Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:12/10/2024 Aprobado:20/11/2024

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n2.33

Diseño de Mezclas de Hormigon con Escoria de Fundición

Alex Rodrigo Ríos Condori
https://orcid.org/0009-0005-9409-0194
riosalex947@gmail.com
Facultad Técnica – Universidad Técnica de Oruro

Abdías Calisaya Chachaqui
Abdias.tec.lab@mail.com
https://orcid.org/0009-0001-5325-7630
Facultad Técnica – Universidad Técnica de Oruro

RESUMEN

La presente investigación está centrada en la elaboración de mezclas de hormigón los cuales están compuestos por cemento, agregado grueso (grava de canto rodado), agregado fino (arena de canto rodado) y agua. Para dicha elaboración de mezclas se debe realizar una serie de ensayos en laboratorio y sus respectivos cálculos en gabinete. Para verificar la calidad de los agregados a emplear, y el cumplimiento para su aplicación con base a normas establecidas ASTM, AASHTO, ACI. Como resultado de la sustitución del agregado grueso, se evidencio la buena aceptación del material de escoria para la elaboración de mezclas de hormigón aumentando la resistencia y adherencia, pero de manera desfavorable se evidencia el aumento de peso específico.

Palabras clave: mezclas, ensayos, escoria, resistencia

Design of Concrete Mixtures with Foundry Slag

ABSTRACT

The present research is focused on the preparation of concrete mixtures which are composed of cement, coarse aggregate (pebble gravel), fine aggregate (pebble sand) and water. For said preparation of mixtures, a series of laboratory tests and their respective calculations must be carried out in the office. To verify the quality of the aggregates to be used, and compliance for their application based on established ASTM, AASHTO, ACI standards. As a result of the replacement of the coarse aggregate, the good acceptance of the slag material for the preparation of concrete mixtures was evident, increasing resistance and adhesion, but in an unfavorable way, the increase in specific weight was evident.

***Keywords**:* mixtures, tests, slag, resistance

INTRODUCCIÓN

La escoria es el desecho o material industrial que resulta de la operación de una fundición, la misma que viene acumulando desde el inicio de la operación de fundición minera. Durante una pequeña inspección de campo, se estimó que la escoria de estaño ocupa un espacio considerable aproximadamente de 113.490 m^2.



Fuente Google earth.

Este elemento no constituye una deficiencia por ser un material estable e insoluble más bien podría considerarse un material inerte propuesto por la misma empresa, por otro lado, el uso del suelo, es decir, el costo de oportunidad del lugar ocupado es alto y su efecto es la incompatibilidad en el uso del suelo, por lo tanto, la empresa debe recuperar esa área que ocupa con la introducción de áreas verdes, mejorando así el bienestar de las personas y trabajadores.

La auditoría realizada por ADVIN muestra en un recuadro el impacto ambiental para la naturaleza, puesto que recibe un adecuado tratamiento.

Reciclaje

Este elemento es considerado desecho industrial o también residuo sólido, la escoria de fundición (pobre), de característica granular de coloración gris y aristas vivas.

La escoria de fundición puede ayudar a sustituir a los materiales pétreos naturales, en este caso agregado grueso (grava), además de darle uso en proyectos de obras civiles que convengan así de esta manera ayudar a preservar el medio ambiente disminuyendo la cantidad de escoria en los bancos de desechos de la (EMV), por consiguiente, estos desechos ya no tendrían efectos negativos en la posible contaminación en suelo y contaminación hídrica.

Objetivos generales

Realizar diseños de mesclas de hormigón sustituyendo el agregado grueso de canto rodado proveniente del banco de agregados paria por la escoria de fundición.

Para dicha dosificación de se realizará las pruebas en laboratorio, sus respectivos cálculos y comparaciones en gabinete.

Objetivos Específicos

Realizar los ensayos necesarios en laboratorio y posteriormente elaborar las probetas cilíndricas de hormigón, y así de esta manera proceder con la comparación de las mismas: una con materiales pétreos naturales (cemento, arena de canto rodado del bando de agregados paria, grava de canto rodado del banco de agregados paria y agua) y la siguiente mescla de hormigón compuesto por (cemento, arena de canto rodado del banco de préstamos paria, material de escoria previamente proporcionada para una granulometría adecuada sustituyendo a la grava y agua).

Para esta investigación se realizará los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométrico Agregado fino ABC - H0104 AASHTO T - 11 y 27
- Análisis granulométrico Agregado grueso ABC - H0104 AASHTO T - 11 y 27
- Método para determinar el material más fino menor que 0,075 mm (Nº 200), ABCHO106 - ASTM C 117 - AASHTO T11 agregado grueso y fino
- Peso específico del agregado grueso ASTM C-127
- Peso específico del agregado fino ASTM C-128
- Absorción del agregado grueso: ASTM C-127
- Absorción del agregado fino: ASTM C-128
- Peso unitario del agregado grueso y fino: ASTM C-29
- Ensayo de desgaste "Maquina de los ángeles" (AASTHO T - 96)
- Diseño de mesclas de hormigón método ACI 211.1
- Rotura de probetas cilíndricas de hormigón ASTM C31

MATERIALES Y MÉTODOS

Los matariles a emplearse en la presente investigación son:

- Cemento EMISA IP40
- Arena de canto rodado procedente del banco de agregados PARIA
- Grava de canto rodado procedente del banco de agregados PARIA
- Escoria de fundición de baja ley procedente del desecho en acopio de la plata de fundición VINTO

Los ensayos que se realizaron para dicha investigación son:

Análisis granulométrico Agregado fino ABC - H0104 (AASHTO T-11 y T-27)

El objetivo general de este ensayo es determinar la distribución de tamaños de las partículas del agregado fino, con el fin de evaluar su idoneidad para ser utilizado en la elaboración de hormigones. Este análisis permite clasificar el agregado según las especificaciones técnicas requeridas, garantizando que la mezcla de hormigón alcance las propiedades mecánicas y de durabilidad adecuadas.

Análisis granulométrico Agregado grueso ABC - H0104 (AASHTO T-11 y T-27)

El objetivo general de este ensayo es determinar la distribución del tamaño de las partículas del agregado grueso utilizado en la elaboración de hormigones, mediante la utilización de métodos de tamizado según las normas AASHTO T-11 y T-27. Este análisis es fundamental para asegurar que el agregado grueso cumpla con los requisitos de calidad y las especificaciones técnicas necesarias para la producción de hormigones de alta resistencia y durabilidad.

Método para Determinar el Material Más Fino Menor que 0,075 mm (Nº 200) - ABC HO106 (ASTM C 117 - AASHTO T 11)

El objetivo general de este ensayo es cuantificar la cantidad de material fino presente en un agregado grueso y fino, específicamente aquellos que son menores a 0,075 mm (Nº 200), utilizando el método establecido en ASTM C 117 y AASHTO T 11. Este análisis es esencial en la formulación de hormigones, ya que la cantidad de material fino afecta significativamente las propiedades del hormigón, incluyendo su trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

Peso Específico del Agregado Grueso (ASTM C-127)

El objetivo general de este ensayo es determinar el peso específico del agregado grueso utilizado en la fabricación de hormigones, mediante la aplicación de la norma ASTM C-127. Este ensayo consiste en medir la masa del agregado en condiciones de saturación y en seco, permitiendo calcular su peso específico en función del volumen que ocupa.

Peso Específico del Agregado Fino (ASTM C-128)

El objetivo general de este ensayo es determinar el peso específico del agregado fino utilizado en la elaboración de hormigones, mediante el método establecido por la norma ASTM C-128. Este ensayo es esencial para evaluar la densidad del agregado, lo que a su vez influye en la proporción de materiales en la mezcla de hormigón y, por ende, en las características mecánicas y físicas del producto final.

Absorción del Agregado Grueso (ASTM C-127)

El objetivo general de este ensayo es determinar la capacidad de absorción de agua del agregado grueso utilizado en la elaboración de hormigones, conforme a la norma ASTM C-127. Este análisis es crucial para evaluar el contenido de humedad del agregado, lo que impacta directamente en la relación agua-cemento de la mezcla y, por ende, en las propiedades finales del hormigón.

Absorción del Agregado Fino (ASTM C-128)

El objetivo general de este ensayo es determinar la capacidad de absorción de agua del agregado fino utilizado en la elaboración de hormigones, siguiendo el procedimiento establecido por la norma ASTM C-128. Este ensayo es esencial para evaluar el contenido de humedad del agregado y su impacto en la dosificación de la mezcla de hormigón.

Peso Unitario del Agregado Grueso y Fino (ASTM C-29)

El objetivo general de este ensayo es determinar el peso unitario del agregado grueso y del agregado fino mediante el método de ensayo ASTM C-29. Este procedimiento consiste en medir la masa de un volumen específico de los agregados, lo que permite obtener el peso unitario en condiciones de densidad suelta y compactada.

Ensayo de Desgaste "Máquina de Los Ángeles" (AASHTO T-96)

El objetivo general de este ensayo es evaluar la resistencia al desgaste de los agregados utilizados en la elaboración de hormigones mediante el uso de la Máquina de Los Ángeles, conforme a la norma AASHTO T-96. Este ensayo mide la capacidad del agregado para resistir la abrasión y el deterioro, lo cual es esencial para asegurar que el material mantenga sus propiedades mecánicas y estructurales durante su vida útil en condiciones de tráfico y exposición ambiental.

Diseño de Mezclas de Hormigón Método ACI 211.1

El objetivo general de este ensayo es establecer un procedimiento sistemático para el diseño de mezclas de hormigón utilizando el método ACI 211.1, que permite determinar las proporciones óptimas de los componentes del hormigón, como cemento, agua, agregados finos y gruesos, y aditivos, con el fin de obtener un material que cumpla con las especificaciones requeridas para diferentes aplicaciones estructurales.

Rotura de probetas cilíndricas de hormigón ASTM C31

Para obtener resultados confiables, la norma ASTM C31 establece que los moldes para elaborar los especímenes deben ser rígidos, no absorbentes y cumplir con los requisitos de estanqueidad de la norma ASTM C 470.

Las escorias son subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales, se les consideran como agregado de óxidos metálicos; suele utilizarse como mecanismo de eliminación de residuos en la fundición del metal, también sirve para el control de temperatura mientras se realiza la fundición además de minimizar el re oxidación del metal líquido. Normalmente se vuelve a procesar para separar los metales que puedan contener, y así pueden ser utilizado como balasto para el ferrocarril y como fertilizante.

Camarena Flores, A., & Díaz Garamendi, D. (2022). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto tradicional versus un concreto utilizando escoria de acero como agregado fino. *Gaceta Técnica*, *23*(1), 20-34. https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.3

En este artículo de investigación se compara la resistencia a la compresión y flexión de un hormigón convencional utilizado para la construcción de vías (pavimento rígido), con un hormigón que contiene escoria de fundición de hierro en reemplazo parcial del agregado grueso (ripio) en porcentajes de 5%, 10%, 15%. Con este objetivo se elaboraron mezclas de hormigón y sus respectivos especímenes cilíndricos y vigas estándar, para realizar los ensayos de compresión y flexión. Concluyéndose que el hormigón con el 15% de escoria obtuvo los mejores resultados, con el 39,02 MPa en el ensayo de compresión y 5,35 MPa en el ensayo a flexión, sin dejar de lado que con los porcentajes de 5% y 10 %

de escoria también se obtuvieron buenos resultados con respecto al hormigón sin escoria, además se debe dar a conocer que las características físicas del hormigón con escoria disminuyeron (revenimiento). Obteniéndose así un hormigón de mejores características mecánicas que un hormigón normal utilizado para pavimento rígido y que contiene en su composición un material que puede ser reciclado (escoria de fundición de hierro), la misma que es producida en grandes cantidades anualmente en el Ecuador por la industria metalúrgica.

Nasimba Chanataxi, D. A. (2017). *Aplicación de la escoria de fundición de hierro como agregado en las mezclas de hormigón para pavimentos rígidos* (Bachelor's thesis). https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14900

Los subproductos industriales como las escorias siderúrgicas se generan excesivamente, dificultando su eliminación y poniendo en peligro al medioambiente, haciendo que muchos investigadores busquen una solución a estos residuos como un material constructivo. El objetivo del estudio fue diseñar mezcla de mortero incorporando escorias de aluminio secundario, siguiendo una metodología experimental. Se elaboraron muestras de mortero reemplazando la arena por escoria de aluminio secundario en 5%, 10%, 15% y 20% para diseños de 1:3.5, 1:4, 1:5, 1:6, que les realizaron ensayos de fluidez, densidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión en mortero, y ensayos en albañilería como resistencia a la adherencia, resistencia a la compresión en prismas y resistencia a la compresión diagonal. Los resultados indicaron que la muestra de mortero óptima fue la de 15% de escoria de aluminio secundario con un diseño de 1:3.5, obteniendo en comparación de la muestra patrón un aumento de la fluidez y densidad de 8.45% y 17.09% respectivamente, a los 28 días la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del mortero presento un aumento del 31.65% y 42.31% respectivamente, asimismo, las muestras de albañilería con la dosificación óptima aumento la resistencia a la adherencia, resistencia a la compresión en prismas y resistencia a la compresión diagonal en 18.65%, 28.59% y 24.14% respectivamente. Se concluyó que la escoria de aluminio secundario se puede utilizar hasta un 15% para obtener los máximos beneficios y usarlo para la construcción de muros de albañilería.

Coronel Heras, C. R. (2023). Diseño de mezcla de mortero incorporando escorias de aluminio secundario. https://hdl.handle.net/20.500.12802/11835

Esta investigación tuvo como objetivo optimizar la densidad, resistencia del concreto y la atenuación de radiaciones ionizantes, así como elaborar una mezcla con mayor trabajabilidad y homogeneidad. Se utilizó una metodología cuantitativa; de diseño experimental, de nivel descriptivo y tipo correlacional ya que existe una relación significativa entre las variables. En el desarrollo de esta investigación se aplicó un diseño experimental tomando punto de inicio un concreto patrón de resistencia f 'c=210 kg/cm2, desarrollado mediante el método de combinación de agregados por tener mayor confiabilidad. Asimismo, se realizaron 5 tipos de diseños de mezclas adicionales para ser comparados con la mezcla patrón, con diferentes porcentajes de la escoria de cobre (15%, 30% ,50%,80% y 100%) como sustitución parcial del agregado fino. Para ello se realizó una población de 144 muestras de probetas con medidas 20cmx10cm para ensayar la resistencia a la compresión y tracción a la edad de 28 días. También se elaboró18 muestras de placas de concreto con medidas de 20cmx20cm con espesores variables (1.5 cm, 2 cm, 2.5 cm) para realizar ensayos de radiación directa-dosimetría exponiéndolos a una intensidad constante de Rayos X. Se concluyó que a medida que se aumenta la dosificación del porcentaje de escoria de cobre sustituyendo al agregado fino aumenta la densidad del concreto; a su vez en la obtención de las resistencias de los ensayos se pudo demostrar que tanto en la compresión como en la tracción se incrementa con la adición de la escoria de cobre teniendo como valor óptimo la dosificación de 30%EC ya que a partir de ese punto las resistencias se disminuyen gradualmente la dosificación de escoria de cobre, y con respecto a la atenuación de radiaciones ionizantes se pudo observar que a mayor porcentaje de escoria de cobre en la dosificación se obtuvo una mayor atenuación por lo tanto se reduce la transmisión de radiaciones ionizantes, optimizando las propiedades mecánicas y brindando protección radiológica

Baldoceda Pérez, J. G., & Vega Romero, D. E. (2019). Diseño de concreto de alta densidad reforzado con escoria de cobre para atenuar la transmisión de la radiación ionizante. https://hdl.handle.net/20.500.14138/2737

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el distrito de Huaraz, provincia Carhuaz, departamento Ancash; con el propósito de brindar unos porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash. La investigación según el propósito es aplicada; por diseño es experimental – cuasi experimental y con un nivel descriptivo. Los instrumentos empleados fueron fichas técnicas, el cual se examinó. La problemática de la intransitabilidad de la vía principal conecta la localidad de Huaraz – Carhuaz. La fabricación de todo tipo de materiales de acero crea grandes porcentajes de escoria las cuales no tienen ningún uso. Por otro lado, la intransitabilidad la carretera que conecta los pueblos de Huaraz Carhuaz es un problema que viene acechando a los transportistas, ciudadanos y conductores con movilidades privadas, la carretera está muy desgastada, algo que se puede visualizar es la falla de la carpeta asfáltica, esta falla se da porque el diseño y construcción de este aglomerado no cumple con los requisitos apropiados. Por ello, las nuevas tecnologías de diseño deben implementar como material la escoria de acero, ya que las propiedades de la escoria aumentan la estabilidad de la mezcla asfáltica. Se verifica que el porcentaje agregado en la mezcla asfáltica cumpla con los parámetros requeridos según la norma ASTM, EG -2013.

Pérez Camones, K. E., & Silva Lezama, E. M. (2021). Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz-Carhuaz, Ancash. https://hdl.handle.net/20.500.12692/86914

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

En el proceso realizado de los ensayos en laboratorio y su cálculo en gabinete se evidencio la variación de resultados tanto para el agregado grueso (grava del bando de agregados paria) y el material de escoria de fundición de baja ley. El cual denotaremos en los siguientes artículos:

- Análisis granulométrico Agregado grueso ABC - H0104 AASHTO T - 11 y 27: en este ensayo de laboratorio se proporcionó cantidades para el material de escoria así de esta manera cumpla con la gradación requerida para agregados gruesos.

- Método para determinar el material más fino menor que 0,075 mm (Nº 200), ABC HO106 - ASTM C 117 - AASHTO T 11 agregado grueso: en este ensayo se determinó que el material de escoria presenta el 1% de material fino el cual es aceptable para las mesclas de hormigón.
- Peso específico del agregado grueso ASTM C-127: en dicho ensayo los resultados del ambos agregados son: material de escoria de fundición de baja ley = 3,470 gr/cm3 y grava rodada del banco de préstamos paria = 2, 503gr/cm3.por lo cual se evidencio que el peso específico es muy alto a comparación de la grava común utilizada en hormigones, siendo desfavorable en mesclas de hormigón para elementos estructurales.
- Absorción del agregado grueso: ASTM C-127: en este ensayo de laboratorio se pudo observar la siguiente variación: material de escoria de fundición de baja ley =0,41% cm3 y grava rodada del banco de préstamos paria = 2,92%.
- Peso unitario del agregado grueso ASTM C-29: el presente ensayo de laboratorio denoto los siguientes resultados: material de escoria de fundición de baja ley = 1,759gr/cm3 y grava rodada del banco de préstamos paria = 1,678 r/cm3 dando como resultado el alto peso unitario de la materia de escoria.
- Ensayo de desgaste "Maquina de los ángeles" (AASTHO T - 96): en este ensayo se denoto la gran variación del resultado: material de escoria de fundición de baja ley = 14,1 % y grava rodada del banco de préstamos paria = 30,1%. Lo cual indica que este material escoria es muy bueno ante las resistencias a la abrasión.
- En las pruebas de laboratorio de rotura de probetas se evidencio la buena adherencia del material de escoria y así de esta manera aumentado significativamente la resistencia a la compresión. A comparación al hormigón convencional que se utiliza.

Planillas de respaldo de las dosificaciones de hormigón con agregado grueso del banco de agregados de paria

L A B O R A T O R I O D E H O R M I G O N E S

PROYECTO: *ELAVORACION DE HORMIGON, SUSTITUYENDO – AGREGADO GRUESO RODADO por ESCORIAS DE FUNDICION DE BAJA LEY*

PROCEDENCIA: *BANCO DE AGREGADOS "PARIA"* **FECHA:** *12-mar-2019*

MUESTRA N°: *V-001* **REG. LAB.:** *M-001* **REALIZADO POR:** *A. Calizaya*

DOSIFICACION PARA HORMIGON TIPO H – 210 METODO ACI

DATOS:

Tamaño máximo de agregado	1"	
Arena =	RODADA	
Cemento Emisa IP- 30		
Relación Agua cemento a/c =	0,56	adoptable
Revenimiento =	3 – 10cm	
Módulo de finesa Arena =	2,78	
Módulo de finesa Grava =	7,00	
Peso unitario compacto grava =	1,678	
Peso unitario suelto grava =	1,576	
Peso unitario compacto arena =	1,767	
Peso unitario suelto Arena =	1,539	
Peso específico arena =	2,513	
Peso específico Grava =	2,503	
Porcentaje de absorción grava =	2,921	
Porcentaje de absorción Arena =	2,041	

DOSIFICACION POR METRO CUBICO

Descripcion	Agredado Grueso Kgs.	Agredado Fino Kgs.	Cemento Kgs.	Agua Lts.
Dosif.Corr.xm3	**1031**	**826**	**350**	**192**
Proporciones	2,9	2,4	1	0,55
25 L.	26	21	9	5
50L.	52	41	17	10

Observaciones: Porcentaje de grava y arena. 57 - 43 Cemento IP – 30

DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON
METODO DE ACI 211.1

DATOS INICIALES		
TIPO DE ESTRUCTURA:		
RESISTENCIA CARACTERISTICA fck :	210 kgs/cm2	
CON AIRE INCORPORADO:	no	
TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO:	1"	25 mm
DISTANCIA LIBRE ENTRE BARRAS:	0,0 cms	
MENOR DIMENCION DE ENCOFRADO:	0,0 cms	
ESPESOR DE LA LOSA:	0,0 cms	

Caracteristicas fisicas de los componentes para concreto

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO PORTLAND	AGUA PARA AMASADO
Peso Específico	2,513 grs/cm3	2,503 grs/cm3	2,920 grs/cm3	1,000 grs/cm3
Porcentaje de Absorción	2,04 %	2,92 %	---	---
Porcentaje de Humedad	1,88 %	0,13 %	---	---
Módulo de Finura	2,78 %	7,00 %	---	---
Peso Unitario Suelto	1,539 grs/cm3	1,576 grs/cm3	---	---
Peso Unitario Compactado	1,767 grs/cm3	1,678 grs/cm3	---	---

1.- Valores orientativos en función de la resistencia caracteristica

Código	Valor de fck que se desea [Mpa]	Valor necesario de fcm [Mpa]
Código Modelo	fck ≤ 50	fcm = fck + 8,0
Código Modelo ACI	fck < 20	fcm = fck + 7,0
	20 ≤ fck ≤ 35	fcm = fck + 8,4
	fck > 35	fcm = fck + 9,8

Valor de fck : 210 kgs/cm2
Valor de fcm : 295 kgs/cm2
Valor de fcm a emplear : **295 kgs/cm2**

2.- Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento [cms]		
	Máximo	Medio	Mínimo
Zapata de cimientación de concreto reforzado	8	5	3
Muro de concreto de la sub-estructura	8	5	3
Zapata simple	8	5	3
Muros reforzados	10	6	3
Viga	10	6	3
Columna	10	6	3
Losa	8	5	3
Pavimento	8	5	3
Concreto masivo	5	4	3

Revenimiento seleccionados:	Máximo	10	Medio	6	Mínimo	3

Revenimiento a emplear: **6 cms**

2.-Elección del tamaño máximo de agregado

DISTANCIA LIBRE ENTRE BARRAS:	0,0 cms	≤ 3/4.:	No cumple con el tamaño máximo
MENOR DIMENCION DE ENCOFRADO:	0,0 cms	≤ 1/3.:	No cumple con el tamaño máximo
ESPESOR DE LA LOSA:	0,0 cms	≤ 1/5.:	No existe

3.-Requerimientos aproximados de agua de mezclado [Lts/m3]

Revenimiento [cm]	Tamaño máximo de agregado grueso [mm]							
	9 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	50 mm	70 mm	150 mm
Concreto sin aire incluido								
3 a 5	205	200	185	185	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	--
Cant. Aprox. De aire atrapado en concreto sin aire incluido [%]	3,0 %	2,5 %	2,0 %	1,5 %	1,0 %	0,5 %	0,3 %	0,2 %
Concreto con aire incluido								
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	--
Promedio recomendable de contenido total de aire [%]	8,0 %	7,0 %	6,0 %	5,0 %	4,5 %	4,0 %	3,5 %	3,0 %

Agua seleccionada: **190 Lts**
Contenido de Aire Aprox. **1,5 %**

4.-Relacilación Agua /Cemento y resistencia a compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días [kgs/cm2]	Relación agua/cemento, en peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

fck Superior: 300 kgs/cm2 — Relación a/c : 0,550
fck Inferior: 250 kgs/cm2 — Relación a/c : 0,620
fck Medio: 295 kgs/cm2 — Relación a/c Interpolado: 0,557

5.-Cálculo de la canitdad de cemento a emplear

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua seleccionada: } 190 \text{ Lts}}{\text{Relación a/c Interpolado: } 0{,}557}$$

Cemento a emplear : **346,1 kgs**

6.-Cálculo de la canitdad de Agragado Grueso

-Volumen de agregado Grueso por Volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado [mm]	Módulo de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3
9	0,50	0,48	0,46	0,44
13	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,76	0,74	0,72	0,70
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,81	0,79	0,77	0,75
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Valor Inferior del Módulo de finura = 2,8 — Volumen Agr. Grueso correspondiente = 0,67
Valor Superior del Módulo de finura = 3,0 — Volumen Agr. Grueso correspondiente = 0,65
Valor Intermedio del Módulo de finura = 2,9 — Volumen Agr. Grueso Interpolado = **0,66**

Peso del agragado grueso = Peso Unitario Compactado A.G.* Volumen de Concreto
Peso del agragado grueso = 1678 kgs/m3 * 0,660 m3 = 1065,82 kgs
Peso del agragado grueso = **1065,82 kgs**

7.-Cálculo de la canitdad de Agragado Fino

-Primera estimacion del peso del concreto [kgrs-m3]

Tamaño máximo del agregado grueso [mm]	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9	2285	2190
13	2315	2235
19	2355	2280
25	2375	2315
38	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

Peso del conreto Fresco para Agregado de : 25 mm = **2375 kgs/m3**

-En base al Peso

Agua seleccionada: 190 kgs
Cemento: 346,1 kgs
Agragado grueso: 1065,82 kgs
Sumatoria: 1602 kgs

Peso del agragado fino = Peso del concreto fresco - Sumatoria de agragdos
Peso del agragado fino = 2375 kgs/m3 - 1602 kgs = 773 kgs
Peso del agragado fino = **773 kgs**

-En base al Volumen

$$\text{Volumen de agua} = \frac{190 \text{ kgs}}{1000 \text{ kgs/m3}} = 0{,}190 \text{ m3}$$

$$\text{Volumen de Cemento} = \frac{346 \text{ kgs}}{2920 \text{ kgs/m3}} = 0{,}119 \text{ m3}$$

$$\text{Volumen Agregado Grueso} = \frac{1066 \text{ kgs}}{2503 \text{ kgs/m3}} = 0{,}426 \text{ m3}$$

Volumen de Aire = 1,50 % * 1,000 = 0,015 m3

Sumatoria de Volumenes = = 0,749 m3

Volumen del agragado fino = 1 m3 de Concreto - Sumatoria de Volumens
Volumen del agragado fino = 1,000 m3 - 0,749 m3 = 0,251 m3
Volumen del agragado fino = **0,251 m3**

7.- Resumen de la dosificacion del hormigon

	A. Grueso	A. fino	Cemento	Agua
DOSIFICACION BASICA	1066 kgs	773 kgs	346,1 kgs	190 Lts
ABSORCION	2,92 %	2,04 %		
HUMEDAD	0,13 %	1,88 %		
AGUA SUPERFICIAL	2,79 %	0,16 %		
ADICION DE MATERIALES	11	8		
DOSIFICACION CORREG.	1076	781 kgs	350 kgs	192 Lts
38 L	40,4	29,3	13,1	7,2
25 L	27	20	9	5
50 L	54	39	17	10

L A B O R A T O R I O D E H O R M I G O N E S

PROYECTO: *ELAVORACION DE HORMIGON, SUSTITUYENDO – AGREGADO GRUESO RODADO por ESCORIAS DE FUNDICION DE BAJA LEY*

PROCEDENCIA: *BANCO DE AGREGADOS "PARIA"* **FECHA:** *13-sep-2023*

MUESTRA N°: *V-001* **REG. LAB.:** *M-001* **REALIZADO POR:** *T.S.(e) ABDIAS CALIZAYA CHACHAQUI*

TIPO DE MUSTRA: *AGRADO FINO RODADO* **REALIZADO POR:** *UNIV. ALEX RODRIGO RIOS CONDORI*

ENSAYO DE DESGASTE "LOS ANGELES" (AASTHO T - 96)

Gradación y Peso de la Muestra

Tamaño del tamiz				peso de la muestra						
Pasa		Retenido		A	B	C	D	E	F	G
75,00 mm	3"	63,00 mm	2 1/2"					2500		
63,00 mm	2 1/2 "	50,00 mm	2"					2500		
50,00 mm	2"	38,10 mm	1 1/2"					5000	5000	
38,10 mm	1 1/2 "	25,00 mm	1"	1250					5000	5000
25,00 mm	1"	19,00 mm	3/4"	1250						5000
19,00 mm	3/4"	12,50 mm	1/2"	1250	2500					
12,50 mm	1/2"	9,50 mm	3/8	1250	2500					
9,50 mm	3/8"	5,30 mm	1/4"			2500				
6,30 mm	1/4"	4,75 mm	Nº4			2500				
4,75 mm	Nº 4	2,36 mm	Nº 8				5000			
TOTAL,gramos				5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
Número de Esferas				12	11	8	6	12	12	12
Nº revoluciones				500	500	500	500	500	500	500
Peso de la Carga				5000	4584	3330	2500	5000	5000	5000

ENSAYO :

GRADACION : (A)

Nº DE ESFERAS: 12

Nº DE REVOLUCIONES: **500** (30-33 r.p.m.)

PROPORCIONES DE MUESTRA: PASADO	RETENIDO	CANTIDAD TOMADA [grs]
1 1/2 "	1"	1250
1"	3/4"	1250
3/4"	1/2"	1250
1/2"	3/8	1250

CANTIDAD TOTAL DEL MATERIAL TOMADO : 5000,0 grs

RETENIDO TAMIZ DE CORTE Nº 12 (1.7 mm.) : 3495,2 grs

3467,2

DIFERENCIA : 1504,8 grs

CALCULO:

$$DESGASTE = \frac{1504,8 \text{ grs}}{5000,0 \text{ grs}} \times 100 = \mathbf{30,1\ \%}$$

OBSERVACIONES:

Planillas De Respaldo De Las Dosificaciones De Hormigón Con Agregado Grueso Escorias De Fundicion De Baja Ley

L A B O R A T O R I O D E H O R M I G O N E S

PROYECTO: *ELAVORACION DE HORMIGON, SUSTITUYENDO – AGREGADO GRUESO RODADO por ESCORIAS DE FUNDICION DE BAJA LEY*

PROCEDENCIA: *BANCO DE AGREGADOS "PARIA" y ESCORIA DE FUNDICION*

MUESTRA Nº: *V-001* **REG. LAB.:** *M-001* **FECHA:** *13-sep-23*

DOSIFICACION PARA HORMIGON TIPO H – 210 METODO ACI

DATOS:

Tamaño máximo de agregado	3/4"	
Arena =	RODADA	
Cemento Emisa IP- 30		
Relación Agua cemento a/c =	0,56	adoptable
Revenimiento =	3 – 10cm	
Módulo de finesa Arena =	2,78	
Módulo de finesa Grava =	6,51	
Peso unitario compacto grava =	1,759	
Peso unitario suelto grava =	1,561	
Peso unitario compacto arena =	1,767	
Peso unitario suelto Arena =	1,539	
Peso específico arena =	2,513	
Peso específico Grava =	3,470	
Porcentaje de absorción grava =	0,409	
Porcentaje de absorción Arena =	2,041	

DOSIFICACION POR METRO CUBICO

Descripcion	Agredado Grueso Kgs.	Agredado Fino Kgs.	Cemento Kgs.	Agua Lts.
Dosif.Corr.xm3	**1031**	**826**	**350**	**192**
Proporciones	2,9	2,4	1	0,55
25 L.	26	21	9	5
50L.	52	41	17	10

Observaciones: Porcentaje de grava y arena. 57 - 43 Cemento IP – 30

DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON
METODO DE ACI 211.1

DATOS INICIALES	
TIPO DE ESTRUCTURA:	
RESISTENCIA CARACTERISTICA fck :	210 kgs/cm2
CON AIRE INCORPORADO:	no
TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO:	3/4" 25 mm
DISTANCIA LIBRE ENTRE BARRAS:	0,0 cms
MENOR DIMENCION DE ENCOFRADO:	0,0 cms
ESPESOR DE LA LOSA:	0,0 cms

Caracteristicas fisicas de los componentes para concreto

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO PORTLAND	AGUA PARA AMASADO
Peso Específico	2,513 grs/cm3	3,470 grs/cm3	2,920 grs/cm3	1,000 grs/cm3
Porcentaje de Absorción	2,04 %	0,41 %	---	---
Porcentaje de Humedad	6,90 %	2,50 %	---	---
Módulo de Finura	2,78 %	6,51 %	---	---
Peso Unitario Suelto	1,539 grs/cm3	1,561 grs/cm3	---	---
Peso Unitario Compactado	1,767 grs/cm3	1,759 grs/cm3	---	---

1.- Valores orientativos en función de la resistencia caracteristica

Código	Valor de fck que se desea [Mpa]	Valor necesario de fcm [Mpa]
Código Modelo	fck ≤ 50	fcm = fck + 8,0
Código Modelo ACI	fck < 20	fcm = fck + 7,0
	20 ≤ fck ≤ 35	fcm = fck + 8,4
	fck > 35	fcm = fck + 9,8

Valor de fck : 210 kgs/cm2
Valor de fcm : 295 kgs/cm2
Valor de fcm a emplear : **295 kgs/cm2**

2.- Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento [cms]		
	Máximo	Medio	Mínimo
Zapata de cimientación de concreto reforzado	8	5	3
Muro de concreto de la sub-estructura	8	5	3
Zapata simple	8	5	3
Muros reforzados	10	6	3
Viga	10	6	3
Columna	10	6	3
Losa	8	5	3
Pavimento	8	5	3
Concreto masivo	5	4	3

Revenimiento seleccionados:	Máximo	10	Medio	6	Mínimo	3

Revenimiento a emplear: **6 cms**

2.-Elección del tamaño máximo de agregado

DISTANCIA LIBRE ENTRE BARRAS:	0,0 cms	≤ 3/4.:	No cumple con el tamaño máximo
MENOR DIMENCION DE ENCOFRADO:	0,0 cms	≤ 1/3.:	No cumple con el tamaño máximo
ESPESOR DE LA LOSA:	0,0 cms	≤ 1/5.:	No existe

3.-Requerimientos aproximados de agua de mezclado [Lts/m3]

Revenimiento [cm]	Tamaño máximo de agregado grueso [mm]							
	9 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	50 mm	70 mm	150 mm
Concreto sin aire incluido								
3 a 5	205	200	185	185	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	--
Cant. Aprox. De aire atrapado en concreto sin aire incluido [%]	3,0 %	2,5 %	2,0 %	1,5 %	1,0 %	0,5 %	0,3 %	0,2 %
Concreto con aire incluido								
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	--
Promedio recomendable de contenido total de aire [%]	8,0 %	7,0 %	6,0 %	5,0 %	4,5 %	4,0 %	3,5 %	3,0 %

Agua seleccionada: **190 Lts**
Contenido de Aire Aprox. **1,5 %**

4.-Relacilación Agua /Cemento y resistencia a compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días [kgs/cm2]	Relación agua/cemento, en peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

fck Superior: 300 kgs/cm2 Relación a/c : 0,550
fck Inferior: 250 kgs/cm2 Relación a/c : 0,620
fck Medio: 295 kgs/cm2 Relación a/c Interpolado: 0,557

5.-Cálculo de la canitdad de cemento a emplear

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua seleccionada: } 190 \text{ Lts}}{\text{Relación a/c Interpolado: } 0{,}557}$$

Cemento a emplear : **346,1 kgs**

6.-Cálculo de la canitdad de Agragado Grueso

-Volumen de agregado Grueso por Volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado [mm]	Módulo de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3
9	0,50	0,48	0,46	0,44
13	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,76	0,74	0,72	0,70
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,81	0,79	0,77	0,75
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Valor Inferior del Módulo de finura = 2,8 Volumen Agr. Grueso correspondiente = 0,67
Valor Superior del Módulo de finura = 3,0 Volumen Agr. Grueso correspondiente = 0,65
Valor Intermedio del Módulo de finura = 2,9 Volumen Agr. Grueso Interpolado = **0,66**

Peso del agragado grueso = Peso Unitario Compactado A.G.* Volumen de Concreto
Peso del agragado grueso = 1759 kgs/m3 * 0,660 m3 = 1116,66 kgs
Peso del agragado grueso = **1116,66 kgs**

7.-Cálculo de la canitdad de Agragado Fino

-Primera estimacion del peso del concreto [kgrs-m3]

Tamaño máximo del agregado grueso [mm]	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9	2285	2190
13	2315	2235
19	2355	2280
25	2375	2315
38	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

Peso del conreto Fresco para Agregado de : 25 mm = **2375 kgs/m3**

-En base al Peso

Agua seleccionada: 190 kgs
Cemento: 346,1 kgs
Agragado grueso: 1116,66 kgs
Sumatoria: 1653 kgs

Peso del agragado fino = Peso del concreto fresco - Sumatoria de agragdos
Peso del agragado fino = 2375 kgs/m3 - 1653 kgs = 722 kgs
Peso del agragado fino = **722 kgs**

-En base al Volumen

$$\text{Volumen de agua} = \frac{190 \text{ kgs}}{1000 \text{ kgs/m3}} = 0{,}190 \text{ m3}$$

$$\text{Volumen de Cemento} = \frac{346 \text{ kgs}}{2920 \text{ kgs/m3}} = 0{,}119 \text{ m3}$$

$$\text{Volumen Agregado Grueso} = \frac{1117 \text{ kgs}}{3470 \text{ kgs/m3}} = 0{,}322 \text{ m3}$$

Volumen de Aire = 1,50 % * 1,000 = 0,015 m3

Sumatoria de Volumenes = = 0,645 m3

Volumen del agragado fino = 1 m3 de Concreto - Sumatoria de Volumens
Volumen del agragado fino = 1,000 m3 - 0,645 m3 = 0,355 m3
Volumen del agragado fino = **0,355 m3**

7.- Resumen de la dosificacion del hormigon

	A. Grueso	A. fino	Cemento	Agua
DOSIFICACION BASICA	1117 kgs	722 kgs	346,1 kgs	190 Lts
ABSORCION	0,41 %	2,04 %		
HUMEDAD	2,50 %	6,90 %		
AGUA SUPERFICIAL	-2,09 %	-4,86 %		
ADICION DE MATERIALES	11	7		
DOSIFICACION CORREG.	1128	729 kgs	350 kgs	192 Lts
38 L	42,3	27,4	13,1	7,2
25 L	28	18	9	5
50 L	56	36	17	10

L A B O R A T O R I O D E H O R M I G O N E S

PROYECTO: *ELAVORACION DE HORMIGON, SUSTITUYENDO – AGREGADO GRUESO RODADO por ESCORIAS DE FUNDICION DE BAJA LEY*

PROCEDENCIA: *ESCORIA DE FUNDICION DE BAJA LEY* **FECHA:** *13-sep-2023*

MUESTRA Nº: *V-002* **REG. LAB.:** *M-001* **REALIZADO POR:** *T.S.(e) ABDIAS CALIZAYA CHACHAQUI*

TIPO DE MUSTRA: *AGREGADO GRUESO CHANCADO* **REALIZADO POR:** *UNIV. ALEX RODRIGO RIOS CONDORI*

ENSAYO DE DESGASTE "LOS ANGELES" (AASTHO T - 96)

Gradación y Peso de la Muestra

Tamaño del tamiz				peso de la muestra						
Pasa		Retenido		A	B	C	D	E	F	G
75,00 mm	3"	63,00 mm	2 1/2"					2500		
63,00 mm	2 1/2 "	50,00 mm	2"					2500		
50,00 mm	2"	38,10 mm	1 1/2"					5000	5000	
38,10 mm	1 1/2 "	25,00 mm	1"	1250					5000	5000
25,00 mm	1"	19,00 mm	3/4"	1250						5000
19,00 mm	3/4"	12,50 mm	1/2"	1250	2500					
12,50 mm	1/2"	9,50 mm	3/8	1250	2500					
9,50 mm	3/8"	5,30 mm	1/4"			2500				
6,30 mm	1/4"	4,75 mm	Nº4			2500				
4,75 mm	Nº 4	2,36 mm	Nº 8				5000			
TOTAL,gramos				5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
Número de Esferas				12	11	8	6	12	12	12
Nº revoluciones				500	500	500	500	500	500	500
Peso de la Carga				5000	4584	3330	2500	5000	5000	5000

ENSAYO :

GRADACION : (A)

Nº DE ESFERAS: **12**

Nº DE REVOLUCIONES: **500** (30-33 r.p.m.)

PROPORCIONES DE MUESTRA: PASADO	RETENIDO	CANTIDAD TOMADA [grs]
1 1/2 "	1"	1250
1"	3/4"	1250
3/4"	1/2"	1250
1/2"	3/8	1250

CANTIDAD TOTAL DEL MATERIAL TOMADO : 5000,0 grs

RETENIDO TAMIZ DE CORTE Nº 12 (1.7 mm.) : 4295,0 grs

3467,2

DIFERENCIA : 705,0 grs

CALCULO:

$$DESGASTE = \frac{705{,}0 \text{ grs}}{5000{,}0 \text{ grs}} \times 100 = \mathbf{14{,}1\ \%}$$

OBSERVACIONES:

ROTURA DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN ASTM C31

PROYECTO: ELAVORACION DE HORMIGON, SUSTITUYENDO - AGREGADO GRUESO RODADO por ESCORIAS DE FUNDICION DE BAJA LEY
PROCEDENCIA: PROBETAS CILINDRICAS DE PRUEVAS DE INVESTIGACION CON AGREGADOS DE BANCO DE AGREGADOS "PARIA" y ESCORIA DE FUNDICION
REALIZADO POR: T.S.(e) ABDIAS CALIZAYA CHACHAQUI
REALIZADO POR: UNIV. ALEX RODRIGO RIOS CONDORI

Número Probeta	Procedencia	Tipo Hº A	Progresiva	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Slam (cm)	Edad días	Peso (gr)	Altura (cm)	Diametro (cm)	Carga aplicada (Kg)	Area de la probeta (cm2)	Densidad probeta (Kg/cm3)	Efuerzo Rotura en (Kg/ cm2)	Resistencia a los 28 días (Kg/cm2)	Resistencia Promedio 28 días (Kg/cm2)	Desviación Estándar	Resistencia Característica (Kg/cm^2)	Resistencia Especificada (Kg/cm2)	Cumple o No Cumple	Observaciones
1	PROBETAS DE PRUEVAS DE INVESTIGACION CON GRAVA DE CANTO RODADO	210		13-mar-23	20-mar-23	22,0	7	13668	30,0	15,2	28560	181,46	2,511	157,391	218,6	223,7	3,4	218,1	210,0	Cumple	Dosificación Hº- H-21
2		"		13-mar-23	20-mar-23	22,0	7	12164	30,0	15,0	28056	176,72	2,294	158,764	220,5						
3		"		13-mar-23	03-abr-23	20,0	21	12420	30,0	15,1	37855	179,08	2,312	211,387	226,1						
4		"		13-mar-23	03-abr-23	20,0	21	12140	30,0	15,0	37555	176,72	2,290	212,517	227,3						
5		"		13-mar-23	10-abr-23	20,0	28	12120	30,0	15,0	39855	176,72	2,286	225,533	225,5						
6		"		13-mar-23	10-abr-23	20,0	28	12320	30,0	15,0	39655	176,72	2,324	224,401	224,4						
1	PROBETAS DE PRUEVAS DE INVESTIGACION CON GRAVA DE ESCORIA DE FUNDICION	210		13-mar-23	20-mar-23	19,0	7	12857	30,0	15,0	33335	176,72	2,425	188,637	262,0	263,3	1,3	261,2	210,0	Cumple	Dosificación Hº- H-21
2		"		13-mar-23	20-mar-23	19,0	7	12650	30,0	15,0	33445	176,72	2,386	189,260	262,9						
3		"		13-mar-23	03-abr-23	9,5	21	12450	30,0	15,1	43865	179,08	2,317	244,948	262,0						
4		"		13-mar-23	03-abr-23	9,5	21	12500	30,0	15,0	43550	176,72	2,358	246,442	263,6						
5		"		13-mar-23	10-abr-23	12,5	28	12580	30,0	15,0	46865	176,72	2,373	265,201	265,2						
6		"		13-mar-23	10-abr-23	12,5	28	12450	30,0	15,2	47955	181,46	2,287	264,275	264,3						

DISCUSIÓN

Según las investigaciones realizadas se puede determinar que:

Ventajas: mayor adherencia del material de escoria, arena de banco de agregados paria y cemento. Por ser este material chancado y/o triturado. Mayor resistencia a la compresión de rotura de probetas. Menor absorción de la mescla endurecida de hormigón.

Por las ventajas mencionadas, este hormigón puede ser utilizado en obras de la ingeniería civil tales como: puentes badén en ríos, embovedados, cordones de aceras, aceras peatonales, pisos de patios, cimientos de H°C°, pavimento rígido, u otros que no implique en diseño estructura de edificaciones por el des favorecimiento del peso específico de este hormigón.

Desventajas: mayor peso específico, no favorable para elementos estructural, ya que este presenta una masa unitaria mayor al del hormigón convencional.

CONCLUSIONES

El presente informe pretende sustituir el agregado grueso (grava del banco de agregados paria), por la escoria de fundición de baja ley, ya que este tiene ventajas para algunos tipos de trabajo en la ingeniería civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PROYECTO PILOTO ORURO 1993 -1997 – AUDITORIA AMBIENTAL AEROCOMP 1996

https://vinto.gob.bo/?page_id=80

MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES *HORMIGON VOL. 4 ABC

https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_ensayo_de_suelos_y_materiales_hormigon.pdf

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Flores Gonzales, Jhon Austry :(ORCID: 0000-0002-8642-5522) Fuentes Carranza, Jhoaldo :(ORCID: 0000-0001-7970-7743)

Efectos de la Escoria de Fundición como Agregado Fino en el Comportamiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto

Espinoza Chamorro, G. M., & Trinidad Ramos, D. J. (2021). Efectos de la Escoria de Fundición como Agregado Fino en el Comportamiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto. https://hdl.handle.net/20.500.12848/2607