

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$
con sustitución del agregado grueso por escoria de acería de
horno de arco eléctrico.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Alva Domínguez, Franco Ferraro

Asesor

Salazar Sánchez, Dante Orlando

Chimbote – Perú

2020

PALABRAS CLAVE: Escoria, Concreto

TEMA	Concreto
ESPECIALIDAD	Estructuras

KEYWORDS: Slag, Concrete

TEMA	Concrete
ESPECIALIDAD	Structures

LINEA DE INVESTIGACION:

Área	Ingeniería
Sub-área	Ingeniería Civil
Disciplina	Estructuras

TITULO:

Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución del agregado grueso por escoria de acería de horno de arco eléctrico.

TITLE:

Compressive strength of a concrete $f'c=210\text{kg/cm}^2$ with substitution of the coarse aggregate with the steel slag of electric arc furnace.

RESUMEN

Esta investigación tiene esencialmente el objetivo de sustituir el agregado grueso de una mezcla de concreto por escoria de acería de horno de arco eléctrico generada por la empresa Sider Perú – Chimbote, la sustitución será de un 50% y 60%, para así obtener un diseño de orden de un concreto convencional.

Fueron realizados los siguientes ensayos: Granulometría, Peso Unitario, Contenido de Humedad, Gravedad específica, Absorción de los materiales y Ensayo de Abrasión en la máquina de Los Ángeles del agregado grueso y la escoria, así como ensayo de la resistencia a la compresión, estos resultados fueron procesados, examinados e interpretados con metodología estadística.

Se elaboraron 09 probetas patrón, 09 probetas para el 50% de sustitución y 09 probetas para el 60% de sustitución, para obtener los resultados de la siguiente manera: en la muestra patrón a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio de 163.49 kg/cm², a los 14 días 180.57 kg/cm² y a los 28 días 215.01 kg/cm². Al sustituir al 50% de escoria se obtiene una resistencia promedio a los 7 días de 157.42 kg/cm², a los 14 días 194.36 kg/cm² y a los 28 días 231.43 kg/cm². Asimismo, para la sustitución del 60% de escoria se alcanzó una resistencia promedio a los 7 días de 165.63 kg/cm², a los 14 días 181.52 kg/cm² y a los 28 días 216.14 kg/cm².

Estos resultados obtenidos nos sirven para demostrar que el concreto experimental con 50% y 60% de sustitución del agregado grueso por escoria de acería de horno de arco eléctrico están dentro de los valores normales de orden de un concreto convencional, demostrando así nuestra hipótesis.

ABSTRACT

This investigation has the objective to replacing the coarse aggregate with steel slag of electric arc furnace generated by the enterprise Sider Peru – Chimbote, the substitution will be of 50% and 60%, in order to obtain a design of order of a conventional concrete.

It was realized the test of Granulometry, Unit Weight, Moisture Content, Specific Gravity, Absorption of Materials and Test of Abrasion in the Los Angeles Machine for the coarse aggregate and the slag, as well as Test for the Compressive Resistance, this results were processed, examined and interpreted with statistical methodology.

It was elaborated 09 pattern specimens, 09 specimens for the 50% substitution and 09 specimens for the 60% substitution, the results obtained are as follows: in the sample pattern at the 7 days it was obtained an average resistance of 163.49 kg/cm^2 , at the 14 days 180.57 kg/cm^2 and at the 28 days 215.01 kg/cm^2 . By replacing the 50% of slag it obtains an average resistance at the 7 days of 157.42 kg/cm^2 , at the 14 days 194.36 kg/cm^2 and at the 28 days 231.43 kg/cm^2 . Likewise, for the substitution of 60% of slag it obtains an average resistance at the 7 days of 165.63 kg/cm^2 , at the 14 days 181.52 kg/cm^2 and at the 28 days 216.14 kg/cm^2 .

This obtained results serve us to demonstrate that the experimental concrete with 50% and 60% of substitution of coarse aggregate with steel slag of electric arc furnace are within the normal order values of conventional concrete, thus demonstrating our hypothesis.

ÍNDICE

Palabras Clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Capítulo I: Introducción	1
Capítulo II: Metodología de Trabajo	22
Capítulo III: Resultados	26
Capítulo IV: Análisis y Discusión	49
Capítulo V: Conclusiones	54
Capítulo VI: Recomendaciones	55
Capítulo VII: Referencias Bibliográficas	56
Capítulo VIII: Dedicatoria	57
Capítulo IX: Anexos	58

INDICE DE TABLAS

- Tabla N° 01: Resistencia a la compresión mínima sobre probetas del mismo tipo
- Tabla N° 02: Componentes Químicos Principales del Cemento Portland
- Tabla N° 03: Compuestos Químicos Principales del Cemento Portland
- Tabla N° 04: Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I Pacasmayo
- Tabla N° 05: Composición Química del Cemento Portland Tipo I Pacasmayo
- Tabla N° 06: Requerimiento del análisis granulométrico del agregado fino
- Tabla N° 07: Límites permitidos del agua para curado y mezcla
- Tabla N° 08: Propiedades mecánicas típicas de la escoria de acería
- Tabla N° 09: Composición química de la escoria de acería
- Tabla N° 10: Variable dependiente: Resistencia a la compresión del concreto
- Tabla N° 11: Variable Independiente: Escoria residual de acería de horno de arco eléctrico
- Tabla N° 12: Esquema del Diseño Experimental
- Tabla N° 13: Técnicas de Recolección de Información
- Tabla N° 14: Granulometría del Agregado Fino
- Tabla N° 15: Granulometría del Agregado Grueso
- Tabla N° 16: Granulometría de la escoria de acería
- Tabla N° 17: Peso Unitario del Agregado Fino
- Tabla N° 18: Peso Unitario del Agregado Grueso
- Tabla N° 19: Peso Unitario de la Escoria de Acería
- Tabla N° 20: Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino
- Tabla N° 21: Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso
- Tabla N° 22: Gravedad Específica y Absorción de la Escoria de Acería
- Tabla N° 23: Contenido de Humedad del Agregado Fino
- Tabla N° 24: Contenido de Humedad del Agregado Grueso

Tabla N° 25: Contenido de Humedad de la Escoria de Acería

Tabla N° 26: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso

Tabla N° 27: Resistencia a la Abrasión de la Escoria de Acería

Tabla N° 28: Resistencias mecánicas de los agregados gruesos

Tabla N° 29: Resultados de ensayo de compresión de concreto patrón a los 7, 14 y 28 días de curado

Tabla N° 30: Resultados de ensayo de compresión de concreto experimental 50% a los 7, 14 y 28 días de curado

Tabla N° 31: Resultados de ensayo de compresión de concreto experimental 60% a los 7, 14 y 28 días de curado

INDICE DE FIGURAS

- Figura N° 01: Escoria residual de acería
- Figura N° 02: Curva granulométrica del agregado fino
- Figura N° 03: Curva granulométrica del agregado grueso
- Figura N° 04: Curva granulométrica de la escoria de acería
- Figura N° 05: Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días
- Figura N° 06: Resistencia a la compresión del concreto experimental al 50% a los 7, 14 y 28 días
- Figura N° 07: Resistencia a la compresión del concreto experimental al 60% a los 7, 14 y 28 días
- Figura N° 08: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 7 días.
- Figura N° 09: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 14 días.
- Figura N° 10: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 28 días.
- Figura N° 11: Recolección agregado fino.
- Figura N° 12: Recolección agregado grueso
- Figura N° 13: Agregado grueso, fino y escoria de izquierda a derecha
- Figura N° 14: Cuarteo para granulometría de escoria.
- Figura N° 15: Tamizado para granulometría de los agregados.
- Figura N° 16: Peso Unitario de los agregados.
- Figura N° 17: Limpieza de moldes de probetas
- Figura N° 18: Enrasado para el ensayo de slump
- Figura N° 19: Realización ensayo de slump patrón.
- Figura N° 20: Llenado de probetas de concreto fresco.
- Figura N° 21: Probetas de concreto listas para el desencofrado
- Figura N° 22: Probetas patrón desencofradas listas para el curado.

Figura N° 23: Probetas experimentales al 50%.

Figura N° 24: Probetas en estado de curado.

Figura N° 25: Cuarteo y mezcla del agregado grueso y escoria.

Figura N° 26: Slump experimental al 60%.

Figura N° 27: Probetas experimentales al 60% listas para el curado.

Figura N° 28: Tamices para gradación del agregado grueso y escoria para el ensayo de abrasión en la maquina Los Ángeles.

Figura N° 29: Ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto.

Figura N° 30: Falla de una probeta de concreto.

Capítulo I: Introducción

Respecto a los antecedentes y fundamento científico tenemos:

- Sosa I. (2017) realizó la investigación que se titula “Incorporación de escorias siderúrgicas en hormigones autocompactantes de altas prestaciones”, en el Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales, de la Universidad de Cantabria de España.

El objetivo de esta investigación es la realización de concreto autocompactante de permeabilidad baja y resistencia alta, implementando el uso de escorias de la fabricación de acero de horno de arco eléctrico como agregado fino y grueso, asimismo el empleo de escoria de cubilote como adición.

Esta investigación ha llegado a la siguiente conclusión: se pudo comprobar que es posible la elaboración de concretos estables, fluidos y de prestaciones altas con la escoria de acería. La utilización de un elevado volumen de residuos incremento de forma notable la resistencia a la compresión, de la misma manera se incrementó la densidad.

- Vélez, A. (2013) desarrolló la investigación titulada “Hormigones con escoria de acero de horno eléctrico: prestaciones mecánicas, físicas y químicas”, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca de Ecuador

Su investigación se basa en la fabricación de concreto adicionando escoria de acería, para estudiar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas con la finalidad de hacer la reducción, reciclaje y reutilización de los desechos que provienen de la industria siderúrgica.

Siendo la metodología empleada la experimentación, asimismo es de Nivel Cuasi Experimental y su diseño es Experimental. Esta investigación ha llegado a las conclusiones siguientes:

Las mezclas de concreto con escoria de acería tienen una densidad mayor en comparación con las mezclas convencionales.

La escoria de acería comparada con un agregado convencional tiene una mayor porosidad y absorción.

La escoria de acería no posee sustancias perjudiciales para el concreto tales como: sulfatos, azufre, sulfuros y cloruros, ni sustancias perjudiciales para el medio ambiente y la salud como: zinc, mercurio, arsénico, cobre, cadmio, plomo, etc., por ello este material puede ser usado como agregado en concretos.

La escoria de acería posee magnetita que es un mineral favorable en los materiales de construcción, este mineral por sus características se puede emplear para la sustitución del árido natural en la fabricación de concretos pesados.

- Torres, K. (2019), realizó la investigación “Evaluación de las propiedades del concreto adicionado con escoria de acero para una resistencia de $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ en Chiclayo- Lambayeque”, en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo de Perú.

El tipo de investigación es Aplicada, mientras que el diseño de investigación es Correlacional.

Esta investigación tiene los siguientes objetivos:

- Determinar las características físicas que posee la escoria de acería en un concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.
- Aplicar dosis de escoria en 100%, 50% y 25%, al reemplazar en forma proporcional a la piedra en un concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
- Diseñar las mezclas de concreto convencional y experimental al sustituir el agregado grueso por escoria y evaluar la resistencia a compresión, manejabilidad, temperatura y peso unitario, para la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.
- Calcular el precio unitario de los diseños de mezcla patrón y experimental para la resistencia de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Esta investigación ha llegado a las conclusiones siguientes:

- Las proporciones de la mezcla convencional y experimental con escoria de acería para los diferentes porcentajes (25%, 50%,100%), varia en la relación a/c, a mayor adición de escoria la relación de a/c será menor, debido a la gran absorción que tiene la escoria, por ser un material poroso, tanto así que el concreto en estado fresco pasará rápidamente al estado endurecido, teniendo un concreto poco trabajable, además si no existe una buena compactación, el concreto perderá la resistencia requerida en obra.
- La resistencia a compresión al igual que la manejabilidad, son importantes al momento de realizar una mezcla en campo, cuando se adiciona más porcentaje de escoria de acero, la mezcla tiene poca fluidez, por lo tanto, se ve afectada su relación a/c, además si se aumenta agua a la mezcla pierde la resistencia con la que se diseñó según el ACI

Esta información nos sirve de ayuda para saber cómo será la trabajabilidad de las mezclas de concreto al utilizar escoria de acería en su diseño.

- Corcuera y Vela (2018), realizaron la investigación “Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por eco gravilla de escoria de acero, Trujillo – 2018”, en la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte de Perú.

El tipo de investigación es Aplicada, y su diseño de investigación es Cuasi Experimental. El objetivo general de esta investigación es el siguiente:

- Calcular el efecto en la permeabilidad y resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, sustituyendo la piedra por grava de escoria de acero.

Esta investigación ha llegado a las conclusiones siguientes:

- Respecto a la resistencia a la compresión, el efecto sustituyendo un 50% de piedra por grava de escoria de acero nos resultó un aumento del 12% y respecto a la permeabilidad nos dio una disminución en 67% respecto al concreto patrón.
- La grava de escoria de acero que se obtiene de horno de arco eléctrico es un agregado óptimo para mezclas de concreto ya que posee una elevada densidad,

textura rugosa y forma irregular lo que lo hace un buen material adherente a la mezcla de concreto.

- La utilización de grava de escoria en las mezclas de concreto es menos costosa que las mezclas de concreto tradicionales, ya que en la construcción donde se aplique, hay una notable cantidad de reparaciones por filtrado de agua

➤ Choque, R. (2012), realizó la investigación ***“VIABILIDAD PARA EL USO DE LA ESCORIA DE ACERÍA ELÉCTRICA COMO AGREGADO EN MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”***, en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.

El tipo de investigación es Aplicada, mientras que el diseño de investigación es Transversal.

Los objetivos de esta investigación son los siguientes:

- Evaluar la escoria proveniente de la industria siderúrgica del acero como un agregado de mezclas asfálticas en Chimbote.
- Evaluar los resultados de las mezclas asfálticas usando escoria de acería en Chimbote.

Esta investigación ha llegado a las conclusiones siguientes:

- La escoria de la Planta Sider Perú, la cual procede de la fundición del hierro en el horno eléctrico, puede emplearse como un material para base, sub base o mezcla asfáltica, se usó como agregado grueso para la mezcla, teniendo como desventaja la baja cantidad de partículas finas en su análisis granulométrico, lo cual se puede subsanar con áridos de otra cantera.
- Las pruebas realizadas nos dicen que la escoria tiene propiedades similares al material de cantera, la importancia del empleo de la escoria es que se hace una reducción de la explotación de las canteras, lo cual perjudica al medio ambiente.
- Entonces, como la escoria tiene pocos finos, estos se compensarían con agregado fino de otra cantera.

La justificación de la presente investigación es que buscamos encontrar un concreto que permita obtener la resistencia a compresión del orden de un concreto convencional. Por ende, buscaremos una solución para nuestra mezcla de concreto de obra, que no afecte nuestro ecosistema y de que se pueda realizar con agregados de la misma zona como usar la escoria de acería como parte de él, y así resolver en parte el problema de traslado, no contaminar y que nuestras obras sean de gran aprovechamiento para la sociedad.

En el Perú contamos con pocos estudios respecto al desempeño de la escoria en diseño de mezcla de concreto, por lo tanto, es necesario a través de este estudio determinar el nivel de impacto de la escoria en las características mecánico-físicas de los concretos ya que sería de gran utilidad porque nos permitiría elaborar materiales innovadores para la construcción.

La forma angular y textura rugosa de la escoria lo hace un material idóneo para emplearlo en mezclas de concreto, bases granulares en carreteras y también pavimentos asfálticos, porque otorga una buena adherencia a la mezcla.

La escoria será extraída de la planta siderúrgica Sider Perú – Chimbote, ubicada en la dirección Av. Antúnez De Mayolo Nro. S/N Zn. I Sider Perú.

Las grandes cantidades de depósito de escoria en la Planta Sider Perú – Chimbote, no cuentan con algún fin útil conocido en obras de Ingeniería Civil como pavimentos flexibles, generando mensualmente 30 toneladas, asegurándose así su productividad.

Respecto a la problemática tenemos que:

A nivel internacional, sabemos que según Neville (2001), el hormigón es el material más utilizado en el rubro de la construcción, y salvo que ocurra algo revolucionario en la industria, lo seguirá siendo; la mayor parte de las estructuras de las naciones están hechas con este, por lo que su tecnología y conocimiento son primordiales para los ingenieros civiles que se encargan de las etapas del proceso de construcción. Este es un asunto con implicancias socio-económicas. Gran Bretaña, un país de primer mundo, dedica 40% de

su inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, lo que equivale al 4% de su Producto Bruto Interno.

Los problemas en durabilidad han afectado variedad de estructuras, que cuando ocurren éstas dejan de ser eficaces ni funcionales, por lo que se ven destinadas a incumplir con la vida útil estimada. Estos problemas de durabilidad no están limitados solo a la construcción y diseño inicial, hay una gran injerencia en la operación, se generan costos y perjuicios económicos al inversionista o propietario, sea por refacción del área afectada, por los elementos deteriorados que hay que sustituir o por periódicos mantenimientos.

En México, por la razón de la escasez de espacios o lugares específicos es necesidad de edificar estructuras importantes de infraestructura en zonas con medios agresivos al concreto, motivo por lo cual es necesario aprender y dominar el tema.

A nivel nacional, en el Perú va en aumento la demanda y el consumo del concreto, por lo que se genera una necesidad de tener materiales que se comporten adecuadamente dentro de las mezclas, debido a este motivo, el empleo de agregados y obtención de ellos en las canteras va en crecimiento, asimismo la exploración de alternativas nuevas de materiales donde se aproveche los subproductos que no poseen un adecuado uso generados por la industria.

Asimismo, en países subdesarrollados en el cual el nuestro está inmerso, sólo se utiliza mezclas de concreto tradicionales las cuales usan agregados pétreos provenientes de canteras, por lo que la reutilización de las escorias reduce la explotación de los recursos naturales los cuales son no renovables y ayuda al medio ambiente.

En ese sentido el presente estudio de investigación contempla el diseño de mezclas de concreto utilizando escoria residual, que debido a sus propiedades físico mecánicas se prevé permitiría obtener una resistencia a la compresión del orden de un concreto convencional.

A nivel local, en Chimbote la obtención de los agregados tradicionales de construcción como son el agregado grueso y fino, están presentando un alto y aumento progresivo de

precio, así como también un impacto negativo al medio ambiente al ser recursos no renovables, motivo por el cual la gran cantidad de escoria en la Planta Sider Peru – Chimbote sin uso alguno sería una buena alternativa económica para la construcción con mezclas de concreto y su reutilización al ser residuos procedentes de la industria siderúrgica sería importante.

Con todos los puntos vistos anteriormente podemos llegar a la conclusión que los concretos sufren amenazas en su construcción y mejoramiento y por lo cual es obligatorio construir concretos de bajo costo, con una buena durabilidad y así mismo que soporten todos los problemas ambientales de la zona.

Esta problemática nos va a permitir un apropiado estudio de la investigación, razón por la que es necesario buscar y fomentar la producción de concretos nuevos.

Ante todas estas necesidades nos motivó a hacernos la siguiente pregunta:

¿Cuál sería la resistencia a la compresión del concreto al sustituir el agregado grueso por escoria de acería en un 50% y 60%?

Después de formular nuestra problemática es de necesidad hacer la conceptualización y operacionalización de las variables.

Concreto

Según Sánchez (2001), el concreto se puede definir como la mixtura de un material adhesivo (en este caso cemento portland), un material de relleno (agregados y áridos), agua y en casos eventuales aditivos, esta mezcla al endurecer adquiere una forma compacta, que al cabo de cierto tiempo tiene la capacidad de aguantar esfuerzos grandes de compresión.

Propiedades del Concreto

Las propiedades del concreto son estudiadas básicamente con el fin de realizar el diseño de mezcla, el mismo que está definido como el procedimiento para elegir los adecuados

ingredientes y encontrar sus proporciones, con la finalidad de elaborar un concreto lo más económico posible con ciertas características.

Propiedades del Concreto Fresco

El concreto fresco es la etapa donde el concreto está recién mezclado, en estado plástico, aun sin alcanzar su fragua inicial y moldeable a la forma del encofrado. Sus principales propiedades son las siguientes: trabajabilidad, consistencia, plasticidad

Trabajabilidad: Es la característica en la cual es determinada su capacidad de ser colocado, transportado y manipulado de forma apropiada.

La medida de la trabajabilidad se hace a través del Ensayo de Revenimiento o Slump haciendo uso del Cono de Abrams.

Consistencia: Esta propiedad hace referencia a que tan fluida se encuentra la mezcla cuando está en estado plástico.

Plasticidad: Es una consistencia donde el concreto puede moldearse de manera fácil, pero que permite al concreto fresco cambiar lentamente de forma cuando se retira el molde. Por lo tanto, no se puede considerar como mezclas de concreto de consistencia plásticas, ni las muy fluidas ni las muy secas

Propiedades del Concreto Endurecido

Las características del concreto endurecido son muy importantes, en esta investigación analizaremos la resistencia a la compresión, donde sabremos si el concreto soportara las cargas para las cuales ha sido diseñado. Asimismo, es muy importante ya que se emplea generalmente para el rechazo o aceptación de dicho concreto.

Resistencia a la Compresión

Según la NTP 339.034 (2008), la resistencia a la compresión es la principal característica mecánica del concreto, es la más común medida de desempeño que los ingenieros emplean para el diseño de infraestructuras.

La resistencia a la compresión se determina con la elaboración de probetas cilíndricas, rellenas y moldeadas de concreto. Su unidad de medida es kg/cm².

Tabla N° 01

Resistencia a la compresión mínima sobre probetas del mismo tipo

Edad del Hormigón (días)	3	7	14	28	90	360
Concretos de endurecimiento normal	40%	65%	85%	100%	120%	135%
Concretos de Endurecimiento rápido	55%	75%	90%	100%	115%	120%

Fuente: Instrucción española del Hormigón Estructural EHE en su tabla 30.4.b.

Factores que intervienen en la resistencia a la compresión del concreto

Entre los múltiples factores que intervienen e influyen en la resistencia a la compresión del concreto, además de los tipos de materiales y calidad de ellos que lo constituyen, sobresalen los siguientes:

Relación Agua-Cemento y Contenido de Aire

La relación agua-cemento es el factor más importante que interviene en la resistencia de un concreto, por ejemplo, una mezcla con relación agua-cemento muy alta y bajo contenido de cemento, nos entregara resistencias demasiado bajas, y una mezcla con relación agua-cemento baja y contenido de cemento alto nos resultara resistencias altas.

Influencia de los Agregados

Otro factor muy importante en la resistencia de un concreto son la influencia de los agregados. Las propiedades de los agregados que influyen directamente en la resistencia del concreto son las siguientes:

- Granulometría: Cuando se tiene una granulometría continua se obtiene un concreto muy compacto en estado fresco y por consiguiente una máxima densidad cuando esta endurecido.
- Textura y Forma: Los agregados que tienen forma cubica y buena rugosidad poseen una mejor adhesión en la mezcla, que los agregados de bordes redondeados y lisos, y mejores resistencias.

Tamaño máximo del Agregado Grueso

El tamaño máximo del agregado grueso afecta la resistencia del concreto, debido a que el contenido de cemento que se requiere para una mezcla de concreto varía según el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla, es decir si usamos tamaños mayores se reduce el área superficial, por lo tanto, se requerirá menos mortero (menos cemento en una pasta de relación agua cemento fija)

Fraguado del Concreto

Según Sánchez (2001), un factor importante que interviene en la resistencia del concreto es la rapidez con la cual este se endurece, es decir el pasar de un estado de fluidez a uno rígido, a este lapso le llamamos proceso de fraguado.

Con el fin de calcular los tiempos de mezclado y transporte de la mezcla, es importante determinar el tiempo de fraguado para conocer si será necesario la utilización de aditivos que regulen la rapidez del fraguado, ya sean acelerantes o retardantes.

Curado del Concreto

Llamamos curado del concreto al procedimiento que se le efectúa al concreto con la finalidad de hidratarlo y mantenerlo lo más saturado como sea posible, ya que esta al estar expuesto al aire y durante el proceso de fraguado pierde humedad, lo que dificulta la completa hidratación del cemento y por lo tanto disminuirá su resistencia final.

Cemento

El cemento es un compuesto que por sí mismo no es aglomerante, además es pulverulento, el cual, al mezclarse con agua, es decir al hidratarse es convertido en

una pasta moldeable con propiedades de adhesión, en unas cuantas horas comienza el fraguado y endurecimiento, volviéndose entonces en un material con consistencia pétreo.

Cemento Portland

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 334.009 (NTP, 2005), el cemento portland es un cemento hidráulico resultado de la producción mediante la pulverización de clinker que se compone básicamente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene durante la molienda una o más de las formas de sulfato de calcio.

Composición Química del Cemento Portland

Según Torre (2004), la composición química del cemento portland se interpretan de acuerdo a su porcentaje de óxidos. Los principales componentes químicos que intervienen en la composición química del cemento portland son los siguientes:

Tabla N° 02

Componentes Químicos Principales del Cemento Portland

Oxido Componente	Porcentaje Típico
Cao	58%-67%
SiO ₂	16%-26%
Al ₂ O ₃	4%-8%
Fe ₂ O ₃	2%-5%
SO ₃	0.1%-2.5%
MgO	1%-5%
K ₂ O y Na ₂ O	0%-1%
Mn ₂ O ₃	0%-3%
TiO ₂	0%-0.5%
P ₂ O ₅	0%-1.5%
Perdida por calcinación	0.5%-3%

Fuente: Curso Básico de Tecnología de Concreto (Torre, A., 2004, p.10)

Compuestos Químicos Principales

En el proceso de calcinación de la elaboración del clinker de cemento portland, se combinan los óxidos con los componentes ácidos de la materia prima entre si, formando así importantes compuestos:

Tabla N° 03

Compuestos Químicos Principales del Cemento Portland

Compuesto	Porcentaje
Silicato tricíclico: $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	30% - 50%
Silicato di cálcico: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	15% - 30%
Aluminato tricálcico: $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	4% - 12%
Ferro aluminato tetracálcico: $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	8% - 13%
Cal libre: CaO	-----
Magnesia libre: MgO	-----

Fuente: Curso Básico de Tecnología de Concreto (Torre, A., 2004, p.10)

Tipos De Cemento

De acuerdo a la NTP 334.009 (2005), hay cinco variedades de cementos portland que se pueden clasificar como tipo por sus propiedades específicas: Tipo I, II, III, IV y V, el cemento que se usara para la presente investigación es el Tipo I de la marca Cementos Pacasmayo S.A.

- Tipo I: Es el cemento de uso común en la construcción, para construcciones que no requieran especiales propiedades.

Características del Cemento Portland Tipo I

Las características físicas del Cemento Portland Tipo I producidos por la empresa Cementos Pacasmayo S.A., están contenidas dentro de la siguiente tabla:

Tabla N° 04*Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I Pacasmayo*

Propiedad Física	Cemento Pacasmayo	NTP 334.009
Contenido de Aire	7%	< 12%
Expansión en Autoclave	0.09%	< 0.80%
Superficie Especifica	3750 cm ² /g	> 2800 cm ² /g
Densidad	3.10 g/ml	No Especifica
Resistencia Compresión 3 días	26.1 MPa	> 12.0 MPa
Resistencia Compresión 7 días	33.9 MPa	> 19.0 MPa
Resistencia Compresión 28 días	42.3 MPa	> 28.0 MPa
Fraguado Inicial	138 min	> 45 min
Fraguado Final	267 min	< 375 min

Fuente: Ficha Tecnica Propiedades Físicas Cemento Portland Tipo I (Cementos Pacasmayo, 2017)

La composición química del Cemento Portland Tipo I producidos por la empresa Cementos Pacasmayo S.A., están contenidas dentro de la siguiente tabla:

Tabla N° 05*Composición Química del Cemento Portland Tipo I Pacasmayo*

Componente Químico	Cemento Pacasmayo	NTP 334.009
MgO	2.3 %	< 6.0%
SO ₃	2.7 %	< 3.0%
Perdida por ignición	3.0 %	< 3.5%
Residuo Insoluble	0.92%	< 1.5%

Fuente: Ficha Tecnica Composición Química Cemento Portland Tipo I (Cementos Pacasmayo, 2017)

Agregado Fino

Según Torre (2004), ha definido al agregado fino como el agregado que pasa el tamiz 3/8" y se retiene en la malla N° 200, siendo el más frecuente la arena que resulta de la descomposición de las rocas.

Agregado Grueso

De acuerdo a Torre (2004), define al agregado grueso como aquel material que se retiene en el tamiz N° 4 y que procede de la descomposición de las rocas, este agregado se puede clasificar en piedra chancada y grava.

Propiedades de los Agregados

Los agregados tienen que cumplir unos requisitos de calidad, determinar estos requisitos nos va a permitir la obtención de datos que son usados en el diseño de mezcla de concreto. De acuerdo a la normativa técnica peruana, las propiedades físicas de los agregados que se tienen que determinar son las siguientes:

Granulometría (NTP 400.012:2013)

Esta propiedad se define como la clasificación de los tamaños de las partículas que forman una masa de agregados. Asimismo, está determinado a través de un análisis granulométrico el cual se basa en la división de una porción del agregado en partes del mismo tamaño. Entonces la granulometría es la medición de la cantidad de cada una de estas partes.

Tabla N° 06

Requerimiento del análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 -100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	5 – 30
N° 100	0 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (NTP, 2014, p.08)

Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

El peso unitario de los agregados resulta del peso de las partículas dividido por el volumen total, el cual incluye a los vacíos. Este dato es necesario para transformar de pesos a volúmenes o viceversa.

Peso Específico (NTP 400.022:2002)

Otra propiedad importante de los agregados es el peso específico el cual se define como la relación que hay entre el peso y volumen de determinada masa. El peso específico es importante en casos donde buscamos el diseño de mezclas de concreto de alto o bajo peso unitario. La normativa para el agregado fino es la NTP 400.022 y del agregado grueso es la NTP 400.021.

Absorción (NTP 400.022:2002)

Esta propiedad se relaciona con la capacidad de absorber agua u otro líquido dentro de la mezcla de agregados de acuerdo al tamaño de sus poros, su permeabilidad y su volumen total.

La normativa para el agregado fino es la NTP 400.022 y del agregado grueso es la NTP 400.021.

Contenido De Humedad (NTP 339.185:2013)

El contenido de humedad es el total de agua superficial que se retiene por la partícula, esta propiedad influye en la menor o mayor cuantía de agua necesitada en la mezcla y es expresada como prosigue:

$$\%humedad = \frac{Peso\ natural - Peso\ Seco}{Peso\ seco} \times 100$$

Agua para Mezcla

De acuerdo a la NTP 339.088 (2006), el agua que se debe emplear para la elaboración de las mezclas de concreto tiene que cumplir ciertos límites permisibles y de preferencia ser potable. Las propiedades del agua para la mezcla deben estar dentro de los límites siguientes:

Tabla N° 07

Límites permitidos del agua para curado y mezcla

Descripción	Límite Permissible
Sólidos en suspensión	5,000 ppm (Máx.)
Materia Orgánica	3 ppm (Máx.)
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 (Máx.)
Sulfatos (ion SO ₄)	600 ppm (Máx.)
Cloruros (ion Cl ⁻)	1,000 ppm (Máx.)
pH	5 a 8 (Máx.)

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.088 (2006)

Escoria Residual de Acería

La escoria residuo de la elaboración del acero es un material no metálico, de forma granular, textura irregular, subproducto de las industrias siderúrgicas donde la chatarra y/o el arrabio son refinados para la fabricación de acero.

Tipos de Escoria

Escoria de altos hornos

Se produce luego de la reducción de los óxidos de hierro donde se convierten en arrabio líquido. Es utilizada mayormente en la elaboración de cementos.

Escoria de acería de horno de arco eléctrico

Esta escoria es producida de la refinación de la chatarra en la producción del acero, usando mediante la utilización del horno de arco eléctrico para su fundición. La escoria cuando se encuentra en estado de solidez es un buen agregado en la construcción de vías férreas y carreteras.



Figura N° 01: Escoria residual de acería

Propiedades físicas de la escoria de acería de horno de arco eléctrico

La escoria posee una superficie con forma irregular, angular y textura rugosa, sus partículas son de naturaleza vesicular, es decir con cantidad de celdas, esta estructura celular se debe al enfriamiento y solidez brusca de los gases atrapados cuando está en estado caliente. Estas características físicas hacen de la escoria un material idóneo para su empleo en bases granulares, mezclas de concreto y asfaltos.

Tabla N° 08*Propiedades mecánicas típicas de la escoria de acería*

Propiedad	Valor
Tamaño (mm)	4.76 - 25.00
Densidad aparente (Mg/m ³)	3.35
Absorción (%)	3.29
Porosidad (%)	10.5
Desgaste de Los Ángeles (%)	≈ 20

Fuente: Ficha Técnica CEDEX Escorias de acería de horno de arco eléctrico (2011, p.4)

Características Químicas de la escoria de acería de horno de arco eléctrico

Las características químicas de la escoria son expresadas de forma usual en referencia a óxidos simples, en su composición química predominan el óxido de calcio, óxido férrico, calcio y magnesio.

Tabla N° 09*Composición química de la escoria de acería*

Formula	Rango	Valor medio
FeO	7.0 – 35.0	25
Fe ₂ O ₃	11.0 – 40.0	25
CaO	23.0 – 32.0	25
CaO libre	0 – 4.0	2
SiO ₂	8.0 – 15.0	11
Al ₂ O ₃	3.5 – 7.0	5
MgO	4.8 – 6.6	5
MnO	2.5 – 4.5	4

Fuente: Ficha Técnica CEDEX Escorias de acería de horno de arco eléctrico (2011, p.4)

Productividad de la escoria de acería

A nivel local: La empresa Sider Perú – Chimbote produce mensualmente 30 toneladas de escoria de distintos tamaños

Accesibilidad de la escoria de acería

A nivel local: La escoria de acería será extraída de la Planta Sider Perú – Chimbote ubicado en la dirección Av. Antúnez De Mayolo Nro. S/N Zn. I Sider Perú.

CONCEPTUACION Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tabla N° 10

Variable dependiente: Resistencia a la compresión del concreto

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento hasta antes de llegar a su límite de ruptura.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga admisible $f^c=210\text{kg}/\text{cm}^2$.	→ Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11

Variable Independiente: Escoria residual de acería de horno de arco eléctrico

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES
ESCORIA RESIDUAL DE ACERIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO	Subproducto de la refinación de la chatarra para la generación de acero formado fundamentalmente por silicatos de calcio, el óxido de calcio, calcio, magnesio, óxido férrico	50% y 60%

Fuente: Elaboración propia

La hipótesis planteada en la presente investigación es que la influencia de la escoria residual de acería de horno de arco eléctrico en el diseño de mezclas de concreto permitiría obtener una resistencia a la compresión del orden de un concreto convencional.

El objetivo general de la investigación es determinar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto al sustituir el agregado grueso en un 50% y 60% por escoria residual de acería de horno de arco eléctrico, de acuerdo a procedimientos y especificaciones normalizadas, del mismo modo tenemos los siguientes objetivos específicos:

- Determinar los ensayos de Granulometría, Peso Unitario, Gravedad específica, Absorción de los materiales, Contenido de Humedad y Ensayo de Abrasión en la máquina de Los Ángeles del agregado grueso y la escoria.
- Determinar la relación agua - cemento tanto para muestra patrón y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días de curado.
- Comparar y analizar los resultados.

Capítulo II: Metodología de Trabajo

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es Aplicada, ya que los resultados obtenidos servirán para la solución de problemáticas relacionadas a la construcción, en especial a las propiedades de las mezclas de concreto, al explicar el comportamiento de la resistencia cuando se sustituye un porcentaje de agregado grueso por escoria.

También podemos indicar que es una investigación con enfoque cuantitativo porque se utiliza las mediciones y la estadística, para todos los ensayos y la para la verificación de la hipótesis se utiliza las pruebas estadísticas.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es Experimental, porque se quiere descubrir nuevos conocimientos con ensayos aplicados a las tres muestras ensayadas en laboratorio a los

tres grupos de trabajo: Grupo Control (Testigo), Grupo Experimental N° 01 y Grupo Experimental N° 02 los cuales se sustituye el agregado grueso por escoria residual de acería en un 50% y 60%, el diseño de mezcla de concreto sufre modificaciones, apoyada en observaciones científicas, y se quiere descubrir nuevos conocimientos con los ensayos aplicados a un procedimiento sistematizado y una aproximación científica a la investigación.

Siendo el esquema del diseño de investigación, el siguiente

Tabla N° 12

Esquema del Diseño Experimental

Días de Curado	Resistencia del Concreto con Porcentaje de Escoria		
	0%	50%	60%
7			
			
			
14			
			
			
28			
			
			

Fuente: Elaboración propia

Población

Tenemos como población de estudio el total de probetas de diseño de mezcla de concreto de acuerdo a la normativa de construcción establecida.

Muestra

La muestra estará constituida por 27 probetas de concreto.

Se elaborarán 9 probetas para 0% de sustitución, 9 probetas para 50% de sustitución y 9 probetas para 60% de sustitución (según norma NTP 339.183). Para la fabricación de las unidades de estudio (probetas) se utilizarán las siguientes referencias:

- La escoria se extraerá de la Planta Sider Perú – Chimbote, Ancash.
- Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP, para fundamentar nuestra hipótesis.

Técnicas e instrumentos de Investigación

Técnica de Investigación: La Observación Científica, asimismo tenemos como instrumento la Guía de Observación, en donde se fue comparando la variabilidad de la resistencia a la compresión y el comportamiento de los agregados que se usarán en nuestro diseño de mezcla ya sea para el diseño de mezcla de concreto patrón o un diseño de mezcla de concreto sustituyéndole el 50% y 60% de escoria, la cual nos brindara una resistencia para cada tipo de mezcla de concreto: patrón o experimental.

Los Instrumentos serán tomados con respecto a los siguientes ensayos:

- Ensayo de Granulometría
- Ensayo de Contenido de Humedad
- Ensayo de Pesos Unitarios
- Ensayo de Gravedad específica
- Ensayo de Absorción de los agregados
- Ensayo de Abrasión en la máquina de Los Ángeles del agregado grueso y la escoria
- Resistencia a la Compresión Compactadas en Laboratorio

Tabla N° 13

Técnicas de Recolección de Información

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación Científica	<ul style="list-style-type: none">- Guía de Observación- Fichas Técnicas del Laboratorio de Mecanica de Suelos y Ensayo de Materiales

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento y Análisis de la Información

- Se hizo la presentación de una solicitud al Laboratorio de Mecanica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro para permitir el acceso a dicho establecimiento
- Se recolectó los materiales que se usaran en la elaboración de nuestras probetas de concreto.
- Se utilizó un registro de apuntes, así como fichas, fotos, grabaciones para registrar el desarrollo de nuestras pruebas.
- Confeccionamos nuestras probetas de concreto con el diseño convencional.
- Confeccionamos nuestras probetas de concreto sustituyendo el agregado grueso en 50% y 60% por escoria de acería.

Capítulo III: Resultados

RESULTADOS

Granulometría de los Agregados

Granulometría del Agregado Fino

Tabla N° 14

Granulometría del Agregado Fino

N°	TAMIZ Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
⅜"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	12.0	1.7	1.7	98.3
N°8	2.36	62.3	9.0	10.7	89.3
N° 16	1.18	143.0	20.6	31.3	68.7
N° 30	0.60	162.8	23.4	54.7	45.3
N°50	0.30	134.5	19.4	74.1	25.9
N° 100	0.15	92.3	13.3	87.4	12.6
N° 200	0.08	48.5	7.0	94.4	5.6
PLATO	ASTM C-117-04	39.2	5.6	100.0	0.0
TOTAL		694.6	100.0		

Fuente: Elaboración propia

Módulo de Fineza: MF= 2.60

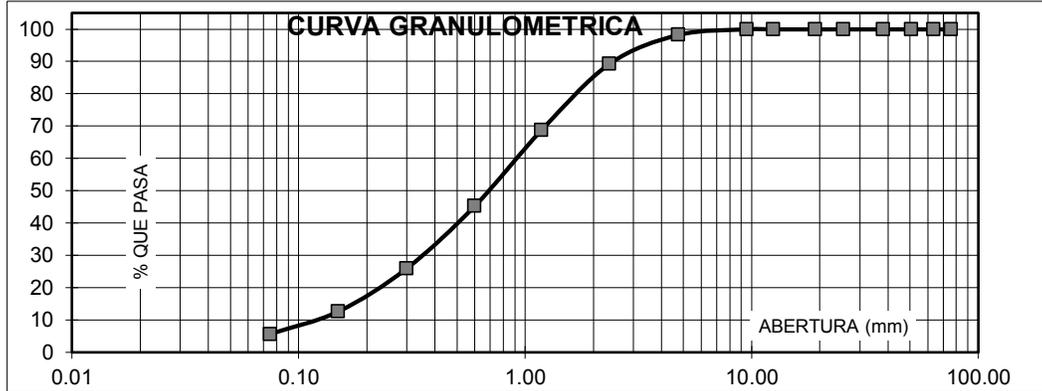


Figura N° 02: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

Granulometría del Agregado Grueso

Tabla N° 15

Granulometría del Agregado Grueso

N°	TAMIZ Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% Ret. Parcial (%)	% Ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.100	14.1	1.7	1.7	98.3
½"	12.500	334.5	39.4	41.0	59.0
⅜"	9.520	233.1	27.4	68.4	31.6
N° 4	4.760	247.8	29.2	97.6	2.4
N°8	2.360	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 16	1.180	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	97.6	2.4
N°50	0.300	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	97.6	2.4
PLATO	ASTM C-117-04	20.5	2.4	100.0	0.0
TOTAL		850.0	100.0		

Fuente: Elaboración propia

Tamaño Máximo Nominal: TMN= ½"

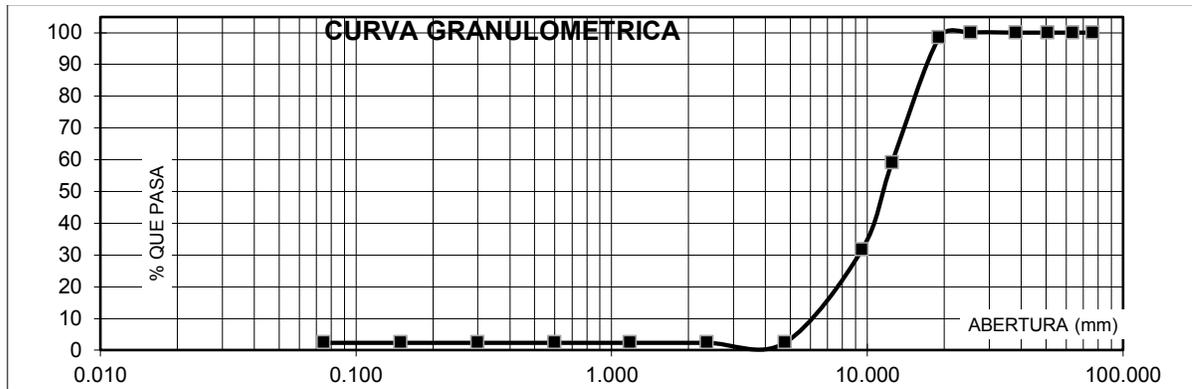


Figura N° 03: Curva granulométrica del agregado grueso

Granulometría de la Escoria de Acería

Tabla N° 16

Granulometría de la escoria de acería

N°	TAMIZ Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% Ret. Parcial (%)	% Ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.500	264.1	30.9	30.9	69.1
⅜"	9.520	269.3	31.5	62.4	37.6
N° 4	4.760	317.2	37.1	99.6	0.4
N°8	2.360	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 16	1.180	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	99.6	0.4
N°50	0.300	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.6	0.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	99.6	0.4
PLATO	ASTM C-117-04	3.6	0.4	100.0	0.0
TOTAL		854.2	100.0		

Fuente: Elaboración propia

Tamaño Máximo Nominal: TMN= ½”

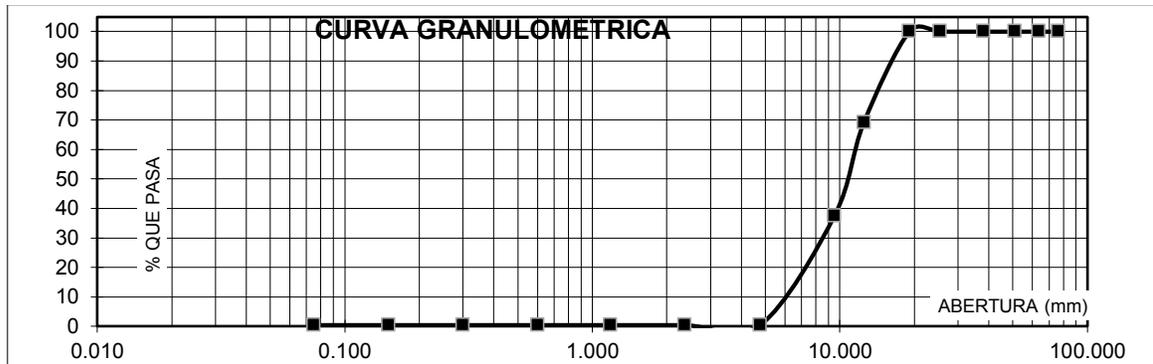


Figura N° 04: Curva granulométrica de la escoria de acería

Peso Unitario de los Agregados

Peso Unitario del Agregado Fino

Tabla N° 17

Peso Unitario del Agregado Fino

Tipo de Peso Unitario Ensayo N°	P.U. Suelto			P.U. Compactado		
	0 1	0 2	0 3	01	02	03
Peso de molde + muestra	7750	7700	7800	8300	8350	8400
Peso de molde	3326	3326	3326	3326	3326	3326
Peso de muestra	4424	4374	4474	4974	5024	5074
Volumen de molde	2788	2788	2788	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1587	1569	1605	1784	1802	1820
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1587			1802	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1576			1790	

Fuente: Elaboración propia

Peso Unitario del Agregado Grueso

Tabla N° 18

Peso Unitario del Agregado Grueso

Tipo de Peso Unitario Ensayo N°	P.U. Suelto			P.U. Compactado		
	0 1	0 2	0 3	01	02	03
Peso de molde + muestra	19450	19400	19430	20350	20400	20380
Peso de molde	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Peso de muestra	14330	14280	14310	15230	15280	15260
Volumen de molde	9354	9354	9354	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1532	1527	1530	1628	1634	1631
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1529			1931	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1523			1624	

Fuente: Elaboración propia

Peso Unitario de la Escoria de Acería

Tabla N° 19

Peso Unitario de la Escoria de Acería

Tipo de Peso Unitario Ensayo N°	P.U. Suelto			P.U. Compactado		
	0 1	0 2	0 3	01	02	03
Peso de molde + muestra	19200	19150	19200	20100	20150	20120
Peso de molde	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Peso de muestra	14080	14030	14080	14980	15030	15000
Volumen de molde	9354	9354	9354	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1505	1500	1505	1601	1607	1604
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1503			1604	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1498			1599	

Fuente: Elaboración propia

Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados

Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino

Tabla N° 20

Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino

	Identificación	N° 01	N° 02
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) (gr.)	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua (gr.)	666.50	666.50
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) (cm ³)	966.50	966.50
D	Peso de picnómetro + agua + material (gr.)	857.50	857.50
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D) (cm ³)	109.00	109.00
F	Peso de material seco en estufa (gr.)	297.10	297.10
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.10	106.10
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.726	2.726
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.752	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.800	2.800
K	Absorción (%) $((D-A/A) \times 100)$	0.98	0.98

P.E. Bulk (Base Seca)	:	2.726
P.E. Bulk (Base Saturada)	:	2.752
P.E. Aparente (Base Seca)	:	2.800
Absorción (%)	:	0.98

Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso

Tabla N° 21

Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso

Identificación		N° 01	N° 02
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) (gr.)	1163.00	1163.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua) (gr.)	746.00	746.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) (cm ³)	417.00	417.00
D	Peso de material seco en estufa (gr.)	1150.00	1150.00
E	Volumen de masa (C-(A-D)) (cm ³)	404.00	404.00
F	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.758	2.758
G	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.789	2.789
H	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.847	2.847
I	Absorción (%) $((D-A/A) \times 100)$	1.13	1.13

P.E. Bulk (Base Seca)	:	2.758
P.E. Bulk (Base Saturada)	:	2.789
P.E. Aparente (Base Seca)	:	2.847
Absorción (%)	:	1.13

Gravedad Especifica y Absorción de la Escoria de Acería

Tabla N° 22

Gravedad Especifica y Absorción de la Escoria de Acería

Identificación		N° 01	N° 02
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) (gr.)	1280.00	1280.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua) (gr.)	831.00	831.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) (cm ³)	449.00	449.00
D	Peso de material seco en estufa (gr.)	1243.00	1243.00
E	Volumen de masa (C-(A-D)) (cm ³)	412.00	412.00
F	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.768	2.768
G	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.851	2.851
H	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	3.017	3.017
I	Absorción (%) $((D-A/A) \times 100)$	2.98	2.98

P.E. Bulk (Base Seca)	:	2.768
P.E. Bulk (Base Saturada)	:	2.851
P.E. Aparente (Base Seca)	:	3.017
Absorción (%)	:	2.98

Contenido de Humedad de los Agregados

Contenido de Humedad del Agregado Fino

Tabla N° 23

Contenido de Humedad del Agregado Fino

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	908	856
TARA + SUELO SECO (gr)	904	851
PESO DEL AGUA (gr)	4.0	5.0
PESO DE LA TARA (gr)	209.4	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	694.6	683.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.58	0.73
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.65

Fuente: Elaboración propia

Contenido de Humedad del Agregado Grueso

Tabla N° 24

Contenido de Humedad del Agregado Grueso

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1049	1099
TARA + SUELO SECO (gr)	1045	1095
PESO DEL AGUA (gr)	4.0	4.0
PESO DE LA TARA (gr)	166.6	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	878.4	927.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.44

Fuente: Elaboración propia

Contenido de Humedad de la Escoria de Acería

Tabla N° 25

Contenido de Humedad de la Escoria de Acería

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1059	1094
TARA + SUELO SECO (gr)	1056	1091
PESO DEL AGUA (gr)	3.0	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	209.4	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	846.6	923.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.35	0.32
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.34

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Abrasión Los Ángeles

Tabla N° 26

Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso

Peso de la muestra (gr)	5000
Método	B
Numero de esferas	11
Numero de revoluciones	500
Desgaste (%)	18.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 27

Resistencia a la Abrasión de la Escoria de Acería

Peso de la muestra (gr)	5000
Método	B
Numero de esferas	11
Numero de revoluciones	500
Desgaste (%)	21.49

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28

Resistencias mecánicas de los agregados gruesos

Métodos Alternativos	No mayor que
Abrasión (Método Los Ángeles)	50%
Valor de impacto del agregado (VIA)	30%

Fuente: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto NTP 400.037 (2014, p.15)

Diseño de Mezcla Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el Método ACI.
- La resistencia en compresión del diseño especificado es de 210 kg/cm^2 a los 28 días

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso Específico 3.10

B. Agua:

- Potable, de la zona

C. Agregado Fino: Cantera : Rubén

- Peso específico de la masa: 2.73
- Peso unitario suelto: 1576 kg/m^3
- Peso unitario compactado: 1790 kg/m^3
- Contenido de humedad: 0.65%

- Absorción: 0.98%
- Módulo de fineza: 2.60

D. Agregado Grueso: Cantera : Rubén

- Piedra, perfil angular
- Tamaño máximo nominal: ½"
- Peso específico de la masa: 2.76
- Peso unitario suelto: 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado: 1624 kg/m³
- Contenido de humedad: 0.44%
- Absorción: 1.13%

SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que tenga la mezcla una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de ½", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACION AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.684

FACTOR CEMENTO

$$F.C.: 216/0.684 = 315.789 \text{ kg/m}^3 = 7.43 \text{ bolsas/m}^3$$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento:	315.789 kg/m ³
Agua efectiva	225.180 lts/m ³
Agregado fino	882.038 kg/m ³

Agregado grueso 929.689 kg/m³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{882.038}{315.79} : \frac{929.69}{315.79}$$

1 : 2.79 : 2.94 : 30.31 lts/bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.64 : 2.89 : 30.31 lts/bolsa

RELACION AGUA – CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.713.

Diseño de Mezcla Experimental al 50 %

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el Método ACI.
- La resistencia en compresión del diseño especificado es de 210 kg/cm² a los 28 días

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso Específico 3.10

B. Agua:

- Potable, de la zona

C. Agregado Fino: Cantera : Rubén

- Peso específico de la masa: 2.73
- Peso unitario suelto: 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado: 1790 kg/m³
- Contenido de humedad: 0.65%

- Absorción: 0.98%
- Módulo de fineza: 2.60

D. Agregado Grueso: Cantera : Rubén

- Piedra, perfil angular
- Tamaño máximo nominal: ½”
- Peso específico de la masa: 2.76
- Peso unitario suelto: 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado: 1624 kg/m³
- Contenido de humedad: 0.44%
- Absorción: 1.13%

SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que tenga la mezcla una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3” a 4”.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3” a 4”, sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de ½”, el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACION AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento:	0.102 m ³
Agua Efectiva:	0.216 m ³
Agregado fino:	0.322 m ³
50% Escoria de acería:	0.168 m ³
Agregado grueso:	0.168 m ³

Aire: 0.025 m³

Total: 1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento: 315.789 kg/m³

50% Escoria de acería: 462.793 kg/m³

Agua Efectiva: 216.000 lts/m³

Agregado fino: 876.310 kg/m³

Agregado grueso: 462.79 kg/m³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento: 315.790 kg/m³

50% Escoria de acería: 464.845 kg/m³

Agua Efectiva: 228.22 lts/m³

Agregado fino: 882.04 kg/m³

Agregado grueso: 464.84 kg/m³

PROPORCIONES VOLUMEN

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{464.845}{315.79} : \frac{882.04}{315.79} : \frac{464.84}{315.79}$$

$$1 : 1.47 : 2.79 : 1.47 \quad 30.72 \text{ lts/bolsa}$$

RELACION AGUA – CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.723.

Diseño de Mezcla Experimental al 60%

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el Método ACI.
- La resistencia en compresión del diseño especificado es de 210 kg/cm² a los 28 días

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso Específico 3.10

B. Agua:

- Potable, de la zona

C. Agregado Fino: Cantera : Rubén

- Peso específico de la masa: 2.73
- Peso unitario suelto: 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado: 1790 kg/m³
- Contenido de humedad: 0.65%
- Absorción: 0.98%
- Módulo de fineza: 2.60

D. Agregado Grueso: Cantera : Rubén

- Piedra, perfil angular
- Tamaño máximo nominal: ½”
- Peso específico de la masa: 2.76
- Peso unitario suelto: 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado: 1624 kg/m³
- Contenido de humedad: 0.44%
- Absorción: 1.13%

SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que tenga la mezcla una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3” a 4”.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de ½", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACION AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento:	0.102 m ³
Agua Efectiva:	0.216 m ³
Agregado fino:	0.322 m ³
60% Escoria de acería:	0.201 m ³
Agregado grueso:	0.134 m ³
<u>Aire:</u>	<u>0.025 m³</u>
Total:	1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento:	315.789 kg/m ³
60% Escoria de acería:	555.351 kg/m ³
Agua Efectiva:	216.000 lts/m ³
Agregado fino:	876.310 kg/m ³
Agregado grueso:	370.23 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento:	315.790 kg/m ³
60% Escoria de acería:	557.813 kg/m ³

Agua Efectiva:	232.320 lts/m ³
Agregado fino:	882.040 kg/m ³
Agregado grueso:	371.880 kg/m ³

PROPORCIONES VOLUMEN

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{557.813}{315.79} : \frac{882.04}{315.79} : \frac{371.88}{315.79}$$

$$1 : 1.77 : 2.79 : 1.18 \quad 31.27 \text{ lts/bolsa}$$

RELACION AGUA – CEMENTO

Se obtiene una relación agua – cemento de 0.736.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Se efectuó una mezcla para el concreto patrón y dos mezclas para el caso de concreto con sustitución de agregado grueso por escoria en 50% y 60% de sustitución, y se ensayó su resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, consiguiendo los siguientes resultados:

Tabla N° 29

Resultados de ensayo de compresión de concreto patrón a los 7, 14 y 28 días de curado

MUESTRA	SLUMP (“)	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD (días)	AREA (cm ²)	FC (kg/cm ²)	FC/F’C (%)	FC/F’C (%)
P – 1	3.00	19/02/2020	26/02/2020	7	181.5	166.3	79.2	
P – 2	3.00	19/02/2020	26/02/2020	7	180.5	159.4	75.9	77.8
P – 3	3.00	19/02/2020	26/02/2020	7	180.9	164.7	78.4	
P – 4	3.00	19/02/2020	04/03/2020	14	176.7	177.6	84.6	
P – 5	3.00	19/02/2020	04/03/2020	14	179.1	190.2	90.6	86.0
P – 6	3.00	19/02/2020	04/03/2020	14	176.7	173.9	82.8	
P – 7	3.00	19/02/2020	18/03/2020	28	180.3	214.8	102.3	
P – 8	3.00	19/02/2020	18/03/2020	28	180.0	211.8	100.9	102.4
P – 9	3.00	19/02/2020	18/03/2020	28	180.5	218.5	104.0	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

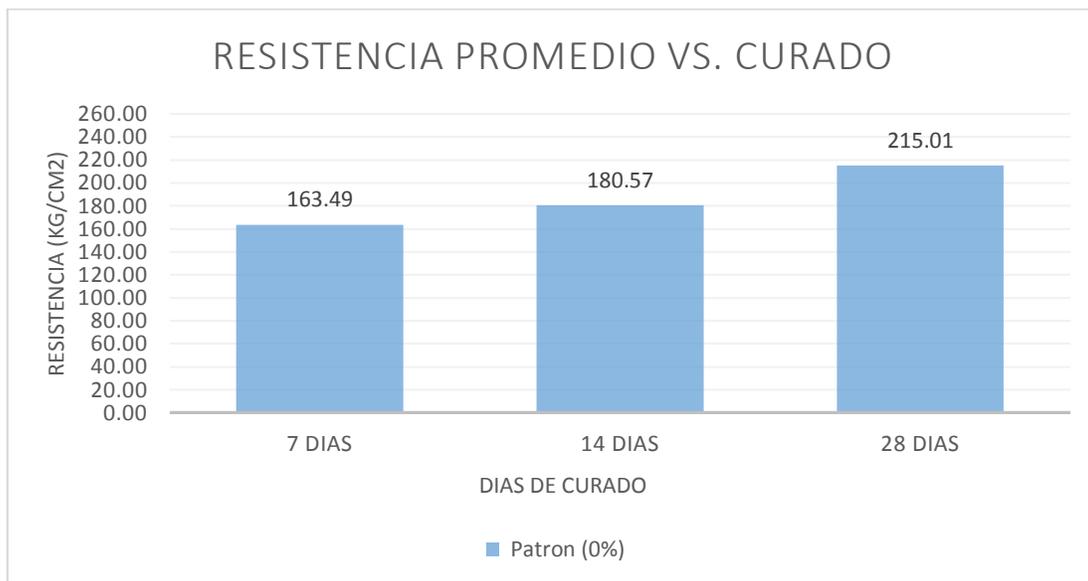


Figura N° 05: Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 30

Resultados de ensayo de compresión de concreto experimental 50% a los 7, 14 y 28 días de curado

MUESTRA	SLUMP (“)	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD (días)	AREA (cm ²)	FC (kg/cm ²)	FC/F’C (%)	FC/F’C (%)
EXP – 10	3.00	21/02/2020	28/02/2020	7	179.6	134.0	63.8	
EXP – 11	3.00	21/02/2020	28/02/2020	7	180.0	154.9	73.8	74.9
EXP – 12	3.00	21/02/2020	28/02/2020	7	180.9	183.3	87.3	
EXP – 13	3.00	21/02/2020	06/03/2020	14	176.7	199.5	95.0	
EXP – 14	3.00	21/02/2020	06/03/2020	14	176.7	189.6	90.3	92.6
EXP – 15	3.00	21/02/2020	06/03/2020	14	176.7	194.0	92.4	
EXP – 16	3.00	21/02/2020	20/03/2020	28	179.1	228.2	108.7	
EXP – 17	3.00	21/02/2020	20/03/2020	28	179.5	232.4	110.7	110.2
EXP – 18	3.00	21/02/2020	20/03/2020	28	179.3	233.6	111.2	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

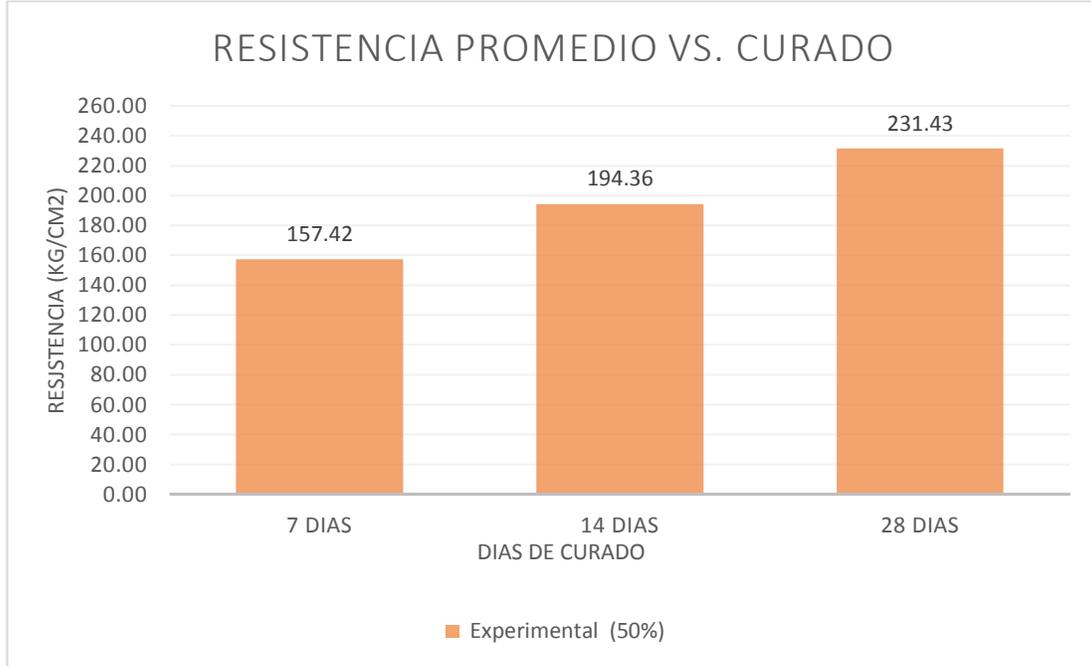


Figura N° 06: Resistencia a la compresión del concreto experimental al 50% a los 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 31

Resultados de ensayo de compresión de concreto experimental 60% a los 7, 14 y 28 días de curado

MUESTRA	SLUMP (“)	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD (días)	AREA (cm ²)	FC (kg/cm ²)	FC/F’C (%)	FC/F’C (%)
EXP – 19	3.00	25/02/2020	03/03/2020	7	176.7	158.6	75.5	
EXP – 20	3.00	25/02/2020	03/03/2020	7	176.7	157.8	75.1	78.8
EXP – 21	3.00	25/02/2020	03/03/2020	7	176.7	180.5	85.9	
EXP – 22	3.00	25/02/2020	10/03/2020	14	178.6	188.0	89.5	
EXP – 23	3.00	25/02/2020	10/03/2020	14	179.1	187.6	89.3	86.4
EXP – 24	3.00	25/02/2020	10/03/2020	14	178.8	168.9	80.4	
EXP – 25	3.00	25/02/2020	24/03/2020	28	176.7	214.2	102.0	
EXP – 26	3.00	25/02/2020	24/03/2020	28	176.7	216.4	103.1	102.9
EXP – 27	3.00	25/02/2020	24/03/2020	28	176.7	217.7	103.7	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

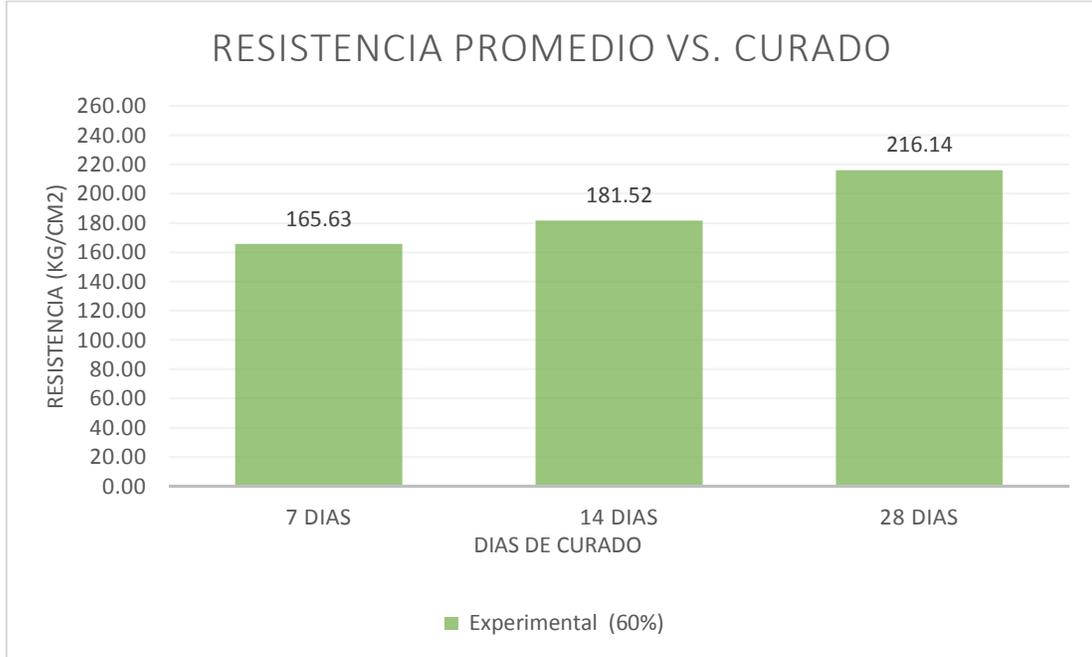


Figura N° 07: Resistencia a la compresión del concreto experimental al 60% a los 7, 14 y 28 días.

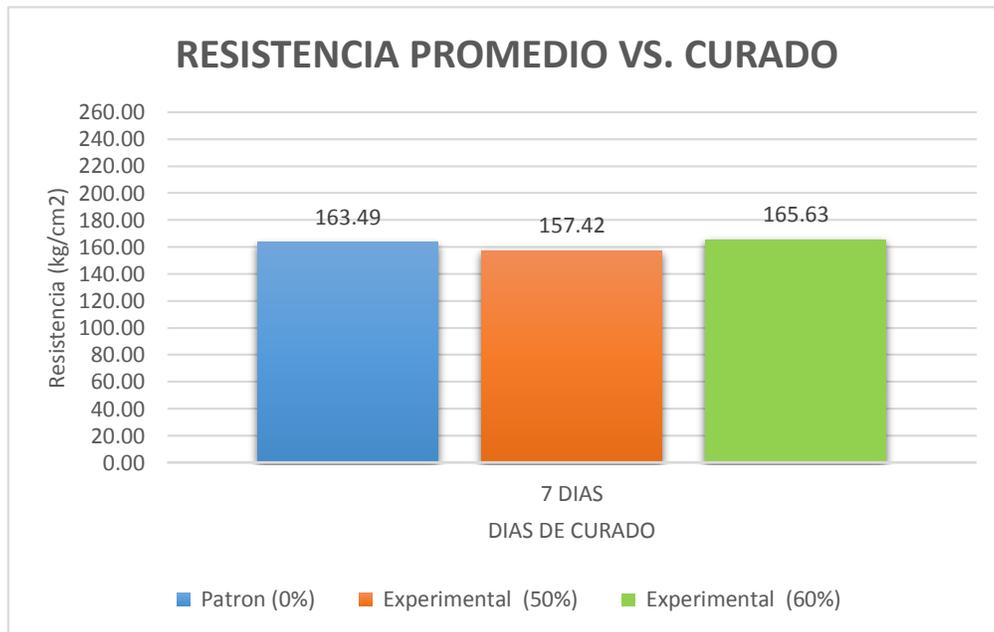


Figura N° 08: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 7 días.

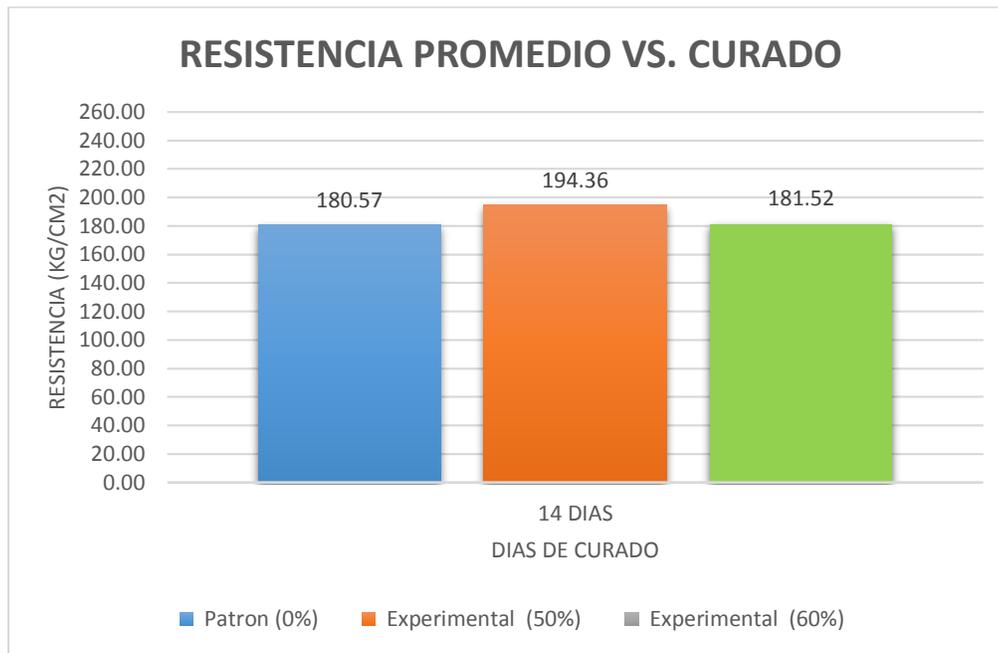


Figura N° 09: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 14 días.

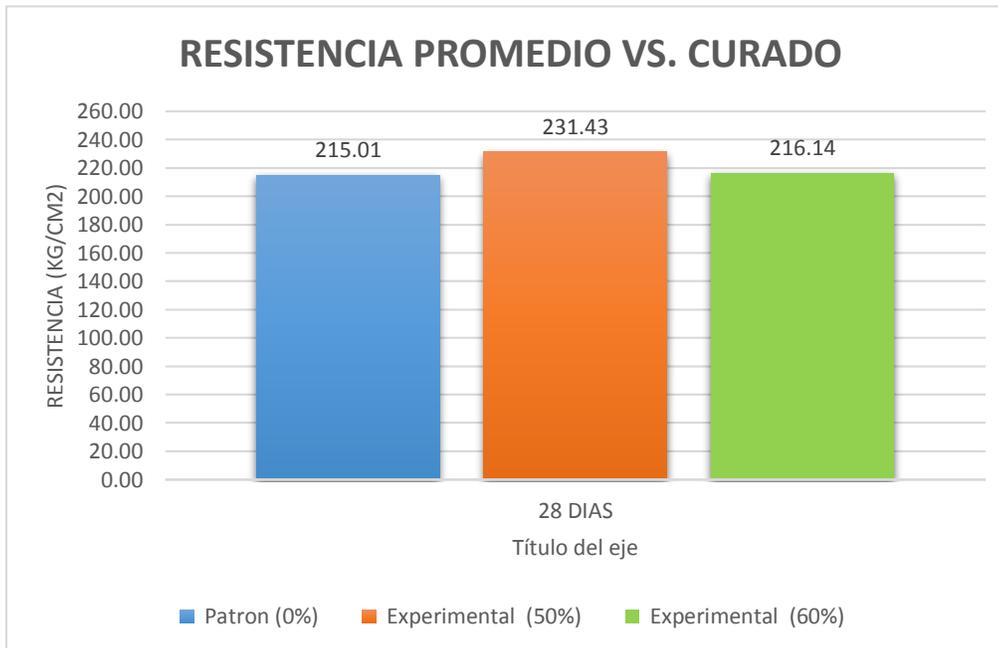


Figura N° 10: Comparación de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 28 días.

Capítulo IV: Análisis y Discusión

A partir de toda la investigación realizada y analizando los resultados obtenidos en el laboratorio tenemos lo siguiente:

Granulometría

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico del agregado grueso y fino cumplen con la gradación y especificaciones establecidas por la NTP 400.037. El módulo de fineza del agregado fino es M.F.=2.60 el cual está dentro del rango correcto que es 2.3 - 3.1 especificado en la NTP 400.037. Podemos notar de la Table N° 16 que la escoria posee pocos finos lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Choque, R. (2012).

Peso Unitario

Se efectuó el ensayo de Peso Unitario de acuerdo al procedimiento de apisonado ya que nuestro tamaño máximo nominal es menor a 1 ½" y le corresponde este procedimiento de acuerdo a la NTP 400.017.

Gravedad Específica

El peso específico del agregado grueso convencional es de P.E. Bulk (Base Seca)= 2.758 y el de la escoria P.E. Bulk (Base Seca)=2.768, notamos que el peso específico de la escoria es mayor al del agregado grueso convencional, lo cual va a influir en el costo del transporte de los agregados, debido a que se va a transportar un mayor peso en comparación al mismo volumen del agregado convencional.

Porcentaje de Absorción

El porcentaje de absorción del agregado grueso convencional es de 1.13 y el de la escoria es de 2.98. La diferencia es de 1.85 %. El porcentaje de absorción de la escoria es mayor debido a que ésta posee una superficie semi porosa, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Vélez, A. (2013)

Resistencia a la Abrasión

El ensayo de abrasión en la maquina Los Ángeles para el agregado grueso convencional nos resultó un desgaste de 18.59% y el de la escoria un desgaste de 21.49%, estos resultados son similares a los antecedentes antes mencionados. Ambos materiales están dentro del rango permisible según la NTP. 400.037, el cual indica que la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos tendrá que ser menor al 50%.

Resistencia a la compresión

En la Figura N° 08 podemos apreciar que tanto la mezcla patrón y las experimentales cumplen con los requisitos mínimos de la Tabla N° 01, es decir están dentro del rango aceptable de resistencia a la compresión a los 7 días que es mayor al 65% del diseño $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, o sea mayor a 136.5 kg/cm^2 .

En la Figura N° 09 podemos apreciar que tanto la mezcla patrón y las experimentales cumplen con los requisitos mínimos de la Tabla N° 01, es decir están dentro del rango aceptable de resistencia a la compresión a los 14 días que es mayor a 85% diseño $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, o sea mayor a 178.5 kg/cm^2

En la Figura N° 10 podemos apreciar que tanto la mezcla patrón y las experimentales cumplen con los requisitos mínimos de la Tabla N° 01, es decir están dentro del rango aceptable de resistencia a la compresión a los 28 días que es mínimo el 100% del diseño $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

Capítulo V: Conclusiones

- La granulometría de la escoria no cumple con la NTP 400.037 por lo que es importante realizar un gradado al momento de mezclar con el agregado grueso convencional en los diferentes porcentajes de sustitución.
- La resistencia a la compresión para un diseño de $f'c=210$ kg/cm² del concreto patrón es de 215 kg/cm² a los 28 días de curado, del concreto experimental al 50% es de 231.43 kg/cm² a los 28 días de curado, del concreto experimental al 60% es de 216.14 kg/cm² a los 28 días de curado, por lo que estos concretos experimentales están dentro de los valores normales de orden de un concreto convencional, quedando demostrada la hipótesis.
- Las mezclas de concreto experimentales al 50% y 60% de sustitución de agregado grueso por escoria de acería superan la resistencia a la compresión de diseño: $F'c=210$ kg/cm², sin embargo, el concreto experimental al 50% fue el que presentó los mejores resultados.
- La relación agua – cemento del concreto patrón fue de 0.713, el del concreto experimental al 50% fue de 0.723, el del concreto experimental al 60% fue de 0.736, este se debe a que la escoria posee un mayor porcentaje de absorción y menor contenido de humedad que el agregado grueso convencional, y se necesita mayor cantidad de agua para que genere una mezcla trabajable.

Capítulo VI: Recomendaciones

- Según las Tablas N° 20 y 21 vemos que la escoria presenta un mayor porcentaje de absorción (2.98%) en comparación del agregado grueso (1.13%) por lo que se recomienda que, para la elaboración de concreto con escoria, el vaciado en los componentes estructurales sea de manera rápida.
- Se recomienda hacer mezclas de concreto con distintos porcentajes de escoria, ya que según la Figura N° 09, las mezclas de concreto experimentales cumplen la resistencia a la compresión para la que fueron diseñadas.
- Se recomienda realizar más investigaciones al concreto con escoria de acería evaluando otras propiedades como: Corte, Flexión, Torsión, para entender mejor el comportamiento que presenta la escoria de acería.
- Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la compresión a edades mayores de 28 días, tal como 45, 60, 75 días, ya que según las Figuras N° 05, 06 y 07, la resistencia a la compresión sigue en aumento.

Capítulo VII: Referencias Bibliográficas

- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2017). *Ficha técnica Cemento Portland Tipo I*. Perú.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Publicas CEDEX (2011). *Ficha Técnica de escorias de acería de horno de arco eléctrico*. España
- Choque, R. (2012). *Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/224/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corcuera A. y Vela J. (2018). *Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por eco gravilla de escoria de acero, Trujillo – 2018* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13755>
- Neville, A. M. (2001). *Maintenance and Durability of Concrete Structures*. United Kingdom.
- Norma Técnica Peruana 334.001 (21 de Marzo del 2001). *Cemento. Definiciones y Nomenclatura*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 334.009 (31 de Marzo del 2005). *Cementos. Cemento Portland, Requisitos*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 339.034 (02 de Enero del 2008). *Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.017 (02 de Febrero del 2011). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú.

- Norma Técnica Peruana 400.021 (16 de Mayo del 2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.022 (26 de Diciembre del 2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.037 (30 de Diciembre del 2014). *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Colombia: Bhandar.
- Sosa I. (2017). *Incorporación de escorias siderúrgicas en hormigones autocompactantes de altas prestaciones* (Tesis Doctoral). Universidad de Cantabria, España. Recuperado de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/12087>
- Torre, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú.
- Torres, K. (2019). *Evaluación de las propiedades del concreto adicionado con escoria de acero para una resistencia de $f'c=280$ Kg/cm² en Chiclayo- Lambayeque* (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38446?locale-attribute=en>
- Vélez, A. (2013). *Hormigones con escoria de acero de horno eléctrico: prestaciones mecánicas, físicas y químicas* (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4389/1/TESIS.pdf>

Capítulo VIII: Dedicatoria

A Dios principalmente por darme la vida para poder llegar a esta etapa de mi vida y por guiarme por el buen camino.

A mis padres Eleazar y Flor, por su apoyo incondicional, la confianza depositada y por darme una formación basada en valores, respeto y perseverancia.

A mis profesores y personal del laboratorio, que siempre me brindaron su enseñanza en toda mi carrera profesional, asimismo, en la orientación de este trabajo de investigación

Capítulo IX: Anexos

ANEXO I: ALBUM FOTOGRAFICO



Figura N° 11: Recolección agregado fino.



Figura N° 12: Recolección agregado grueso.



Figura N° 13: Agregado grueso, fino y escoria de izquierda a derecha.



Figura N° 14: Cuarteo para granulometría de escoria.



Figura N° 15: Tamizado para granulometría de los agregados.



Figura N° 16: Peso Unitario de los agregados.



Figura N° 17: Limpieza de moldes de probetas



Figura N° 18: Enrasado para el ensayo de slump



Figura N° 19: Realización ensayo de slump patrón.



Figura N° 20: Llenado de probetas de concreto fresco.



Figura N° 21: Probetas de concreto listas para el desencofrado



Figura N° 22: Probetas patrón desencofradas listas para el curado.



Figura N° 23: Probetas experimentales al 50%.



Figura N° 24: Probetas en estado de curado.



Figura N° 25: Cuarteo y mezcla del agregado grueso y escoria.



Figura N° 26: Slump experimental al 60%.



Figura N° 27: Probetas experimentales al 60% listas para el curado.



Figura N° 28: Tamices para gradación del agregado grueso y escoria para el ensayo de abrasión en la maquina Los Ángeles.



Figura N° 29: Ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto.



Figura N° 30: Falla de una probeta de concreto.

ANEXO II: ENSAYOS DE LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

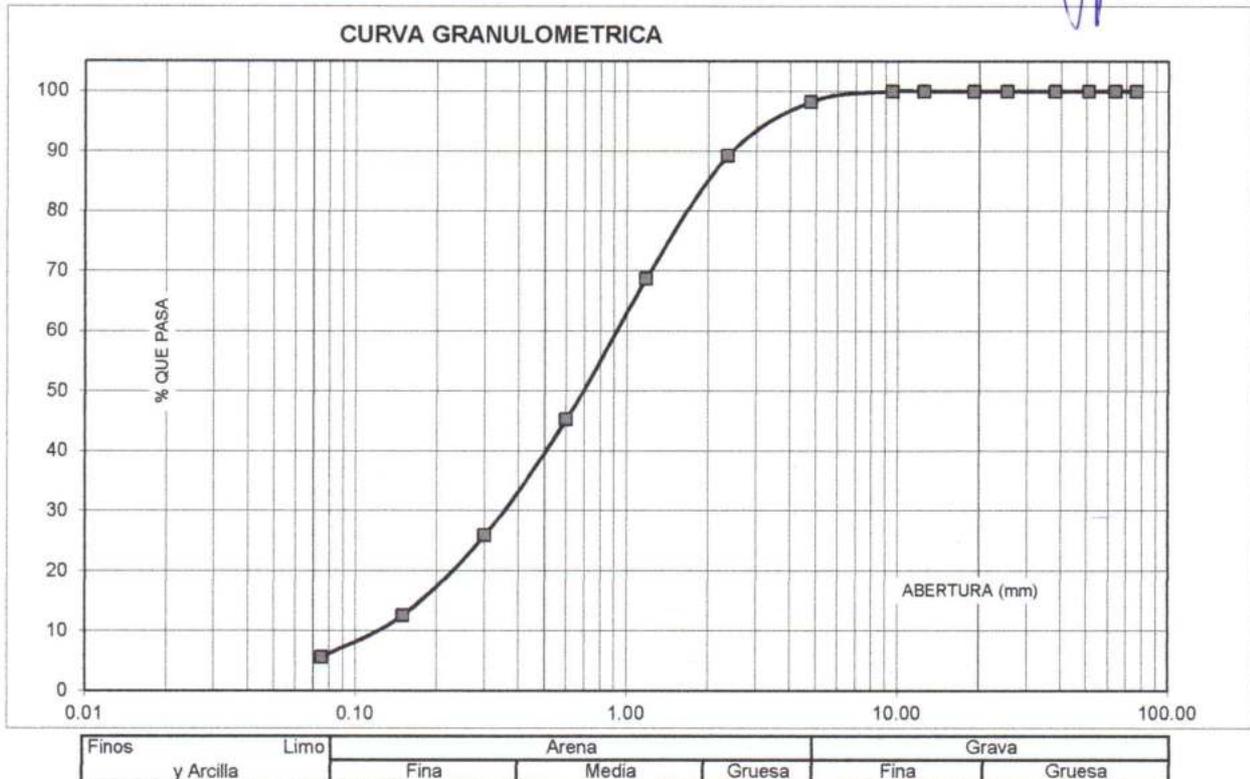
SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 17/06/2020

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	12.0	1.7	98.3
Nº 8	2.36	62.3	9.0	89.3
Nº 16	1.18	143.0	20.6	68.7
Nº 30	0.60	162.8	23.4	45.3
Nº 50	0.30	134.5	19.4	25.9
Nº 100	0.15	92.3	13.3	87.4
Nº 200	0.08	48.5	7.0	94.4
PLATO	ASTM C-117-04	39.2	5.6	100.0
TOTAL		694.6	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.60

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE





ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 17/06/2020

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
¾"	19.100	14.1	1.7	98.3
½"	12.500	334.5	39.4	59.0
⅜"	9.520	233.1	27.4	31.6
N° 4	4.760	247.8	29.2	2.4
N°8	2.360	0.0	0.0	2.4
N° 16	1.180	0.0	0.0	2.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	2.4
N°50	0.300	0.0	0.0	2.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	2.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	2.4
PLATO	ASTM C-117-04	20.5	2.4	100.0
TOTAL		850.0	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Maximo Nominal	1/2"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Salas Jara
 JEFE



Finos y Arcilla	Limo	Arena			Grava	
		Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ESCORIA DE ACERÍA

(ASTM C 136-06)

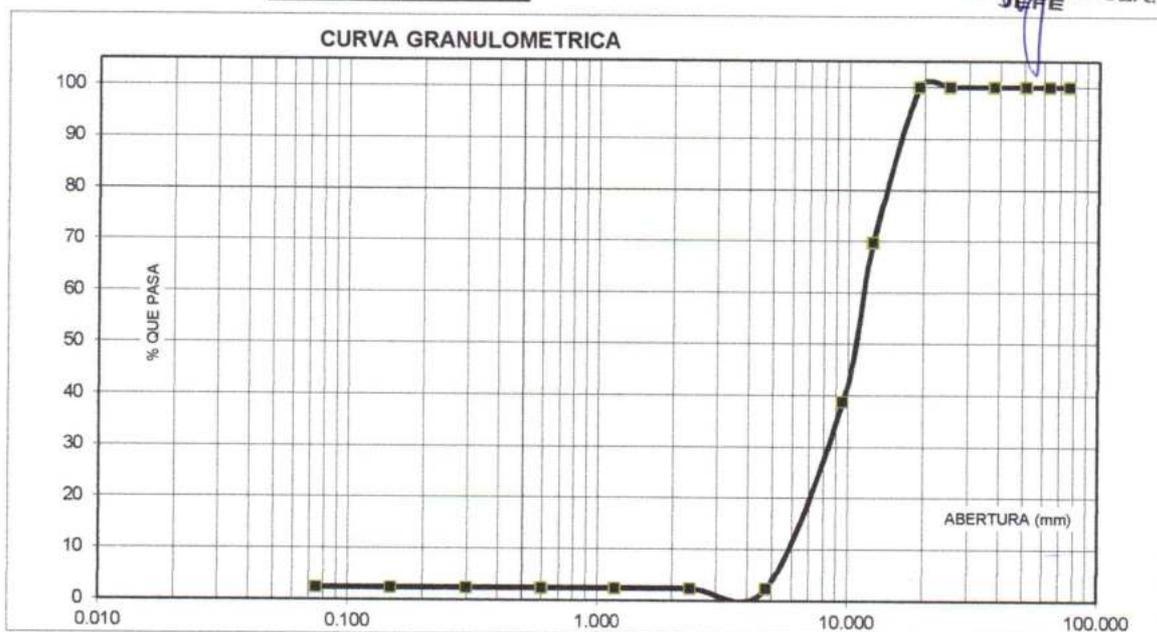
SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 17/06/2020

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	264.1	30.3	30.3	69.7
3/8"	9.520	269.3	30.9	61.2	38.8
N° 4	4.760	317.2	36.4	97.6	2.4
N°8	2.360	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 16	1.180	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	97.6	2.4
N°50	0.300	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 100	0.150	0.0	0.0	97.6	2.4
N° 200	0.075	0.0	0.0	97.6	2.4
PLATO	ASTM C-117-04	20.5	2.4	100.0	0.0
TOTAL		871.1	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Maximo Nominal	1/2"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



Finos y Arcilla	Limo	Arena			Grava	
		Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 17/06/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7750	7700	7800
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4424	4374	4474
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1587	1569	1605
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1587	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1576	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8300	8350	8400
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5024	5074
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1784	1802	1820
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1802	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1790	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JBF



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19450	19400	19430
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14330	14280	14310
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1532	1527	1530
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1529	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1523	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20350	20400	20380
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15230	15280	15260
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1628	1634	1631
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1631	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1624	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



PESO UNITARIO DE LA ESCORIA DE ACERÍA

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19200	19150	19200
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14080	14030	14080
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1505	1500	1505
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1503	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1497	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20100	20150	20120
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14980	15030	15000
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1601	1607	1604
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1604	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1597	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 17/06/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	666.50	666.50
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	966.50	966.50
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	857.50	857.50
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109.00	109.00
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.10	297.10
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.10	106.10
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.726	2.726
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.752	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.800	2.800
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.98	0.98

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.726
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.752
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.800
Absorción (%) : 0.98


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1163.00	1163.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	746.00	746.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	417.00	417.00
D	Peso de material seco en estufa	1150.00	1150.00
E	Volumen de masa (C-{A-D})	404.00	404.00
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.758	2.758
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.789	2.789
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.847	2.847
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.13	1.13

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.758
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.789
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.847
Absorción (%) : 1.13


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solís Jara
JEFE

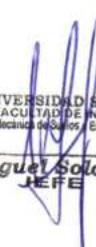


**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE ESCORIA DE ACERÍA
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1280.00	1280.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	831.00	831.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	449.00	449.00
D	Peso de material seco en estufa	1243.00	1243.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	412.00	412.00
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.768	2.768
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.851	2.851
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	3.017	3.017
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	2.98	2.98

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.768
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.851
P.e. Aparente (Base Seca) : 3.017
Absorción (%) : 2.98


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 17/06/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	908	856
TARA + SUELO SECO (gr)	904	851
PESO DEL AGUA (gr)	4.0	5.0
PESO DE LA TARA (gr)	209.4	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	694.6	683.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.58	0.73
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.65	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1049	1099
TARA + SUELO SECO (gr)	1045	1095
PESO DEL AGUA (gr)	4	4
PESO DE LA TARA (gr)	166.6	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	878.4	927.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE ESCORIA DE ACERÍA
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/06/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1059	1094
TARA + SUELO SECO (gr)	1056	1091
PESO DEL AGUA (gr)	3	3
PESO DE LA TARA (gr)	209.4	167.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	846.6	923.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.35	0.32
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.34	


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Sotir Jara
JEFE



**RESISTENCIA A LA ABRASION
(MAQUINA DE LOS ANGELES)**

SOLICITA : BACH.ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 25/06/2020

Peso de la muestra (gr.) : 5000
Método : B
Número de esferas : 11
Número de revoluciones : 500
Desgaste (%) : 18.59

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



**RESISTENCIA A LA ABRASION
(MAQUINA DE LOS ANGELES)**

SOLICITA : BACH.ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
FECHA : 25/06/2020

Peso de la muestra (gr.) : 5000
Método : B
Número de esferas : 11
Número de revoluciones : 500
Desgaste (%) : 21.49

ESPECIFICACIONES: El ensayo respondió a la norma de diseño ASTM C - 131.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solari Jara
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 17/06/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado 1790 kg/m³
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1/2"
- Peso especifico de masa 2.76
- Peso unitario suelto 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado 1624 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.13 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2" , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 216 / 0.684 = 315.789 kg/m³ = 7.43 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	315.789	kg/m ³
Agua efectiva.....	225.180	lts/m ³
Agregado fino.....	882.038	kg/m ³
Agregado grueso.....	929.689	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{882.038}{315.79} : \frac{929.69}{315.79}$$

1 : 2.79 : 2.94 : 30.31 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.64 : 2.89 : 30.31 lts / bolsa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

(50% SUSTITUCION DEL AGREGADO GRUESO)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 25/06/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado 1790 kg/m³
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1/2"
- Peso especifico de masa 2.76
- Peso unitario suelto 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado 1624 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.13 %


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2" , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.102
Agua efectiva.....	(m ³)	0.216
Agregado fino.....	(m ³)	0.322
50% Escoria de acería.....	(m ³)	0.168
Agregado grueso.....	(m ³)	0.168
Aire.....	(m ³)	0.025
		1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
50% Escoria de acería.....	462.793 kg/m ³
Agua efectiva.....	216.00 lts/m ³
Agregado fino.....	876.31 kg/m ³
Agregado grueso.....	462.79 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.79 kg/m ³
50% Escoria de acería.....	464.845 kg/m ³
Agua efectiva.....	228.22 lts/m ³
Agregado fino.....	882.04 kg/m ³
Agregado grueso.....	464.84 kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{464.845}{315.79} : \frac{882.04}{315.79} : \frac{464.84}{315.79}$$

$$1 : 1.47 : 2.79 : 1.47 \quad 30.72 \text{ lts / bolsa}$$


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solís Jara
 JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

(60% SUSTITUCION DEL AGREGADO GRUESO)

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 25/06/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

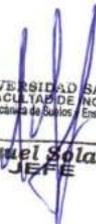
CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado 1790 kg/m³
- Contenido de humedad 0.65 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1/2"
- Peso especifico de masa 2.76
- Peso unitario suelto 1523 kg/m³
- Peso unitario compactado 1624 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.13 %


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2" , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.102
Agua efectiva.....	(m ³)	0.216
Agregado fino.....	(m ³)	0.322
60% Escoria de acería.....	(m ³)	0.201
Agregado grueso.....	(m ³)	0.134
Aire.....	(m ³)	0.025
		1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	315.789	kg/m ³
60% Escoria de acería.....	555.351	kg/m ³
Agua efectiva.....	216.00	lts/m ³
Agregado fino.....	876.31	kg/m ³
Agregado grueso.....	370.23	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.79	kg/m ³
60% Escoria de acería.....	557.813	kg/m ³
Agua efectiva.....	232.32	lts/m ³
Agregado fino.....	882.04	kg/m ³
Agregado grueso.....	371.88	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{557.813}{315.79} : \frac{882.04}{315.79} : \frac{371.88}{315.79}$$

$$1 : 1.77 : 2.79 : 1.18 \quad 31.27 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Salar Ja.
JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 25/06/2020

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DÍAS	FC Kg/Cm2	FC/F'C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	19/02/2020	26/02/2020	7	166.32	79.20
02	PATRON	-	19/02/2020	26/02/2020	7	159.44	75.92
03	PATRON	-	19/02/2020	26/02/2020	7	164.71	78.43
04	PATRON	-	19/02/2020	04/03/2020	14	177.57	84.56
05	PATRON	-	19/02/2020	04/03/2020	14	190.20	90.57
06	PATRON	-	19/02/2020	04/03/2020	14	173.95	82.83
07	PATRON	-	19/02/2020	18/03/2020	28	214.75	102.26
08	PATRON	-	19/02/2020	18/03/2020	28	211.80	100.86
09	PATRON	-	19/02/2020	18/03/2020	28	218.49	104.04

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 50%

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 25/06/2020

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F'C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	28/02/2020	7	134.00	63.81
02	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	28/02/2020	7	154.97	73.80
03	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	28/02/2020	7	183.28	87.28
04	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	06/03/2020	14	199.47	94.99
05	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	06/03/2020	14	189.63	90.30
06	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	06/03/2020	14	193.98	92.37
07	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	20/03/2020	28	228.22	108.68
08	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	20/03/2020	28	232.45	110.69
09	EXPERIMENTAL	-	21/02/2020	20/03/2020	28	164.73	78.44

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Spín Jara
JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 60%

SOLICITA : BACH:ALVA DOMINGUEZ FRANCO FERRARO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO POR ESCORIA DE ACERÍA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 25/06/2020

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	03/03/2020	7	158.63	75.54
02	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	03/03/2020	7	157.79	75.14
03	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	03/03/2020	7	180.48	85.94
04	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	10/03/2020	14	188.04	89.54
05	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	10/03/2020	14	187.59	89.33
06	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	10/03/2020	14	168.92	80.44
07	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	24/03/2020	28	214.24	102.02
08	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	24/03/2020	28	216.45	103.07
09	EXPERIMENTAL	-	25/02/2020	24/03/2020	28	217.74	103.69

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE