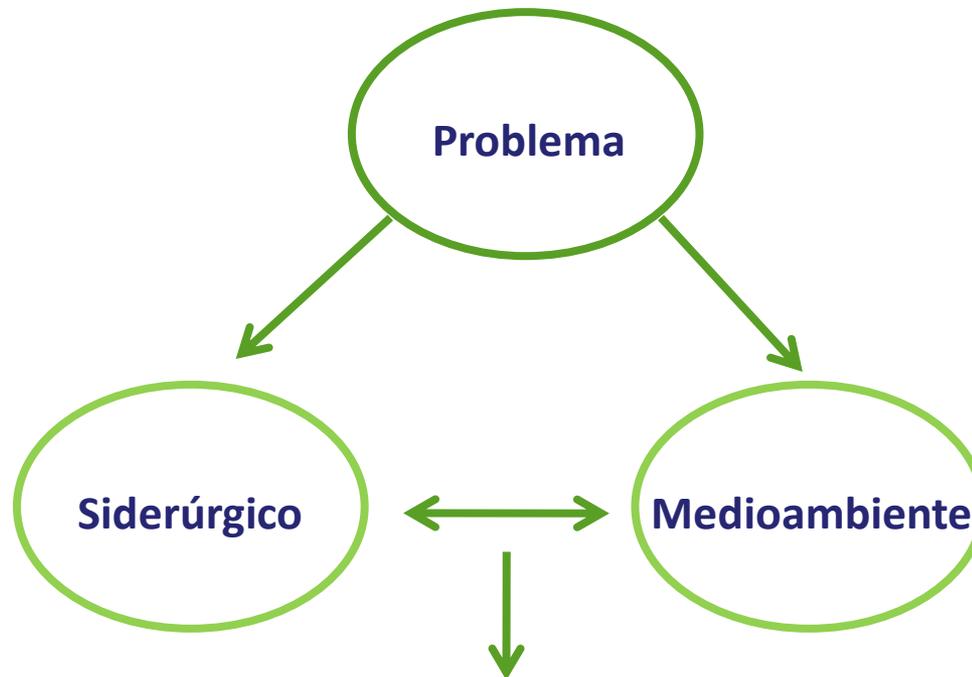


“Utilización de escorias de acero como árido artificial, para futuros usos en la construcción”

Solicitud Servicio de Normalización
INN

2018

Revisión



Residuo con las características idóneas para ser utilizado en otra actividad productiva.

REMEDIACIÓN AMBIENTAL PERMANENTE



RioClaro
Servicio de Remediación Ambiental
www.emasmin.cl

**CUMPLE NORMATIVA VIGENTE CON REMEDIACIÓN
A TRAVÉS DE RESIDUOS MODIFICADOS**



Solución permanente para
cumplir normativas INFAs



Disminución de costos
de producción mediante
remediación de concesiones



Solución sustentable
con el medio ambiente



Proyecto 13 PIE 20.417. Innova Corfo X Región



RENDIMIENTO SUPERIOR DE CULTIVOS



[OPTIMIZA DESARROLLO DE CULTIVOS EN BASE A RESIDUOS MODIFICADOS]

 Fertilizante a base de Silicio que corrige los principales problemas en el desarrollo de cultivos

 Su utilización disminuye costos de producción

 Mejora resistencia a plagas y daños externos

 Corrige suelos con problemas de acidez

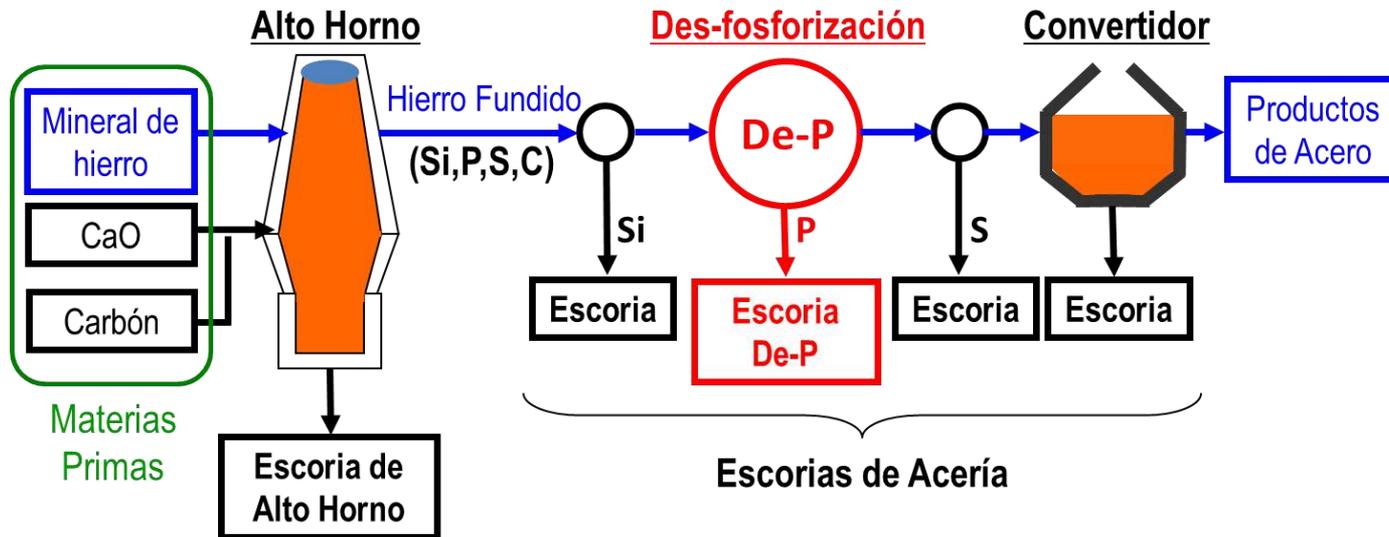


Proyecto PYT 0024-2013. FIA.



1.- Introducción

Del Sistema productivo de la Industria Siderúrgica se genera 20% de escoria.



La escoria de acero de Horno de Arco Eléctrico



Composición Química de Escorias EAF

Elemento	% en peso
FeO	34-39
CaO	23-30
SiO	13-18
MgO	3-6

Un residuo industrial sólido proveniente de la Industria Siderúrgica, originada por el proceso de fusión de chatarra de hierro para la obtención de acero.

1.1.-El Reciclaje y Valorización

Industria Siderúrgica



Residuo Sólido Industrial



Escorias de Acero

100.000
toneladas
generadas por
año en Chile

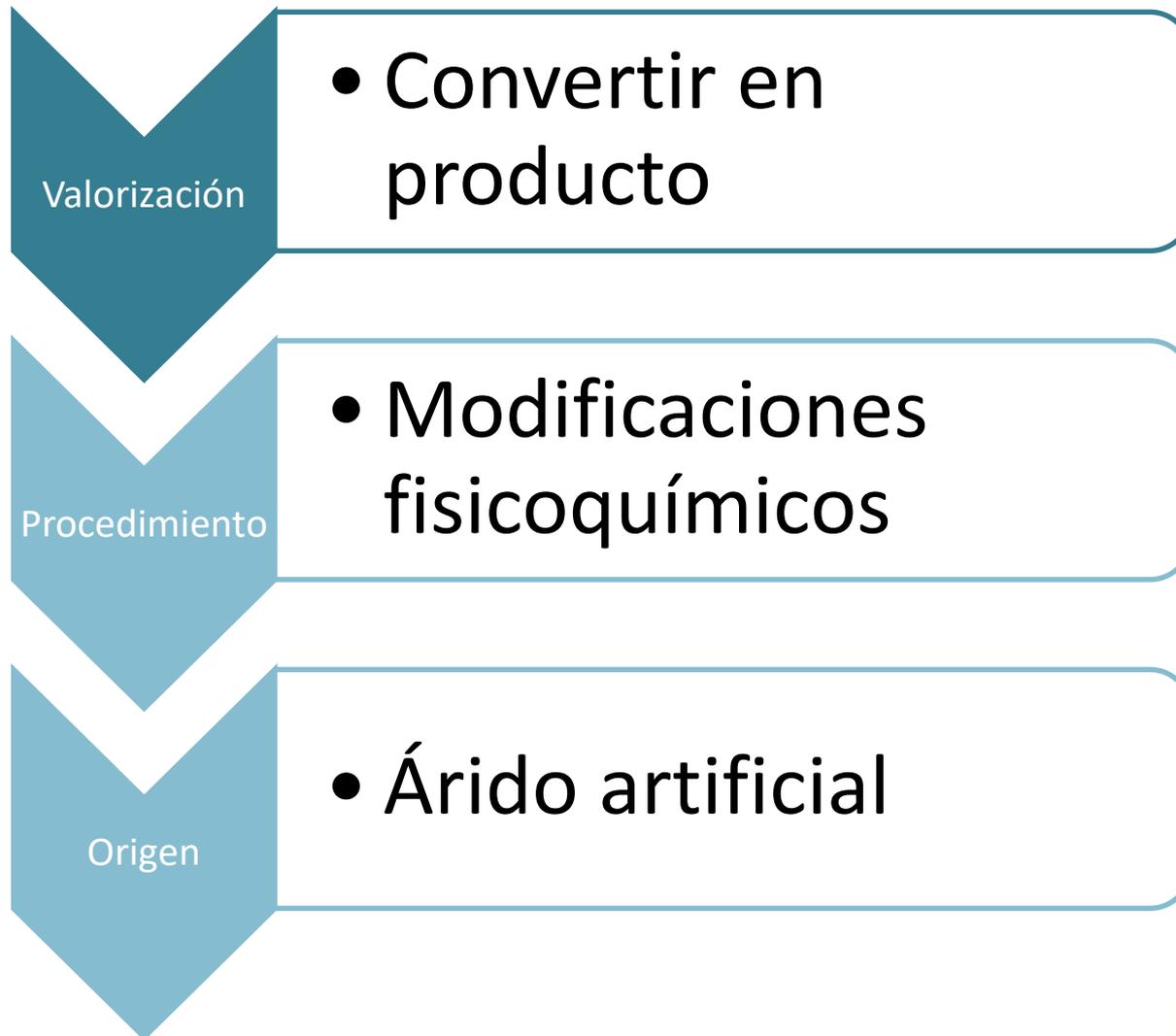


>700.000
Toneladas en
Stock a nivel
Nacional

Problema:

Se requiere disponibilidad de terrenos y mayor costo para el productor
PASIVO AMBIENTAL

La Solución es:



1.2.- Escoria como Áridos para la Construcción

- ✓ Desde el punto de vista técnico las escorias de acero, provenientes de hornos de arco eléctrico presentan propiedades técnicas similares al árido tradicional.
- ✓ Existen estudios y experiencias variadas en el uso de las escorias para diferentes procesos constructivos, entre los que se encuentran la utilización de ésta como relleno estructural, su incorporación en mezclas asfálticas o de hormigón como reemplazo de árido corriente, entre otras.

1.3.- Experiencia Internacional

BSI: British Standard Specification for air-cooled Blast Furnace Slag aggregate for use in construction, BS 1047:1983. British Standards Institution, 1983.

UNE-EN 932-1:1997 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 1744-1:1999 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1. Análisis químicos.

UNE-EN 12620:2003+A1:2009. Áridos para Hormigón.

Muros y Losas de cimentación de la nueva Infraestructura de Labein-Tecnalia en parque tecnológico Bizkaia, España.

Elementos estructurales y no estructurales edificio del centro de investigación en tecnologías de la Universidad de Burgos, España.

2.- Hipótesis

“La escoria de acero es un sustituto válido de los áridos tradicionales usados en construcción civil.”

FYM, Labein-Tecnalia y la empresa HORMOR desarrollan un hormigón con árido siderúrgico para la nueva infraestructura experimental "Kubik"

Bilbao, Noviembre de 2008. Financiera y Minera (FYM), líder del sector de materiales de construcción en el País Vasco, el centro tecnológico Labein-Tecnalia y la empresa Hormigones y Morteros Agote (Hormor) están colaborando en 'Kubik', un proyecto de infraestructura singular y única a nivel mundial para la I+D+i relacionada con la mejora de la eficiencia energética en edificación. Esta colaboración se ha centrado en el desarrollo de nuevos materiales de construcción a partir de áridos de origen siderúrgico, que hasta ahora se desaprovechaban y acababan en vertederos, para la cimentación de "Kubik".



El proyecto 'Kubik' tiene ya su primera aplicación material: un hormigón especial que ha sido utilizado en la construcción de la cimentación de la nueva infraestructura de Labein-TECNALIA en el Parque Tecnológico de Bizkaia. 'Kubik' servirá para el desarrollo de nuevas soluciones centradas en la mejora de la eficiencia

3.- Objetivo General

Validar técnicamente el uso y aplicación de la escoria de acero como un árido para la construcción en obras civiles, a través de la evaluación de la NCh 163 of 2013.

3.1 Objetivos específicos

- Preparar, homogenizar y ponderar la muestra de escoria de acero para los ensayos requeridos.
- Generar una banda granulométrica según requisitos generales de la NCh 163 of 2013.
- Someter la escoria de acero a 3 análisis consecutivos para evaluar su condición de árido: caracterización química inicial, envejecimiento y caracterización química final.
- Realizar un informe y luego un protocolo para la normalización de la escoria de acero, como árido artificial para la construcción civil. (INN).

4.- Metodología

1.-Materia Prima: Residuo de origen Industrial

2.-Preparación de la muestra: retiro de 5000 kilos para preparar, homogeneizar y ponderar

3.-Caracterización inicial de la muestra:

- Densidad relativa
- Expansión CBR según ASTM D4792
- Índice de plasticidad
- Caracterización de la muestra según NCh. 163/2013 y Manual de Carreteras Vol.8 (sección 8.1)
- Concentración de metales pesados según Decreto 148/2003

4.-Envejecimiento: consecutivamente a la caracterización inicial se procede a la hidratación de la escoria por 13 semanas para liberar material de expansión como CaO y MgO.

5.-Caracterización final de la muestra:

- Densidad relativa
- Expansión CBR según ASTM D4792
- Índice de plasticidad
- Caracterización de la muestra según NCh. 163/2013 y Manual de Carreteras Vol.8 (sección 8.1)
- Concentración de metales pesados según Decreto 148/2003

Preparación de la muestra por Rio Claro:
homogeneizar y retirar el fierro metálico para
ponderar las fracciones granulométricas según
tabla I.



Tabla I: Fracción granulométrica
de la muestra

Tamaño de material [mm]	Kg
50 > X ≥ 38,1	0
38,1 > X ≥ 19	420
19 > X ≥ 9,5	140
9,5 > X ≥ 4,75	120
4,75 > X ≥ 2,36	70
2,36 > X ≥ 1,18	80
1,18 > X ≥ 0,6	50
0,6 > X ≥ 0,3	40
0,3 > X ≥ 0,15	20
0,15 > X ≥ 0,08	20
0,08 > X	40
Total	1000



Envejecimiento de la muestra recibida en centro de acopio
de Idiem.

Plan de Ensayos realizados por Idiem. Período de 13 semanas

N° de muestra	Fecha de extracción de muestra	Ensayos asociados a cada muestra
1	03-01-2018	Control N°1: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR • Índice de plasticidad • Caracterización NCh. 163/2013 y Manual de Carreteras Vol. 8 • Concentración metales pesados
2	17-01-2018	Control N°2: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR
3	31-01-2018	Control N°3: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR
4	14-02-2018	Control N°4: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR
5	28-02-2018	Control N°5: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR
6	21-03-2018	Control N°6: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR
7	04-04-2018	Control N°7: <ul style="list-style-type: none"> • Densidad relativa • Expansión CBR • Índice de plasticidad • Caracterización NCh. 163/2013 y Manual de Carreteras Vol. 8 • Concentración metales pesados

5.-Resultados. Caracterización Física según NCh 163

Requisitos	Valor límite NCh 163		Resultados ensayos escoria		Estado de cumplimiento
	A. Grueso	A. Fino	A. Grueso	A. Fino	
1. Granulometría	Ver Tabla 8.12				-
2. Material fino menor que 0,075 mm	Árido combinado				-
a) Áridos naturales % máx.	1,0	5,0	No procede	No procede	-
b) Áridos triturados % máx.	1,0	7,0	0,3	0,3	Cumple
3. Equivalente de arena % mín.	-	75,0	No procede	91,0	Cumple
4. Absorción de agua (porosidad) % máx.	2,0	3,0	1,4	3,0	Cumple
5. Resistencia al desgaste (Máquina de Los Angeles) % máx.	35,0	-	22,0	No procede	Cumple
6. Coeficiente de forma del árido grueso % mín.	80,0	-	97,0	No procede	Cumple
7. Partículas desmenuzables % máx.	5,0	3,0	0,1	0,4	Cumple
8. Resistencia a la desintegración por sulfato					
a) Con sulfato de sodio % máx.	10,0	10,0	0,3	No procede	Cumple
b) Con sulfato de magnesio % máx.	15,0	15,0	No procede	No procede	-
9. Índice de trituración					
a) Para hormigón sometido a desgaste % máx.	20,0	4,0	13,5	No procede	Cumple
b) Para todo otro hormigón % máx.	30,0	5,0	13,5	No procede	Cumple
10. Partículas chancadas					
a) Hormigón sometido a flexotracción % mín.	50,0	-	100,0	No procede	Cumple
b) Otros hormigones % mín.	-	-	No procede	No procede	-
11. Carbón y lignito					
a) Para hormign a la vista % máx.	0,5	0,5	0,1	0,1	Cumple
b) Para todo otro hormigón % máx.	1,0	1,0	0,1	0,1	Cumple

5.-Resultados. Caracterización Química según NCh 163

Requisitos	Valor límite NCh 163		Resultados ensayos escoria		Estado de cumplimiento	
	A. Grueso	A. Fino	A. Grueso	A. Fino		
1. Impurezas orgánicas						
a) Solución patrón colorimétrica medido desde más claro a más oscuro	máx.	-	Igual	No procede	Más clara	Cumple
b) Vidrios de color patrón	máx.	-	3	No procede	2	cumple
2. Cloruros como CL^- , referidos al total de la muestra	% máx.	0,05		0,005		Cumple
3. Sulfatos solubles en agua, referidos al árido seco	% máx.	0,3		0,01		Cumple
4. Reacción Álcali-Árido método químico						
a) $R_c > 70$, el árido es considerado potencialmente reactivo si:		$Sc > R_c$		$Sc=5; R_c=159$		No reactivo
b) $R_c < 70$, el árido es considerado potencialmente reactivo si:		$Sc > 35 \pm 0,5 R_c$		No procede		-

5.-Resultados. Metales pesados según DS 148

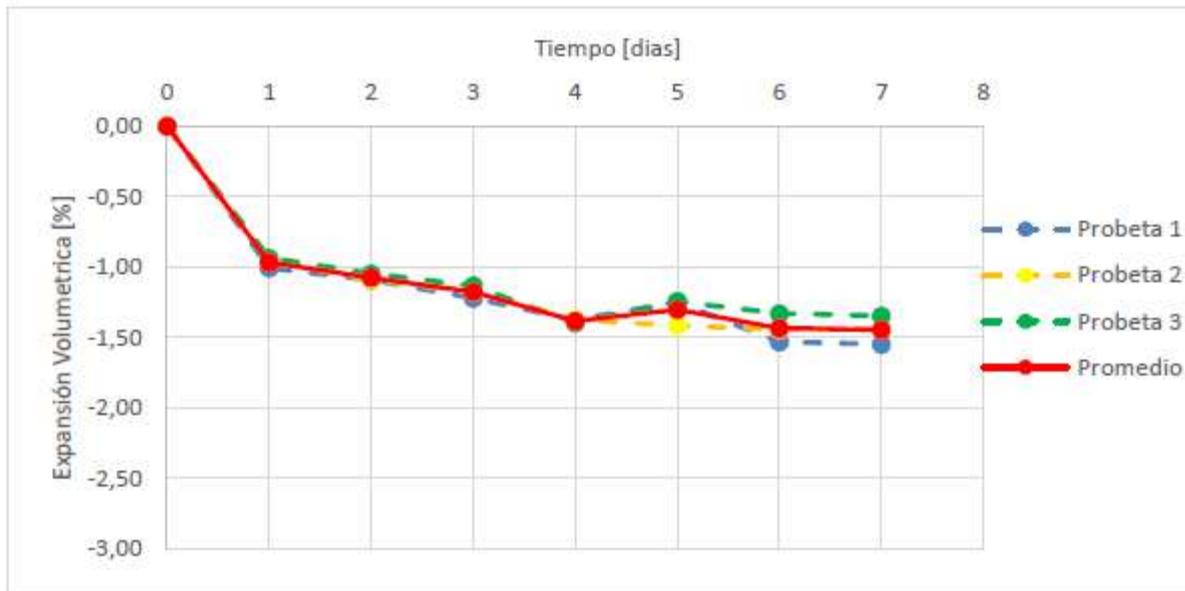
Elemento	Requisito Normativo	Resultados Ensayo	Estado de Cumplimiento	
Arsénico Total	mg/L	≤ 5	<0,010	Cumple
Bario Total	mg/L	≤ 100	8,465	Cumple
Cadmio Total	mg/L	≤ 1	<0,002	Cumple
Cromo Total	mg/L	≤ 5	<0,024	Cumple
Mercurio Total	mg/L	$\leq 0,2$	0,0007	Cumple
Plata Total	mg/L	≤ 5	<0,006	Cumple
Plomo Total	mg/L	≤ 5	0,014	Cumple
Selenio Total	mg/L	≤ 1	0,038	Cumple

5.-Resultados. Tratamiento de Envejecimiento

Ensayos de expansión según ASTM D4792 y D4792M-13

Tiempo [Días]	Expansión Volumétrica [%]			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	-1,01	-0,96	-0,94	-0,97
2	-1,09	-1,09	-1,05	-1,08
3	-1,22	-1,18	-1,13	-1,18
4	-1,38	-1,37	-1,40	-1,38
5	-1,25	-1,42	-1,25	-1,30
6	-1,53	-1,44	-1,33	-1,44
7	-1,55	-1,44	-1,35	-1,45

Muestra con 12
semanas de
envejecimiento



6.- Beneficio Económico

Supesto proyectado a 5 años

	Unidades	Fase de Operacion				
		1 año	2año	3 año	4 año	5 año
Stock Inicial	Toneladas	560.000	400.000	300.000	200.000	100.000
Capacidad molienda anual	Ton/año	160.000	160.000	160.000	160.000	100.000
Costo de Molienda	\$2/Kilo	\$ 320.000.000	\$ 320.000.000	\$ 320.000.000	\$ 320.000.000	\$ 200.000.000
Flete RM	\$1/Kilo	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 100.000.000
Precio arido Fino	\$4/Kilo	\$ 640.000.000	\$ 640.000.000	\$ 640.000.000	\$ 640.000.000	\$ 400.000.000
Precio Fierro recuperado	\$50/Kilo	\$1.040.000.000	\$1.040.000.000	\$1.040.000.000	\$1.040.000.000	\$ 650.000.000
Ingreso por Arido	\$/Kilo	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 100.000.000
Ingreso Total (arido +Fierro) Anual	\$/ año	\$ 1.200.000.000	\$ 1.200.000.000	\$ 1.200.000.000	\$ 1.200.000.000	\$ 750.000.000

7.- Conclusión

La escoria estudiada es potencialmente apta para ser utilizada como áridos en hormigones.

La muestra analizada no evidencio comportamiento expansivo.

Presenta valores inferiores al máximo permitido del DS 148.

8.- Prospección

Presentar este estudio del potencial uso de escoria de acero como áridos artificiales ante el INN para obtener su normalización y ser un nuevo insumo de la construcción y un sustituto de los áridos tradicionales.

Difundir el estudio a expertos del área de la construcción, Minvu

9.- Proyectos de continuidad

Prototipos de Innovación: Llamado Especial de Economía circular.2018

“Evaluación del uso de escoria negra de acero como agregado artificial en Hormigón.”

Objetivo general: Evaluar la factibilidad de incorporar la escoria negra de acero como agregado del hormigón y determinar los parámetros que se deben controlar para este fin dadas las características propias del material.