

HORMIGONES DE CEMENTO PORTLAND CON ARENAS DE FUNDICIÓN

J. D. SOTA, M. F. BARREDA, J. D. MONZÓN

*UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA, ARGENTINA*

R. B. E. BANDA NORIEGA, R. E. MIGUEL

*UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO
PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA*

Las arenas de fundición son el principal residuo generado por las industrias de fundición de metales tanto ferrosos como no ferrosos. Para obtener la cohesión necesaria que permita la fabricación de los moldes que replican la forma de la pieza fundida, se combinan con aglomerantes químicos y sintéticos, siendo estos últimos los más utilizados por brindar una mayor productividad y calidad a la pieza. El material resultante del proceso de fundición constituye lo que conocemos como arenas de moldeo o fundición. Debido a que su excesivo uso forma acumulación de finos en el proceso y para mantener constante la formulación arena-aglomerante, cierta cantidad debe ser retirada, que junto a la pérdida en el desmolde se convierten en residuo, que de acuerdo a las concentraciones de aglomerante y el tipo de fundición puede ser considerado peligroso; actualmente este material se dispone en canteras abandonadas, con consecuencias directas en la contaminación del medio ambiente.

En este trabajo se estudiaron hormigones de cemento portland, en los que se reemplazo parte del agregado fino por arenas de fundición, comparando los resultados obtenidos con un hormigón patrón.

Las conclusiones fueron satisfactorias, incluyendo las determinaciones de los contaminantes identificados por lixiviación.

El objetivo: la utilización de un residuo de la industria de fundición de metales (arenas de fundición) en la elaboración de hormigones de cemento portland. El desarrollo se basa en determinar la factibilidad de contar con hormigones a los que se le ha incorporado un residuo que puedan ser empleados en estructuras de hormigón.

1. Condiciones para un adecuada dosificación

Economía

El costo de un hormigón está constituido por el costo de los materiales, el costo de la mano de obra y el costo del equipamiento.

Sin embargo, con excepción de algunos hormigones o procesos especiales, los dos últimos aspectos, disponiéndose de mano de obra calificada y similar tecnología en la mayoría de las plantas, son prácticamente independientes de la calidad del hormigón producido.

Por lo tanto, es razonable asociarla con la reducción del costo de los materiales componentes, aunque intervengan otros factores.

Dado que el cemento es el más costoso de los componentes, por lo general, la mezcla más económica será aquella con menor contenido de cemento.

Pero en este caso intervienen otros factores (aditivo, escoria y distintos tipos de agregados) debiéndose evaluar aquella que resulte técnicamente más económica con la incorporación de las arenas de fundición.

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.

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

El concreto debe resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de

deterioro, es decir, un hormigón 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.

En general, las especificaciones de hormigón exigen una resistencia determinada a la compresión a 28 días, aunque no, necesariamente es la condición dominante.

Las especificaciones pueden imponer limitaciones a la relación agua/cemento máxima admisible y al contenido unitario de cemento.

Es importante asegurarse la compatibilidad entre estas condiciones para hacer un uso óptimo de las propiedades efectivas que tendrá el hormigón.

Las exigencias vinculadas a la durabilidad, tales como la resistencia al congelamiento y deshielo y ataque químico, entre otras, pueden imponer limitaciones adicionales a la relación agua cemento máxima, al contenido mínimo de cemento, al contenido de aire o a la resistencia misma.

En el hormigón, el papel del agua tiene que verse desde una perspectiva adecuada porque, como un ingrediente necesario para las reacciones de hidratación del cemento y como un agente lubricante para favorecer la movilidad de los componentes de las mezclas de hormigón; el agua 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 (toda el agua capilar y una parte del agua absorbida) se perderá, dejando los poros vacíos o insaturados.

Puesto que es el agua evaporable la que es congelable y la que también está libre para movimiento interno, un hormigón no será vulnerable a los fenómenos destructivos

relacionados con el agua siempre que haya quedado poca o ninguna agua evaporable después del secado y siempre que la exposición del hormigón al ambiente no conduzca a la saturación de los poros.

Esto último, en gran medida, depende de la conductividad hidráulica, que también es conocida como el coeficiente de permeabilidad (K).

Teóricamente se espera que la introducción de partículas de agregado de baja permeabilidad en una pasta de cemento reduzca la permeabilidad del sistema, porque las partículas de agregado deben interceptar los canales de flujo dentro de la matriz de pasta de cemento.

Por lo tanto, en comparación con la pasta de cemento, el mortero o el hormigón con la misma relación de agua cemento y grado de madurez, deberá dar un coeficiente más bajo de permeabilidad.

Los datos de ensayos indican que en la práctica este no es el caso, pero sin embargo en realidad la adición de un agregado a una pasta de cemento o a un mortero, incrementa la permeabilidad considerablemente; de hecho, cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado, mayor será el coeficiente de permeabilidad.

La explicación de porque la permeabilidad del mortero o del hormigón es mas alta que la permeabilidad de la pasta de cemento correspondiente, se halla en las microgrietas que están presentes en la zona de transición entre los agregados y la pasta de cemento.

El tamaño del agregado y la granulometría afectan las características de la exudación de una mezcla de hormigón que, a su vez, influye en la resistencia de la zona de transición.

Durante los periodos iniciales de hidratación, la zona de transición es débil y vulnerable el agrietamiento debido a deformaciones diferenciales entre la pasta de cemento y el agregado, inducido generalmente por la retracción por secado, la retracción térmica y la carga aplicada externamente.

Las grietas en la zona de transición son demasiado pequeñas para poder verse a simple vista, pero son más grandes y anchas que la mayoría de las cavidades capilares presentes en la matriz de la pasta de cemento y, por lo tanto, son instrumentos para el establecimiento de las interconexiones, que incrementan la permeabilidad del sistema.

2. Materiales y ensayos

Para el desarrollo del trabajo se utilizó cemento portland normal (IRAM 50000).

Se empleó la adición de escoria granulada de alto horno para poder conseguir una permeabilidad muy baja que dificulte el paso del agua y los posibles lixiviados, dichas proporciones se encuentran indicadas en la Tabla 4.

Los componentes químicos de la escoria están generalmente presentes en forma de melilita, cristalina, que no reacciona con agua a temperatura ordinaria, se caracteriza por ser débilmente cementante y puzolánico.

Los materiales utilizados como agregados fueron: arena natural silíceo fina ("argentina") y gruesa ("oriental"). En el caso de las arenas de fundición, se emplearon dos tipos la proveniente de las arenas de moldeo virgen y de las arenas de moldeo reutilizada, todos los agregados con una granulometría de acuerdo a la norma IRAM 1505. Además se utilizó como agregado grueso piedra partida granítica.

El conjunto de agregados utilizados permitió tener una curva granulométrica continua y homogénea. Complementando los materiales se utilizó un aditivo incorporador de aire, libre de cloruros, para mejorar la capacidad de retención e inclusión de aire en hormigón de bajo asentamiento y menor permeabilidad incrementando su impermeabilidad al agua, además de reducir la segregación y la exudación.

3. Residuo: arenas de fundición

En la industria de la fundición las arenas de moldeo son el principal residuo, en el caso de las fundiciones de hierro

son del orden del 65% al 85%. Los moldes son elaborados (mayormente) en dos mitades que reproducen la forma de la pieza.

Una vez conformada el molde se extrae el modelo quedando un vacío en el molde, que conformara la pieza cuando se vierta el metal 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 arena de fundición. Es en esta etapa del proceso productivo, conocida como desmolde, que 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 características, volúmenes de generación de residuos y tecnologías diferentes.

No obstante un importante volumen de las arenas de molde no es recuperado y es finalmente dispuesto en cavas de ladrilleras o canteras abandonadas. 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 de fundición presente pueda circular rápidamente a través de este medio fisurado.

El mayor diaclasamiento o fisuras generadas por la actividad minera aumentan la permeabilidad propia del medio fisurado del basamento cristalino, permitiendo al agua infiltrar más velozmente.

Las cavas de ladrilleras presentan un suelo decapitado con una consecuente pérdida del material poroso clásico. Esta pérdida de material permite una circulación más veloz

Figura 1.- Clastos de arenas de fundición (color amarillo) en probeta de hormigón con vainas de sensores de temperatura.



Figura 2.- Arena virgen.

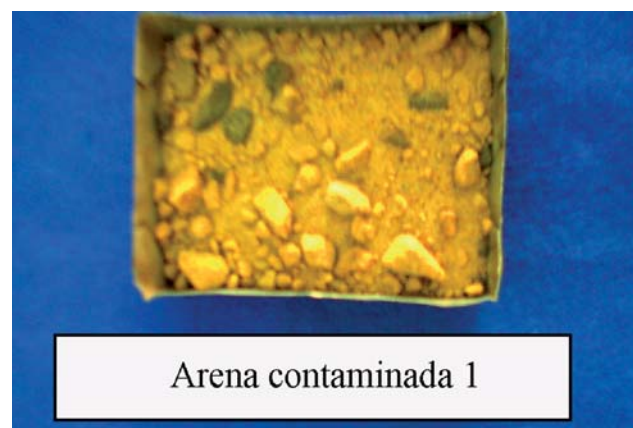


Figura 3.- Arena reutilizada.



Figura 4.- Disposición final de las arenas.



Figura 5.- Molde finalizado de arena de fundición.



Figura 6.- Arena de fundición en zona urbana.



del lixiviado generado en el sitio de disposición de las arenas de fundición aunque de forma diferente al que acontece en las canteras.

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.

3.1. Características de las arenas de 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 fenolformaldehído, formaldehído de úrea, formaldehído de úrea/alcohol furfúrico, isocianato fenólico e isocianato alquídico.

Muchos de estos compuestos son considerados peligrosos o especiales según la legislación nacional y provincial vigente, con la consecuente factibilidad de transferir estas características a las arenas de fundición.

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

3.2. Características químicas de las arenas de moldeo

Todo residuo antes, durante y después de llegar a su disposición final se halla sometido a un conjunto de reacciones químicas, de los agentes meteorológicos y en particular la lluvia.

Se define a la lixiviación como la capacidad de arrastre de partículas contaminantes por el agua. A partir de este punto la contaminación se multiplicará, de ahí la importancia de los test de lixiviación.

Si el agua superficial o subterránea se pone en contacto con un material, cada componente del mismo se disuelve a una velocidad finita.

Incluso en los residuos solidificados más impermeables (como arcillas, cemento, vidrio, etc.) el agua puede penetrar en su interior y disolver parte del residuo, por lo que no se puede hablar de materiales completamente insolubles.

Así pues, cuando un residuo, tratado o no, se pone en contacto con el agua se puede medir su velocidad de disolución.

Este proceso se denomina lixiviación, el agua que inicia el proceso se llama lixivante y el agua contaminada se la denomina lixiviado. La capacidad que tiene un material de lixiviar se la conoce como lixiviabilidad.

La lixiviación mide, entonces, la capacidad de liberación de una sustancia tóxica a partir de un residuo, cuando éste, está sometido a determinadas condiciones que se encuentran bien detalladas por la normativa.

En general, el test de lixiviación, consiste en mantener el residuo inmerso en agua ligeramente ácida, y luego analizar ésta.

De allí se deduce que un residuo puede contener una gran cantidad de materia tóxica (carga contaminante) pero no ser lixiviada en estas condiciones.

De donde, un residuo puede contener una alta carga contaminante, pero una capacidad de lixiviación nula, por otro lado, puede contener una baja carga contaminante pero con una capacidad de lixiviar muy alta.

Incorporado el residuo en la obra se tendrá que valorar su comportamiento en servicio dado que el nuevo material estará en contacto con el agua, ya sea de lluvia o de escorrentía, y es por eso que es preciso someter al producto al test de lixiviación para conocer si libera sustancias tóxicas al medio y en que cantidad una vez inertizado o reciclado el residuo en forma de material para la construcción, intentando de esta forma extrapolar que

sucedirá con los contaminantes cuando se hayan puesto en contacto con el agua.

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.

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.

Los resultados de las determinaciones en los lixiviados extraídos a las arenas proporcionaron como resultado los valores expresados en la Tabla 1 (concentraciones) y Tabla 2 (carga lixiviada por kg de arenas usadas de moldeo).

Debemos considerar que la arena virgen tiene una sola incorporación de aglomerantes (un moldeo), en cambio, para la arena reutilizada tiene reincorporación de aglomerante (varios moldeos), en este último caso no solo es mayor la cantidad de aglomerante sino que el grado de alteración es diferente por efectos de la reiteración de la temperatura.

Es conveniente aclarar que los datos analizados de los hormigones se obtienen sobre arenas de fundición conglomeradas al momento de su disposición.

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 del lado de la seguridad, de lo que podría suceder.

Tabla 1.- Concentración de elementos en lixiviado.

Analíticos	Arenas de moldeo Virgen	Arenas de moldeo Reutilizada
Plomo (mg/l)	108	231
Cobalto (mg/l)	3,7	5,7
Hidrocarburos Totales (mg/l)	32	38

Tabla 2.- Carga lixiviada por Kg de arena de moldeo.

Analíticos	Arenas de moldeo Virgen	Arenas de moldeo Reutilizada
Plomo (g/kg)	2,16	4,62
Cobalto (g/Kg)	0,074	0,114
Hidrocarburos Totales (g/Kg)	0,64	0,76

Como análisis previo se puede observar una presencia de Plomo en el lixiviado de arena conglomerada virgen de 2,16 g/kg de arena, aumentando a 4,62 g/kg de arena, en la arena de moldeo reutilizada.

Esto es consecuencia de que arenas de fundición trituradas y vueltas a utilizar continúan aumentando su grado de contaminación al contacto con el metal fundido.

Con el propósito de estudiar la recuperación y reutilización de arenas de moldeo en fundición, fuera del circuito productivo, por ejemplo como material de cons-

trucción, 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.

4. Proporciones de la mezcla

Se empleó una proporción de material cementicio de (70% cemento + 30% escoria). Para la elaboración del hormigón se siguió el procedimiento de pastones de prueba hasta ajustar el hormigón patrón (sin residuo), se adoptó una relación agua/cemento de 0,50.

El curado de las probetas fue de 24 horas en el molde y luego de desmoldadas, curadas en cámara húmeda hasta las edades de ensayo estipuladas de 30, 60 y 90 días.

5. Dosificación

Con los materiales antes descritos se elaboraron hormigones y se evaluó el comportamiento de las arenas de fundición.

Se considero un pastón patrón, variando los porcentajes de agregados. En ciertas circunstancias, no es posible determinar experimentalmente todos los parámetros, lo que impone la necesidad de estimarlos.

Tabla 3.- Valores obtenidos en los distintos hormigones.

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	0	120 kg (7%)	120 kg
Aditivo incorporador de aire	186 mi	186 ml	186 mi
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

En estos casos, se pierde capacidad de predicción y es posible que se necesiten más pastones de prueba para llegar a una conclusión.

La relación que existe entre la porosidad y la durabilidad se refleja en prácticamente todos los reglamentos y códigos. Por lo general, se indica que para obtener una adecuada durabilidad frente a distintas condiciones de exposición, es condición necesaria (pero no suficiente) que la razón a/c sea menor que cierto valor indicativo.

Podría decirse entonces que la porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del hormigón.

6. Estado fresco

Asentamiento (IRAM 1536)

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.

Método de presión (IRAM 1602)

- a. Reducción en el contenido de arena. Dado a que el aire incorporado actúa en la mezcla fresca como un agregado fino, puede reducirse el contenido porcentual de éste con respecto al total de agregados en general, en una unidad porcentual de aire a incorporar.
- b. Reducción del contenido de agua. Es proporcional al contenido de aire a incorporar y además, ayuda el empleo de piedras partidas de superficie angulosa.

7. Estado endurecido

Resistencia a compresión

Dado que en las estructuras comunes de hormigón simple y armado (pavimentos, edificios, puentes, etc) el tamaño máximo del agregado grueso no supera los 50 mm, se ha

generalizado el empleo de la probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Los resultados corresponden al promedio de tres determinaciones a los 30, 60 y 90 días.

Velocidad de succión capilar (IRAM 1871)

Este es un parámetro asociado particularmente a las estructuras de hormigón.

8. Resultados

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

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 Argentino CIRSOC 201(2005).

El párrafo 2.2.11.1. de dicho reglamento dice: Los hormigones de las estructuras que estarán sometidas a las clases de exposiciones A2, A3, CL, MI, M2, M3, CI, C2, Q1, Q2 y Q3 (Tablas 2.1 y 2.2 del Reglamento) deben tener una velocidad de succión capilar igual o menor que 4,0 (g/m²/seg^{1/2}), medida de acuerdo con el ensayo de la norma IRAM 1871:2004.

Tabla 4.- Resultados del ensayo de succión capilar.

SUCCIÓN CAPILAR			
CAPACIDAD (g/m ²)		VELOCIDAD (g/m ² /seg ^{1/2})	
Pastón 1	2233.1	Pastón 1	3.72
Pastón 2	1855.0	Pastón 2	2.96
Pastón 3	2138.2	Pastón 3	3.48

Tabla 5.- Resultados de los lixiviados.

Muestras		Arena 1	Arena 2	Pastón 1	Pastón 2	Pastón 3
Cobre	mg/dm ³	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 ³	1.85	0.22	nd	nd	nd
	mg/Kg	37.00	4.40	nd	nd	nd
Niquel	mg/dm ³	nd	0.05	0.37	0.31	0.19
	mg/Kg	nd	1.00	7.40	6.20	3.80
Plomo	mg/dm ³	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 ³	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 ³	nd	nd	0.07	0.05	0.05
	mg/Kg	nd	nd	1.40	1.00	1.00

Lixiviados comparativos de las arenas y los hormigones

Determinación de cationes pesados por lixiviación (procedimiento de extracción TCLP EPA 1311, absorción atómica sobre concentrado).

9. Consideraciones generales

Se sugiere la implementación de un sistema de trituración de las arenas conglomeradas que por su tamaño no son incorporadas a los moldes y por tanto no pueden ser reutilizadas.

Más allá de toda reutilización y teniendo en cuenta los aspectos legales y técnicos, la actual disposición de arenas usadas de moldeo no es compatible con un sistema integral de residuos sólidos.

La innovación en la reutilización de arenas dentro del propio sistema productivo y la inmovilización de las arenas en hormigón tiende a generar un sistema de gestión sustentable.

Pero este sistema debe ir acompañado de una legislación y una política de estado coherente con las realidades sociales, económicas y del medio físico natural de cada localidad.

10. Conclusiones

De acuerdo a los materiales y proporciones utilizadas en los hormigones se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Una leve disminución de las resistencias a edades avanzadas.
- La succión capilar cumple con lo exigido por el Reglamento CIRSOC 201 (2005).
- Se produce una reducción del asentamiento, seguramente atribuible a la incidencia de la forma del agregado,
- Su uso como material de la construcción puede evitar el riesgo que provoca sobre el sistema hídrico subterráneo.

No obstante, es importante resaltar que los ensayos para la caracterización química se realizaron en un muestreo puntual, siendo pertinente realizar un seguimiento a través de otros muestreos para llegar a una conclusión más acabada y rigurosa.



- 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.
- Nieto López Guerrero, P.; 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 fundigáo.uma questáo ambiental. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC. Campus Universitário. Trindade. Florianópolis. Brasil.
- Sala, J. M.; Recursos Hídricos (Especial Mención de las aguas subterráneas) Ralatorio, Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geología Argentina 2127 de septiembre de 1975 en Bahía Blanca.
- Teruggi, M.E.; Kilmurray, J.O., Tandilia; Ralatorio, Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geología Argentina 21 27 de septiembre de 1975 en Bahía Blanca.
- Varni, M.; González C.J., Weinzettel P.; Rivas, R.; Arias, D.; Extraigas, I. Evaluación de Impacto Ambiental, Metalúrgica Tandil, División Aluminio. Instituto de Hidrología de Llanuras. U.N.C.P.B.A. Año 1998
- Sota J.D., Barreda M.F. "Residuo contaminante (catalizador agotado) como adición activa en un hormigón de cemento portlan. Congreso del Hormigón. Chile. Octubre de 2005.
- Kurnar Mehta y Paulo Monteiro, "Concreto. Estructura, propiedades y materiales", Instituto Mexicano de/ Cemento y de/ Concreto", México. 1998
- «Manual de arenas para fundición". llinois, 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). TOVARGE MEX. Dic. de 1996. www.cepis.ops oms.org
- Lineamientos para la prevención de la, contaminación. Industria de fundición y tratamiento técnicos de metales. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Washington, D.C., US). CEPIS (Lima, PE). Año 1996. www.cepis.ops oms.org
- Rítthoff, Michael; Holger Rohn; Liedtke, Christa in cooperatió with Thomas Merten. The MIPS concept. Wuppertal Institute for climate. Environment and Energy. Germany. www.wupperinst.org



Transportar

Cargar

Paletizar

Embalar

Soluciones BEUMER para la industria de materiales de construcción. Económicas. Seguras.

Como fabricante líder a nivel mundial para intralogística en los ámbitos de la tecnología de transporte, carga, paletización y embalaje conocemos los caminos de sus productos con sus especiales características individuales. Empleamos todos estos conocimientos para el desarrollo de instalaciones y sistemas para la industria de materiales de construcción. ¡Convéncase Vd. mismo! Visítenos en Internet.

www.beumer.com

