

## **HORMIGONES DE CEMENTO PORTLAND CON ARENAS DE FUNDICIÓN . BASES PARA LA GESTION SUSTENTABLE**

Miguel R. E<sup>(1)</sup>., Banda Noriega R. B.E<sup>(1)</sup>., Barreda M. F. <sup>(2)</sup>, Monzón J.D. <sup>(2)</sup>, Sota J. D. <sup>(2)</sup>  
LEMaC – UTN – FRLP – 60 y 124 (1900) – Tel. 02214890413- Email jdsota@frlp.utn.edu.ar

(1) Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, (2) Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional La Plata

### **RESUMEN**

En las industrias de fundición las arenas de moldeo son el principal residuo, siendo en el caso de las fundiciones de hierro del orden del 65 al 85 %. La mayoría de las fundiciones reutilizan cierta porción de la arena residual para la fabricación de machos y moldes; en muchos casos, se vuelve a emplear la mayor parte de ella. A medida que se reutiliza la arena se forman acumulaciones de finos, de manera que, para mantener la formulación, cierta cantidad de arena debe ser retirada. La arena retirada junto a la pérdida en el desmolde se convierte en residuo. Este residuo actualmente se dispone en cavas de canteras abandonadas. Estas arenas están contaminadas con los restos de los aglomerantes utilizados para darle la cohesión necesaria para fabricar los moldes. Son comunes los aglomerantes de aceite y los sintéticos. Son más usados los aglomerantes químicos por brindar una mayor productividad, mejor control de dimensiones y una mejor calidad de la superficie de la pieza resultante. Estos aglomerantes sólo están degradados parcialmente y, junto con contaminantes como el plomo, cobre, níquel y zinc, si las arenas provienen de una fundición de bronce, tornan al residuo contaminante, y según sus concentraciones, peligroso. Este trabajo se centra en el estudio de un caso de una pequeña industria de fundición de aluminio en el partido de Tandil. Durante un trimestre se procedió al seguimiento y toma de datos de la producción, consumo de arena y aglomerantes, porcentaje de arena recuperada y desechada. Se estableció que es factible una mayor recuperación de arenas dentro del circuito productivo, lo cual beneficia en términos económicos a la empresa y reduce el posible impacto de su inadecuada disposición.

Con un porcentaje de la arena como residuo se elaboraron hormigones, determinando sus características comparándolos con un hormigón de referencia. Los resultados obtenidos son satisfactorios, incluyendo las determinaciones de los contaminantes identificados por lixiviación.

Palabras clave: residuo, arena de fundición, hormigones, lixiviados, metales

### **INTRODUCCIÓN.**

Las arenas de fundición son el principal residuo generado por las industrias de fundición de metales tanto ferrosos como no ferrosos.

Las arenas son utilizadas para la elaboración de moldes que copian la figura de un modelo o pieza a replicar en el metal que se requiera.

Los moldes en arena son elaborados (mayormente) en dos mitades que reproducen el modelo a replicar. Una vez conformado el molde se extrae el modelo

quedando un vacío en el molde. Este vacío conformara la pieza cuando se vierta el metal (ferroso o no ferroso) al molde en el proceso de colado.

Una vez que el metal en estado de fusión se ha incorporado al molde y se ha solidificado es necesario extraer la pieza que se ha replicado. Para ello, es necesario colapsar el molde de arenas de fundición. Es en esta etapa del proceso productivo, conocida como desmoldeo, las arenas de fundición se transforman en un residuo.

Esta breve reseña del proceso productivo nos describe el uso de las arenas de fundición y como estas se transforman en residuo. Sin embargo es importante tener en cuenta que las industrias de fundición de metales pueden poseer un tamaño variable, diferentes características y volúmenes de generación de residuos y diferentes tecnologías de proceso.

En la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina, parte de las arenas usadas de moldeo que se generan en el proceso, son recuperadas y reutilizadas en el mismo. Hay que tener en cuenta, como se señaló anteriormente, que los volúmenes de generación de arenas usadas de moldeo son diferentes dependiendo de la capacidad de producción y tecnología empleada.

No obstante, un importante volumen de las arenas usadas de moldeo no es recuperado y es finalmente dispuesto en cavas abandonadas tanto de canteras como de ladrilleras.

Las arenas usadas de moldeo son residuos sólidos con muy bajos contenidos de humedad. No obstante la actual disposición favorece el contacto de estos residuos con el agua de lluvia con la consecuente formación de lixiviados.

Las cavas de cantera están formadas por rocas de origen ígneo, un basamento cristalino granítico. Estas rocas se presentan diaclasadas lo que hace posible que cualquier elemento químico lixiviado de las arenas usadas de moldeo presente pueda circular rápidamente a través de este medio figurado. El mayor diaclasamiento o fisuras generadas por la actividad minera aumentan la permeabilidad propia del medio figurado del basamento cristalino, permitiendo al agua infiltrar más velozmente.

Las cavas de ladrilleras presentan un suelo decapitado con una consecuente pérdida del material poroso clástico. Esta pérdida de material permite una circulación mas veloz del lixiviado generado en el sitio de disposición de las arenas de fundición aunque de forma diferente al que acontece en las cavas de cantera.

La infiltración de los lixiviados generados a partir de las arenas usadas de moldeo en los actuales sitios de disposición final podría poner en contacto los elementos químicos presentes en ellas con el acuífero y por consiguiente llegar a contaminarlo.

## **Características de las Arenas Usadas en el moldeo**

La utilización de arenas en el proceso de fundición conlleva el agregado de una proporción de aglomerantes. Estos pueden ser de diverso tipo según la tecnología empleada.

Los aglomerantes sintéticos mas comunes incluyen resinas fenólicas, de fenol-formaldehido, formaldehido de úrea, formaldehido de úrea/alcohol furfurílico, isocianato fenólico e isocianato alquídico.

Muchos de estos compuestos y seguramente parte de sus productos de transformación, son considerados peligrosos o especiales según la legislación nacional y provincial vigente, con la consecuente factibilidad de transferir estas características a las arenas usadas de moldeo.

Uno de los criterios para establecer la peligrosidad o especialidad de un residuo se basa en una lista de elementos y compuestos químicos. Si un residuo posee un elemento o compuesto químico (sin tener en cuenta su concentración) considerado constituyente peligroso según la ley, transferirá la característica de peligroso-especial al residuo.

Es por lo tanto probable, que las arenas usadas de moldeo, constituidas por aglomerantes con elementos y compuestos peligrosos-especial, deban ser consideradas como residuos peligrosos-especiales.

## **ESTUDIO DE CASO**

El trabajo se efectuó en el período de un trimestre (diciembre 2003 – febrero 2004) con el seguimiento y toma de datos de la producción en Kg. de piezas de aluminio , consumo de arena y aglomerantes.

La toma de datos se efectuó teniendo en cuenta los Kg. de arena usada de moldeo incorporada a los moldes. Asimismo se relevaron los Kg. de arena virgen, es decir aquella que se incorpora por primera vez al proceso productivo. De esta forma se pudo establecer el total de Kg. de arena de cada molde y los % correspondientes a arena virgen y arena reutilizada. Una vez colapsado el molde se procedió al pesaje de la pieza obtenida.

Con respecto a las arenas usadas de moldeo es significativo exponer que existen diferencias a la hora de su incorporación a los moldes. Estas pueden hacerse de forma conglomerada o desagregada. Las arenas conglomeradas son las que posteriormente al proceso de desmoldeo no se desagregaron. Estas pueden incorporarse a los moldes sin reincorporación de aglomerantes. Por el contrario, a las arenas desagregadas (luego del proceso de desmoldeo) se les debe reincorporar aglomerantes.

Es importante en esta instancia destacar que en este estudio de caso la mayor parte de las arenas dispuestas como residuo son conglomeradas. Estas van desde aquellas que pasan por un tamiz de 10 cm. x 10 cm. y aquellas que no pasan

por un tamiz de 0.8 cm. A este rango de arenas desechadas debe sumarse las arenas conglomeradas constituidas por arenas usadas de moldeo ya reutilizadas. Estas últimas se desechan ya que ha criterio de esta industria debilita la estructura de los moldes.

En base a estos datos se pudieron establecer los porcentajes de arena recuperada y desechada. A partir de dicha información se conocieron los valores de generación de arenas usadas de moldeo y a su vez construir un índice de intensidad de uso (MIPS).

Una vez identificados y cuantificados los residuos objeto de estudio se procedió a su caracterización química. Para ello, en una primera instancia, se buscaron compuestos presentes en los aglomerantes y otros productos empleados como aditivos. Se efectuaron los análisis de acuerdo a los ensayos de lixiviación EPA SW 846 (1986) para la determinación analítica de los compuestos en el lixiviado resultante.

Las determinaciones analíticas en su mayoría se realizarán con instrumental específico de alta sensibilidad y especificidad como es la espectrometría de absorción atómica por aspiración directa en llama y espectrofotometría infrarroja.

### **Índice de Intensidad de Uso (MIPS).**

El MIPS significa insumo por unidad de servicio metodología desarrollada por Wuppertal Institute for climate. Esta metodología pretende estimar el impacto del insumo orientado al ambiente acusado por la industria o servicios de producción, el MIPS indica la cantidad de recursos usados (en este caso arena y aglomerantes) para la producción o servicios (en nuestro caso de estudio, piezas de aluminio).

El índice de intensidad de uso (IIU) expresa los valores en el uso de arena y aglomerantes (en Kg.) por unidad de producto (Kg. de aluminio). Este se utilizó para comparar los valores cuando se reutiliza y cuando no se reutilizan las arenas usadas de moldeo.

Es significativo para interpretar los valores del MIPS exponer las proporciones de aglomerantes en relación a los Kg. de arena virgen y arena usada de moldeo desagregada. Esta diferencia en la proporción de aglomerantes para arenas usadas y virgen se debe a cuestiones del sistema productivo de la industria objeto de estudio.

Para 100 Kg. de arena virgen se utilizan 1.182 Kg. de aglomerante parte AB y 0.293 Kg. de aglomerante parte C. En cambio para 100 Kg. de arena usada de moldeo desagregada se utilizan 1.278 Kg. de aglomerante parte AB y 0.317 Kg. de aglomerante parte C.

A continuación se presentan las tablas con los valores de IIU para el consumo de arena y consumo de aglomerante Parte AB y parte C.

Totales	Kg. arenas usadas	Total Kg.	% reutilización Total	Kg. de pieza	IIU sin reutilización Kg Arena/kg producto	IIU con reutilización Kg Arena/kg producto.
Noviembre	5069.69	11325.81	44.76	1253.20	9.04	4.99
Diciembre	4351.98	14308.68	30.41	2138.40	6.69	4.66
Enero	6645.38	12783.69	51.98	1979.00	6.46	3.10
Trimestre	16067.05	38418.18	41.82	5370.60	7.15	4.16

Tabla 1 IIU para Arena Virgen

Totales	Utilización en Kg. de aglomerante parte AB sin reutilización	Utilización en Kg. de aglomerante parte AB con Reutilización	IIU sin reutilización Kg. Aglomerante parte AB /Kg. Producto	IIU con reutilización Kg. Aglomerante parte AB /Kg. Producto
Noviembre	133.94	103,18	0.107	0,082
Diciembre	169.22	133,40	0.079	0,062
Enero	151.18	116,01	0.076	0,059
Total	434.18	352,59	0,085	0,066

Tabla 2: IIU para aglomerante AB

Totales	Utilización en Kg. de aglomerante parte C sin reutilización	Utilización en Kg. de aglomerante parte C con Reutilización	IIU sin reutilización Kg. Aglomerante parte C /Kg. Producto	IIU con reutilización Kg. Aglomerante parte C /Kg. Producto
Noviembre	33.27	25,61	0.027	0,020
Diciembre	42.03	33,07	0.020	0,015
Enero	37.55	28,82	0.019	0,015
Total	112,86	87,50	0,021	0,016

Tabla 3: IIU para aglomerante parte C

Los IIU de arena virgen y aglomerantes AB y C registra una disminución cuando no reutiliza a cuando se reutiliza.

En el caso de la arena virgen los valores disminuyen de 7.15 Kg. de arena virgen cada kg. de aluminio producido a 4.16. Esto es una disminución en el consumo de arena virgen del orden de los 3 kg. por kg. de aluminio producido.

Respecto a los aglomerantes parte AB, los valores disminuyen de 0.085 kg. a 0.066 kg. de aglomerante por Kg. de aluminio producido. Esto es una disminución en el consumo de aglomerante parte AB del orden de 0.019 kg. por kg. de aluminio producido

En el caso del aglomerante parte C, los valores disminuyen de 0.021 kg. a 0.016 kg. de aglomerante por Kg. de aluminio producido. Esto es una disminución en el consumo de aglomerante parte c del orden de 0.005 kg. por kg. de aluminio producido.

Si bien los valores de disminución de consumo de insumos expresado en el IIU no aparentan ser significantes a la hora de expresarlo en 1kg. de pieza producida. Lo es cuando en un trimestre los valores de producción de piezas de aluminio de esta pequeña empresa superan los 5370 Kg.

### Características químicas de las arenas usadas de moldeo.

La caracterización química de las arenas usadas de moldeo se realizó a partir de ensayos de lixiviación y determinaciones por espectrometría de absorción atómica por aspiración directa en llama (para el caso de metales) y espectrofotometría infrarroja (para hidrocarburos totales) de los compuestos más representativos de acuerdo al tipo de aglomerante y catalizador empleado. Estos son Plomo, Cobalto e Hidrocarburos totales, los cuales figuran en las hojas de seguridad de los aglomerantes como más característicos.

Los resultados de las determinaciones en los lixiviados extraídos a las arenas proporcionaron como resultado los valores expresados en la Tabla 4 (Concentraciones) y 5 (Carga Lixiviada por Kg. de arenas usadas de moldeo). Téngase en cuenta que para la arena conglomerada se posee una sola incorporación de aglomerantes. En cambio, para la arena desagregada y vuelta a reutiliza se cuenta con una reincorporación de aglomerantes, es decir una doble carga de los mismo ya que la empresa considera que todo el aglomerante incorporado se ha degradado o transformado.

Analíticos	Arenas Conglomerada	Arenas Desagregada
Plomo (mg/L)	108	231
Cobalto (mg/L)	3.7	5.7
Hidrocarburos Totales (mg/L)	32	38

Tabla 4: Concentración de elementos en lixiviado..

Analíticos	Arenas Conglomerada	Arenas Desagregada
Plomo (g / Kg.)	2.16	4.62
Cobalto (g / Kg.)	0.074	0.114
Hidrocarburos Totales (g / Kg.)	0.64	0.76

Tabla 5: Carga Lixiviada por Kg. de Arenas Usadas de Moldeo.

Antes de analizar los datos obtenidos en la determinación es importante aclarar que al momento de la disposición de las arenas estas no se hacen en forma desagregada, sino en conglomerados de arenas. En cambio, para el ensayo de lixiviación la muestra de arena es triturada. Por lo tanto, la carga lixiviada en los analíticos de las arenas no expresa lo que sucede en el sitio de disposición final, pero si una aproximación de lo que podría suceder.

Como corolario de las determinaciones se puede observar una presencia de Plomo en el lixiviado de arena conglomerada de 2,16 g/Kg. de arena. Este a su vez aumenta a 4.62 g/kg. de arena cuando la arena desagregada es vuelta a reutilizar. Puede observarse que el valor de Plomo en arena desagregada es superior al doble que el presente en arena conglomerada. Esta situación puede deberse a que parte de las arenas desagregadas y vueltas a reutiliza continúen dentro del sistema productivo en mas de un ciclo de recuperación aumentando de esta forma su carga en Plomo.

En referencia al Cobalto puede observarse una presencia en el lixiviado de arena conglomerada de 0.074 g/Kg. de arena. Este a su vez aumenta a 0.114 g/kg. de arena cuando la arena desagregada es vuelta a reutilizar.

Del mismo modo se observa un aumento en los valores de hidrocarburos totales de 0.64 g/kg. a 0.74 g/kg. .

Teniendo en cuenta lo sucedido en el Plomo podemos suponer que para hidrocarburos totales existe una pérdida de estos por degradación térmica desde el momento del colado al enfriamiento de las arenas. Esta situación no sucedería con el Plomo.

Con el propósito de estudiar la recuperación y reutilización de arenas de moldeo en fundición, fuera del circuito productivo, por ejemplo como material de construcción, se evaluó la factibilidad de su incorporación en el hormigón.

Para ello se dosificaron hormigones con un porcentaje de las arenas muestreadas, caracterizándolos desde su resistencia, permeabilidad y determinando los lixiviados resultantes.

## **I.- Materiales componentes del hormigón**

**I.1- Ligantes:** Cemento Pórtland Normal (De uso general que cumpla con la norma IRAM 50000)

**I.2- Escoria:** En la producción de hierro vaciado, también llamado fierro de lingote, si la escoria es enfriada lentamente en el aire, los componentes químicos de la escoria están generalmente presentes en forma de melitita cristalina, que no reacciona con el agua a temperatura ordinaria. Si es molida al grado de partículas muy finas, el material será débilmente cementante y puzolánico. Sin embargo, cuando la escoria líquida es rápidamente apagada desde una lata temperatura, ya sea por medio de agua o por una combinación de aire y agua, la mayor parte de la cal, la magnesia, la sílica y la alúmina son retenidos en estado no cristalino o vidrioso. El producto apagado con agua es llamado escoria granulada debido al tamaño y tipo de arena de sus partículas, mientras que la escoria apagada por aire y con una cantidad limitada de agua que resulta en forma de pelets, es llamada escoria peletizada.

El objetivo con esto es conseguir una permeabilidad muy baja que dificulte el paso del agua y los posibles lixiviados. El transporte de líquidos en el hormigón depende del sistema de poros, del tipo de líquido, de la temperatura y de la humedad. Los mecanismos que predominan son la succión capilar y la difusión. Debemos tener en cuenta la influencia de la escoria en la resistencia a edades avanzadas, en los resultados se destaca este fenómeno.

**I.3-Agregados:** Una vez constatada la aptitud de los agregados que se emplearán, se deben conocer los parámetros requeridos por el método racional que se emplee, así como las características físicas entre otras las absorciones y densidades relativas.

### **Agregado fino**

- Arena Argentina (Modulo de finura es 1.41)

- Arena Oriental (Modulo de finura es 3.05)

**Agregados grueso:** Piedra partida granítica (Modulo de finura es 6.85)

#### **I.4- Aditivos químicos:** Incorporador de aire

Le proporciona al concreto una protección extra creando burbujas de aire ultra estables que son fuertes, pequeñas y con poco espaciamiento útil en los tipos de hormigones que se conocen por su dificultad para ocluir y mantener el contenido de aire deseado. Aumentando la impermeabilidad al agua del hormigón resultante.

#### **II.- Arenas contaminadas:**

Identificación:

Arena 1 (Arena de primer moldeo)

Arena 2 (Arena reutilizada varias veces)

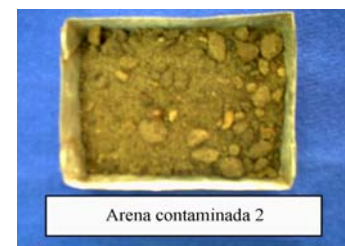
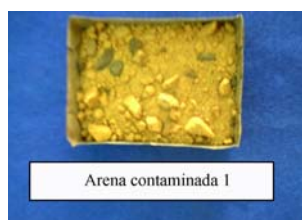
#### **Caracterización física:**

Se determino las granulometria siguiendo los lineamientos de la Noma IRAM 1505, para conocer la distribución por tamaños de las partículas.

También se calcularon los módulos de finura:

Arena 1 (Módulo de finura 3,1)

Arena 2 (Módulo de finura 2,7)



#### **III.- Dosificación:**

##### **III.1- Dosificación de hormigones**

En el caso del hormigón se dispone de tres componentes individuales; el agua, el ligante y los agregados. Al mezclar dichos componentes entre sí en una gama prácticamente infinita de combinaciones de cantidades relativas, se obtienen hormigones de muy distintas propiedades, tanto en su estado fresco como endurecido.

##### **III.2- Condiciones para una adecuada dosificación**

- **Economía:** Es razonable asociarla con la reducción del costo de los materiales componentes, aunque intervengan otros factores. Dado que el cemento es más costoso que los agregados, por lo general, La mezcla más económica será aquella con menor contenido de cemento.
- **Trabajabilidad:** Sin duda, una mezcla bien diseñada debe ser capaz de ser mezclada, transportada, colocada y compactada con el equipamiento disponible. La aptitud de La mezcla para que tenga una correcta terminación también es un factor a tener en cuenta, debiendo minimizarse la exudación y la segregación. La



consistencia del hormigón fresco es una medida de su resistencia a fluir o ser deformado. La prueba más difundida para medir estas propiedades es el ensayo del tronco cono (IRAM 1536) que mide el asentamiento de un tronco cono moldeado con el hormigón fresco. A mayor asentamiento, mayor fluidez (menos consistencia) de la mezcla. Como regla general, el hormigón debe suministrarse con un mínimo de asentamiento que permita su colocación, según el tipo de estructura y sus requerimientos de durabilidad.

- Resistencia y durabilidad: En general, las especificaciones de hormigón exigen una resistencia determinada a la compresión a 28 días, aunque no es necesariamente la condición dominante (también se evaluó la resistencia a los 60 y 90 días).

Según el comité ACI 201, la durabilidad del concreto de cemento Portland se define como su capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro; es decir, el concreto durable retendrá su forma original, su calidad y su servicio, cuando se exponga al medio ambiente.

De donde, el hormigón deberá poder ser colocado con el grado apropiado de consistencia, y que, con el aprovechamiento más económico de los materiales disponibles, cuando haya endurecido, deberá tener la resistencia a los esfuerzos considerados y a los agentes exteriores.

- Permeabilidad: En el hormigón, el papel del agua tiene que verse desde una perspectiva adecuada porque, como ingrediente necesario para las reacciones de hidratación del cemento y como agente plastificador para los componentes de la mezcla de hormigón, está presente desde el principio. Gradualmente y dependiendo de las condiciones ambientales y del espesor del elemento de hormigón, la mayor parte del agua evaporable en el hormigón se perderá dejando los poros y capilares vacíos o insaturados. Puesto que es el agua evaporable la que es congelable y la que también está libre de movimiento interno, un hormigón no será vulnerable a los fenómenos destructivos relacionados con el agua siempre que haya quedado poco o ninguna agua evaporable después del secado y siempre que la siguiente exposición del hormigón al ambiente no conduzca a la resaturación de los poros. Esto último, en gran medida, depende de la conductividad hidráulica, que también es conocida como el coeficiente de permeabilidad (K).

### **III.3- Método de dosificación**

El método racional más generalizado en diversos países es el propuesto por el American Concrete Institute (ACI) a través de su comité 211. Se basa en la determinación de los volúmenes absolutos de todos los componentes de la mezcla y el cálculo posterior de los contenidos en peso por unidad de volumen del hormigón, como producto de cada volumen absoluto por el peso específico respectivo.

## RESULTADOS

Características de los hormigones, determinaciones sobre el hormigón fresco (asentamiento, aire incorporado) y sobre el hormigón endurecido (resistencia)

Materiales para 1 m <sup>3</sup>	Pastón 1	Pastón 2	Pastón 3
Cemento	245 kg	245 kg	245 kg
Escoria	105 kg	105 kg	105 kg
Agua	175 l	175 l	175 l
Agregado grueso	1120 kg (63%)	1000 kg (57%)	1000 kg
Agregado fino 1 (fino)	258 kg (15%)	258 kg (15%)	258 kg
Agregado fino 2 (grueso)	386 kg (22%)	386 kg (22%)	386 kg
Arena fundición A1	0	120 kg (7%)	--
Arena fundición A2	--	--	120 kg (7%)
Aditivo incorporador de aire	186 ml	186 ml	186 ml
Asentamiento	11 cm	10 cm	11 cm
Contenido de aire	4%	4%	4%
f'c 28	30,0 MPa	30,0 MPa	24,6 MPa
f'c 60	44,6 MPa	40,7 MPa	35,8 MPa
f'c 90	46.1 MPa	42.2 MPa	37.0 MPa

Se observa un buen comportamiento de los hormigones con la adición de arenas de fundición en la reología del material fresco. La incorporación de las arenas afecta la resistencia en valores admisibles, siendo mayor cuando se adiciona una arena reutilizada en los procesos de fundición.

Ensayo de succión capilar

SUCCION CAPILAR					
CAPACIDAD			VELOCIDAD		
Pastón 1	2233.1	{g/m <sup>2</sup> }	Pastón 1	3.72	[g/m <sup>2</sup> /seg <sup>1/2</sup> ]
Pastón 2	1855.0		Pastón 2	2.96	
Pastón 3	2138.2		Pastón 3	3.48	

El ensayo de succión capilar se realizó sobre probetas de 15 cm de diámetro y los valores obtenidos de velocidad están por debajo de los límites especificados en el Reglamento CIRSOC 201. El parágrafo **2.2.11.1.** de dicho reglamento dice: Los **hormigones** de las estructuras que estarán sometidas a las clases de exposiciones **A2, A3, CL, M1, M2, M3, C1, C2, Q1, Q2** y **Q3** (Tablas 2.1 y 2.2) deben tener **una velocidad de succión capilar** igual o menor que **4,0 g/m<sup>2</sup> s<sup>1/2</sup>**, medida de acuerdo con el ensayo de la norma IRAM 1871:2004.

## Lixiviados comparativos de las arenas y los hormigones

Muestras		Arena 1	Arena 2	Pastón 1	Pastón 2	Pastón 3
Cobre	mg/dm <sup>3</sup>	0.17	0.21	0.12	0.15	0.15
	mg/Kg	3.40	4.20	2.40	3.00	3.00
Cinc	mg/dm <sup>3</sup>	1.85	0.22	nd	nd	nd
	mg/Kg	37.00	4.40	nd	nd	nd
Niquel	mg/dm <sup>3</sup>	nd	0.05	0.37	0.31	0.19
	mg/Kg	nd	1.00	7.40	6.20	3.80
Plomo	mg/dm <sup>3</sup>	7.85	3.50	0.12	0.11	0.14
	mg/Kg	157.00	70.00	2.40	2.20	2.80
Cadmio	mg/dm <sup>3</sup>	0.02	0.02	0.06	0.05	0.06
	mg/Kg	0.40	0.40	1.20	1.00	1.20
Cromo	mg/dm <sup>3</sup>	nd	nd	0.07	0.05	0.05
	mg/Kg	nd	nd	1.40	1.00	1.00

Las determinaciones se realizaron con equipo Perkin Elmer 3110 con la técnica de absorción atómica.

### CONSIDERACIONES FINALES.

Consideramos que esta es una primera etapa de estudio que nos permite conocer el residuo y su comportamiento en un medio de fijación cálcico. No obstante se pueden mencionar las siguientes consideraciones; para estos conjuntos de materiales y para las dos arenas estudiadas:

El medio utilizado para fijar el residuo es de buen comportamiento frente a las características del mismo.

La existencia de hidrocarburos por degradación de los productos aglomerantes, debe ser tenida en cuenta para valorar la incidencia en la disminución de la resistencia de los hormigones.

Los valores de los lixiviados de los pastones están por debajo de los límites admitidos por las normas..

Teniendo en cuenta esto el objetivo final del trabajo es:

- Proteger el medio ambiente reciclando este residuo.
- La fijación de este residuo como material de construcción (en nuestro caso el hormigón).
- Obtener un valor agregado.

### BIBLIOGRAFÍA.

Freeman, M. H.. Manual de Prevención de la Contaminación Industrial. Cap. 41. Leidel, D.S. Prevención de la contaminación en los talleres de fundición. Ed. Mc Graw-Hill. 1998.

Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP)  
PROCQMA - Universidad Tecnológica Nacional, 2006. (11 y 12 de Abril, San Rafael, Mendoza)  
**ISBN 950-42-0056-7**

Nieto López Guerrero, Pedro; Incidencia de las actividades industriales sobre la calidad de agua subterráneas; Cuadernos del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA), Madrid 1979.

Novais de Oliveira, Therezinha Maria; Ribero da Costa, Rejena Elena. Areias de fundição: uma questão ambiental. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC. Campus Universitário. Trindade. Florianópolis. Brasil.

Sala, José M.; Recursos Hídricos (Especial Mención de las aguas subterráneas); Ralatorio, Geología de la Provincia de Buenos Aires; VI Congreso Geología Argentina 21-27 de septiembre de 1975 en Bahía Blanca.

Teruggi, Mario E.; Kilmurray, Jorge O.; Tandilia; Ralatorio, Geología de la Provincia de Buenos Aires; VI Congreso Geología Argentina 21-27 de septiembre de 1975 en Bahía Blanca.

Varni, Marcelo; González Castelain, José; Weinzettel, Pablo; Rivas, Raúl; Arias, Daniel; Extraigas, Ilda. Evaluación de Impacto Ambiental, Metalúrgica Tandil, División Aluminio. Instituto de Hidrología de Llanuras. U.N.C.P.B.A. Año 1998

Kumar Mehta y Paulo Monteiro, "Concreto: Estructura, propiedades y materiales"; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México. 1998

Kosmatka Steven H., Kerkhoff Beatrix, Panarese William C., Tanesi, Jussara, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU., 2004.

ACI 211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete.

CIRSOC 201, Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.

Norma IRAM 1871. Hormigón. Método de ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido.

Manual de arenas para fundición. Illinois, A.F.S., 1985.

### **Internet**

Concepto de manejo de residuos peligrosos e industriales para el giro de la fundición: manual de minimización, tratamiento y disposición. Comisión Ambiental Metropolitana en colaboración con: Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). TÜVARGE-MEX. Dic. de 1996. [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org)

Lineamientos para la prevención de la contaminación. Industria de fundición y tratamiento térmicos de metales. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Washington, D.C., US). CEPIS (Lima, PE). Año 1996. [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org)

Ritthoff, Michael; Holger Rohn; Liedtke, Christa in cooperation with Thomas Merten. The MIPS concept. Wuppertal Institute for climate. Environment and Energy. Germany. [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)