



HORMIGONES LIVIANOS: UNA ALTERNATIVA PARA EL RECICLADO DE PASTA CELULÓSICA

Federico N. Andrés, Melisa S. Romano

*Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI),
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Lavaisse 610,
(S3004EWB), Santa Fe, Santa Fe, Argentina.
fandres@frsf.utn.edu.ar*

Palabras claves: hormigón, papel, reciclado

RESUMEN

Del análisis del proceso de producción de embalajes de celulosa moldeada, se observa que uno de los residuos que se genera en la moldeadora es "pasta de celulosa". Cuando éste no puede ser reincorporado a la línea de producción, es recuperado por centrifugado en el sistema de tratamiento de efluentes.

Con intenciones de reciclar este residuo, se propuso investigar la factibilidad de su uso en la confección de bloques o paneles de hormigón alivianado, estudiando las posibles formas de trabajar el material, ya sea en estado húmedo (forma en que egresa del proceso) o seco (secado en ambiente controlado), analizando las ventajas y desventajas que presenta cada alternativa.

A los fines prácticos, se plantearon distintas dosificaciones manteniendo constante la cantidad de residuo y variando las cantidades, y como consecuencia las proporciones, de agua y de cemento.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo corresponde a una primera instancia del análisis del reciclado de uno de los residuos generados, en el proceso productivo del moldeo de pasta celulósica que, gracias a su homogeneidad y bien conocida composición son cada vez más utilizadas como materia prima secundaria en diversas industrias.

La generación del residuo a utilizar proviene de una empresa dedicada a la producción de embalajes de pasta celulósica moldeada para alimentos, como ser, separadores de fruta, estuches y maples de huevos, bandejas y cajas para pizzas.

Durante el proceso de producción, una vez realizado el moldeo, la pasta celulósica excedente es reinsertada al sistema luego de pasar por un tratamiento de líquidos. En éste parte de la pasta es arrastrada y, luego de filtrado, es desechada. Este material es el residuo utilizado.

Dentro de los ensayos realizados al desecho, se destaca la determinación del contenido de humedad. Este parámetro es de gran importancia por su influencia en la dosificación del material compuesto.

La cantidad de agua a adicionar para formar la pasta de cemento, depende fundamentalmente del agua libre que contenga el residuo y por consiguiente, del agua disponible para la hidratación del cemento y formación de las partículas resistentes.

OBJETIVOS

El estudio se centra en la evaluación de la factibilidad de aglomeración de este residuo con cemento portland para la fabricación de un material compuesto. Así mismo, se pretende investigar propiedades físico-mecánicas del material resultante.

METODOLOGÍA

Para analizar la factibilidad de uso de los residuos en la producción de materiales alternativos para la construcción se utilizaron los residuos provenientes del proceso de centrifugado del tratamiento de efluentes. Cabe aclarar que todas las muestras extraídas de la planta fueron conservadas en bolsas plásticas, correctamente cerradas para evitar alteraciones debido al alto contenido de humedad de las mismas. En la **Imagen 1** se muestran los materiales utilizados en el estudio.

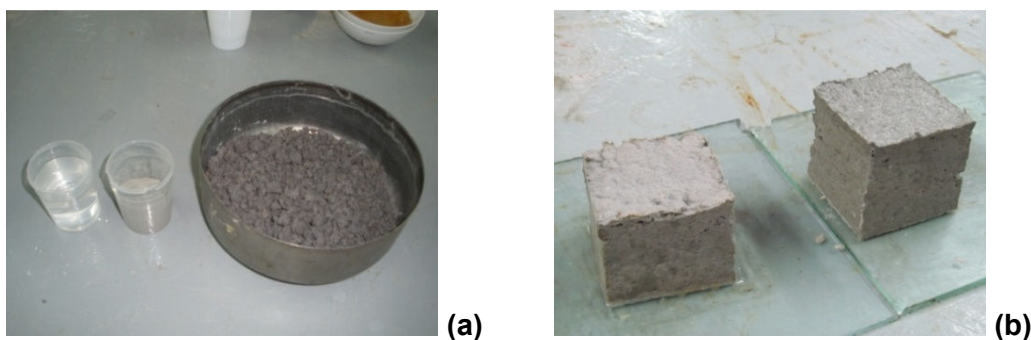


Imagen 1. (a) materiales utilizados para la fabricación del material compuesto. (b) Bloques generados

El contenido de humedad en el residuo se determinó secando las muestras en estufa a una temperatura de $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener constancia de peso. En función de este resultado se propusieron diferentes dosificaciones (en peso) de los componentes involucrados: residuo, cemento y agua.

Al momento del moldeado de las probetas se plantearon dos alternativas: uso del residuo seco en ambiente controlado (RS) y uso del residuo húmedo como egrasa del proceso (RH). Se consideró, además, el moldeo de cubos del mismo tamaño con el agregado de arena en relación 1:1 con el cemento. La incorporación de arena, busca disminuir la contracción por secado de los bloques y aumentar su resistencia a la compresión al llenar los espacios vacíos arrojados por el papel con un agregado más fino y resistente.

Las dosificaciones para el residuo seco (RS), el residuo húmedo (RH) y el residuo húmedo con incorporación de arena (RHA), se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Dosificaciones estudiadas

	Muestra	Relación agua/cemento	Residuo/agua/cemento/arena
RS	RS1	2	4:2:1:0
	RS2	1	2:1:1:0
RH	RH1	1	2:1:1:0
	RH2	0,5	4:1:2:0
	RH3	2	4:2:1:0
	RH4	1	4:1:1:0
	RHA1	1,5	2:3:2:2
	RHA2	1	4:5:5:5
	RHA3	1	4:1:1:1
	RHA4	0,5	4:1:2:2
	RHA5	2	4:2:1:1

Debido a que la distribución de partículas de residuo no es homogénea, se planteó la alternativa de realizar un proceso de pulpeado del residuo húmedo (RHP) previo al

mezclado con cemento. Cabe indicar que fue necesaria la incorporación de cloruro de calcio como acelerante de fragüe. De esta manera, se moldearon probetas con una relación constante de pulpa/agua de 0,24 y variando las cantidades de cemento y cloruro de calcio. En la **Figura 1** se indican las proporciones utilizadas y las denominaciones de las muestras.

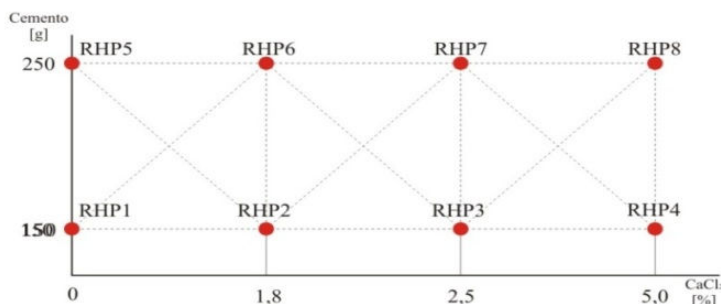


Figura 1. Dosificaciones estudiadas

Tanto la determinación de la resistencia a la compresión como la densidad de los materiales obtenidos, se realizaron en probetas cúbicas de 7cm de lado y fueron ensayadas a 28 días de edad. Para la obtención del valor de resistencia, se utilizó una celda de carga de 10 toneladas, con apreciación 0,5kg.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de humedad obtenido en las muestras extraídas de la planta fue de 301.3%. Este elevado valor se debe a la gran capacidad que poseen las fibras celulósicas para absorber agua. Mientras que a los 68 días de extraída de la planta, el porcentaje de humedad de la muestra fue de 198%. Esta disminución en el contenido de agua en la muestra, advierte la dificultad de almacenar el residuo para su posterior utilización.

Debido a la impermeabilidad y dureza que adquiere el material al secarse, producto de los aditivos incorporados durante el proceso de producción de pasta celulósica en planta, las probetas moldeadas con el residuo en este estado (RS) no presentaron una aglomeración adecuada con la pasta de cemento, produciéndose la disgregación del material. Por lo tanto no fue posible evaluar sus propiedades de densidad y resistencia a la compresión.

En el caso del uso del RH y del RHP, la mezcla en estado fresco presentó buena trabajabilidad y fue posible la generación de probetas para su posterior ensayo.

Los resultados de los ensayos de densidad y resistencia a la compresión de las probetas RH, RHA y RHP, se muestran en las Tablas 2, 3 y 4, respectivamente.

Tabla 2. Resultados ensayos de densidad

Muestra	Densidad [kg/m ³]	kg cemento / m ³ de H°
RH1	889	286,9
RH2	686	286,9
RH3	481,41	143,45
RH4	638,74	143,45

Tabla 3. Resultados ensayos de densidad y resistencia a la compresión

Muestra	Densidad [kg/m ³]	kg cemento / m ³ de H°	Resistencia a compresión [MPa]
RHA1	1024	581,1	1,385
RHA2	1155	708,47	1,813
RHA3	679	145,77	0,093
RHA4	949	340	0,285
RHA5	1082	163,99	0,144

La diferencia significativa en los resultados de resistencia a la compresión para las muestras RHA1 y RHA2 respecto de las restantes, podría deberse a la variación del

contenido de humedad inicial de las muestras, ya que fueron extraídas en diferentes períodos estacionales. La variación en las cantidades relativas de agua/cemento en la mezcla influencia el valor de resistencia a la compresión de la misma.

Otro aspecto que cabe mencionar es la aparente independencia de la densidad de las probetas realizadas con la cantidad de papel incorporada en la mezcla. Como se muestra para las probetas RHA1 y RHA5 sus densidades son similares aún cuando en su composición la probeta RHA5 posee cuatro veces mayor cantidad de papel que la primera.

En relación a los valores de resistencia a la compresión, para el caso particular de las probetas RHA5 y RHA1, se le agrega el efecto de las cantidades absolutas utilizadas para la fabricación de las probetas, es decir, el rendimiento.

Tabla 4. Resultados ensayos de densidad y resistencia a la compresión

Muestra	Densidad [kg/m ³]	kg cemento / m ³ de H ^o	Resist. a la compresión [Mpa]
RHP1	572	505,99	0,736
RHP2	577	470,34	0,982
RHP3	551	493,75	0,776
RHP4	579	506,09	0,851
RHP5	717	797,19	1,728
RHP6	751	713,57	1,864
RHP7	747	762,15	1,951
RHP8	753	806,65	1,708

De acuerdo a los resultados mostrados para las probetas realizadas con el material triturado, un incremento en la cantidad de cemento implica un aumento tanto en la densidad como en la resistencia a la compresión.

Por otra parte, queda evidenciado que para incrementos en el contenido de cloruro de calcio no afectan a los valores de resistencia a la compresión.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las observaciones realizadas, se puede concluir:

- ✓ Debido a la pérdida del contenido de humedad propia del residuo durante el almacenamiento, es recomendable su uso, para la fabricación del material compuesto, en las condiciones que sale del proceso (condición saturada).
- ✓ Por existir una correlación entre el contenido de humedad del residuo extraído de la planta y las propiedades finales de la probeta ensayada, es primordial controlar las condiciones de almacenamiento del residuo.
- ✓ No fue posible encontrar una dosificación adecuada para la aglomeración del residuo seco (RS) con pasta de cemento. Esto se corresponde con la imposibilidad de la rehidratación del residuo sometido al proceso de secado.
- ✓ Con el proceso de pulpeado se logra obtener una mejora en las características del material, disminuyendo la densidad final sin detrimento del valor de resistencia a la compresión.

REFERENCIAS

[1] María C. Area; Guido Mastrantonio; Hugo Velez, «GESTIÓN AMBIENTAL EN LA FABRICACIÓN DE PAPEL RECICLADO,» de *Reciclado Celulósico*, M. Zanuttini, Ed., Santa Fe, 2012, pp. 264-303.

[2] Industries confederation of european paper, «DISCOVERING THE HIGH POTENTIAL OF PULP AND PAPER PRODUCTION RESIDUES,» Cepi, Bruselas, 2003.

[3] P. M. M. Àngels Pèlach, «PROCESO DE DESINTEGRACIÓN O PULPEADO,» de *Reciclado Celulósico*, M. Á. Zanuttini, Ed., Santa Fe, 2012, pp. 33-72.