



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de $F'c = 210$
kg/cm²”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO

DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORES:

Ullilen Echeverria, Ever (ORCID:0000-0002-6710-1450)

Vasquez Ramirez, Jhon Ancelmo (ORCID:0000-0002-4570-4816)

ASESOR:

Ing. Tacza Zevallos, John Nelinho (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo con mucho cariño a nuestra familia que, con mucho esfuerzo, amor y su apoyo incondicional están haciendo que nuestra formación académico profesional sea posible. A nuestro asesor el Ing. Tacza Zevallos, Jhon Nelinho por su constante perseverancia, dedicación y mucha paciencia para orientarnos en el desarrollo de nuestro tan esperado trabajo de investigación. Y gracias al libro de “Metodología de la Investigación” de Hernández Sampieri, Roberto recomendado por nuestro asesor ya antes mencionado.

Agradecimiento

Total agradecimiento para nuestra familia, por su respaldo económico e incondicional, a nuestro asesor por su gran capacidad de enseñanza y su alto nivel académico para podernos guiar, a la escuela de ingeniería por su constante seguimiento en nuestra formación del día a día y a nuestra universidad cesar vallejo por darnos la oportunidad de hacer nuestro sueños realidad y ayudarnos a cumplir nuestras metas trazadas y lograr nuestros objetivos con la única finalidad de llegar a nuestra misión y se concrete nuestra visión como ciudadanos peruanos de poder surgir en algún momento.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	13
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
2.2. Variables, operacionalización	13
2.3. Población, muestra y muestreo	15
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
2.5. Procedimiento	17
2.6. Método de análisis de datos	17
2.7. Aspectos éticos.....	18
III. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	19
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS	33
ANEXOS	35

Resumen

En la actualidad, la sociedad ha sufrido constantes cambios industriales, sociales y comerciales. Las cuales nos vemos en la obligación de innovar nuevos métodos, nuevas formas de desarrollar nuestros proyectos con la única finalidad de preservar el medio ambiente. Y la industria de la construcción no es ajena a estos cambios.

El presente trabajo tiene como objetivo específico implementar el uso de escoria de cobre en un porcentaje moderado del 10% a 30% por ciento del total usado como arena para la producción de concreto. El objetivo es reducir el impacto ambiental producido por la extracción de nuevos materiales y a la misma vez reducir la contaminación del aire causados por la escoria de cobre, empleándolo en el rubro de la construcción y se observaron excelentes resultados estructurales y dejando ver que si se puede aplicar este material en diferentes construcciones ya sea viviendas o pavimentos.

Palabras claves: Escoria de cobre, concreto, resistencia.

Abstract

At present, society has undergone constant industrial, social and commercial changes. The questions we see in the obligation to innovate new methods, new ways of developing our projects with the only proposal to preserve the environment. And the construction industry is not stranger to these changes.

The purpose of this work is to implement the use of copper slag in a moderate percentage of 20% to 30% percent of the total used as sand for the production of concrete. The objective is to reduce the environmental impact produced by the extraction of new materials and at the same time reduce air pollution caused by copper slag, used in the construction and observer field, excellent structural results and eliminate see if You can apply this material in different constructions either houses or pavements.

Keywords: Copper slag, concrete, resistance.

I. INTRODUCCIÓN

Introducción

En el transcurso de los últimos años la industria de la construcción ha presentado una importante alza en construcciones inmobiliarias, carreteras, pistas y veredas, esta demanda es muy importante para el desarrollo de un país , pero a la vez debemos buscar la manera adecuada de ejecutar estos proyectos de crecimiento haciendo edificaciones usando materiales idóneos, ayudando a su vez a reducir los daños ambientales que esta industria provoca sino más bien reinvirtiéndola y logrando así mantener una buena comunión con el medio ambiente y sus ecosistemas

En la actualidad existen modernos métodos de construcción en los cuales se busca una mejora continua en la ejecución de estos proyectos dentro los cuales también se busca emplear nuevos materiales que se puedan aplicar en la construcción. La escoria de cobre es una excelente alternativa para esta ocasión, “el material del futuro”, la llamamos así porque cumple con ciertos requisitos para ser usado como remplazo a un 30% de la arena en el preparado de concreto y la encontramos botada en abundancia como relave minero a los bordes de los ríos o pueblos ocasionando una contaminación sin opción a ser reparada. ¿Cómo y dónde conseguimos este material? ¿Porque deberíamos usar escoria de cobre? ¿Cuáles son las ventajas mecánicas que ayudaría a mejorar nuestro concreto? ¿Qué beneficios nos trae el uso de la escoria de cobre?

En las siguientes páginas dejaremos plasmado por qué deberíamos usar este material y como nos ayudaría a mejorar la calidad de construcción y calidad de vida de las poblaciones evitando los daños causados por este acumulamiento de relave o escoria de cobre.

Realidad problemática

A nivel mundial hoy en día la construcción se ha visto en la necesidad de usar nuevos métodos, técnicas innovadoras para ejecutar los megaproyectos en desarrollo de una nación. Pero el desarrollo mundial, nacional o local, no solo se ve reflejada en la ejecución de estos proyectos sino en la manera como buscamos reducir los impactos causados por ellos, reduciendo este efecto usando materiales reciclados en la construcción ya sea en edificaciones carreteras obras hidráulicas etc. *“la escoria de cobre es un residuo metalúrgico producto de la fusión de concentrados de cobre en el proceso de la refinación, la cual es depositada en los centros de acopio autorizados. La escoria se considera un pasivo ambiental y puede permanecer en los vertederos por mucho tiempo”* (c. Aguilar 2010). Es decir, la escoria de cobre presenta una excelente alternativa para el desarrollo de proyectos como viviendas o construcción de pistas o carreteras ya que en medida mundial se producen cerca de 24.6 millones de toneladas de escoria anuales. Por lo cual tendríamos suficiente material para desarrollar proyectos de gran embargadora donde se requiera de mucho material.

A nivel mundial se han perpetrado diversas practicas de uso en cuanto al empleo de la escoria de cobre, especialmente en la industria de la construcción llegando a obtener excelentes resultados. Muchas personas que viven aledañas a minas de extracción del cobre han sabido aprovechar este material para la construcción, convirtiendo este material en bloques de escoria de moldeados. Estos también están siendo usados para la limpieza y el pulido de estructuras metálicas por chorro abrasivo en las obras civiles, materia prima en la fabricación del cemento, sustituto de agregados tanto finos como grueso en el concreto y el mortero, entre otros.

En las últimas décadas se han publicado diversas investigaciones con buenos resultados sobre el uso de la escoria de cobre en hormigones y morteros de concreto, por lo cual intensifica más aun a la población el uso factible que se obtiene de la escoria de cobre en hormigones y morteros de cemento. *El empleo de la escoria de cobre en mortero y hormigones se instaura en la publicación de un manual técnico de una localidad china (Tang et al. 2000) donde se llega a concluir que el uso de la escoria de cobre en el mortero de cemento aumenta su resistencia a la abrasión. Por otro lado, resende et al. (2008) investigaron el proceso de la escoria de cobre con morteros sometidos al procedimiento de chorro abrasivo y su comportamiento mecánico.*

En estos últimos años en Australia se comercializa hormigones con escoria de cobre. Varios países han regularizado el uso de finos de escoria como agregado en el cemento, refiriendo las medidas, DIN 4226; Bs EN 12620; ASTM C 989, entre otras.

Antecedentes nacionales

(Melgarejo Clenin, 2019), Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión- Cerro de Pasco – Perú, en su tesis de titulación, “Influencia de la escoria al producir concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019” fijo como **objetivo** general determinar la resistencia a la compresión del concreto al producir concreto permeable con escoria en los pavimentos urbanos de la Ciudad de Pasco. Por otro lado, la **metodología** usada es del tipo aplicada, del nivel explicativo. Se **concluye** que el diseño se debe basar en propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio, cuando hablemos de diseño de mezclas incorporando nuevos materiales.

(Morón Jorge, 2018), Universidad Privada de Tacna – Tacna – Perú, en su investigación de maestría, “Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región Moquegua 2018” tiene como **objetivo** principal diseñar un modelo de gestión del uso de escorias de cobre que disminuyan el impacto ambiental en la región Moquegua. La **metodología** usada es del tipo aplicada en la modalidad de innovación. Se **concluye** que en la probable aplicación y/o utilización del modelo de gestión del uso de escoria de cobre de forma oportuna, oportuna y estricta permitirá lograr de manera significativa la disminución del impacto ambiental en la Región Moquegua producida por la acumulación de escoria de cobre en depósitos y áreas naturales, con un nivel de confianza del 95%.

(Orihuela Cristian, 2009), Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo – Perú, en su investigación para obtener el título de ingeniero, investigó la “Limpieza de la escoria de cobre empleando campos cruzados, eléctricos y magnéticos en la fundición de la Oroya 2009” estableció en su **objetivo** principal limpiar las escorias de fundición de cobre empleando campos cruzados, eléctricos y magnéticos, en la fundición de la Oroya. Se **concluye** que la limpieza de la escoria de cobre con este

método es factible para obtener un producto más trabajable y libre de materiales ferrosos o de magnetita que aumentan la posibilidad de corrosión.

(Cuadros Rojas, 2010), Universidad nacional de Ingeniería, Lima – Perú en su investigación para obtener el título de ingeniero estudio la “Reducción de las pérdidas de cobre en las escorias del proceso isasmelt de la fundición de Ilo de SPCC”.

Tiene como **objetivo** estudiar la interrelación de las variables de proceso que determinan el contenido de cobre en la escoria de los hornos de separación de Southern Perú Copper Corporation (SPCC). En lo cual se **concluyó** que es de suma importancia estudiar y procesar las escorias para disminuir el contenido de cobre.

Antecedentes internacionales

(Dos Anjos M.A.G., Sales A.T.C. y Andrade N., 2017), en su artículo científico, “Blasted copper as fine aggregate in Portland cement concrete” tiene como **objetivo** evaluar la viabilidad del uso de escoria de cobre granallada como agregado fino para la producción de concreto de cemento Portland. Este estudio **concluye** que las propiedades mecánicas mostraron una pequeña reducción del hormigón con un rendimiento de escoria de cobre arruinada, en relación con la mezcla de referencia.

(Ambily P.S., Umarani C., Ravisankar K., Prem Prabhat, Bharatkumar B.H. y Iyer Nagesh, 2015) en su artículo científico, “Studies on ultra high performance concrete incorporating copper slag as fine aggregate” tiene como **objetivo** investigar la viabilidad técnica sobre el uso de la escoria de cobre como reemplazo del agregado fino en un concreto de ultra alto rendimiento (UHPC). **Concluyó** que el uso de la escoria de cobre como agregado fino en UPHC es técnicamente viable.

(Lori Ali, Hassani Abolfazl y Sedghi Reza, 2019) en su artículo científico, “Investigating the mechanical and hydraulic characteristics of pervious concrete containing copper slag as coarse aggregate” tiene como **objetivo** investigar las características mecánicas e hidráulicas del concreto permeable que incorpora agregado grueso de escoria de cobre. Este estudio llegó a **concluir** que las fuerzas de unión de las mezclas que incorporan 60%, en el que la resistencia a la flexión, la

resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por división aumentaron 31%, 19% y 18%, respectivamente, además, la porosidad y la permeabilidad del hormigón permeable aumentaron con el aumento del contenido de escoria de cobre.

(Peirovi Mohamad, Labafzadeh Mohamad, Dehghani Ayoub y Meftani Farshad, 2019) en su artículo científico, “Durability and mechanical properties of precast concrete curb containing waste copper slag” tiene como **objetivo** evaluar la resistencia y la durabilidad del encintado a través de una serie de pruebas en seis proporciones diferentes de desechos de escoria de cobre que van del 0 al 100% de reemplazo de arena fina. Mediante el estudio se **concluyó** que es posible sustituir arena fina con escoria de cobre residual sin ningún efecto negativo sobre las propiedades del encofrado.

(Gon Wei y Ueda Takao, 2016) en su artículo científico, “Properties of self-compacting concrete containing copper slag aggregate after heating up to 400 °C” tiene como **objetivo** investigar la influencia del calentamiento hasta 400 °C en las propiedades del concreto autocompactante que contiene agregado fino de escoria de cobre reciclado. Se **concluyó** que la mezcla de agregado fino de escoria de cobre en el concreto redujo el módulo elástico residual y aceleró la penetración de CI en el concreto autocompactante cuando la temperatura máxima excedió los 200 °C.

Teorías relacionadas al tema

Escoria

La escoria está formada a base de fundentes y gangas, esta se presenta como una capa de impurezas alrededor del metal fundido, resguardándolo de la oxidación, a lo largo del proceso de refinación (Barroso y Ibáñez, 2014, p. 44).

La escoria, según Pinedo, viene a ser la mezcla de diversos óxidos que al llegar a una cierta temperatura llegan al estado líquido, formando una capa que cubre al metal de las pérdidas de calor, impidiendo así la aparición de efectos secundarios (2009, p.7).

Las escorias obtenidas en la fusión a eje tienen composiciones que varían apreciablemente de una fundición a otra según la naturaleza de los minerales, de los concentrados, de los fundentes, operación y otros factores. Aparte de cantidades variables de CaO, Al₂O₃, MgO y otros óxidos, aparecen habitualmente inclusiones de sulfuros, suspensiones de mata y gases atrapados. (Universidad de Texas, 2008, p.30)

Cobre

El cobre se encuentra en la corteza terrestre en promedio alrededor de 50 partes de cobre por millones de partes de suelo (ppm) o de una manera más entendible, 50 miligramos de cobre por kilo de suelo. Este elemento natural es de color rojizo, se halla en muchos lugares tales como, rocas, suelo sedimentos, agua y, en niveles bajos, incluso en el aire (Bellido y Ramón, 2006, p. 289).

El cobre puede llegar a ser muy dúctil y tenaz, hasta muy buena para la aleación de la soldadura, por ende, este material se comporta adecuadamente frente a la resistencia mecánica y ductilidad. Añadir, que el cobre puede llegar a obtener un incremento de su resistencia con un trabajo mecánico continuo, pero a su vez, traer complicaciones como la disminución de su ductilidad (Morral y Molera, 2004, p.1251).

Esta se presenta principalmente formando minerales y muy raramente en estado nativo. Los principales minerales de cobres son: pirita de cobre, calcocita, calcosina o cobre vidrioso, cobre abirragado, cobre oxidado. Los minerales contienen generalmente azufre. (Leyensetter y Würtemberger, 2006, pg.92)

Concreto

De manera general el concreto u hormigón se le conoce a la mezcla del cemento (Material aglutinante), agregados o áridos, agua y en casos circunstanciales aditivos. Este al llegar al secado obtiene una resistencia alta frente al esfuerzo de compresión, muy parecida a una piedra artificial compacta, pero una resistencia a la tracción de lo más despreciable (Sánchez, 2001, p. 19).

El concreto ofrece, como las piedras naturales, una resistencia enorme a las fuerzas de compresión y muy poca a la de tracción [...] las propiedades y características del concreto se estudian con el fin de obtener el diseño de mezcla óptimo

(proporcionamiento de sus insumos) para las condiciones especificadas en un proyecto dado (Sanchez, 2001, p.19).

Para adquirir un buen concreto no solo basta con contar con buenos materiales y una dosificación óptima. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado (E. Harmsen, 2005, p.11).

Concreto en estado fresco

Trabajabilidad

Según el comité 2011 de ACI, la manejabilidad conocida también como trabajabilidad, se considera como la capacidad del concreto que determina su estado para ser colocado y consolidado adecuadamente y terminar sin segregación que dañe a la mezcla de una u otra manera.

Sin embargo, algunos autores sostienen que establecer que la manejabilidad establece la facilidad de colocación y la resistencia a la segregación es dar una representación muy vaga de esta significativa propiedad del concreto (Sanchez, 2001, p.111).

Temperatura

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, sugiere y señala que la temperatura del concreto no debe sobrepasar los 32 °C, esto para no perder la manejabilidad óptima del concreto en obra y también evitar un secado rápido. Sin embargo, actualmente ya existen diversos aditivos como plastificantes y retardantes, que lo que hacen es controlar estos comportamientos del concreto neutralizándolo, para trabajar de acuerdo al avance, pues esto, muchas veces es muy complicado de controlar.

El Documento oficial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el capítulo 13, indica que se debe hacer de uso obligatorio, los aditivos, en zonas donde la temperatura exceda los 30 °C.

Según el Código ACI 318-14, señala que 35°C, es la temperatura máxima con la que debe contar el concreto en estado fresco

Consistencia

Otra manera de nombrar al estado plástico del concreto es la “consistencia”, si bien muchas personas lo relacionan con el concepto de trabajabilidad, no viene a ser lo mismo. La consistencia es el grado de humedad de la mezcla del concreto en su estado plástico, que tan seca o fluida se va a encontrar antes de ser colocada en obra, pues no siempre se trabaja con una mezcla fluida, esto va a depender de la construcción y el tiempo con el que se esté realizando (Sánchez, 2001, p. 111).

Plasticidad

Se designa como “plasticidad” a la capacidad del concreto para ser moldeada cuando aún se encuentra en su estado fresco y de esa manera poder usarlas en la construcción. Pues, por esta razón ni las mezclas muy fluidas ni las mezclas muy secas pueden ser conocidas como mezclas de consistencia plástica (Sánchez, 2001, p. 112).

Concreto en estado endurecido

Para efectos de diseño es de interés conocer el comportamiento mecánico del concreto en estado endurecido, tanto en el rango elástico como en el rango inelástico.

Primeramente, es de vital importancia señalar que el concreto se comporta como un material cuasi frágil, en el cual el índice de ductilidad depende en general de su resistencia y se encuentra en entre 1 y 6 (Lamus y Andrade, 2015, p.127).

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto o F'_c se establece mediante pruebas de laboratorio en cilindros de concreto de 15cm x 30cm de diámetro, aunque antes se hacían uso de cilindros de menor dimensión de 10cm x 20cm en lugar de las más grandes, estas son sometidos a una carga constante donde se determina su resistencia. En el transcurso de curado de los cilindros por 28 días, estos generalmente son sumergidos en el agua o bien se mantienen en un lugar donde la temperatura sea constante y con una humedad del 100%. Existen concretos con resistencias ultimas a los 28 días de 175 kg/cm² hasta 700 a 1400 kg/cm², pero en su gran parte el concreto usado en la práctica llega a resistencias entre 210 y 500 kg/cm². Para usos comunes de la construcción se encuentran de 210 kg/cm² hasta

280 kg/cm², y para la construcción presforzada se usan de 350 kg/cm² y 420 kg/cm² (McCormac, 2011, p. 16).



Figura 1. Ensayo de compresión en probetas

El primordial parámetro de diseño tomado en cuenta en el concreto es la resistencia a la compresión última obtenida en el ensayo, llegando hasta la rotura del cilindro. El valor tomado por el ingeniero estructural al realizar el diseño de la construcción para este esfuerzo se denomina resistencia especificada a la compresión (Lamus y Andrade, 2005, p. 62).

Formulación del problema

Problema general

¿Existe la posibilidad de utilizar la escoria de cobre, como agregado fino en la producción de concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$?

Problemas específicos

P.E.1: ¿Cómo la incorporación de escoria de cobre mejorará la resistencia a la compresión a un concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, en porcentajes de 10%, 20% y 30%?

P.E.2: ¿Qué cambios sufre la trabajabilidad de un concreto de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ al añadir escoria de cobre como agregado fino?

P.E.3: ¿En qué se diferencian los resultados de la resistencia a la compresión de un concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ convencional con el concreto agregando escoria de cobre?

P.E.4: ¿Cuál es el porcentaje óptimo de la escoria de cobre en la producción de concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$?

Justificación de la investigación

Práctica

En la actualidad se busca constantemente mejorar la calidad en las edificaciones y que mejor manera de encontrar nuevos materiales que nos ofrezcan mejores cualidades mecánicas para construir de manera más segura, la escoria de cobre nos ofrece sin duda alguna, una solución a este problema ya que ayuda a mejorar la resistencia a la compresión y nos brinda mayor resistencia a los sulfatos dándonos así una excelente solución para combatir la corrosión por los sulfatos y a la vez tiene mayor resistencia a las cargas. Este material no brinda una serie de beneficios y se puede aplicar en diversas industrias principalmente en la construcción los cuales nos deja un amplio campo de investigación buscando soluciones prácticas usando escoria de cobre.

Teórica

La primordial razón las industrias metalúrgicas afectan negativamente al medio ambiente, es por la gran cantidad de desechos sólidos formados después de la acción industrial. El cobre es el principal producto de exportación en el Perú y además este es el segundo fabricante a nivel mundial, después del líder indiscutible en el mercado, Chile. El Perú produjo en el año 2018, 2.4 millones de toneladas de cobre, por lo cual se estima que se generó alrededor de 4 millones de toneladas de escoria de cobre, de la cual se tira o vende como abrasivos o para firmes.

Metodológica

Por todo esto, se busca solucionar el problema beneficiando al medio ambiente y la sociedad, mediante la utilización de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto. De esta manera reducir los desechos de las industrias

procesadoras de cobre y disminuir el consumo de agregados usados convencionalmente.

Social

La explotación de cobre crea un gran impacto ambiental negativo según *kanzandi et al* (2009), indica que, por cada tonelada de fino, se genera entre 2,2 a 3 toneladas de escoria de cobre. Siendo así los más afectados los sectores agrícolas de las comunidades donde se desarrolla esta actividad minera a pesar de que los campos donde se deposita este material tiene ciertos criterios de acondicionamiento el daño es considerable en el daño de los suelos ya que los vuelve desérticos o infértiles. (*SUTULOV. 1984*) afirma que zonas donde hay demasiada vegetación y existen zonas densamente pobladas el resultado es mucho más grande ya que se realizan actividades agrícolas y tanto las aguas como la atmosfera inciden decisivamente sobre la flora y fauna de un país.

De modo que los sectores beneficiados por esta actividad solo resultan siendo las empresas que realizan esta actividad la cual tiene un alcance local, nacional y global porque crea un desequilibrio en nuestros ecosistemas.

Hipótesis

Hipótesis general

La incorporación de escoria de cobre en concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, aumentara su resistencia a la compresión.

Hipótesis específicas

H.E.1: Se estima que un porcentaje mayor al 30% de escoria de cobre reducirá la resistencia a la compresión del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

H.E.2: La trabajabilidad del concreto de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ añadiendo escoria de cobre presenta cambios mínimos, considerados como despreciables.

H.E.3: Los resultados obtenidos del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando escoria de cobre mostraran un pequeño aumento de su resistencia a la compresión comparadas con el concreto convencional.

H.E.4: Se estima que el porcentaje optimo de adición de escoria de cobre en el concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ oscila entre 20% a 30%.

Objetivos

Objetivo general

Investigar, mediante pruebas de laboratorio, la posibilidad de utilizar la escoria de cobre, como agregado fino, en la producción de concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$.

Objetivos específicos

O.E.1: Determinar la resistencia a la compresión en el concreto de $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ incorporando escoria de cobre en 0%, 10%, 20% y 30%.

O.E.2: Evaluar la trabajabilidad del concreto de $F'c =210\text{ kg/cm}^2$ al añadir escoria de cobre como agregado fino.

O.E.3: Determinar y comparar la resistencia a la compresión de un concreto de $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ convencional con el concreto agregando escoria de cobre.

O.E.4: Determinar el porcentaje optimo de escoria de cobre en la producción de concreto de $F'c = 210\text{kg/cm}^2$.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de estudio

Según Cegarra (2011, p. 42) “La investigación aplicada, o también conocida como investigación técnica, tiende a la solución de problemas o al desarrollo de ideas, a corto o medio plazo, dirigidas a obtener innovaciones, perfeccionamiento de procesos o productos, incremento de calidad y productividad, etc”.

El tipo de investigación utilizada en el presente proyecto es **aplicada**, porque se realizaron diseños de mezcla en base a la incorporación de escoria de cobre en el concreto en proporciones de 10%, 20% y 30%.

2.1.2. Diseño de la investigación

Según M. Gómez (2006, p. 87) la investigación cuasi experimental se refiere a “una investigación que posee todos los elementos de experimento, excepto que los sujetos no se asignan aleatoriamente a los grupos, (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control creada por el investigador”.

Para la realización del presente proyecto de investigación, el diseño aplicado a la investigación es **cuasi experimental**.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

Según Muñoz (2015) “Una variable se entiende como la característica de un fenómeno que es susceptible de medición y que puede modificarse o tomar diferentes valores, no solo numéricos sino también cualitativos”.

2.2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
ESCORIA DE COBRE	<p>ESCORIA. - Puede ser definida como una fase que contiene sustancias inútiles de una mineral (ARIOS, 2014).</p> <p>COBRE (Cu).- Es un metal que conduce muy bien la electricidad, de gran ductilidad y maleabilidad, resistente a la corrosión. (SARMENTERO, 2015)</p>	<p>La escoria de cobre se obtiene de la refinación del cobre, este es resultado del desecho obtenido en este proceso metalúrgico. Esta se adquirió en la empresa “Copper and Metals SAC” ofrecida en bolsas de 50 kg.</p>	Cantidad en % de escoria de cobre	10% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto
				20% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto
				30% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto
CONCRETO DE CONCRETO DE F’C =210KG/CM2	<p>CONCRETO. - Es una mezcla de piedra, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistentes (CHUNGA, 2015).</p>	<p>Esta se adquiere a través de la mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos.</p>	Concreto en estado fresco	Trabajabilidad
				Temperatura
				Consistencia
				Plasticidad
			Concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Según M. Gómez (2006, p. 110) “La población es el conjunto de todos los objetos de estudio que concuerdan con una serie de descripciones”

La población esta conformada por 36 probetas de concreto, las cuales se distribuirán en 9 cilindros de concreto de $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, 9 cilindros de concreto de $F'c=201\text{kg/cm}^2$ con adición de escoria de cobre en un 10%, 9 cilindros de concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de escoria de cobre en un 20% y 9 cilindros de concreto de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de escoria de cobre en un 30% para los ensayos de resistencia a la compresión.

Tabla 2. Cantidad de probetas ensayadas

Edad en días	Porcentaje (%) de escoria de cobre respecto al agregado fino				TOTAL
	0%	10%	20%	30%	
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Fuente: Elaboración propia					36 probetas

2.3.2. Muestra

Según M. Gómez (2006, p. 110) “La muestra es un subconjunto de la población de interés que se precisa o delimita matemáticamente de antemano con precisión, y que debe ser representativo de está”.

Es por esta razón que la muestra será un pequeño grupo de la población con el fin de obtener resultados específicos sobre sus características y propiedades.

La muestra para el proyecto de investigación está conformada por 3 probetas para cada porcentaje de adición de escoria de cobre y por tiempos diferentes de curado de 7, 14 y 28 días respectivamente.

2.3.3. Muestreo

2.3.3.1. Muestreo probabilístico

Según M. Gómez (2006, p.111) “En el muestreo probabilístico, quizá la principal ventaja sea que puede medirse el error en las predicciones, utilizando la estadística. Se dice incluso que el principal objetivo en el diseño de una muestra probabilística es reducir al mínimo este error, al que se conoce como error estándar”.

Según Ávila (2006, p. 89) “El muestreo probabilístico permite conocer la probabilidad que cada unidad de análisis tiene que ser integrada a la muestra mediante el azar”.

2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica de recolección de datos

Según Guerrero y Concepción (2014, p. 14) “La técnica puede considerarse como una herramienta del método, [...] de él depende el tipo de técnica en la que se apoyara el investigador”

Para la elaboración de este trabajo de investigación se aplicó la técnica de la **observación**, mediante la obtención de datos de los protocolos de laboratorio.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Según Calderón y De los Godos (2010, p. 53) “El instrumento viene a ser el mecanismo usado por el investigador para recoger y anotar la información”.

Para llevar a cabo los ensayos en laboratorio se usaron protocolos de acuerdo con la Norma Técnica Peruana y el ACI, en la cual nos indica procedimientos para llevar a cabo los ensayos de las probetas de concreto.

2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento

No requirió validación, pues los instrumentos utilizados en la investigación son formatos estandarizados por la Norma Técnica Peruana.

2.5. Procedimiento

Modo de recolección de datos

Para llevar a cabo esta investigación se ha compilado información de investigaciones afines a nuestro tema, con cinco años de antigüedad, así como papers, tesis, revistas, libros, etc., a su vez también evaluando la problemática de la zona de estudio que existe en la actualidad con la producción de insumos a base de la explotación de materias primas, por ende se fijó las variables a trabajar, se tomó como variable independiente, la adición de escoria de cobre y la variable independiente es el concreto de $F'c = 210 \text{kg/cm}^2$, a su vez también tomando las normas actuales para la elaboración del concreto y los parámetros que exigen.

Dosificación de variable independiente

Para poder desarrollar este proyecto se hizo manipulación de la variable independiente que es la adición de escoria de cobre con respecto del peso del agregado fino, se está mejorando el concreto con el 10%, 20% y 30% respectivamente y a su vez una muestra patrón para poder evaluar sus propiedades, llevarlos al laboratorio, realizar el ensayo de la resistencia a la compresión y verificar su uso y el porcentaje más óptimo.

2.6. Método de análisis de datos

Según Muñoz (2015) la investigación descriptiva es aquella donde “el investigador diseña un proceso para descubrir las características o propiedades de determinados grupos, individuos o fenómenos; estas similitudes le ayudan a establecer o representar comportamientos o atributos de las poblaciones, hechos o fenómenos investigados, sin dar una definición causal equivalentes”.

El presente proyecto de investigación se llevo a cabo mediante un enfoque **descriptivo**, ya que, se tendrán tres tipos de muestras de cilindro de concreto, a las cuales se realizarán y se compararán los resultados obtenidos mediante los ensayos en laboratorio.

2.7. Aspectos éticos

Se da fe que todas las fuentes asignadas en la investigación son correctamente relacionadas a la RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0089-2019, de igual manera todos los datos obtenidos serán descritos en la parte de análisis y discusión de los resultados.

III. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

3.1. Recursos y Presupuesto

Tabla 3. Presupuesto total

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL(/S.)
MATERIALES Y EQUIPOS				154.48
PROBETAS	unidad	4	10.62	42.48
HERRAMIENTAS	global	1	20	20
CEMENTO	kg	8	1	8
AGREGADO FINO	kg	15	0.7	10.5
AGREGADO GRUESO	kg	15	0.8	12
ESCORIA DE COBRE	kg	50	1.2	60
AGUA	litro	3	0.5	1.5
GASTOS GENERALES Y OTROS				209.1
MOVILIDAD	días	20	8	160
ACCESO A INTERNET	mes	2	20	40
REFRIGERIO	unidad	10	8	80
HOJAS	millar	1	11.5	11.5
LAPICEROS	unidad	5	1.5	7.5
FOLDER MANILA	unidad	7	1	7
FASTER	unidad	7	0.3	2.1
ANILLADO	unidad	3	2	6
FOTOCOPIAS E IMPRESIONES	global	1	55	55
Fuente: Elaboración propia				S/. 363.58

3.2. Financiamiento

El financiamiento de este proyecto de investigación se realizó por recursos propios, por ende, los investigadores cubrirán todo el gasto presupuestado.

3.3. Cronograma de ejecución

Actividades	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16
1. Líneas y temas de Investigación	■															
2. Problema de Investigación: Realidad Problemática y antecedentes		■														
3. Fuentes y citas bibliográficas		■														
4. Problema de investigación: Justificación, viabilidad y alcance del estudio			■													
5. Problema de investigación: formulación				■												
6. Objetivo general, objetivos específicos.					■											
7. Presenta primer avance del Trabajo de investigación (introducción)					■											
8. Marco Teórico						■										
9. Hipótesis							■									
10. Método: tipo, niveles y diseños de investigación							■									
11. Variables y su operacionalización							■									
12. Población y muestra								■								
13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos aspectos éticos								■								
14. Validación y confiabilidad								■								
15. Procedimiento								■								
16. Métodos de análisis de datos								■								
17. Presenta segundo avance del Trabajo de investigación								■								
18. Análisis e interpretación de la información									■							
19. Descripción de resultados: contrastación de hipótesis									■							
20. Presenta conclusiones y recomendaciones del Trabajo de investigación										■						
21. Presenta el Trabajo de investigación y observaciones del asesor											■					
22. Presenta el Trabajo de investigación y ayudas visuales												■				
23. Sustentación del Trabajo de investigación													■	■		

Figura 2. Cronograma de ejecución

IV. RESULTADOS

Se pasarán a mostrar ensayos realizados, para obtener los datos necesarios, con los cuales se efectuó nuestro diseño de mezcla.

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

CÁLCULOS:

AGREGADO FINO

Tabla 4. *Peso unitario suelto - arena*

PESO UNITARIO SUELTO(PUS) - ARENA					
MUESTRA	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE + ARENA (kg)	PESO DEL ARENA (kg)	VOLUMEN MOLDE (m3)	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)
Volumen del molde	8	13.3	5.3	0.00319	1663.01

Fuente: Elaboración propia

$$H= 0.178$$

$$D= 0.151$$

Tabla 5. *Peso unitario compactado - arena*

PESO UNITARIO COMPACTADO - ARENA					
MUESTRA	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE + ARENA (kg)	PESO DEL ARENA (kg)	VOLUMEN MOLDE (m3)	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)
Volumen del molde	8.17	14.47	6.29	0.00319	1974.21

Fuente: Elaboración propia

AGREGADO GRUESO

Tabla 6. *Peso unitario suelto - piedra*

PESO UNITARIO SUELTO - PIEDRA					
MUESTRA	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE + PIEDRA (kg)	PESO DEL ARENA (kg)	VOLUMEN MOLDE (m3)	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)
Volumen del molde	8.17	13.22	5.05	0.00319	1582.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Peso unitario compactado - piedra*

PESO UNITARIO COMPACTADO - PIEDRA					
MUESTRA	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE + PIEDRA (kg)	PESO DEL ARENA (kg)	VOLUMEN MOLDE (m3)	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)
Volumen del molde	8.17	13.74	5.57	0.00319	1747.08

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtuvieron son:

AGREGADO FINO: P.U.S = 1663.01 kg/m³

P.U.C = 1974.21 kg/m³

AGREGADO GRUESO: P.U.S = 1528.70 kg/m³

P.U.C = 1747.08 kg/m³

PESO ESPECÍFICO

CÁLCULOS:

Agregado fino

Peso del agregado fino = 100 gr

Peso del Picnómetro + agua = 635 gr

Peso del Picnómetro + arena = 698 gr

Peso específico del agua = 1000 kg/m³

Densidad del solido

$$= \frac{\text{Peso del agregado fino}}{\text{Peso del Pic. y agua} + \text{Peso del agregado fino} - \text{Peso del Pic. y arena}}$$

$$G_s = \frac{100}{635+100-698}$$

$$G_s = 2.7027$$

HALLANDO PESO ESPECIFICO

$$\gamma_{AF} = 2.7027 * 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{AF} = 2703 \text{ kg/m}^3$$

Agregado Grueso:

$$\text{Peso del agregado grueso} = 200 \text{ gr}$$

$$\text{Volumen del agua} = 250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen del agua} + \text{agregado grueso} = 320 \text{ cm}^3$$

$$\gamma_{AG} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Volumen del agua} - \text{Volumen del agua con el agregado grueso}}$$

$$\gamma_{AG} = \frac{200}{320 - 250}$$

$$\gamma_{AG} = 2.8571 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{AG} = 2857 \text{ kg/m}^3$$

GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

TABLA Y CURVA DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino

Peso total = 650 gr

Tabla 8. Granulometría del agregado fino

TAMIZ N°	ABER. mm	Peso retenido(g)	% retenido	ACUMULADO	
				% acumulado	% que pasa
N° 4	5	24	3.69%	3.69%	96.31%
N° 8	2.5	80	12.31%	16.00%	84.00%
N° 16	1.25	127	19.54%	35.54%	64.46%
N° 30	0.63	132	20.31%	55.85%	44.15%
N° 50	0.315	164	25.23%	81.08%	18.92%
N° 100	0.16	99	15.23%	96.31%	3.69%
Fondo		24	3.69%	100.00%	0.00%
Bandeja Total		650	1		

Fuente: Elaboración propia

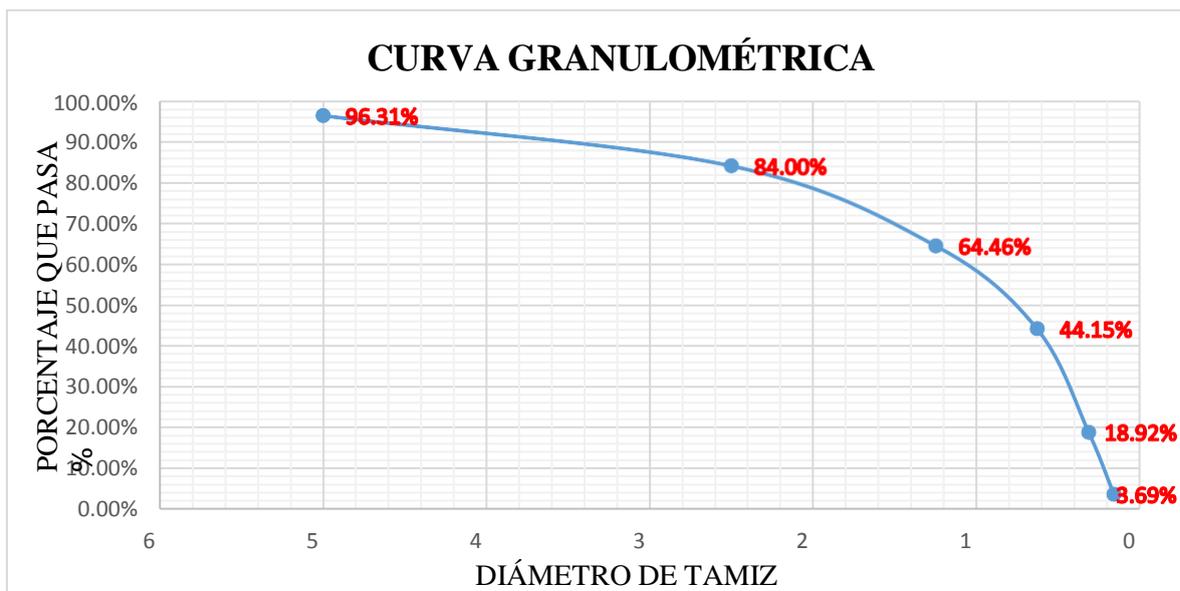


Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino

Agregado Grueso

Peso total = 1000 gr

Tabla 9. Granulometría del agregado grueso

TAMIZ	ABER. mm	Peso retenido(g)	% retenido	ACUMULADO	
				% acumulado	% que pasa
1 1/2"	40	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	20	241	24.10%	24.10%	75.90%
1/2"	12.5	568	56.80%	80.90%	19.10%
3/8"	10	99	9.90%	90.80%	9.20%
N° 4	5	87	8.70%	99.50%	0.50%
N° 8	2.5	4	0.40%	99.90%	0.10%
fondo		1	0.10%	100.00%	0.00%
TOTAL		1000	1		

Fuente: Elaboración propia

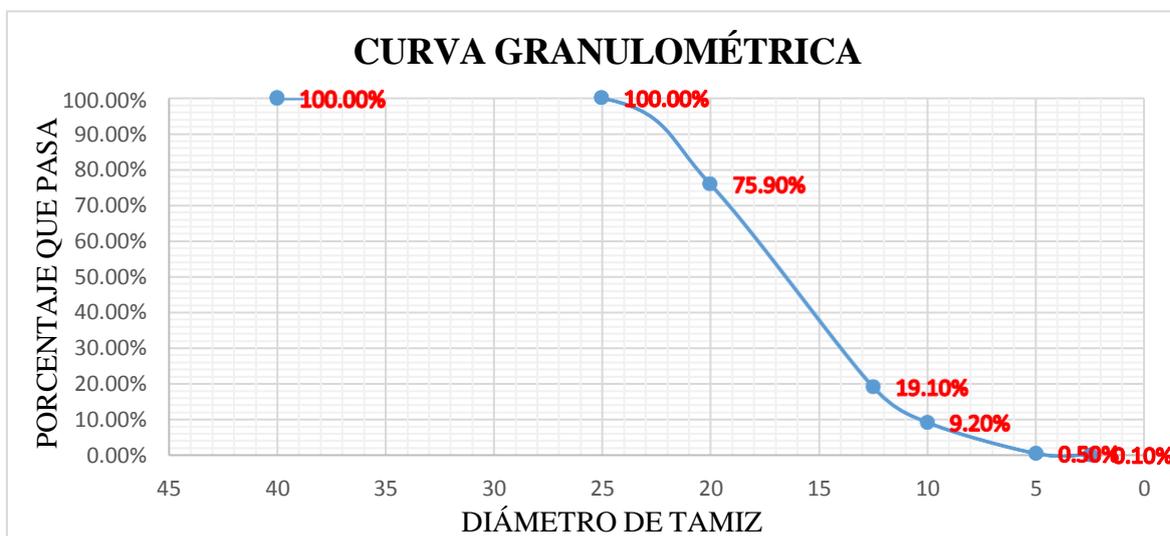


Figura 4. Curva granulométrica del agregado fino

MODULO DE FINEZA: Agregado fino

$$MFaf = \frac{\sum \% \text{reten. acumulado}}{100}$$

$$MFaf = \frac{3.69 + 16 + 35.54 + 55.85 + 81.08 + 96.31}{100}$$

$$MF_{AF} = 2.88$$

DISEÑO DE MEZCLA

	Agregado grueso	Agregado fino	P.E cemento sol	
Peso unitario suelto	1582.7	1663.01	3.12	
Peso específico	2857	2703		
Peso unitario compactado	1747.08	1974.21		
% de absorción	0.36	1.96		
Módulo de fineza		2.88		
TMN	1/2	0		
% W(humedad)	0.1	2.8		

F'c	210	
F'cr	294	Kg/Cm2
Slump	4	pulg

Aire atrapado 2.5

Contenido de agua 216 m3

Relacion agu/cemento
a/c 0.55

Cantidad de cemento
C 392.73 para un cubo

C bls 9.24 x m3

Peso de agregado grueso por unidad de volumen	0.55	
Peso ag	960.894	
Volumen absoluto		
Cemento	0.12587413	
Agua	0.216	
Aire	0.025	
Agregado grueso	0.33632972	
Sumatoria	0.70320384	
Vol agregado fino	0.29679616	802.240014
Peso agregado fino	802.240	
Presentación en estado seco		
Cemento	392.727	
AF	802.240	
AG	960.894	
Agua	216	
Corrección del AF	824.703	
Corrección del AG	961.855	
Aporte de agua a la mezcla		
Aporte AF	6.92750297	
	-	
Aporte AG	2.50082272	
Suma	4.42668025	
agua efectiva	211.57332	

DISEÑO FINAL

Cemento	471.273
AG	1154.226
AF	989.643
Agua	253.887984
	9.89643281

V. del
cilindro

0.00157

Cemento	A. fino	A. grueso	
1	2.1	2.45	

PARA UNA PROBETA

Cemento	0.74	Kg	
AG	1.82	Por escoria	Kg
AF	1.56	1.24	Kg
Agua	0.40	Lt	

Escoria	0.32	Kg
	320	gr



Figura 5. Probeta diseñada

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OBTENIDOS DE LAS PROBETAS

Estos son los resultados obtenidos de las probetas de concreto sometidas a la prensa.

Tabla 10. *Muestras ensayadas a compresión*

MEZCLA	N° DE PROBETAS	ESFUERZO A COMPRESIÓN		UNIDAD
		7 DIAS		
MEZCLA PATRON	2	158.58	160.72	kg/cm2
MEZCLA CON 20 % DE ESCORIA	2	242.81	246.63	kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

CONCRETO F'C 210=kg/cm2 sin escoria

AREA DEL CÍRCULO

$$A = \pi \times r^2$$

ESFUERZO A LA COMPRESION

$$F'c = 12455 / (\pi \times 5^2)$$

$$F'c = 158.58 \text{ kg cm}^2$$

CONCRETO F'C 210=kg/cm2 con 20% de escoria

ESFUERZO A LA COMPRESION

$$F'c = 19070 * / (\pi \times 5^2)$$

$$F'c = 242.81 \text{ kg/cm}^2$$

V. DISCUSIÓN

- Según nuestra hipótesis general deduce que se incrementara la resistencia a la compresión al añadir escoria de cobre como agregado fino, lo cual se llega a cumplir, pero no teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la escoria de cobre para que este llega a cumplir como reemplazo del agregado fino. Al mezclar los materiales no se llega a obtener una pasta, tal como se lograría con el agregado fino.
- Según la segunda hipótesis presentada, pues la trabajabilidad del concreto añadiendo escoria de cobre no presento cambios que se podrían tomar en consideración, esta fue fácilmente manejable para poder realizar las probetas.
- Según la tercera hipótesis presentada, si bien el concreto con escoria de cobre llega a elevar su $F'c$, al romper la probeta resulta que la escoria de cobre no llega a formar una pasta.

VI. CONCLUSIONES

- La resistencia a la compresión del concreto añadiendo escoria de cobre obtuvo resultados positivos teniendo como resultado un $F'c=246.63$ a los 7 días en una de las probetas con incorporación de escoria de cobre en un 20%.
- La trabajabilidad del concreto añadiendo escoria de cobre no presenta cambios en lo más mínimo, pues este es muy manejable, por lo cual no afecta en su manejo al momento de realizar las respectivas probetas.
- Los resultados de un concreto añadiendo escoria de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ comparadas con el concreto convencional de la misma resistencia, aumentan de una manera moderada.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación N° 1

- Se recomienda que para la inclusión de la escoria de cobre en el concreto se tenga en cuenta de que los granos cuenten con la medida necesaria para considerarse un agregado fino, de tal manera de que satisfagan los valores dados en las normas técnicas y lleguen a formar una pasta al momento de la mezcla.

Recomendación N° 2

- Se sugiere que, para obtener una mezcla más trabajable, nunca se le debe añadir agua de más, pues de hacerlo se estaría alterando la relación de agua- cemento, por ende, el diseño de mezcla.

Recomendación N° 3

- Se recomienda que para poder obtener resultados positivos en cuanto al aumento del $F'c$ de un concreto añadiendo escoria comparadas con el concreto convencional, se tenga en consideración realizar los ensayos con los porcentajes de adición más óptimos obtenidos en la experimentación.

REFERENCIAS

AMBILY, P.S. (2015). Studies on ultra high performance concrete incorporating copper slag as fine aggregate. Artículo científico vol.77, p233-240. 8p.

APARICIO, Carlos. (2014). Uso de materiales reciclado de la industria del cobre en la producción de concreto. revista científica vol.8, p7-13.7p.

AI-JABRI, Khalita. (2011). Effect of copper slag as a fine aggregate on the properties of cement mortars and concrete. Artículo científico vol.25, p933-938. 6p.

AI-JABRI, Khalita. (2009). Copper slag as sand replacement fot high performance concrete. Artículo científico vol.31, p483-488.6p.

AI-JABRI, Khalita. (2009). Performance of high strength concrete made with coper slag as a fine aggregate. Artículo científico vol.23, p2132-2140. 9p.

DOS ANJOS, M.A.G. (2017). Blasted copper slag as fine aggregate in Portland cement concrete. Artículo científico vol. 196, p607-613. 7p.

GONG, Wei, UEDA, Takao. (2018). Properties of self-compacting concrete containing copper slag aggregate after heating up to 400°C. Artículo científico vol.19, p1873-1880. 8p.

HERNÁNDEZ, Sampieri. Metodología de la investigación. México: Industria editorial, 1890p

ISBN: 968-422-931-3

LORI, Ali. HASSANI, Aboliazzi, SEDGHI, Reza. (2019). Investigating the mechanical and hydraulic characteristics of pervious concrete containing copper slag as coarse aggregate. Artículo científico Vol.197, p130-142. 13p

MELGAREJO, Bach. (2019). Influencia de la escoria al producir concreto permeable en pavimentos urbanos de la ciudad de Pasco- distrito de yanacancha-2019. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad nacional Alcides Carrión.

MORON, Jorge. (2018). Modelos de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región Moquegua. Tesis para obtener el grado de maestro en ingeniero civil. Universidad privada de Tacna.

ORIHUELA, Cristian. (2009). Limpieza de escoria de cobre empleando campos cruzados, eléctricos y magnéticos en la fundición de la oroya. Tesis para optar el título profesional de ingeniero metalurgista y de materiales. Universidad nacional del centro del Perú.

ORIZOLA, Andrés. (2006) Uso de escoria en cementos. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad de Chile.

PEIROVI, Mohamad, LABAFZADEH, Mohamad, DEHGHANI, Ayoub. (2019). Durability and mechanical properties of precast concrete curb containing waste copper slag. Artículo científico vol. 71, p567-576. 10p

SHARMA, Rahul, KHAN, Rizwan A. (2018). Influence of copper slag and metakaolin on the durability of self compacting concrete. Vol.171, p1171-1186. 16p

WU, ZHANG, MA, Guowei. (2010). Optimum content of copper slag as a fine aggregate in high strength concrete. Artículo científico vol.31, p2878-2883. 6p.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Tabla 11. Matriz de consistencia

TÍTULO: USO DE LA ESCORIA DE COBRE COMO AGREGADO FINO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO DE F'C= 210 KG/CM2					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE I: ESCORIA DE COBRE		<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de la investigación: Cuasi experimental</p> <p>Método de investigación: Investigación cuantitativa</p> <p>Población: 36 probetas de concreto</p> <p>Muestra: 36 probetas de concreto</p>
¿Existe la posibilidad de utilizar la escoria de cobre, como agregado fino en la producción de concreto de F'c = 210kg/cm2?	Investigar, mediante pruebas de laboratorio, la posibilidad de utilizar la escoria de cobre, como agregado fino, en la producción de concreto de F'c= 210kg/cm2	La incorporación de escoria de cobre en el concreto de F'c=210kg/cm2, aumentará su resistencia a la compresión.	Cantidad en % de Escoria de Cobre	10% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		20% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto	
¿Cómo la incorporación de escoria de cobre mejorará la resistencia a la compresión a un concreto de F'c= 210kg/cm2, en porcentajes de 10%, 20% y 30%?	Determinar la resistencia a la compresión en el concreto de F'c=210kg/cm2 incorporando escoria de cobre en 0%, 10%, 20% y 30%.	Se estima que un porcentaje mayor al 30% de escoria de cobre reducirá la resistencia a la compresión del concreto de F'c=210kg/cm2.		30% de escoria de cobre como agregado fino en la producción del concreto	
¿Qué cambios sufre la trabajabilidad de un concreto de F'c=210kg/cm2 al añadir escoria de cobre como agregado fino?	Evaluar la trabajabilidad del concreto de F'c=210kg/cm2 al añadir escoria de cobre como agregado fino.	La trabajabilidad del concreto de F'c=210kg/cm2 añadiendo escoria de cobre presenta cambios mínimos, considerados como despreciables.	VARIABLE II: CONCRETO DE F'C 210 KG/CM2		
¿En qué se diferencian los resultados de la resistencia a la compresión de un concreto de F'c=210kg/cm2 convencional con el concreto agregando escoria de cobre?	Determinar y comparar la resistencia a la compresión de un concreto de F'c=210kg/cm2 convencional con el concreto agregando escoria de cobre.	Los resultados obtenidos del concreto de F'c=210kg/cm2 agregando escoria de cobre mostraran un pequeño aumento de su resistencia a la compresión comparadas con el concreto convencional.	Concreto en estado fresco	Trabajabilidad	
				Temperatura	
				Consistencia	
¿Cuál es el porcentaje óptimo de la escoria de cobre en la producción de concreto de F'c=210kg/cm2?	Determinar el porcentaje óptimo de escoria de cobre en la producción de concreto de F'c=210kg/cm2.	Se estima que el porcentaje óptimo de adición de escoria de cobre en el concreto de F'c=210kg/cm2 oscila entre 20% a 30%.	Concreto en estado endurecido	Plasticidad	
				Resistencia a la compresión	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Instrumentos de recolección de datos

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESINA: Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TESISTAS: ULLILEN ECHEVERRIA EVER
VÁSQUEZ RAMÍREZ JHON

ASUNTO: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR:

UNIDAD: TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO

TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de prob.	Estructura o identificación	Edad (días)	Carga max. (kg)	Diáme. (D)	Altura (H)	Sección (cm ²)	Resi. Obt. (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	PROBETA N° 1							
2	PROBETA N° 2							
3	PROBETA N° 3							

Observaciones:

Nota:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESINA: Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TESISTAS: ULLILEN ECHEVERRIA EVER
VÁSQUEZ RAMÍREZ JHON

ASUNTO: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

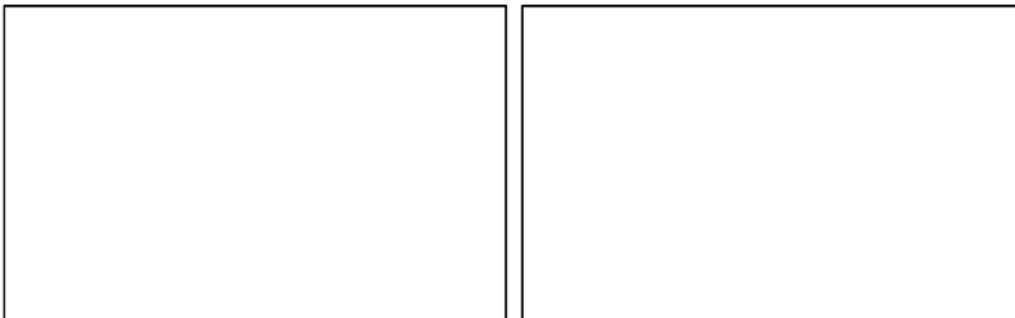
FECHA:

1. TABLA DE PROMEDIOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y NOMECLATURA

CONCRETO	NOMENCLATURA
Concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0\%$ escoria de cobre	
Concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ escoria de cobre	
Concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 20\%$ escoria de cobre	
Concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ escoria de cobre	

Curado (días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM2 (PROMEDIO)			
7				
14				
28				

2. CURVA RESISTENCIA VS TIEMPO



DISEÑO DE MEZCLA

(MÉTODO DEL ACI, NTP 339.034)

TESINA: Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

TESISTAS: ULLILEN ECHEVERRIA EVER
VÁSQUEZ RAMÍREZ JHON

ASUNTO: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR:

UNIDAD: TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO

1. Especificaciones

$F'c$: _____ kg/cm^2

2. Materiales

- a) Cemento Portland
Tipo : _____
p. específico : _____
- b) Agua
Tipo : _____
p. específico : _____
- c) Materiales
Cantera : _____
p. específico : peso unitario seco suelto
: peso unitario seco compactado
: contenido de humedad
: absorción
: _____
módulo de fineza : tamaño máximo nominal
: _____

3. Determinación de Resistencia Promedio : _____

4. Tamaño Máximo Nominal (pulg.) : _____

5. Selección del asentamiento : _____

6. Volumen unitario de agua : _____

7. Contenido de aire : _____

8. Relación agua-cemento a/c : _____

9. Factor cemento : _____
10. Contenido del agregado grueso : _____
11. Valores de diseño corregidos
- Cemento : _____
 - Agua : _____
 - Agregado fino seco : _____
 - Agregado grueso seco : _____
12. Proporción de peso
- Cemento : _____
 - Agua : _____
 - Piedra : _____
13. Proporción en volumen (pie³)
- Cemento : _____
 - Agua : _____
 - Piedra : _____
14. Proporción en volumen (lata)
- Cemento : _____
 - Agua : _____
 - Piedra : _____
15. Proporción en volumen (lampadas) : _____
- Cemento : _____
 - Agua : _____
 - Piedra : _____

MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE PROBETAS C° NORMAL

DIÁMETRO (m) : _____ % DE DESPERDICIO : _____
 ALTURA (m) : _____ NUMERO DE PROBETAS: _____
 P.E. C° : _____ VOLUMEN : _____

CEMENTO : _____ KG
AGUA : _____ LT
AGREGADO FINO: _____ KG
AGREGADO GRUESO _____ KG

ANEXO 3: Norma Técnica Peruana

NTP 334.075:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Cemento Pórtland. Método de ensayo normalizado para optimizar el SO₃ usando resistencia a compresión a las 24 horas. 3a Edición
Reemplaza a la NTP 334.075:2013
NTP 334.117:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la eficiencia de adiciones minerales o escoria granulada de alto horno en la prevención de la expansión anormal del hormigón (concreto) debido a la reacción álcali-sílice. 2a Edición
Reemplaza a la NTP 334.117:2013
NTP 334.119:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Método de ensayo para la determinación de la finura del cemento Pórtland y crudos por los tamices 300 µm (Nº 50), 150 µm (Nº 100), y 75 µm (Nº 200) por método húmedo. 2a Edición
Reemplaza a la NTP 334.119:2013
NTP 334.123:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Especificación para concretos y morteros de alta resistencia, premezclados en seco y entregados envasados. 2a Edición
Reemplaza a la NTP 334.123:2013
NTP 334.180:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Materiales cementosos suplementarios mezclados. Requisitos. 1a Edición
Reemplaza a la NTP 334.180:2013
NTP 334.181:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Guía para la medición de las propiedades reológicas de pastas cementosas hidráulicas usando un reómetro rotacional. 1a Edición
Reemplaza a la NTP 334.181:2013
NTP 334.182:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Guía para evaluación de los

NTP 400.012:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª Edición
Reemplaza a la NTP 400.012:2013
NTP 400.013:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones. 3ª Edición
Reemplaza a la NTP 400.013:2013
NTP 400.015:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados. 3a Edición
Reemplaza a la NTP 400.015:2013
NTP 400.021:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3a Edición
Reemplaza a la NTP 400.021:2013
NTP 400.022:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3a Edición
Reemplaza a la NTP 400.022:2013
NTP 400.023:2008 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo para determinar las partículas livianas en los agregados. 2a Edición
Reemplaza a la NTP 400.023:2008 (revisada el 2013)
NTP 400.044:2008 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para cloruro extraíble con agua en agregados (método Soxhlet). 1a

NTP 339.185:2013 (revisada el 2018) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.185:2013
NTP 339.218:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la segregación estática del hormigón (concreto) autocompactante. Ensayo de columna. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.218:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.219:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la fluidez de asentamiento del concreto auto compactado. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.219:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.220:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la habilidad de paso del concreto auto compactado por el anillo J. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.220:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.238:2013 (revisada el 2018) CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad y contenido de vacíos del concreto permeable endurecido. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.238:2013
NTP 339.239:2013 (revisada el 2018) CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la degradación del concreto permeable por impacto y abrasión. 1ª Edición

Artículo 1.- Aprobar las siguientes Normas Técnicas Peruanas en su versión 2018:
NTP 334.080:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Tubos de hormigón (concreto) reforzado para la conducción de fluidos a media presión. Requisitos. 2ª Edición
Reemplaza a la NTP 334.080:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.009:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Tubos de hormigón (concreto) simple para alcantarillado, drenaje de aguas de lluvias y aguas residuales. Requisitos. 3ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.009:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.038:2008 (revisada el 2018) HORMIGÓN (CONCRETO). Tubos de hormigón (concreto) armado para alcantarillado, drenaje de aguas de lluvias y aguas residuales. Requisitos. 3ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.038:2008 (revisada el 2013)
NTP 339.077:2013 (revisada el 2018) CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto. 3ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.077:2013
NTP 339.181:2013 (revisada el 2018) CONCRETO. Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría). 2ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.181:2013
NTP 339.183:2013 (revisada el 2018) CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª Edición
Reemplaza a la NTP 339.183:2013

Normas Técnicas Peruanas

2.1	NTP 400.010:1976	AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
2.2	NTP 400.021:1977	AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso
2.3	NTP 400.022:1979	AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21
2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

ANEXO 4: Panel fotográfico

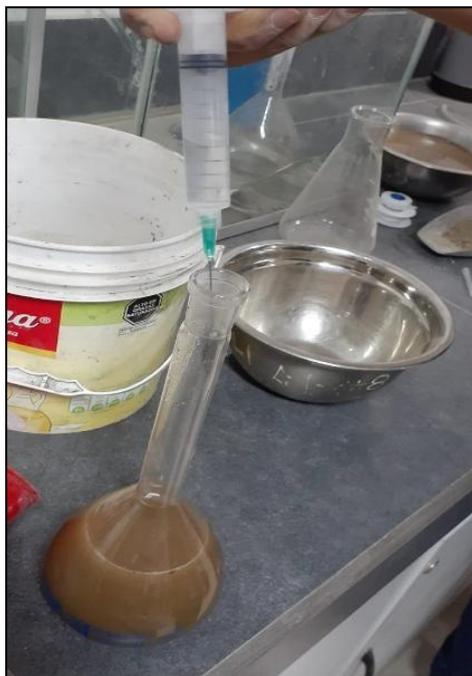


Figura 6. Experimentación del agregado fino



Figura 7. Experimentación del agregado grueso



Figura 8. Prensa usada para el ensayo a compresión



Figura 9. Probeta sometida a compresión