \$135

Perlita: \$300

- Resistencia mecánica:

Densidad [kg/m3]	Resistencia a la compresión [kg/cm2]
200	8
250	10
300	15
350	19

- Capacidad de aislación tanto acústica como térmica.

Densidad [kg/m3]	Conductividad térmica [Kcal/mh°C]	Reducción de ruidos por pisada [db](*)
200	0.052	15
250	0.076	14
300	0.079	13
350	0.082	12.5

(*) Prueba a 500 hz en espesor de 5cm

- *Densidad / Peso específico:* Las distintas densidades que se encuentran son:

(200 – 250 – 300 – 350) kg/m3

- *Características de bombeo:* Dada la forma esférica del agregado (en el caso de la perlita) el hormigón una vez preparado adquiere una movilidad increíble, permitiéndole el bombeo hasta una altura mayor que 60m.
- *Trabajabilidad:* Gracias también a la forma esférica y a la granulometría de la perlita, se obtiene un hormigón de muy buena trabajabilidad debido a que la trabazón entre perlitas es mínima. Distinto es el caso del EPS molido (proveniente del reciclaje) allí la forma de los agregados es irregular y existe una cierta trabazón que afecta, aunque muy poco, la trabajabilidad.

3.4.2 – Consideraciones

- El hormigón realizado con EPS posee muy baja retracción y no produce grietas durante el fraguado, es por esto que puede aplicarse en grandes superficies sin necesidad de juntas de dilatación.
- Los elementos constructivos elaborados con este material muestran un excelente comportamiento en caso de incendio, siendo muy aptos para muros contrafuego. Ello se debe a que en el caso de un incendio prolongado en un lado del muro, con desarrollo de altas temperaturas, el EPS incluido en el hormigón cercanos al paramento caliente, se resumen, tomando el hormigón las características de un hormigón alveolar, de muy buenas características aislantes. En el paramento donde no se produce el incendio, las temperaturas que allí se desarrollan no alcanzan para sintetizar o licuefacer el EPS, este mantiene sus propiedades aislantes, con lo que el hormigón de EPS conserva sus valores de conductividad térmica originales. Al analizar el comportamiento al fuego del EPS es importante considerar no solamente las condiciones en que puede o no producirse su combustión, sino también evaluar cuales son los efectos de esta combustión, en caso de que se produzca.

4- HORMIGONES INUSUALES

4.1- Residuos de Goma

Los residuos de goma son causa de grandes problemas ambientales hoy en día. Una forma de aprovecharlos y de disminuir su problema en el medio ambiente es utilizarlos como agregado en hormigón.

Con el uso de este agregado se obtiene un hormigón de características distintas, con algunas propiedades especiales, entre las cuales se puede destacar su baja densidad.

Existen muchas maneras de obtenerse los residuos en forma granular, pero casi todas consisten en distintos procesos para moler la goma. La granulometría y la geometría de los granos dependen de estos procesos. Puede optarse por la utilización del residuo con o sin la red metálica de la goma, pero en el último caso, se debe hacer una separación después de moler, que puede ser una separación magnética.

En los procesos de recauchútaje, en que se rehacen las rallas en las gomas, se obtiene “naturalmente” un residuo granular, sin la red metálica, en la forma de pequeñas tiras, de aproximadamente 1mm por 5mm, además de un polvo fino.

Con la utilización del residuo de goma se consigue también una reducción del costo del hormigón, pues el costo del residuo consiste básicamente en el transporte y en el proceso de trituración.

La densidad aparente del agregado varia de $0,27\text{g/cm}^3$ a $0,34\text{g/cm}^3$, que es una densidad mucho menor que la densidad de los agregados tradicionales y por lo tanto se puede esperar una reducción de la densidad del hormigón. Por ejemplo, sustituyendo todo el pedrisco del hormigón por residuos de goma se puede obtener una reducción de cerca de 40% en su densidad.

Para un buen desempeño de un hormigón es fundamental que él tenga adecuadas propiedades mecánicas, y que sea durable. Por lo tanto su durabilidad es tan importante como su resistencia. Para la aplicación de un material en ingeniería es de gran importancia conocer sus propiedades de durabilidad, sus agentes agresivos y la forma de neutralizarlos.

Se encontró en la literatura estudios sobre la estabilidad química de la goma sujeta a ambientes altamente alcalinos, como es el caso del hormigón. En ensayos de pérdida de masa, resistencia a tracción, análisis microestructural y determinación de variación de pH de soluciones con goma en inmersión, no se encontró variaciones significativas.

Otros estudios fueron hechos en el análisis de la durabilidad de la pasta de cemento con residuos de goma. Fueron realizados ensayos de absorción por inmersión y capilaridad, resistencia al ataque ácido y resistencia a abrasión.

La absorción de agua por la pasta tuvo un pequeño aumento con la adición de la goma. La resistencia al ataque ácido a su vez mejoró, debido a la alta resistencia química de la goma.

La resistencia al desgaste tuvo cierta disminución, pero el efecto puede ser disminuido con un tratamiento de los residuos con NaOH.

El principal problema con la adición de goma al hormigón es la pérdida de resistencia mecánica. Los residuos pueden ser adicionados tanto en sustitución al agregado fino cuanto al grueso, pero el aumento de la cantidad de goma siempre trae reducción de la resistencia. Una sustitución de 60% del agregado lleva a reducciones de mas de 80 % en la resistencia a compresión, de modo que los hormigones con grandes cantidades de goma no son aplicables para fines estructurales. Además, se puede observar que la sustitución por el agregado fino, trae menor reducción de la resistencia. Cuanto al tamaño del agregado, se puede decir que los residuos mas finos mejoran la resistencia mecánica del hormigón, siendo que tamaños mayores que 4mm no son recomendados. En algunos casos, se puede decir que partículas con geometría alargada mejoran las propiedades mecánicas, pero el asunto no fue muy estudiado.

La mayoría de los autores considera que las causas de la disminución de la resistencia son básicamente dos:

- La baja resistencia de la goma; y
- La baja adhesión entre los residuos y la pasta.

Varios estudios intentaron mejorar la adhesión de los residuos con la pasta, básicamente tratando superficialmente la goma. Tratamientos con NaOH o con CCl_4 fueron satisfactorios, trayendo aumentos de hasta 57% en la resistencia a compresión. La presencia de impurezas pareció ser una de las causas de la baja adhesión, pues con un sencillo tratamiento con agua se obtuvo un aumento de 16% de la resistencia.

Además de la reducción de la resistencia a compresión, los residuos de goma traen también un efecto benéfico a las propiedades mecánicas del hormigón: un

aumento de su capacidad de absorber energía, o sea, de su tenacidad y de su resistencia al impacto.

Como la goma tiene un módulo de elasticidad mucho menor que la pasta de cemento, el hormigón puede trabajar mas su deformación cuando está sometido a una carga. En un hormigón tradicional, el agregado es uno de los principales elementos que impiden su desplazamiento. La inclusión de los residuos atenúa esa restricción, dando al hormigón una mayor movilidad

Estudios realizados en este sentido mostraron que una adición de 10% de goma al hormigón (con relación al volumen total) aumenta su tenacidad en cerca de 23%, a pesar de disminuir su resistencia a compresión en 65%.

Por su expresiva capacidad de absorber energía, el hormigón con goma es recomendado para aplicaciones en que el material esta sujeto a efectos de impacto y en que no se exigen altas resistencias mecánicas, como barreras de protección, pavimentos, revestimientos...

Algunas propiedades del hormigón fresco también fueran estudiadas. La cantidad de aire incorporada aumenta con el aumento de la adición de residuos y con la disminución de su tamaño.

La trabajabilidad fue estudiada con el método del asentamiento de cono (slump test), verificándose disminución de la trabajabilidad con el aumento de la cantidad de sustitución.

En ensayos de conductividad térmica realizados con placas de mortero conteniendo residuos de goma, las placas presentaron características de aislamiento, con valores de conductividad inferiores al permitido por la norma C208 – 95 ASTM, "Standard Specification for cellulosic Fiber Insulating Board".

En otros estudios, placas de hormigón con goma también presentaron propiedades de aislamiento acústico.

Casi no se tiene información sobre verdaderas utilizaciones comerciales del hormigón con adición de residuos de goma y las informaciones obtenidas son casi todas provenientes de trabajos técnico-científicos. Un caso que puede ser citado fue el estudio realizado por Jorge Luis Akasaki, que junto con la empresa "Concretic de Nipoã – Artefactos de Cimento Ltda.", produjo bloques ranurados de hormigón de tamaño comercial 14cm x 39cm x 19cm. Trabajando con distintas composiciones obtuvo bloques conteniendo 13% (en volumen) de residuos de goma, con resistencias medias de 4,54MPa, que fueron consideradas suficientes para comercialización. La cantidad de cemento utilizada fue de 245Kg/m³.

4.2- Biokreto

La utilización de fibras vegetales, aisladamente o combinada con otros materiales, es un método antiguo. Para reducir la cantidad de fisuras en ladrillos quemados en el sol, y para hacerlos más livianos, diversos pueblos utilizaban fibras vegetales.

La madera es una de las materias primas más abundantes en la naturaleza. Entretanto, una gran cantidad de especies no son debidamente valorizadas, así como residuos de serrerías, de industrias de muebles, y otras. La mayor parte de los residuos de madera no son debidamente aprovechados, siendo muchas veces quemados, utilizados para producir energía, o utilizados para recubrir pisos de aviarios.

También los residuos agrícolas, en muchos países donde la agricultura es desarrollada no son debidamente aprovechados.

Una utilización que se propone para esos residuos es su incorporación en hormigón, obteniendo lo que se puede llamar biokreto.

En comparación con el hormigón tradicional, el biokreto tiene algunas *ventajas*:

- *Disponibilidad de materia prima*: casi todo tipo de materia prima vegetal puede ser utilizada en el biokreto: caña, residuos de caña de azúcar, maderas diversas, residuos agrícolas y otros.
- *Baja Densidad*: de 1/4 a 1/2 de la densidad del hormigón tradicional
- *Resistencia al impacto*: recomendado para utilizaciones en lugares sujetos a impactos o vibraciones.
- *Alta trabajabilidad*

Por otro lado, también tiene algunos *inconvenientes*:

- *Largo tiempo de fragüe*: Algunas sustancias contenidas en las partículas vegetales dificultan (o impiden) las reacciones del fragüe, de modo que se exige mas tiempo en el encofrado.
- *Inestabilidad dimensional*: Algunos tipos de partículas absorben mucha agua, y el hormigón puede tornarse sensible a variaciones de humedad.
- *Reducción de la resistencia mecánica*.

Estos efectos negativos pueden ser minimizados con una correcta elección del tipo de partícula y/o con ciertos tratamientos de las partículas.

Elección de las Partículas:

Maderas coníferas son más recomendables que maderas de árboles de hojas largas. Otros vegetales como caña, caña de azúcar, residuos de arroz, pueden traer problemas de compatibilidad con la pasta.

En general las maderas atacadas biológicamente (en particular por hongos) no son adecuadas para la producción del biokreto.

Ciertas partes de los árboles suelen traer problemas para el hormigón, en particular las cortezas.

La edad de los árboles también puede tener alguna influencia en las reacciones del fragüe.

Tratamiento de las Partículas

Normalmente las partículas vegetales no pueden ser adicionadas directamente al hormigón y necesitan de algún tipo de tratamiento. Las técnicas mas utilizadas para mejorar la compatibilidad entre las partículas vegetales y la pasta son:

- *Envejecimiento de las partículas:* Guardar las partículas puede provocar ciertas reacciones que hacen las partículas más compatibles con la pasta.
- *Limpieza:* Lavar las partículas con agua abundante o con agua caliente puede eliminar algunas de las sustancias que dificultan el fragüe.
- *Cementos de alta resistencia inicial:* Los cementos ARI suelen ser mas tolerantes a las partículas vegetales
- *Uso de Aceleradores:* Soluciones 3% de cloruro de Calcio, por ejemplo.
- *Tratamientos de Superficie:* Inmersión en solución de silicato de sodio y en sulfato de aluminio, para que las partículas se impermeabilicen y no liberen las sustancias nocivas al fragüe en la pasta.
- Mantener un ambiente rico en CO₂, ayuda el endurecimiento.

Además, algunos tipos de vegetales no son obtenidos directamente en una granulometría adecuada y deben ser triturados. Dependiendo de las dimensiones de la pieza que se desea obtener, las partículas pueden tener de 2 a 15mm.

En general las piezas de biokreto son utilizadas para fines no estructurales, como bloques ranurados, por ejemplo.

5- ANÁLISIS COMPARATIVO – CONCLUSIONES

De acuerdo con la forma y tamaño del agregado el hormigón será mas o menos trabajable . Esta propiedad es característica del hormigón con poliestireno expandido, dada por su granulación uniforme y su forma redondeada como también es el caso de la leca o arcilla expandida y la escoria. El caso opuesto es el de cascote de ladrillo.

La resistencia mecánica está principalmente condicionada por las propiedades mecánicas de los agregados. Considerando los datos obtenidos podrían ordenarse de la siguiente forma (de menor a mayor resistencia):

1. Poliestireno expandido
2. Escoria
3. Leca
4. Cascote de ladrillo

A medida que aumenta la resistencia, aumenta la densidad del hormigón, para esta comparación podría establecerse un orden inverso al anterior.

Según la estructura interna de los agregados, aquellos que solo tienen celdillas cerradas no conectadas (poliestireno expandido) disminuyen en gran medida la absorción. En cambio en aquellos en que las celdillas se conectan por capilares entre sí y con el exterior aumentan su capacidad de absorción (cascote de ladrillo y leca).

Según la densidad y la distribución de los poros se establece la aislación térmica. A menor densidad y distribución uniforme, mayor aislación. A mayor peso, mayor inercia térmica, lo que implica menor aislación. Del más aislante al menos aislante, se pueden ordenar los agregados de la siguiente forma:

1. Poliestireno expandido
2. Leca
3. Escoria
4. Cascote de ladrillo

De lo analizado también surge que dada la procedencia del cascote de ladrillo, de las demoliciones, este puede contener cal y otras impurezas que imposibilitan el trabajo con hormigones armados. Algo similar sucede para el caso de hormigón con escoria, pues esta puede poseer óxido de hierro y algunos silicatos que pueden perjudicar al hormigón. Para evitar estos perjuicios es importante realizar un análisis previo del agregado. No ocurre lo mismo con poliestireno y leca que permanecen inertes.

Dado el volumen y el bajo costo del cascote este es un material preferencial para utilizarse como relleno, y también en zapatas y cimientos que requieran cierta resistencia.

Cuando se quiera resistencia y aislación, la opción mas acertada es la leca.

En países con alta actividad siderúrgica, lo más apto sería la escoria.

6- EXPERIMENTOS

Realizamos 5 probetas de dimensiones normalizadas de 5 cm. de diámetro y 10 cm de altura, para las cuales algunas fueron hechas con dosificaciones conocidas y otras variado la relación-agua cemento y el resto de los componentes.

-Primer probeta: Con **corcho**

- 1 cemento
- 2 $\frac{1}{2}$ arena
- 1 $\frac{1}{2}$ agua
- 1 $\frac{1}{2}$ corcho

Observaciones: logramos una densidad de 1.52 g/cm³. A relación agua cemento fue alta y también la relación pasta agregado. Por lo tanto nos quedó una probeta muy pesada.

-Segunda probeta: con **goma eva**

- 1 cemento
- 1 agua
- 2 $\frac{1}{4}$ arena
- 3 $\frac{1}{2}$ goma eva

Observaciones: su densidad fue de 1,46 g/cm³. Presentó poca adherencia. Sin embargo la probeta mantuvo su cohesión.

-Tercera probeta: con **aserrín y viruta**

- 1 cemento
- 1 agua
- 1 arena
- 1 $\frac{1}{4}$ aserrín
- 3 viruta

Observaciones: densidad de 1,43 g/cm³.

-Cuarta probeta: con **cascote de ladrillo**

- $\frac{1}{4}$ cemento
- 1 $\frac{1}{2}$ agua
- 3 arena
- 2 polvo de ladrillo
- 10 cascote

Observaciones: Densidad de 1,68 g/cm³. Faltó compactación, acentuada por el tamaño y forma del agregado. A su vez olvidamos humedecer el agregado.

-Quinta probeta: con **escoria granulada**

- 1 cemento
- 1 agua
- 3 arena
- 3 escoria

Observaciones: Densidad 2,01 g/cm. Faltó compactación.

Observación general: en todas las probetas comprobamos que hubo un exceso de pasta. A demás faltó precisión debido al reducido tamaño de la probeta y por falta de instrumental adecuado.

ÍNDICE:

	<u>Pag.</u>
1 - Introducción	2
2 - Agregados livianos	3
2.1 - Arcilla expandida	3
2.2 - Cascote de ladrillo	5
2.3 - Escoria expandida	7
2.4 - Polietileno expandido	11
3 - Características del hormigón que forma	14
3.1 - Hormigón con arcilla	14
3.2 - Hormigón con cascote de ladrillo	16
3.3 - Hormigón con escoria granulada	17
3.4 - Hormigón con poliestireno expandido (EPS)	18
4 - Hormigones inusuales	20
4.1 - Hormigón con residuos de goma	20
4.2 - Hormigón con biokreto	23
5 - Análisis comparativo – conclusiones	25
6 - Experimentos	26

BIBLIOGRAFIA

- CIRSOC 201
- CIRSOC 202 (Hormigones Livianos)
- Norma IRAM 1567 (agregados finos y gruesos)
- TECNOLOGIA DEL HORMIGÓN – Catiñeiras
- TECNOLOGIA DEL HORMIGÓN – Seitjas
- PRONTUARIO DEL HORMIGON

Paginas WEB:

- www.aape.com
- www.arlita.es
- www.arcillex.com.ar
- www.inti.com
- www.technevision.com.ar
- www.obra1.com
- www.grupominetti.com
- www.construir.com

Visitas:

- a BASF, Gral Lagos (Empresa productora de EPS)
- a cementos Minetti
- a Hormicen
- a Beltrama S.A. (Venta de materiales de la construcción)