

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO  
DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE  
F'C: 210 KG/CM2 PARA EMPLEARLO EN  
EDIFICACIONES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**BACH. RUIZ SALAZAR, DIOMEDES JESUS.**

**ASESOR:**

**Mtro. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**TRANSPORTES Y URBANISMO.**

**Huancayo – Perú**

**2024**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Decano (E)

---

Mtra. Nelfa Estrella Ayuque Almidón  
Jurado

---

Dr. Juan Antenor Caceda Corillocla  
Jurado

---

Mtra. Lidia Leonor Almonacid Ordoñez  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.  
Secretario docente

## **Dedicatoria**

- A mi familia, gracias por su apoyo brindado a lo largo de mi vida.

Diomedes Jesús Ruiz Salazar.

## **Agradecimientos**

- A mi asesor, pues sin su guía y experiencia no hubiera sido posible avanzar con esta tesis.
- Al ing. Rafael Ventura Cepida, por el apoyo y consejos brindados durante el desarrollo de la investigación.

Diomedes Jesús Ruiz Salazar.



## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0082 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulada:

**LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM2 PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESUS  
Facultad : INGENIERÍA  
Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL  
Asesor(a) : ING. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS

Fue analizado con fecha 20/11/2023; con 182 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

x

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 18 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 20 de Noviembre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI  
JEFA  
Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

# Contenido

<b>Dedicatoria</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iv</b>
<b>Contenido</b>	<b>vi</b>
<b>Contenido de tablas</b>	<b>ix</b>
<b>Contenido de figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Resumen</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiv</b>
<b>Introducción</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Descripción de la realidad problemática</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Delimitación del problema</b>	<b>18</b>
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	18
1.2.3. Económica	18
<b>1.3. Formulación del problema</b>	<b>19</b>
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
<b>1.4. Justificación</b>	<b>19</b>
1.4.1. Práctica	19
1.4.2. Metodológica	19
1.4.3. Teórica	20
<b>1.5. Objetivos</b>	<b>20</b>
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Antecedentes</b>	<b>21</b>
2.1.1. Nacionales	21
2.1.2. Internacionales	23
<b>2.2. Bases teóricas o científicas</b>	<b>25</b>
2.2.1. Escoria de cobre	25
2.2.2. Propiedades en estado fresco del concreto	26
2.2.3. Propiedades en estado endurecido del concreto	29
<b>2.3. Marco conceptual</b>	<b>30</b>

<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Hipótesis</b>	<b>32</b>
3.1.1. Hipótesis general	32
3.1.2. Hipótesis específicas	32
<b>3.2. Variables</b>	<b>32</b>
3.2.1. Definición conceptual de las variables	32
3.2.2. Definición operacional de las variables	33
3.2.3. Operacionalización de las variables	33
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
<b>4.1. Método de investigación</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Tipo de investigación</b>	<b>35</b>
<b>4.3. Nivel de investigación</b>	<b>35</b>
<b>4.4. Diseño de investigación</b>	<b>36</b>
<b>4.5. Población y muestra</b>	<b>36</b>
4.5.1. Población	36
4.5.2. Muestra	36
<b>4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>37</b>
4.6.1. Técnicas de recolección de datos	37
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos	37
<b>4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	<b>39</b>
<b>5.1. Actividades previas a la evaluación de las propiedades del concreto</b>	<b>39</b>
5.1.1. Análisis granulométrico de agregados	39
5.1.2. Caracterización física de los agregados	42
5.1.3. Diseño de mezcla	43
<b>5.2. Propiedades en estado fresco del concreto</b>	<b>44</b>
5.2.1. Contenido de aire	44
5.2.2. Asentamiento	46
5.2.3. Temperatura	48
5.2.4. Peso unitario	50
5.2.5. Tiempo de fragua	52
<b>5.3. Propiedades en estado endurecido del concreto</b>	<b>58</b>
5.3.1. Resistencia a la compresión	58
5.3.2. Resistencia a la tracción	64

<b>5.4. Contrastación de hipótesis</b>	<b>70</b>
5.4.1. Prueba de normalidad	70
5.4.2. Hipótesis específica “a”	72
5.4.3. Hipótesis específica “b”	78
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>84</b>
<b>6.1. Propiedades del concreto en estado fresco</b>	<b>84</b>
6.1.1. Contenido de aire	84
6.1.2. Asentamiento	84
6.1.3. Temperatura	85
6.1.4. Peso unitario	85
6.1.5. Tiempo de fragua	86
<b>6.2. Propiedades del concreto en estado endurecido</b>	<b>86</b>
6.2.1. Resistencia a compresión	86
6.2.2. Resistencia a tracción	87
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>92</b>
<b>Anexo N° 01: matriz de consistencia</b>	<b>93</b>
<b>Anexo N° 02: certificados de laboratorio</b>	<b>95</b>
<b>Anexo N° 03: certificados de calibración de instrumentos</b>	<b>158</b>
<b>Anexo N° 04: panel fotográfico</b>	<b>172</b>

## Contenido de tablas

Tabla 1. Composición química de escoria de cobre.	26
Tabla 2. Operacionalización de las variables.	34
Tabla 3. Cantidad de muestras.	37
Tabla 4. Granulometría de agregado grueso.	39
Tabla 5. Granulometría de agregado fino.	40
Tabla 6. Granulometría de escoria de cobre.	41
Tabla 7. Características físicas del agregado fino.	42
Tabla 8. Características físicas del agregado grueso.	43
Tabla 9. Características físicas de la escoria de cobre.	43
Tabla 10. Componentes del concreto patrón.	44
Tabla 11. Componentes del concreto modificado.	44
Tabla 12. Resultados de ensayo de contenido de aire.	44
Tabla 13. Promedio y variación del contenido de aire.	45
Tabla 14. Resultados de ensayo de asentamiento.	46
Tabla 15. Promedio y variación del contenido de aire.	47
Tabla 16. Resultados de ensayos de temperatura.	48
Tabla 17. Promedio y variación de temperatura.	49
Tabla 18. Resultados de ensayo de peso unitario.	50
Tabla 19. Promedio y variación de peso unitario.	51
Tabla 20. Resultados de ensayo de tiempo inicial de fragua.	52
Tabla 21. Promedio y variación de tiempo inicial de fragua.	53
Tabla 22. Resultados de ensayo de tiempo final de fragua.	54
Tabla 23. Promedio y variación de tiempo final de fragua.	55
Tabla 24. Resultados de ensayo de tiempo de fraguado.	56
Tabla 25. Promedio y variación de tiempo de fraguado.	57
Tabla 26. Resultados de resistencia a compresión concreto patrón.	58
Tabla 27. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 15 % AF.	59
Tabla 28. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 20 % AF.	60
Tabla 29. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 30 % AF.	61
Tabla 30. Resumen de promedios de resistencias a la compresión y variación del concreto.	62
Tabla 31. Resultados de resistencia a tracción concreto patrón.	64
Tabla 32. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 15 % AF.	65

Tabla 33. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 20 % AF.	66
Tabla 34. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 30 % AF.	67
Tabla 35. Resumen de promedio de resistencia a la tracción y variación del concreto.	68
Tabla 36. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades en estado fresco.	71
Tabla 37. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades en estado endurecido.	71
Tabla 38. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – contenido de aire, asentamiento y temperatura.	73
Tabla 39. Prueba Tukey para la hipótesis específica “a” – contenido de aire, asentamiento y temperatura.	74
Tabla 40. Subconjuntos homogéneos para el contenido de aire.	75
Tabla 41. Subconjuntos homogéneos para el asentamiento.	75
Tabla 42. Subconjuntos homogéneos para la temperatura.	75
Tabla 43. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a” – peso unitario, tiempo inicial de fragua, tiempo final de fragua y tiempo de fraguado.	76
Tabla 44. Comparación de grupos para la hipótesis específica “a” – peso unitario, tiempo inicial de fragua, tiempo final de fragua y tiempo de fraguado.	77
Tabla 45. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”.	78
Tabla 46. Prueba Tukey para la hipótesis específica “b”.	80
Tabla 47. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 7 días.	81
Tabla 48. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 14 días.	81
Tabla 49. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 28 días.	82
Tabla 50. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 7 días.	82
Tabla 51. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 14 días.	82
Tabla 52. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 28 días.	83

## Contenido de figuras

Figura 1. Muestra de escoria de cobre.	26
Figura 2. Vista de la medición del asentamiento del concreto por medio del cono de Abrams.	27
Figura 3. Vista del ensayo a compresión del concreto.	29
Figura 4. Curva granulométrica del agregado grueso.	40
Figura 5. Curva granulométrica del agregado fino.	41
Figura 6. Curva granulométrica de la escoria de cobre.	42
Figura 7. Resultados de contenido de aire.	45
Figura 8. Porcentaje de variación de contenido de aire.	46
Figura 9. Resultados de asentamiento.	47
Figura 10. Porcentaje de variación de asentamiento.	48
Figura 11. Resultados de temperatura.	49
Figura 12. Porcentaje de variación de temperatura.	50
Figura 13. Resultados de peso unitario.	51
Figura 14. Porcentaje de variación de peso unitario.	52
Figura 15. Resultados de tiempo inicial de fragua.	53
Figura 16. Porcentaje de variación de tiempo inicial de fragua.	54
Figura 17. Resultados de tiempo final de fragua.	55
Figura 18. Porcentaje de variación del tiempo final de fragua.	56
Figura 19. Resultados de tiempo de fraguado.	57
Figura 20. Porcentaje de variación de tiempo de fraguado.	58
Figura 21. Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón.	59
Figura 22. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 15 % AF.	60
Figura 23. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 20 % AF.	61
Figura 24. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 30 % AF.	62
Figura 25. Comparación de evolución de resistencia a la compresión.	63
Figura 26. Resistencia a compresión a los 28 días de concreto con distintas sustituciones.	63
Figura 27. Variación de resistencia a la compresión a los 28 días.	64
Figura 28. Evolución de resistencia a tracción del concreto patrón.	65
Figura 29. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 15 % AF.	66
Figura 30. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 30 % AF.	67
Figura 31. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 30 % AF.	68
Figura 32. Comparación de evolución de resistencia a la tracción.	69

Figura 33. Resistencia a tracción a los 28 días con distintas sustituciones.	69
Figura 34. Variación de resistencia a la tracción a los 28 días.	70

## Resumen

Para la realización de esta tesis fue considerado el problema general: ¿Cómo actúa la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones?, mientras que como objetivo general se tuvo: Evaluar a la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones, para lo cual se ha considerado como hipótesis general: La escoria de cobre como sustituto del agregado fino mejora las propiedades del concreto de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones.

La metodología de la investigación para el desarrollo de este trabajo constó del método científico, siendo tipo aplicado, presentando el nivel explicativo de diseño experimental. La población comprendió al concreto diseñado para un  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  con y sin sustitución de agregado fino por escoria de cobre; mientras que como muestra, hallada según un tipo de muestreo no probabilístico e intencional fue de un total de 123 especímenes.

Como conclusión se tiene que, la escoria de cobre en sustitución del agregado fino mejora las propiedades del concreto de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones, siendo que el porcentaje óptimo fue la sustitución del 15 % de escoria.

Palabras clave: Escoria de cobre, propiedades del concreto, edificaciones.

## **Abstract**

For the realization of this thesis the general problem was considered: How does copper slag act as a substitute for fine aggregate in concrete of  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  to be used in buildings, while the general objective was: To evaluate copper slag as a substitute for fine aggregate in concrete of  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  to be used in buildings, for which the general hypothesis has been considered as: Copper slag as a substitute for fine aggregate in concrete of  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  to be used in buildings: Copper slag as a substitute for fine aggregate improves the properties of concrete of  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  for use in buildings.

The research methodology for the development of this work consisted of the scientific method, being applied type, presenting the explanatory level of experimental design. The population included the concrete designed for a  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  with and without substitution of fine aggregate by copper slag; while the sample, found according to a non-probabilistic and intentional sampling type, was a total of 123 specimens.

In conclusion, copper slag replacing fine aggregate improves the properties of concrete of  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  to be used in buildings, being that the optimum percentage was 15% slag replacement.

Key words: Copper slag, concrete properties, buildings.

## Introducción

La presente investigación con el título de “La escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones” surgió de la problemática del uso descontrolado de agregados naturales para la elaboración del concreto y por la presencia de contar con un gran número de residuos que pueden ser empleados. En consecuencia, se consideró como objetivo evaluar a la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones.

Para el desarrollo de la investigación se elaboró concreto diseñado para la obtención de una resistencia a la compresión a los 28 días superior a los 210 kg/cm<sup>2</sup> el cual sería empleado en edificaciones procediendo a reemplazar el agregado fino por 15 %, 20 % y 30 % de escoria de cobre, para efectuar la medición del contenido de aire, asentamiento, temperatura, peso unitario, peso unitario y tiempo de fraguado dentro de las propiedades del concreto correspondientes a su estado fresco, mientras que la resistencia a compresión y tracción a los 7, 14 y 28 días como las propiedades en estado endurecido.

Con el fin de explicar de menor manera el contenido de esta tesis, se realizó la siguiente descripción de cada capítulo que conforma la presente investigación:

Capítulo I: Planteamiento del problema. – En este primer capítulo se optó por la descripción del planteamiento del problema, fueron formulados y sistematizó los problemas tanto el general y específicos. Asimismo, se consideró la justificación de índole práctica, teórica y además la justificación metodológica, también se presenta la delimitación en los niveles espacial, temporal y económico. En cuanto a las limitaciones estas también fueron descritas al igual que el objetivo general y específicos.

Capítulo II: Marco teórico. – Se describieron los objetivos, procedimiento, resultados y conclusiones de cada uno de los antecedentes a nivel nacional e internacional. Se prosigue con el marco conceptual en base a escoria de cobre, propiedades en estado fresco del concreto y las propiedades en estado endurecido del mismo. Se estableció también la definición de términos.

Capítulo III: Hipótesis. – En este instante se establecen las hipótesis de investigación en el que se detalla la hipótesis general y específicas, además se describen las variables.

Capítulo IV: Metodología. – Aquí son establecidos el método, nivel, tipo y diseño de la metodología de la investigación científica, asimismo se adjunta la población, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información, por último, las técnicas y análisis de los datos.

Capítulo V: Resultados. – En este capítulo en primer lugar se describió las actividades previas a la evaluación de las propiedades como la granulometría de los agregados, su caracterización física y el diseño de mezcla correspondientemente. Desarrollado ello se procedió a analizar los cambios en el contenido de aire, asentamiento, temperatura, peso unitario y tiempo de fraguado tanto del concreto convencional y del concreto donde fue reemplazado el agregado fino por escoria de cobre en 15 %, 20 % y 30 % en relación al peso. Con la finalidad de establecer si los cambios percibidos fueron significativos o no se consideró la contrastación de hipótesis desde la prueba de normalidad y la contrastación de las hipótesis específicas.

Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados. – Se procedió a discutir e interpretar cada uno de los resultados en relación de las bases teóricas y los antecedentes revisados para el sustento de este trabajo.

Finalmente, se cuenta con las conclusiones, las recomendaciones, así como las referencias bibliográficas y los anexos que incluyen a la matriz de consistencia, los certificados de laboratorio de cada uno de los ensayos y de los certificados de calibración que avalan los mismos, además del panel fotográfico.

Bach. Diomedes Jesús Ruiz Salazar.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El uso de concreto para la construcción de viviendas e infraestructura vial se vio incrementado de manera gradual en los últimos años, es por tal motivo que en la actualidad las propiedades y el costo de su elaboración vienen siendo un problema que afecta enormemente al sector de la construcción. Considerando un punto de vista técnico, la capacidad de resistencia de este material no viene cumpliendo con lo requerido, denotándose en gran medida en el poco tiempo de vida que estos poseen, especialmente cuando son utilizados como pavimentos, mientras que desde el punto de vista económico la fabricación del concreto viene siendo uno de los principales materiales que demanda una gran cantidad de recursos especialmente de agregados y cemento.

A nivel internacional el uso del agregado como material para la elaboración del concreto viene dejando relevancia, pues en países como Australia vienen considerados materiales alternativos como la escoria de cobre, el cual es un residuo de proceso para la manufacturación del cobre (Ullilen y Vasquez, 2019), similar situación se da en Estados Unidos y Japón, donde se generan más de un millón de toneladas de escoria cada año (Shi, Meyer y Behnood, 2008).

A nivel nacional Baldoce y Vega (2019), menciona que solo en Perú se produce cerca del 12 % de cobre en el mundo, es decir un promedio de 1020 a 1200 toneladas por día, generando de esta manera un promedio de 378 a 450 toneladas de escoria, es decir, que existe un gran potencial del uso de este desecho, pues si no existe una

adecuada disposición, este se puede convertir en un foco de contaminación que afecte al ecosistemas y hasta el ornato de las ciudades.

A nivel local, en la ciudad de La Oroya, se ha observado una gran acumulación de residuos del proceso de refinera de la planta procesadora, lo cual viene dando un aspecto poco agradable, sin embargo, aún no existe estudios de la factibilidad del uso de la escoria como parte del concreto, pues de esta manera se puede dar un uso alternativo.

Es bajo este contexto, que la finalidad del presente trabajo de investigación fue establecer una dosificación óptima para la fabricación del concreto con escoria y de esta manera definir su factibilidad para su uso y por ende minimizar la cantidad de agregados naturales empleados para la fabricación de concreto para edificaciones en la ciudad de Huancayo.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

Esta investigación fue llevada a cabo en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo en la región Junín.

Asimismo, es necesario mencionar que fueron realizados ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto GEOSILVER, cuya validez para esta investigación se fundamenta con los certificados de la calibración de cada uno de los equipos.

### **1.2.2. Temporal**

La tesis consideró para su desarrollo un espacio temporal de 5 meses, el cual inició con el desarrollo del plan de tesis y culminará con la sustentación final.

### **1.2.3. Económica**

La elaboración de la presente tesis no contó con financiamiento de terceros, por ende, la totalidad de los gastos fueron asumidos por el tesista.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo actúa la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera la escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto simple en estado fresco para edificaciones?
- b) ¿Cómo la escoria de cobre como sustituto del agregado fino varía las propiedades del concreto simple en estado endurecido para edificaciones?

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Práctica**

La presente investigación tuvo como justificación social o práctica basada en que, mediante la culminación de esta tesis, se pudo establecer que utilizar escoria de cobre es factible para la sustitución de agregado fino en el concreto, esto beneficiará a quienes se ven afectados por la disposición de este material en ciudades, tal es el caso de La Oroya, donde se da el perjuicio del ornato y el medio ambiente.

Además, el uso de la escoria de cobre, asegura las propiedades de las mezclas de concreto estándar lo que reduciría el costo, pues este material es un residuo, que muchas veces no recibe un tratamiento de adecuación necesario, más por el contrario viene perjudicando el medio ambiente.

#### **1.4.2. Metodológica**

La justificación metodológica de esta tesis, está basada en que, gracias a su desarrollo, generó una secuencia lógica de pasos para la elaboración del concreto con escoria, además establece los ensayos mínimos que se debería realizar y los valores mínimos que a alcanzar para que no sean perjudiciales a los demás componentes del concreto armado.

### **1.4.3. Teórica**

La presente investigación no cuenta con justificación teórica, pues la finalidad es la solución de problemas prácticos que aquejan a la sociedad.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar a la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar de qué manera la escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones.
- b) Establecer cómo la escoria de cobre como sustituto del agregado fino varía las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nacionales

Jara (2020) en su tesis denominada “Influencia de la escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido, La Oroya - Junín 2020” tuvo como principal finalidad establecer como se da la incidencia de utilizar escoria de cobre en las propiedades de resistencia mecánica de concreto y de esta manera determinar de manera indirecta la resistencia a agentes eternos y un mayor tiempo de vida útil. Es en este contexto que, como metodología consideró el experimental basada en la sustitución en porcentajes de 20 %, 30 % y 40 % la escoria de cobre por los áridos finos del concreto, seguidamente considerado la elaboración de 60 probetas con el que se midió la resistencia a la compresión. Llegó a los resultados de que una sustitución del 30 % de escoria es un óptimo porcentaje, pues el valor de la resistencia ante compresión axial fue  $252.07 \text{ kg/cm}^2$  (18.38 % mayor al concreto patrón), en referencia a la resistencia a flexión el valor que obtuvo fue de  $39 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual supera en 12.49 % al concreto convencional; mientras que para resistencia ante tracción tuvo un resultado de  $32.83 \text{ kg/cm}^2$ , es decir un 7.18 % más que el concreto patrón. Como conclusión pudo establecer que, la utilización de escoria de cobre tiene un efecto positivo en las características del concreto, pues incrementa sus valores de resistencia mecánicos.

Ullilen y Vasquez (2019) en su investigación denominada “Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>”, tuvo como principal finalidad establecer la incidencia de la escoria de cobre en las propiedades del concreto, mediante sustituciones parciales de manera controlada y moderada. En este sentido, tuvo como principal metodología de investigación, el experimental basado en un enfoque cuantitativo, aplicado y explicativo, en la que se sustituyó arena en porcentajes del 10 %, 20 % y 30 %. En tal sentido como primer aspecto, consideró el estudio de las propiedades de los agregados grueso y fino, con el fin de obtener los principales parámetros para el diseño de mezclas del concreto para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Como principal resultado obtenido fue que la resistencia ante esfuerzos de compresión obtenida a la edad de 7 días fue de 246 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor al valor de la resistencia de diseño, además que el uso de la escoria no modifica la trabajabilidad del concreto. Concluyendo finalmente la dosis o porcentaje óptimo de sustitución fue de 20 % respecto al peso del agregado fino.

Flores y Fuentes (2021) en la investigación denominada “Diseño de concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando escoria de cobre para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2021”, consideraron como principal finalidad investigar la aplicación de un aditivo para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. Para ello consideraron como principal metodología la experimental, basada en el uso de escoria de cobre para dosis de 10 %, 20 % y 30 %, para lo que consideraron la elaboración de 36 probetas de las cuales 27 probetas fueron diseñadas con sustituciones de escoria de cobre, mientras las restantes 9 fueron utilizadas como el patrón con el que se determinó la referencia de comparación entre los especímenes modificados. En este contexto, pudo establecer como principales resultados que el concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión de 238 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que al adicionar el 10 % de escoria este valor se incrementó a 236.8 %, con 20 % de escoria, la resistencia fue de 269.20 % y con 30 % el valor final fue de 272.50 kg/cm<sup>2</sup>; concluyendo que, el uso de la escoria como aditivo es beneficioso para el concreto, pues mejora de manera significativa la resistencia a la compresión del concreto, especialmente al utilizar una dosificación del 30 %.

### **2.1.2. Internacionales**

Wang et al. (2021) en su investigación denominada “Una revisión crítica sobre el uso de la escoria de cobre (CS) como constituyente sustitutivo en el concreto” tuvo como principal finalidad revisar la literatura relevante publicada en la última década referente al uso de escoria de cobre y su aplicabilidad al concreto; pues hoy en día, la escoria que es un material industrial no tóxico e inocuo se incrementa de manera gradual cada año. En este contexto, como metodología de investigación consideró la revisión bibliográfica, recopilada durante los últimos 10 años, donde se discute aspectos como el rendimiento y la proyección que tiene en futuro. Para que las conclusiones sean completas y fiables, este documento ha consultado más de 90 estudios relacionados. El rendimiento en fresco, las propiedades mecánicas así como la durabilidad de los áridos CS se analizan desde tres aspectos: el tamaño de las partículas, la tasa de sustitución y el método de sustitución. En conclusión, como sustitución parcial del cemento o del árido en el concreto, el CS puede mejorar adecuadamente la resistencia, la resistencia a la corrosión por iones cloruro, la resistencia a la corrosión por sulfato, la resistencia a la carbonatación y la resistencia a la congelación-descongelación del hormigón. Sobre la base de las investigaciones que describen la durabilidad y resistencia a compresión del concreto con CS, el tamaño de las partículas y la proporción de sustitución del CS en la fabricación del concreto deben ser inferiores a 10 mm y al 40 %, respectivamente. Según el análisis del impacto medioambiental, el uso del CS como sustituto parcial puede reducir el impacto medioambiental, aunque el proceso de producción aún debe mejorarse. El análisis global de los resultados indica que las propiedades mecánicas a largo plazo y la durabilidad del hormigón con CS deben seguir estudiándose.

Panda et al. (2021) en su investigación denominada “Resistencia a la abrasión y durabilidad del concreto con agregados de escoria de cobre”, consideraron como principal objetivo establecer de la factibilidad de utilización de escoria de cobre como agregado fino en las propiedades del concreto, teniendo la finalidad de poder determinar el uso de un residuo de

material que perjudica el entorno de donde se disponga, pero que recientes investigaciones mencionan que el uso de este material en la industria de la construcción debe ser de manera cauta. Así, consideró como principal metodología una investigación experimental basada en la estimación de la resistencia a la abrasión junto con la durabilidad de un concreto elaborado con proporciones de sustitución del agregado fino por escoria en proporciones del 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % y una relación de agua/cemento de 0.42. Como principales resultados pudieron establecer que, la trabajabilidad se incrementa a media que la sustitución de la escoria es mayor; mientras que, al analizar la resistencia a la compresión, a la tracción y a la flexión, el que mejor comportamiento, se determinó con un porcentaje de sustitución del 80 %. Con respecto a la durabilidad, el porcentaje mencionado, también fue el óptimo. Finalmente, establecieron como principal conclusión que la aplicación de la escoria de cobre en el concreto es factible, con ello, se puede evitar el consumo de grandes cantidades de recursos para obtener los agregados, o cual afecta al ecosistema de donde se extraen estos recursos.

Mavroulidou (2017) en la investigación denominada “Propiedades mecánicas y durabilidad del concreto con escoria refrigerada con agua como agregado” ha considerado como principal objetivo establecer la influencia de la escoria de cobre refrigerada con agua, para elaborar mezclas de concreto, basado principalmente en la medición de la resistencia a la compresión y la durabilidad, pues la escoria del cobre es una de los residuos del proceso de manufactura del cobre, en la que no se tiene una adecuada disposición de este material. El método considerado en la elaboración de esta investigación fue el científico con un diseño experimental basado en principalmente en la medición de propiedades como: la resistencia a la compresión, la tracción indirecta, el módulo de elasticidad y la relación de la durabilidad relacionado con las características como la absorción del agua, la aceleración de corrosión, la carbonatación y la relación álcali-silicato. Es preciso mencionar que para el desarrollo de esta investigación consideraron proporciones de sustitución de escoria por agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %, en relaciones agua/cemento de 0.55 y 0.75. Como principales resultados demuestran que el uso de la escoria de cobre refrigerada con agua tiene

diversos efectos en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, el cual depende de la cantidad en que se sustituye el agregado fino y la relación agua/cemento, pues se vio reflejado en la medición de la resistencia a la compresión de los diversos grupos que fueron analizados, es decir, al evaluar el valor de esta propiedad para el grupo  $w/c=0.55$ , la resistencia máxima se dio con el uso de 20 % (38.6 MPa), mientras que para el grupo  $w/c=0.45$ , este valor se obtuvo con las proporciones de 20 % y 60 %, donde se alcanzaron valores de 50.2 MPa. Respecto a la durabilidad, pudo establecer que, el comportamiento del concreto modificado con escoria, es similar o a veces hasta mejor que el concreto convencional, el cual utiliza agregado natural, demostrándose de esta manera que el uso de la escoria de cobre como agregado fino es factible.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **2.2.1. Escoria de cobre**

La escoria de cobre es un compuesto de óxidos de hierro y de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), encontrándose además hasta un 20 % de impurezas, ya sean de fácil eliminado (S, O, Zn y Fe), de eliminación parcial (Ni, As, Bi y Sb) o de aquellas que no se eliminan (Ag y Au) (Bravo y Díaz, 2018).

Ullilen y Vasquez (2019) consideran a la escoria como un conjunto de fundentes y gangas de diversos óxidos que se encuentran alrededor del metal fundido, cumpliendo la función de protegerlo de la oxidación durante el proceso de refinación.



Figura 1. Muestra de escoria de cobre.  
Fuente: Bravo y Díaz (2018).

En cuanto a su composición química, la escoria de cobre puede presentar cuatro óxidos tal como se muestra en la Tabla 1, asimismo se procede a detallar cada uno de los elementos y su presencia porcentual:

Tabla 1. Composición química de escoria de cobre.

Óxido	Fórmula	Cantidad (%)
Base hierro	$\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{FeO}$	30 - 40
Silicio	$\text{SiO}_2$	25 - 40
Aluminio	$\text{Al}_2\text{O}_3$	< 10
Calcio	$\text{CaO}$	< 10

Fuente: Bravo y Díaz (2018).

### 2.2.2. Propiedades en estado fresco del concreto

A continuación se procede a conceptualizar cada una de las propiedades del concreto en estado fresco, siendo el aire atrapado, asentamiento, temperatura, peso unitario y tiempo de fraguado:

#### Contenido de aire

El contenido del aire en el concreto que puede ser aquel que se encuentra atrapado por acción del mezclado, también puede ser añadido por medio de diversos aditivos (Paredes y Guillen, 2015).

Las burbujas de aire son retenidas por adherencia y las fuerzas químicas superficiales que se encuentran en las partículas de cemento y agregado, sus diámetros pueden oscilar entre 10 a 1000 micrones, cuyo perfil es esférico. Estas burbujas de aire hacen que la trabajabilidad del concreto mejore pues

se da un aumento de los espacios entre los sólidos y se disminuye la dilatación, trayendo consigo que las partículas del agregado se acomoden.

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C231/C231M siendo posible hallar el contenido de aire atrapado en las diversas mezclas de concreto.

### **Asentamiento**

Corresponde una manera de cuantificar la proporción de agua que se encuentra en una mezcla de concreto, pues indirectamente determina la trabajabilidad (Bravo y Díaz, 2018).

Baldoceda y Vega (2019) mencionan que el asentamiento del concreto es un parámetro que influye en la trabajabilidad y fluidez cuando este se encuentra en estado fresco, que a su vez se ve relacionado con su resistencia cuando se endurezca. Para su medición se emplea el cono de Abrams mostrada en la figura adjunta a continuación.:



Figura 2. Vista de la medición del asentamiento del concreto por medio del cono de Abrams.

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C143/C143M – 20 siendo posible la determinación del asentamiento en las diversas mezclas de concreto.

## **Temperatura**

La temperatura del concreto no debe sobrepasar los 32 °C pues con ello se asegura la manejabilidad del mismo y que se dé un secado acelerado (Ullilen y Vasquez, 2019).

Paredes y Guillen (2015) mencionan que la temperatura del concreto tiene un efecto significativo en la velocidad con la cual tiende a endurecerse, no siendo influenciada por la temperatura del cemento. Asimismo, Bravo y Díaz (2018) señalan que al incrementarse en el proceso de curado acelera también las reacciones químicas de hidratación, interviniendo de forma positiva en la resistencia de las mezclas de concreto inicialmente, más sería contraproducente cuando el concreto alcance mayores edades.

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C1064/1064M-11 siendo posible la determinación de la temperatura en las diversas mezclas de concreto.

## **Peso unitario**

Es la masa específica del concreto por cada centímetro cúbico, donde se excluye el aire entre cada una de las partículas que lo conforman (Baldoceca y Vega, 2019).

Para la determinación del peso unitario se requiere un molde cilíndrico donde es compactado el concreto en 3 capas y de manera espiralada, procediéndolo a pesar (Baldoceca y Vega, 2019).

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C138/138M-09 siendo posible la determinación del peso unitario en las diversas mezclas de concreto.

## **Tiempo de fragua**

El tiempo de fragua corresponde al tiempo donde se da el endurecimiento del concreto, es decir pierde plasticidad en el fraguado inicial que puede durar un aproximado de 3 horas por la aceleración de las reacciones químicas y es capaz de soportar deformaciones al llegar al tiempo de fraguado final, pues el concreto se ha endurecido (Bravo y Díaz, 2018).

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C403/C403M – 15 siendo posible la determinación del tiempo de fraguado en las diversas mezclas.

### 2.2.3. Propiedades en estado endurecido del concreto

#### Resistencia a compresión

Esta propiedad es obtenida por pruebas en laboratorio de probetas cilíndricas que son sometidas a una carga constante (Figura 3), es decir representa la máxima capacidad del concreto ante esfuerzos axiales, expresándose en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (Baldoceda y Vega, 2019).

Ullilen y Vasquez (2019) consideran que esta propiedad es primordial para el diseño, considerándose a la resistencia última que se obtiene.



Figura 3. Vista del ensayo a compresión del concreto.  
Fuente: Ullilen y Vasquez (2019).

Para la presente investigación se consideró a la norma ASTM C39/C39M-20 siendo posible la determinación de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días.

#### Resistencia a tracción

Baldoceda y Vega (2019) mencionan que esta propiedad del concreto exhibe su capacidad de soportar un esfuerzo axial hasta elongar y producirse

una rotura, asimismo, se relaciona con la resistencia ante cargas de compresión.

Para el desarrollo de esta tesis se consideró a la norma ASTM C496/496M-17 siendo posible la determinación de la resistencia a tracción a los 7, 14 y 28 días.

### 2.3. Marco conceptual

**Agua para concreto.** – Representa una parte fundamental del concreto pues ello permite que se de una reacción química entre el material cementante con los agregados, formándose así un gel que al endurecerse el concreto adquiera una determinada resistencia (Paredes y Guillen, 2015).

**Cemento.** – Es un material con la capacidad de adherir y cohesionar las partículas finas y gruesas en el concreto, que a la vez otorga resistencia y durabilidad a la masa resultante (Bravo y Díaz, 2018).

**Curado del concreto por inmersión.** – Corresponde uno de los métodos más comunes para el curado de especímenes, sin embargo, a veces no es posible realizarlo cuando las dimensiones del concreto imposibilitan que se mueva (Bravo y Díaz, 2018).

**Granulometría.** – Es cómo se constituyen los agregados ya sean finos, gruesos o la combinación de estos de acuerdo a su tamaño (Bravo y Díaz, 2018).

**Humedad de los agregados.** – Diferencia a los agregados de acuerdo al contenido de agua presente, pudiendo ser una condición seco, semiseco, saturado superficialmente seco, saturado o húmedo (Paredes y Guillen, 2015).

**Módulo de fineza.** – Viene a ser un índice que representa el grosor de las partículas de un agregado (Paredes y Guillen, 2015).

**Peso unitario de los agregados.** – Es el peso que alcanza los agregados ya sean sueltos o compactados en un determinado volumen unitario, asimismo, se ve influenciado por la gravedad específica, la granulometría, el perfil y su textura, la humedad y el grado de compactación (Paredes y Guillen, 2015).

**Resistencia.** – Es aquella capacidad del concreto ante las aplicaciones de esfuerzos o cargas externas, pudiendo ser a compresión axial, a la tracción, ante esfuerzos de flexión o incluso corte, donde la primera es considerada como la más importante (Bravo y Díaz, 2018).

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis general

La escoria de cobre como sustituto del agregado fino mejora las propiedades del concreto de  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a) La escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto de  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$  en estado fresco para emplearlo en edificaciones.
- b) La escoria de cobre como sustituto del agregado fino asegura las propiedades del concreto de  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$  en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.

### 3.2. Variables

#### 3.2.1. Definición conceptual de las variables

**Variable independiente (X): Escoria de cobre.** – Constituye a los residuos de la industria metalúrgica, los cuales estuvieron relacionados con el proceso de refinación del cobre (Antaurco, 2019).

**Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto.** – Incluye a los parámetros que describen las cualidades del concreto sea en su estado fresco como también en su estado endurecido (Ullilen y Vasquez, 2019).

### **3.2.2. Definición operacional de las variables**

**Variable independiente (X): Escoria de cobre.** – Se midió en función del porcentaje de sustitución del agregado fino en proporciones de 15 %, 20 % y 30 %.

**Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto.** – Se midió en función del estado del concreto, es decir en estado fresco se consideraron las propiedades de asentamiento, temperatura, peso unitario, tiempo de fragua y contenido de aire; mientras que para el estado endurecido se midió la resistencia a la compresión y tracción a los 7, 14 y 28 días.

### **3.2.3. Operacionalización de las variables**

En la tabla adjunta se presenta la operacionalización de variables evaluadas en la realización de esta tesis.

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Método de ensayo
Variable independiente (X): Escoria de cobre	Escoria de cobre	Cantidad de escoria de cobre	Porcentaje	
		Asentamiento	Pulgada	Según la norma ASTM C143/C143M - 20
		Contenido de aire	Porcentaje	De acuerdo a la norma ASTM C231/C231M
	Propiedades en estado fresco	Temperatura	°C	Según ASTM C1064/1064M-11
Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto		Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	Según ASTM C138/138M-09
		Fraguado	min	Según ASTM C403/C403M – 15
	Propiedades en estado endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Según ASTM C39/C39M-20
		Resistencia a la tracción	kg/cm <sup>2</sup>	Según ASTM C496/496M-17

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de investigación**

El método de investigación considerado para el desarrollo fue el científico, pues de acuerdo a Monje (2011), este método coadyuva al desarrollo de la generación de conocimiento nuevo y confiable, para lo cual considera el proceso de pasos jerarquizados a partir de la observación, el planteamiento del problema, formulando hipótesis, la experimentación como la obtención de resultados y conclusiones.

### **4.2. Tipo de investigación**

El considerado para en el desarrollo de esta tesis fue el aplicado, pues de acuerdo a Borja (2016) en este tipo de investigación se considera el uso y aplicación del conocimiento existente, con el fin de establecer nuevas alternativas de solución a problemas reales, es decir, para establecer el efecto que tiene la escoria en las características del concreto, se hizo uso información existente como los métodos de diseño del concreto, el análisis de sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido.

### **4.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación explicativo se aplica en los casos en los que la tesis pretende establecer la causa y el efecto del fenómeno estudiado, lo cual se da de manera controlada en todas las variables medidas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Bajo lo descrito, el desarrollo de esta investigación consideró el nivel explicativo, pues fue analizado el efecto que tiene la escoria de cobre en las propiedades del concreto en estado fresco y cuando se endurece, para determinar el porcentaje óptimo para que el concreto modificado cumpla con las exigencias de las normas para ser empleado en edificaciones; adicionalmente, se buscó generar un sentido de entendimiento de los cambios encontrados.

#### **4.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación experimental se da cuando en el desarrollo de una investigación se manipulan de forma intencional una de las variables de investigación; además esta puede ser preexperimental, cuasi experimental o experimental puro (Ñaupas, 2014).

En este contexto, el desarrollo de esta tesis partió del diseño experimental, específicamente cuasi experimental, debido a que fue manipulada la variable dependiente (escoria de cobre) en cuanto a la cantidad presente y se midieron los efectos en las propiedades de las mezclas de concreto tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

#### **4.5. Población y muestra**

##### **4.5.1. Población**

Comprendida como la totalidad de unidades de análisis, en el desarrollo de esta tesis comprendió al concreto diseñado para un  $f'c$  igual a los  $210 \text{ kg/cm}^2$  con y sin reemplazo del agregado fino por escoria de cobre.

##### **4.5.2. Muestra**

La muestra que se consideró para el desarrollo de esta investigación se describe en la siguiente tabla, donde se consideró 0 %, 15 %, 20 % y 30 % de escoria de cobre en el concreto donde se midió las diversas propiedades en estado fresco y en estado endurecido:

Tabla 3. Cantidad de muestras.

Propiedades	Porcentaje de escoria de cobre			
	0	15	20	30
Asentamiento	3	3	3	3
Contenido de aire	3	3	3	3
Temperatura	3	3	3	3
Peso unitario	3	3	3	3
Fragua	3	3	3	3
Resistencia a la compresión (7, 14 y 28 días)	9	9	9	9
Resistencia a la tracción (7, 14 y 28 días)	9	9	9	9

De la tabla anterior, se puede mencionar que la cantidad de especímenes analizados fue de 123, esto de acuerdo a un tipo de muestreo no probabilístico intencional.

#### 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Entendidas como aquellas mediante se puede recolectar información o datos, pudiendo ser de manera física o digital. Bajo este concepto las principales técnicas son las siguientes:

Observación: Es una técnica mediante la cual se establece las características de un fenómeno, para lo cual deberá establecerse un sistema ordenado y jerarquizado de los datos de laboratorio.

##### 4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son aquellos necesarios para poder medir las variables de estudio, es por ello que para el desarrollo de esta investigación tuvo a los siguientes:

Fichas de campo: Son aquellos instrumentos con los que se recolecta los datos de campo o laboratorio.

Instrumentos estandarizados: son aquellos instrumentos normalizados por las normativas vigentes como las Norma Técnicas Peruanas (NTP) y ASTM, donde se especifican las tolerancias, las calibraciones y demás especificaciones necesarias para la medición de los indicadores de las propiedades de mezclas de concreto en estado fresco como en estado endurecido.

#### **4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para este procedimiento se estableció un enfoque cuantitativo, en otras palabras, fueron consideradas técnicas de análisis estadístico para el análisis de resultados. En la generalización de datos de cada uno de los grupos estudiados ha sido necesaria la aplicación de la estadística descriptiva, donde fue analizada la media, la moda y la desviación estándar.

Para el análisis de las hipótesis consideradas en la investigación se hizo uso de técnicas estadísticas inferenciales, donde se estudiaron métodos como la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, la prueba ANOVA de un factor para los datos que tienen una distribución normal y Kruskal – Wallis para aquellos que tienen una distribución no ajustada a la normalidad.

El procesamiento de la información fue realizado en función al ordenamiento de la información recolectada en laboratorio, siendo el principal de estos, el uso de matrices y gráficos para una mejor interpretación de los datos almacenados, además dicho procesamiento estuvo complementado con el uso del software como Microsoft Excel para la generación de diagramas y gráficos y programas estadísticos como el SPSS.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1. Actividades previas a la evaluación de las propiedades del concreto

A fin realizar apropiadamente el diseño de mezcla, fueron realizadas pruebas de caracterización a los agregados, a partir de ello fue realizado un diseño de mezcla para el concreto patrón, así como para las mezclas de concreto modificado a partir del reemplazo del agregado fino por la escoria.

#### 5.1.1. Análisis granulométrico de agregados

El análisis granulométrico fue realizado para el árido fino, el árido grueso y también para la escoria de cobre. En la Tabla 4, se adjunta el análisis granulométrico realizado sobre la una muestra de agregado grueso de 5816 gramos, evidenciándose así porcentajes de material pasante de 100.00 %, 97.85 %, 75.07 %, 31.38 %, 7.57 % y 0.43 % por los tamices de 1", ¾", ½", 3/8", N° 4 y el N° 8.

Tabla 4. Granulometría de agregado grueso.

Malla estandarizada	Peso de material (g)	Material retenido (%)	Material acumulado (%)	Material pasante (%)
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	125.00	2.15	2.15	97.85
½"	1325.00	22.78	24.93	75.07
3/8"	2541.00	43.69	68.62	31.38
N° 4	1385.00	23.81	92.43	7.57
N° 8	415.00	7.14	99.57	0.43
Fondo	25.00	0.43	100.00	0.00
Total	5816.00	100.00		

La Figura 4, representa gráficamente la caracterización granulométrica del agregado grueso a través de una curva granulométrica, donde se exponen los límites granulométricos para un agregado de huso 67 de acuerdo con ASTM C33 y estando dentro de estos parámetros determinados para esta clase de agregado.

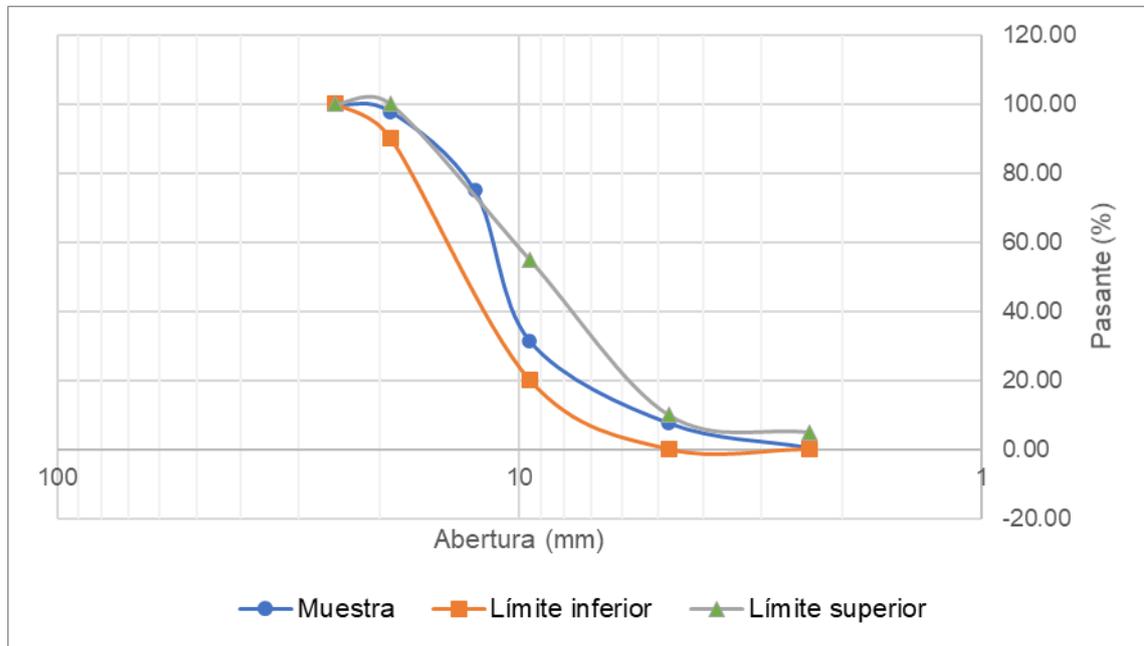


Figura 4. Curva granulométrica del agregado grueso.

A continuación, en la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis granulométrico realizado en una muestra de agregado fino de 5607 gramos, resultando porcentajes de material pasante por los tamices de 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200 de 100.00, 96.17, 87.03, 46.99, 29.20, 19.87, 12.32 y 0.93 %.

Tabla 5. Granulometría de agregado fino.

Malla estandarizada	Peso de material (g)	Material retenido (%)	Material acumulado (%)	Material pasante (%)
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	215.00	3.83	3.83	96.17
N° 8	512.00	9.13	12.97	87.03
N° 16	2245.00	40.04	53.01	46.99
N° 30	998.00	17.80	70.80	29.20
N° 50	523.00	9.33	80.13	19.87
N° 100	423.00	7.54	87.68	12.32
N° 200	639.00	11.40	99.07	0.93
Fondo	52.00	0.93	100.00	0.00
<b>Total</b>	<b>5607.00</b>	<b>100.00</b>		

En la Figura 5 se presenta la curva granulométrica del agregado fino, así mismo se muestran los límites granulométricos para el agregado fino de acuerdo a lo descrito ASTM C33. En esta figura se aprecia que las partículas medianas de esta muestra son menores al límite inferior, sin embargo, este resultado es admisible.

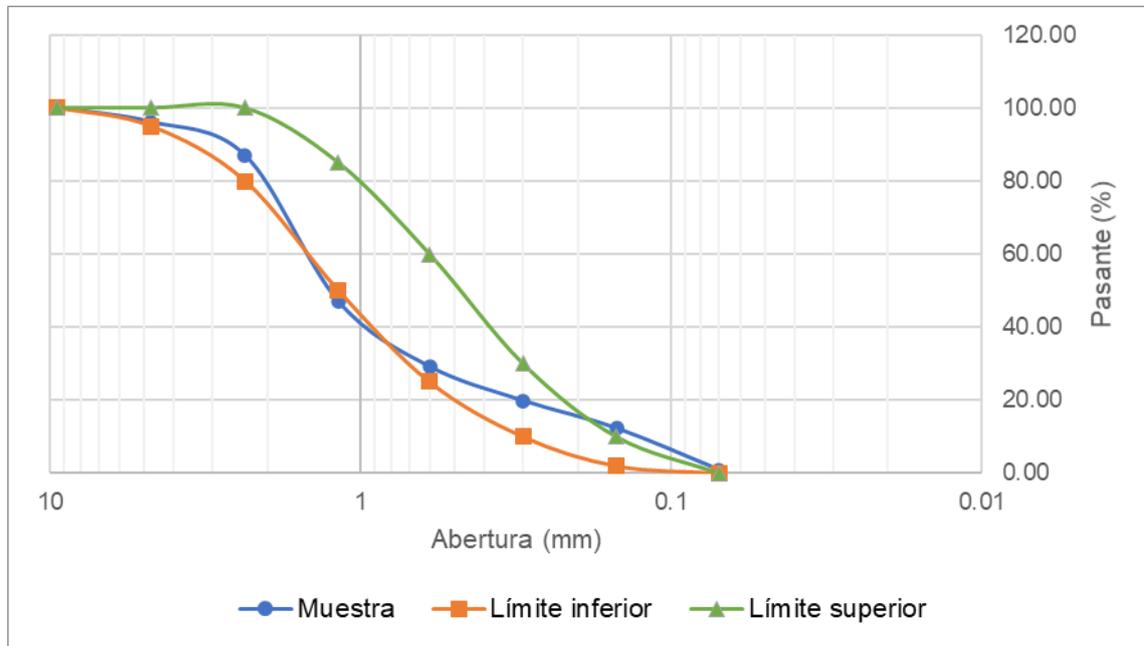


Figura 5. Curva granulométrica del agregado fino.

De la misma forma, en la Tabla 6 se adjuntan los resultados de la caracterización granulométrica de 855 gramos de escoria de cobre ensayados, teniendo material pasante por los tamices 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200 de 100.00, 98.83, 86.67, 48.65, 22.34, 8.54, 2.34 y 0.58 % respectivamente.

Tabla 6. Granulometría de escoria de cobre.

Malla estandarizada	Peso de material (g)	Material retenido (%)	Material acumulado (%)	Material pasante (%)
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	10.00	1.17	1.17	98.83
N° 8	104.00	12.16	13.33	86.67
N° 16	325.00	38.01	51.35	48.65
N° 30	225.00	26.32	77.66	22.34
N° 50	118.00	13.80	91.46	8.54
N° 100	53.00	6.20	97.66	2.34
N° 200	15.00	1.75	99.42	0.58
Fondo	5.00	0.58	100.00	0.00
<b>Total</b>	<b>855.00</b>	<b>100.00</b>		

Por último, en la Figura 6 se adjunta la curva granulométrica de la escoria de cobre y los límites de granulometría para agregado fino, notándose que los pasantes son ligeramente menores al límite inferior.

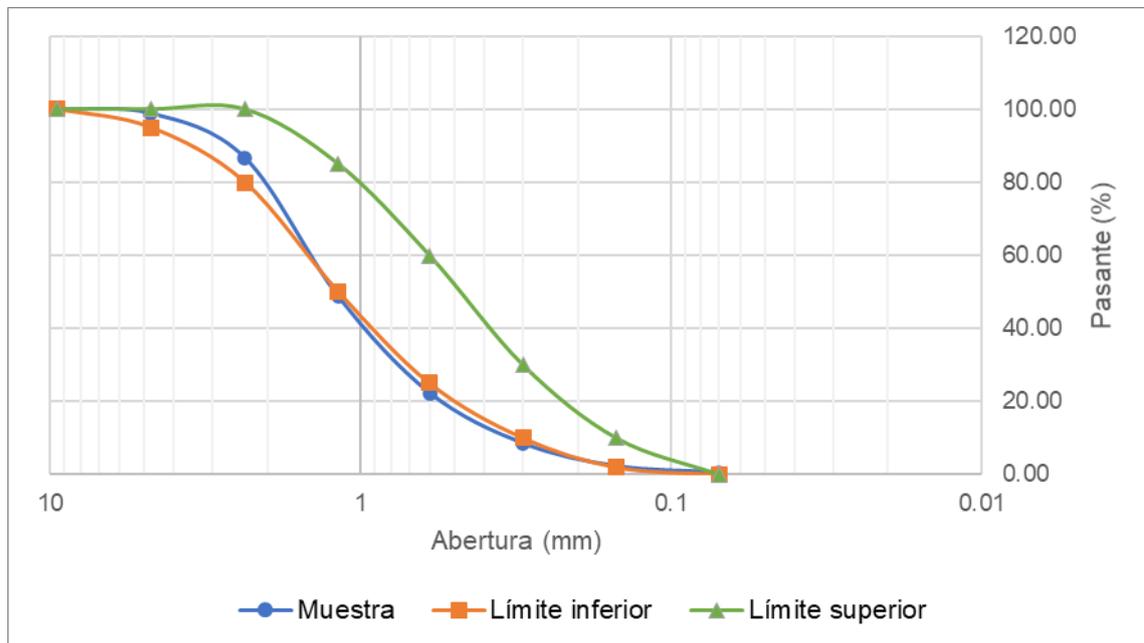


Figura 6. Curva granulométrica de la escoria de cobre.

### 5.1.2. Caracterización física de los agregados

Seguidamente, en la Tabla 7, se exponen las propiedades físicas del agregado fino, resaltando el contenido de humedad con un valor de 0.07 %, el módulo de fineza con 3.08 y la absorción del 1.00 %.

Tabla 7. Características físicas del agregado fino.

Propiedad	Valor
Contenido de humedad	0.07 %
Módulo de fineza	3.08
Pasante de la malla N° 200	0.30 %
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	6.00 %
Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	0.20 %
Partículas livianas	0.30 %
Placa orgánica	1
Contenido de cloruros	0.08 %
Contenido de Sulfatos	0.04 %
Absorción	1.00 %
Densidad aparente suelta	1446 kg/m <sup>3</sup>
Densidad aparente compactado	1987 kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa aparente	2.60 g/cm <sup>3</sup>
Vacíos en muestra suelta	44.20%
Vacíos en muestra compactada	23.30%

De igual manera, en la Tabla 8 se muestran los valores de las propiedades físicas del agregado grueso, donde destacan el 0.20 % del contenido de humedad, un desgaste de 30.50 % y una absorción de 0.70 %.

Tabla 8. Características físicas del agregado grueso.

Propiedad	Valor
Contenido de humedad	0.20 %
Pasante de la malla N° 200	0.50 %
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	5.00 %
Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	0.10 %
Partículas livianas	0.10 %
Contenido de cloruros	0.01 %
Contenido de Sulfatos	0.15 %
Partículas con 01 a más caras fracturadas	66.00 %
Partículas con 02 a más caras fracturadas	63.00 %
Partículas chatas	11.00 %
Partículas alargadas	12.00 %
Desgaste	30.50 %
Absorción	0.70 %
Densidad aparente suelto	1439 kg/m <sup>3</sup>
Densidad aparente compactado	1578 kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa aparente	2.68 g/cm <sup>3</sup>
Vacíos en muestra suelta	46.20 %
Vacíos en muestra compactada	41.00 %

Finalmente, en la tabla adjunta a continuación, se exponen los resultados de la caracterización física de la escoria de cobre, contando con un contenido de humedad de 0.20 % y un módulo de fineza de 3.33.

Tabla 9. Características físicas de la escoria de cobre.

Propiedad	Valor
Contenido de humedad	0.20 %
Módulo de fineza	3.33

### 5.1.3. Diseño de mezcla

Después de haberse determinado las características granulométricas y físicas de los agregados minerales y la escoria de cobre, se procedió a diseñar la mezcla del concreto para alcanzar la resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> mediante la metodología ACI 211. En ese sentido, la Tabla 10 exhibe los resultados de este diseño, señalando el contenido requerido de cada material para la elaboración de un metro cúbico de concreto y del mismo modo, la cantidad requerida de material por bolsa de cemento.

Tabla 10. Componentes del concreto patrón.

Material	Por metro cúbico	Por bolsa de cemento
Cemento (kg)	366.1	42.5
Agua (L)	205.7	23.9
Agregado fino húmedo (kg)	828	96.1
Agregado grueso húmedo (kg)	939.7	109.1

Posteriormente, se realizó el diseño teniendo en cuenta una sustitución parcial del árido fino mineral por la escoria de cobre en dosis del 15, 20 y 30 %, tal como se muestra a continuación.

Tabla 11. Componentes del concreto modificado.

Componente	Por m <sup>3</sup>		
	Sustitución al 15 %	Sustitución al 20 %	Sustitución al 30 %
Cemento (kg)	366.1	366.1	366.1
Escoria de cobre (kg)	124.2	165.6	248.4
Agua (L)	205.7	205.7	205.7
Agregado fino húmedo (kg)	703.8	662.4	579.6
Agregado grueso húmedo (kg)	939.7	939.7	939.7

## 5.2. Propiedades en estado fresco del concreto

Con los diseños de mezclas obtenidos, se elaboraron tres muestras por cada mezcla de concreto para la evaluación de las propiedades en estado fresco del concreto, a continuación, se presentan todos estos resultados.

### 5.2.1. Contenido de aire

El aire atrapado de las muestras evaluadas está expuesto en la Tabla 12, notando un ligero aumento en esta propiedad a simple vista, sin embargo, más adelante se adjuntan los análisis descriptivos realizados sobre los registros de esta prueba.

Tabla 12. Resultados de ensayo de contenido de aire.

Muestras	Contenido de aire (%)
Concreto patrón	1.20
Concreto patrón	1.40
Concreto patrón	1.30
CCS 15 % AF	1.60
CCS 15 % AF	1.20
CCS 15 % AF	1.40
CCS 20 % AF	1.40
CCS 20 % AF	1.50
CCS 20 % AF	1.60
CCS 30 % AF	1.80
CCS 30 % AF	1.60
CCS 30 % AF	1.50

En la Tabla 13 se adjuntan los resultados del análisis descriptivo realizado con los registros del contenido de aire, obteniendo el promedio y la variación de estos resultados respecto al concreto patrón, notándose incrementos de este parámetro a medida que sube el contenido de escoria de cobra yendo de un promedio 1.30 % en el concreto patrón hasta un promedio de 1.63 % en el concreto con reemplazo del 30 % de agregado fino.

Tabla 13. Promedio y variación del contenido de aire.

Muestras	Contenido de aire (%)	Variación (%)
Concreto patrón	1.30	0.00
CCS 15 % AF	1.40	7.69
CCS 20 % AF	1.50	15.38
CCS 30 % AF	1.63	25.64

De esta forma, en la Figura 7 se evidencia este aumento lineal en el contenido de aire al tener mayores sustituciones del agregado fino, tal como se mencionó anteriormente.

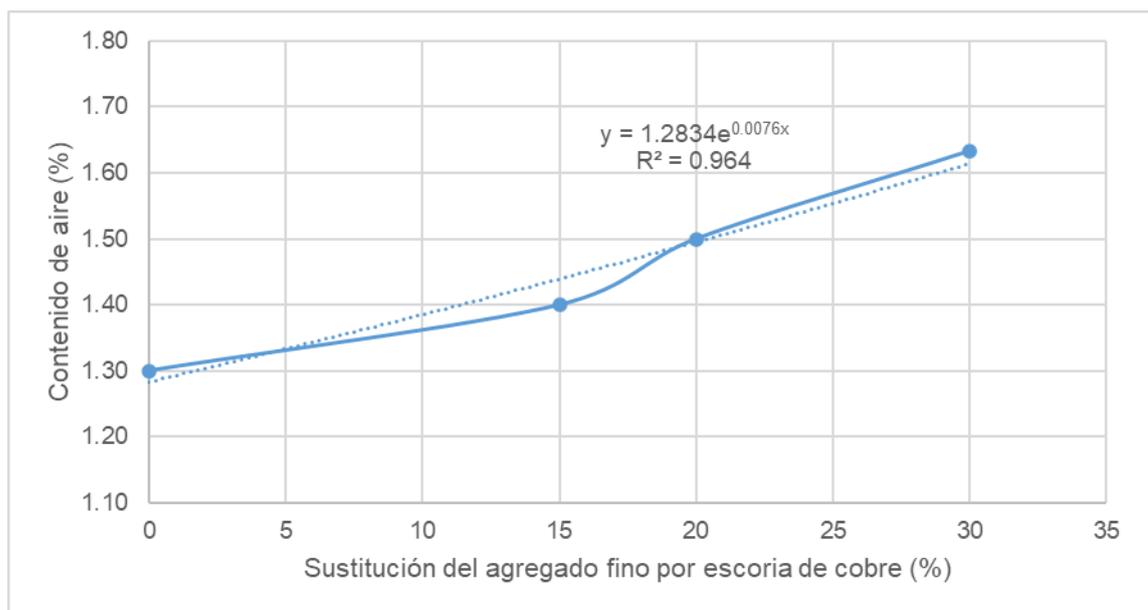


Figura 7. Resultados de contenido de aire.

La Figura 8, presenta la variación de aire atrapado de las mezclas con escoria de cobre al compararse con el concreto patrón, siendo superior hasta en un 25.64 % sustituyendo el 30 % del agregado fino natural en cambio de la escoria de cobre.

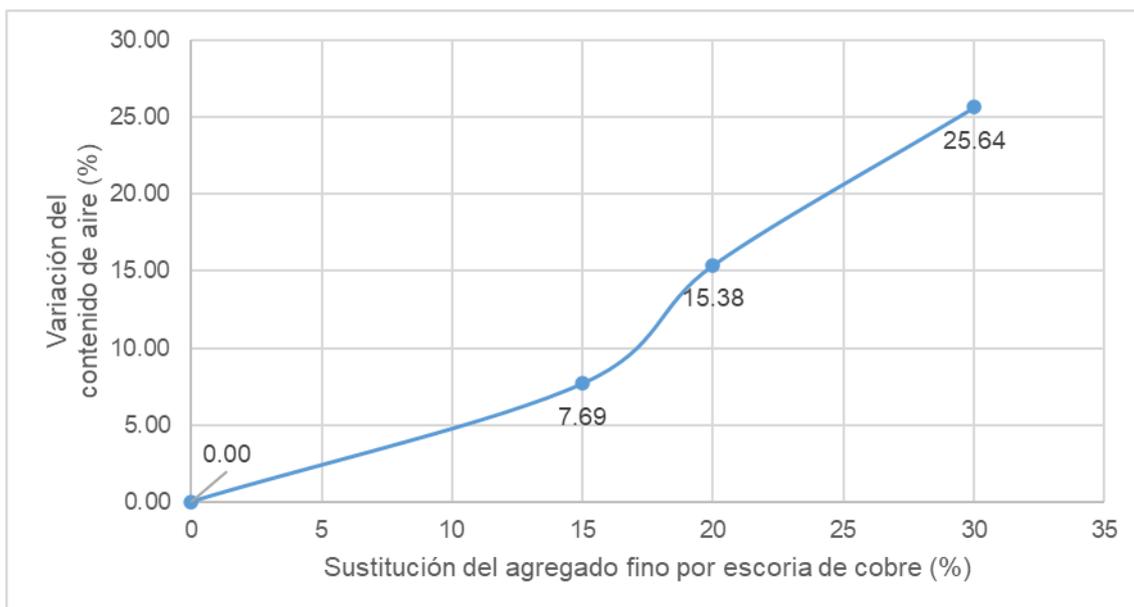


Figura 8. Porcentaje de variación de contenido de aire.

### 5.2.2. Asentamiento

La Tabla 14 expone los registros obtenidos de los ensayos de asentamiento realizados a cada una de las tres muestras de cada mezcla. Con una simple inspección se puede notar que este parámetro aumenta al tener mayores porcentajes de sustitución del agregado.

Tabla 14. Resultados de ensayo de asentamiento.

Muestras	Asentamiento (plg)
Concreto patrón	3.30
Concreto patrón	3.50
Concreto patrón	3.00
CCS 15 % AF	4.50
CCS 15 % AF	4.00
CCS 15 % AF	5.00
CCS 20 % AF	5.80
CCS 20 % AF	5.00
CCS 20 % AF	5.30
CCS 30 % AF	6.50
CCS 30 % AF	7.00
CCS 30 % AF	7.30

En la misma línea, la Tabla 15 tiene los promedios del asentamiento y la variación del asentamiento de las mezclas respecto al patrón. Aquí se evidencia el aumento descrito anteriormente, pues el concreto estándar registró un asentamiento de 3.27", y alcanzando un asentamiento máximo de

6.93” correspondiente al concreto con sustitución de 30 % de agregado fino por la escoria de cobre.

Tabla 15. Promedio y variación del contenido de aire.

Muestras	Asentamiento (plg)	Variación (%)
Concreto patrón	3.27	0.00
CCS 15 % AF	4.50	37.76
CCS 20 % AF	5.37	64.29
CCS 30 % AF	6.93	112.24

La Figura 9 representa gráficamente el crecimiento del valor del asentamiento de las mezclas de concreto estudiadas, siendo muy claro que esta propiedad aumentará su valor en función que aumenta la cantidad de agregado fino sustituido por escoria de cobre.

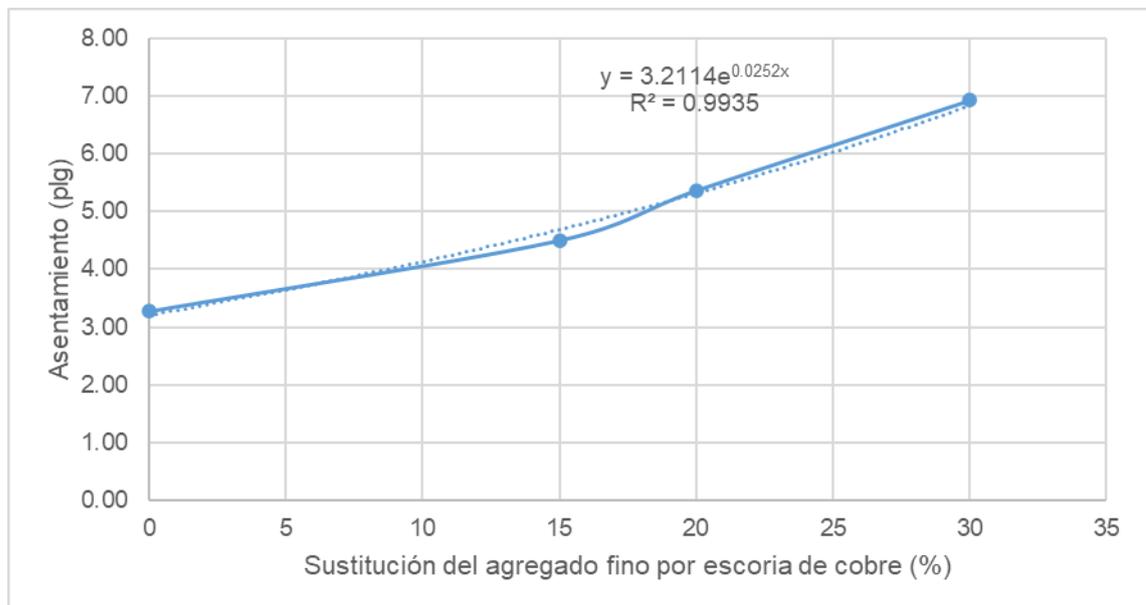


Figura 9. Resultados de asentamiento.

Para finalizar con el análisis del asentamiento, la Figura 10 expone la variación de este parámetro respecto al concreto patrón, aquí se evidencia el aumento de los valores de revenimiento a medida crece la cantidad de escoria de cobre en el concreto, llegando a presentar un aumento de asentamiento de hasta un 112.24 % al alcanzar sustituciones del 30 %.

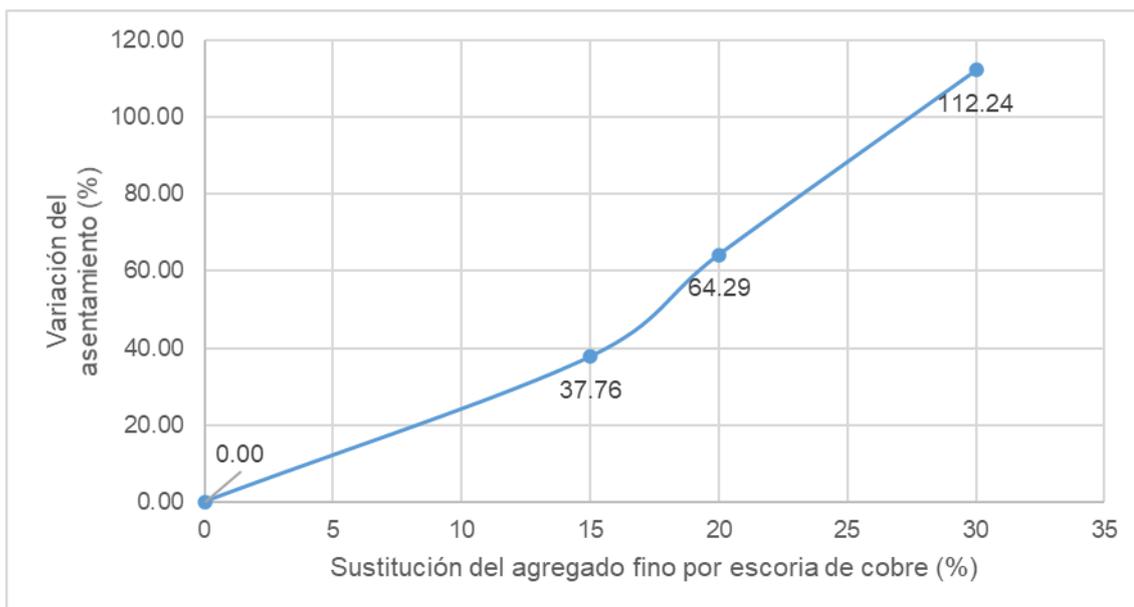


Figura 10. Porcentaje de variación de asentamiento.

### 5.2.3. Temperatura

En la Tabla 16 se encuentran las temperaturas tomadas a cada una de las tres muestras de las distintas mezclas de concreto. Estas temperaturas oscilan entre los 17.0 °C y los 20.3 °C.

Tabla 16. Resultados de ensayos de temperatura.

Muestras	Temperatura (°C)
Concreto patrón	19.20
Concreto patrón	19.30
Concreto patrón	18.80
CCS 15 % AF	18.50
CCS 15 % AF	18.00
CCS 15 % AF	17.50
CCS 20 % AF	20.30
CCS 20 % AF	19.70
CCS 20 % AF	18.40
CCS 30 % AF	17.00
CCS 30 % AF	17.60
CCS 30 % AF	17.20

Del mismo modo, la Tabla 17 muestra las temperaturas promedio y la variación de este parámetro de las mezclas de concreto. La mayor temperatura corresponde a la mezcla con sustitución de 20 % de agregado fino con 19.47 °C, mientras que la menor corresponde al concreto de reemplazo de 30 % de agregado fino con 17.27 °C.

Tabla 17. Promedio y variación de temperatura.

Muestras	Temperatura (°C)	Variación (%)
Concreto patrón	19.10	0.00
CCS 15 % AF	18.00	-5.76
CCS 20 % AF	19.47	1.92
CCS 30 % AF	17.27	-9.60

La Figura 11, muestra la representación gráfica de estos datos, donde se a simple vista parece que la cantidad de escoria de cobre no interviene en la temperatura del concreto fresco.

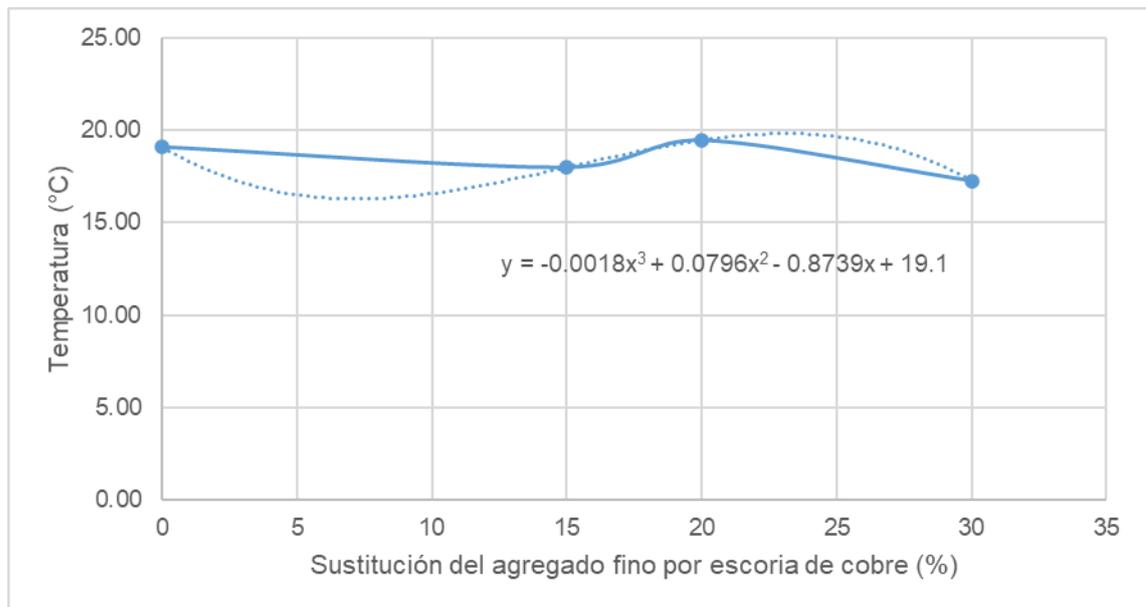


Figura 11. Resultados de temperatura.

En la Figura 12, se aprecian las variaciones de temperatura de las mezclas de concreto modificadas respecto al patrón. Aquí se aprecia que la mayor variación corresponde al concreto que sustituye el 30 % del árido mineral fino con escoria de cobre con una reducción de temperatura en comparación al patrón de 9.6 %.

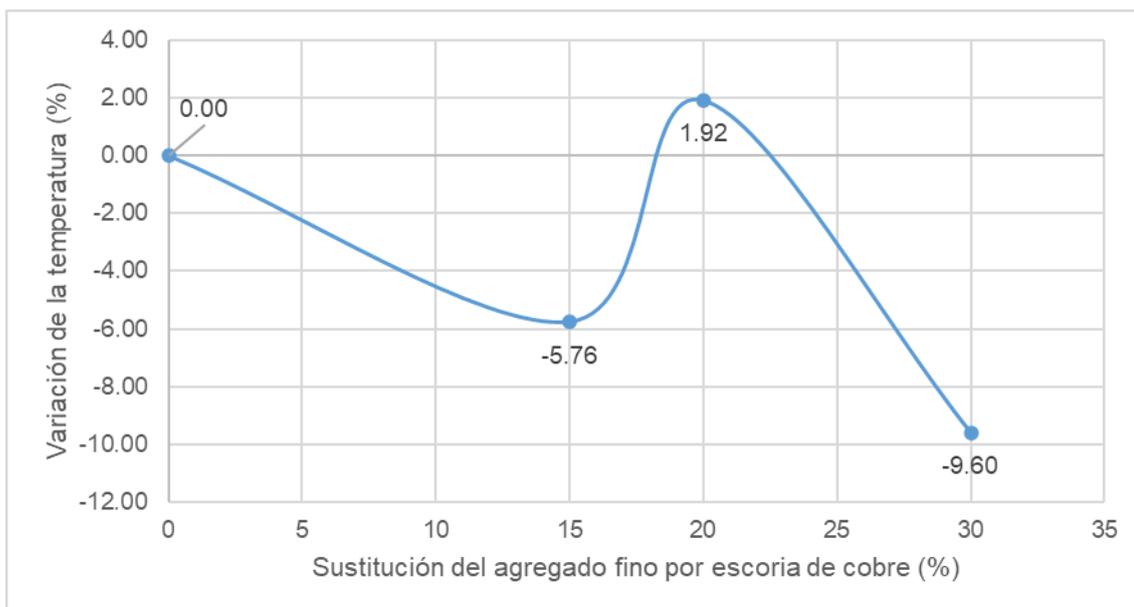


Figura 12. Porcentaje de variación de temperatura.

#### 5.2.4. Peso unitario

La Tabla 18, adjunta los datos resultantes del ensayo de determinación del peso unitario de muestras de concreto, aquí se puede apreciar una ligera reducción de este parámetro en función del aumento de la cantidad de escoria de cobre en el concreto.

Tabla 18. Resultados de ensayo de peso unitario.

Muestras	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto patrón	2080.00
Concreto patrón	2078.00
Concreto patrón	2085.00
CCS 15 % AF	2053.00
CCS 15 % AF	2055.00
CCS 15 % AF	2055.00
CCS 20 % AF	2047.00
CCS 20 % AF	2045.00
CCS 20 % AF	2052.00
CCS 30 % AF	2040.00
CCS 30 % AF	2036.00
CCS 30 % AF	2041.00

En la Tabla 19 se muestran los promedios y variaciones del peso unitario respecto al concreto patrón. En este caso, el mayor valor es de 2081.00 kg/m<sup>3</sup> correspondiente al concreto patrón, mientras que el menor valor es de 2039

kg/m<sup>3</sup> correspondiente a la mezcla con reemplazo del 30 % del agregado fino por escoria de cobre.

Tabla 19. Promedio y variación de peso unitario.

Muestras	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Variación (%)
Concreto patrón	2081.00	0.00
CCS 15 % AF	2054.33	-1.28
CCS 20 % AF	2048.00	-1.59
CCS 30 % AF	2039.00	-2.02

La Figura 13, cuenta con la representación respecto a los valores del peso unitario debido a la sustitución de agregado fino. Aquí se evidencia claramente la tendencia a la reducción de este parámetro ante el incremento del contenido de escoria.

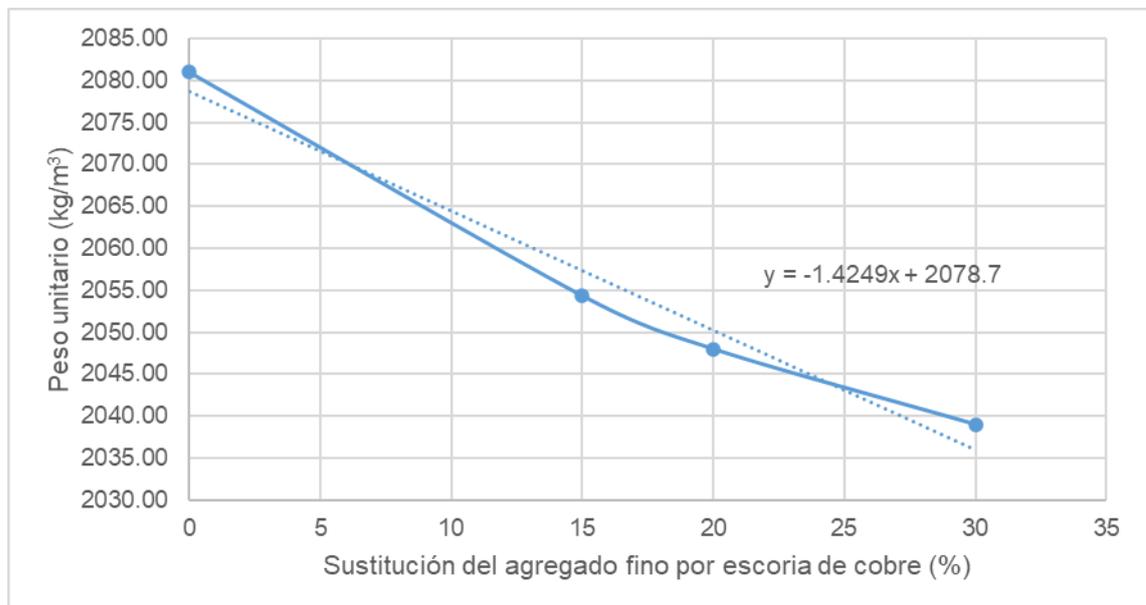


Figura 13. Resultados de peso unitario.

La Figura 14 presenta el porcentaje en el que varió el asentamiento de cada mezcla de concreto modificado respecto al patrón, aquí se evidencia que la mayor variación registrada correspondió a la mezcla de sustitución de 30 % del agregado por escoria de cobre, con una reducción de 2.02 % respecto al peso unitario del concreto patrón.

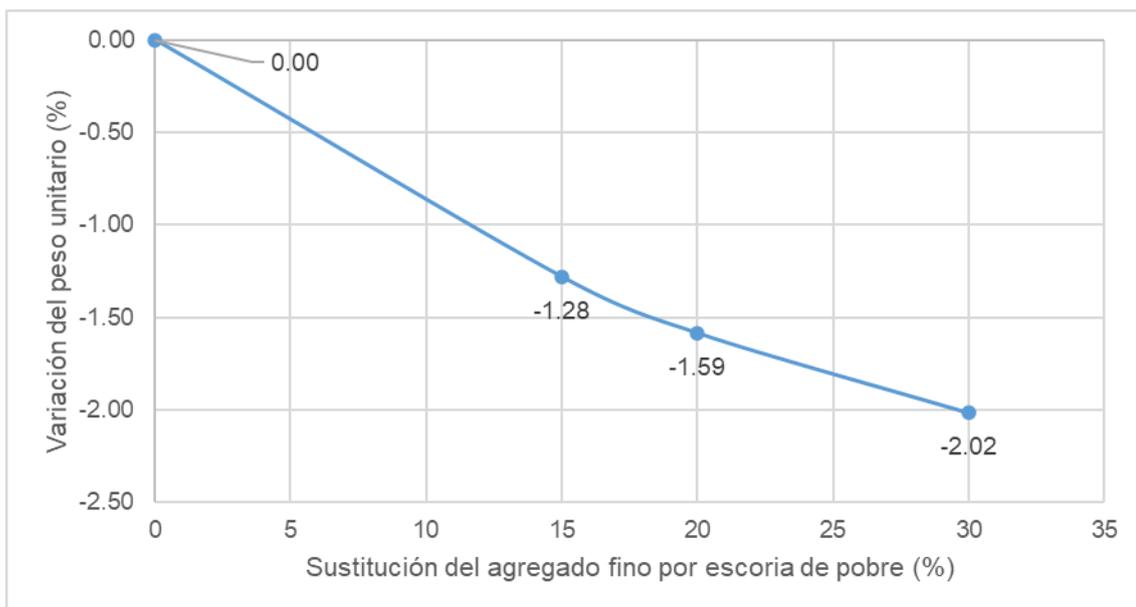


Figura 14. Porcentaje de variación de peso unitario.

### 5.2.5. Tiempo de fragua

Los últimos ensayos correspondieron al tiempo de fragua, es así que en la Tabla 20 están adjuntos los valores correspondientes al tiempo de fraguado inicial de cada una de las muestras estudiadas en esta investigación. Aquí se tienen dos resultados los cuales son de 270 minutos correspondiente al concreto patrón y al de sustitución del 15 % de agregado fino, mientras que 300 minutos para los concretos con sustitución de 20 y 30 % de agregado fino.

Tabla 20. Resultados de ensayo de tiempo inicial de fragua.

Muestras	Tiempo inicial de fragua (min)
Concreto patrón	270.00
Concreto patrón	270.00
Concreto patrón	270.00
CCS 15 % AF	270.00
CCS 15 % AF	270.00
CCS 15 % AF	270.00
CCS 20 % AF	300.00
CCS 20 % AF	300.00
CCS 20 % AF	300.00
CCS 30 % AF	300.00
CCS 30 % AF	300.00
CCS 30 % AF	300.00

La Tabla 21, presenta los resultados promedios del fraguado inicial, donde dados los registros, no cambiarán mucho. También se presenta la variación de este tiempo de los concretos modificados respecto al patrón.

Tabla 21. Promedio y variación de tiempo inicial de fragua.

Muestras	Fraguado inicial (min)	Variación (%)
Concreto patrón	270.00	0.00
CCS 15 % AF	270.00	0.00
CCS 20 % AF	300.00	11.11
CCS 30 % AF	300.00	11.11

La Figura 15 presenta fraguado inicial del concreto, aquí se evidencia el aumento de este tiempo con las proporciones de reemplazo del agregado fino de 20 y 30 % por escoria de cobre.

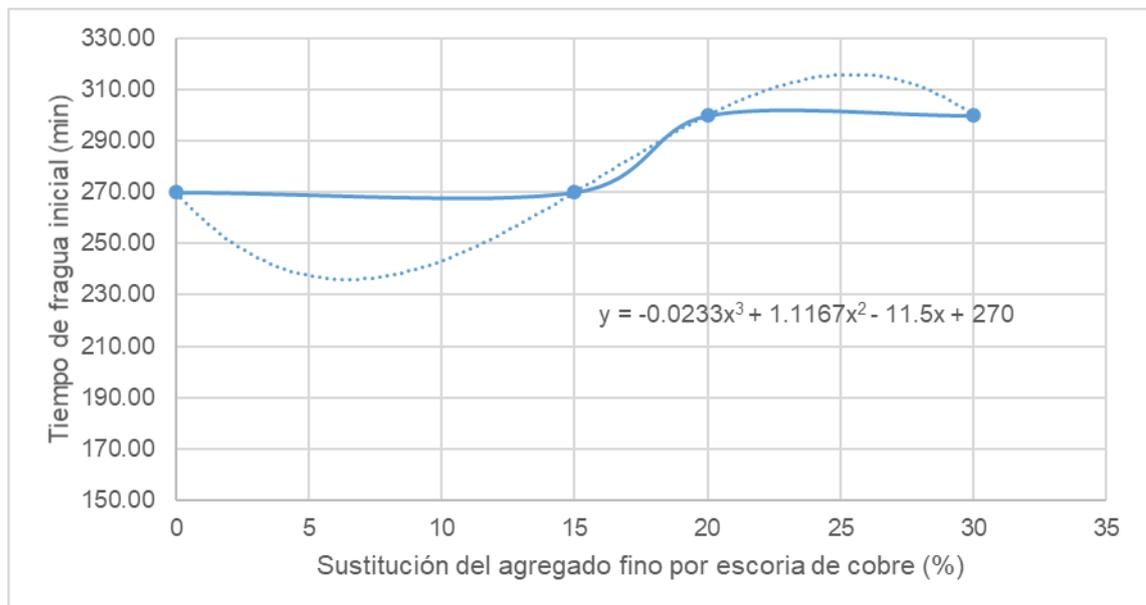


Figura 15. Resultados de tiempo inicial de fragua.

La Figura 16, expone la variación del tiempo de fragua inicial del concreto, siendo esta variación del 11 % correspondiente a los concretos con sustitución del 20 y 30 % del agregado fino respecto al tiempo registrado por el concreto patrón.

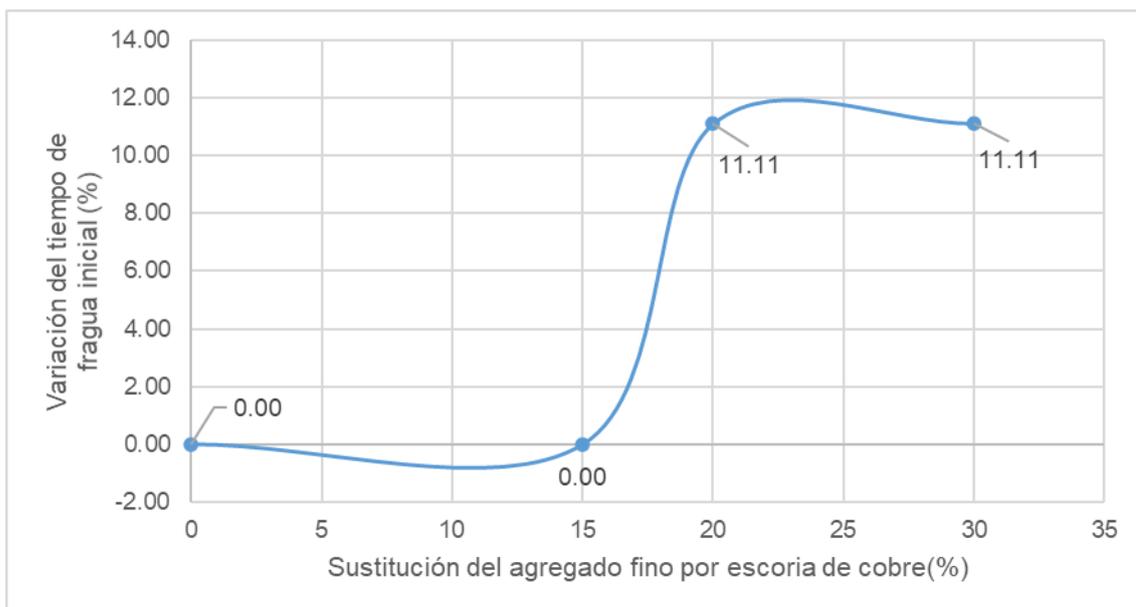


Figura 16. Porcentaje de variación de tiempo inicial de fragua.

En la misma línea, la Tabla 22 expone los registros del tiempo final de fragua de todas las muestras estudiadas, donde se aprecia un aumento en este tiempo según incrementa la escoria de cobre en sustitución del agregado fino en el concreto, teniendo incluso un registro de hasta 700 minutos correspondiente a una de las muestras con mayor sustitución de agregado.

Tabla 22. Resultados de ensayo de tiempo final de fragua.

Muestras	Tiempo final de fragua (min)
Concreto patrón	495.00
Concreto patrón	510.00
Concreto patrón	500.00
CCS 15 % AF	525.00
CCS 15 % AF	540.00
CCS 15 % AF	540.00
CCS 20 % AF	500.00
CCS 20 % AF	600.00
CCS 20 % AF	605.00
CCS 30 % AF	700.00
CCS 30 % AF	660.00
CCS 30 % AF	640.00

Así mismo, la Tabla 23 contiene el análisis descriptivo de los valores respecto al promedio y variación de los tiempos finales de fragua respecto al concreto patrón, destacando un aumento en este tiempo a mayores contenidos de escoria de cobre en las mezclas de concreto.

Tabla 23. Promedio y variación de tiempo final de fragua.

Muestras	Fraguado final (min)	Variación (%)
Concreto patrón	501.67	0.00
CCS 15 % AF	535.00	6.64
CCS 20 % AF	568.33	13.29
CCS 30 % AF	666.67	32.89

En la Figura 17 se aprecia la representación gráfica de los resultados del ensayo de tiempo final de fragua, donde se puede evidenciar la relación que existe entre el aumento de este tiempo que existe a medida se aumenta la sustitución del agregado fino por la escoria de cobre en las mezclas de concreto.

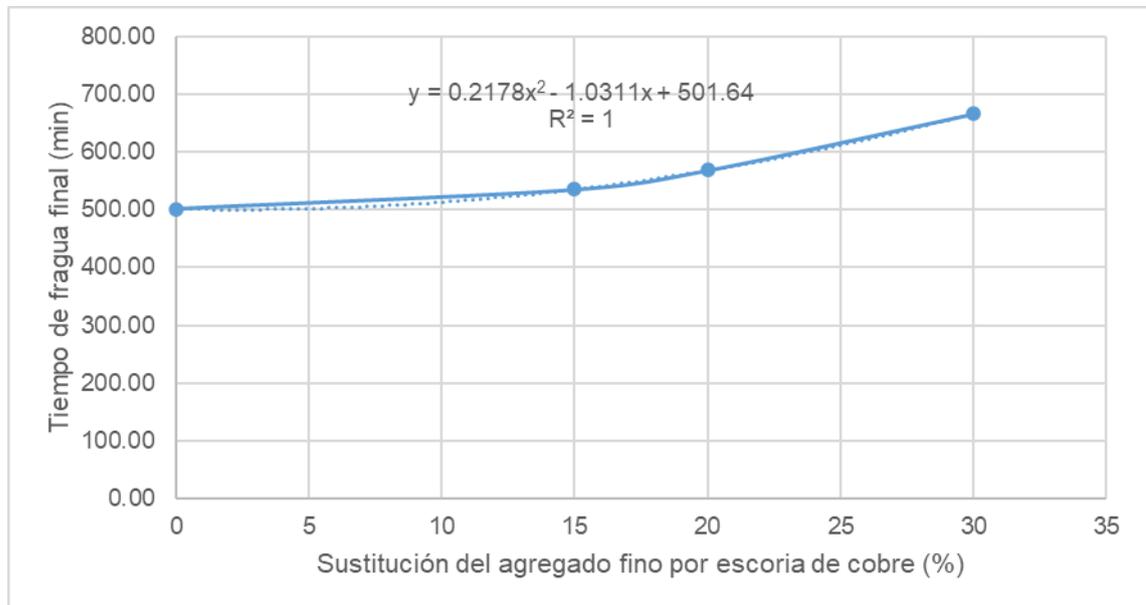


Figura 17. Resultados de tiempo final de fragua.

Así mismo, la Figura 18 muestra la variación del tiempo final de fragua, donde se evidencia que la mayor variación de las mezclas modificadas respecto al patrón fue aquella con un reemplazo de 30 % de agregado fino por escoria de cobre, siendo un 32.89 % mayor.

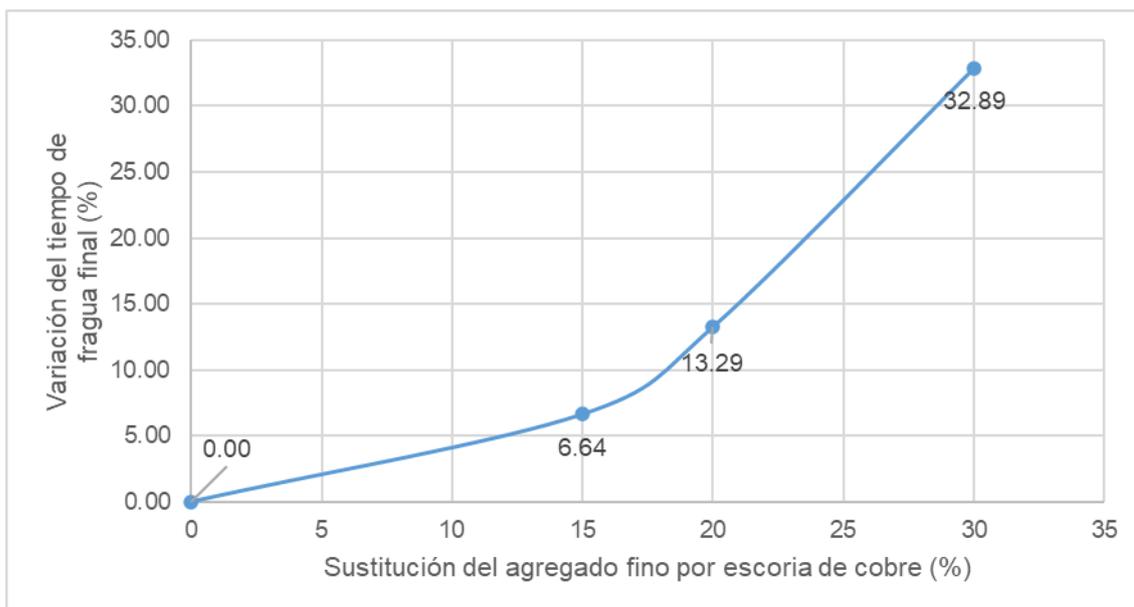


Figura 18. Porcentaje de variación del tiempo final de fragua.

A continuación, la Tabla 24 muestra los resultados de tiempo de fraguado de cada una de las muestras estudiadas, este tiempo es la diferencia entre el tiempo inicial y final de fragua. De este modo, se puede notar el aumento en el tiempo de fraguado que experimentan las mezclas a medida que aumenta la cantidad de agregado sustituido.

Tabla 24. Resultados de ensayo de tiempo de fraguado.

Muestras	Tiempo de fraguado (min)
Concreto patrón	225.00
Concreto patrón	240.00
Concreto patrón	230.00
CCS 15 % AF	255.00
CCS 15 % AF	270.00
CCS 15 % AF	270.00
CCS 20 % AF	200.00
CCS 20 % AF	300.00
CCS 20 % AF	305.00
CCS 30 % AF	400.00
CCS 30 % AF	360.00
CCS 30 % AF	340.00

En la misma línea, en la Tabla 25 se presenta el promedio y el porcentaje de variación del tiempo final de fraguado, destacando el tiempo mínimo que es de 231.67 minutos perteneciente al concreto patrón y un tiempo máximo de 366.67 minutos perteneciente al concreto de un 30 % de reemplazo de agregado fino en cambio de la escoria de cobre.

Tabla 25. Promedio y variación de tiempo de fraguado.

Muestras	Tiempo de fraguado (min)	Variación (%)
Concreto patrón	231.67	0.00
CCS 15 % AF	265.00	14.39
CCS 20 % AF	268.33	15.83
CCS 30 % AF	366.67	58.27

Los resultados del tiempo de fraguado están adjuntos de manera gráfica en la Figura 19, apreciándose la relación existente entre mayores porcentajes de sustitución de agregado fino por escoria de cobre con mayores tiempos de fraguado experimentados por las mezclas de concreto.

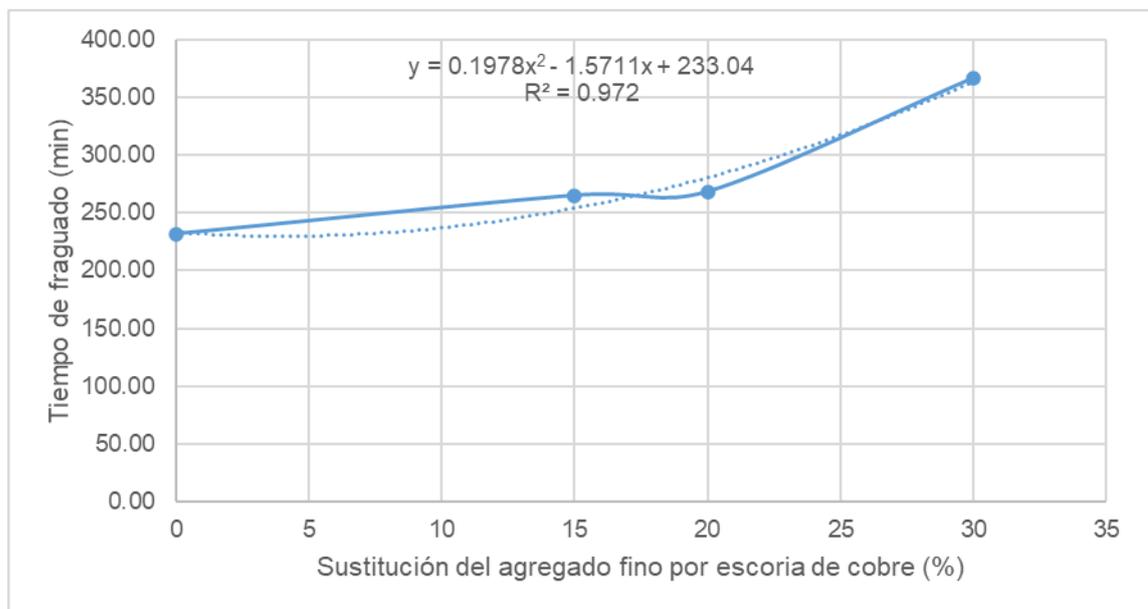


Figura 19. Resultados de tiempo de fraguado.

Finalmente, en la Figura 20 se presenta la variación del tiempo de fraguado de las mezclas de concreto, aquí se puede destacar el alto aumento obtenido por la mezcla con la sustitución del 30 % del agregado fino por la escoria de cobre llegando a ser un 58.27 % mayor en promedio comparándolo con el promedio obtenido por las muestras de la mezcla patrón.

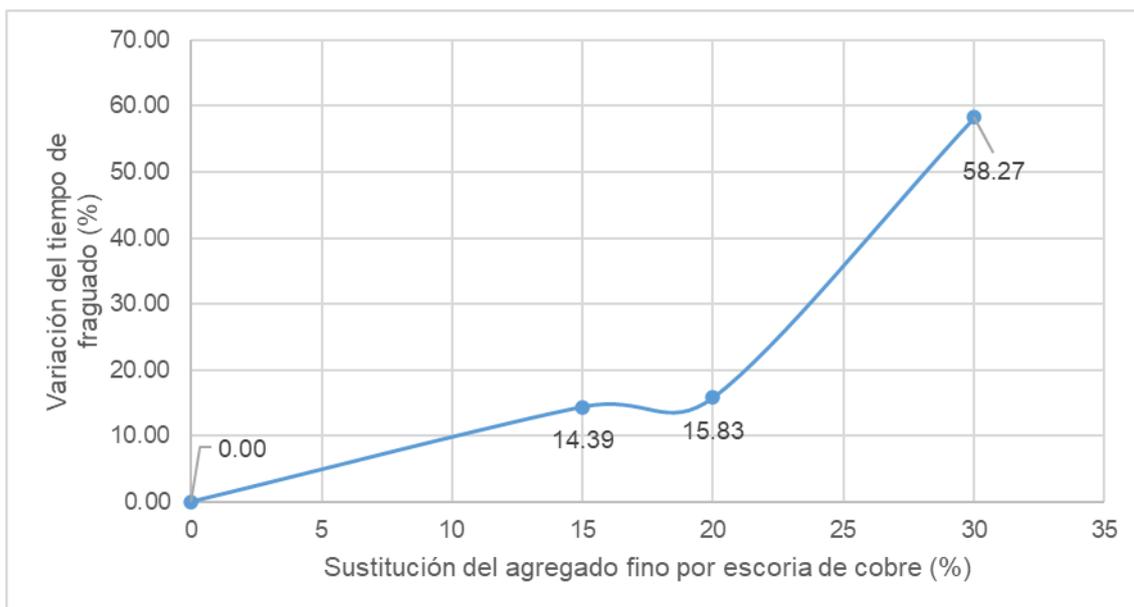


Figura 20. Porcentaje de variación de tiempo de fraguado.

### 5.3. Propiedades en estado endurecido del concreto

Una vez elaboradas las mezclas, fueron curadas durante periodos de 7, 14 y 28 días, posteriormente fueron ensayadas a fin de determinar tanto su resistencia a la compresión como a la tracción.

#### 5.3.1. Resistencia a la compresión

En la Tabla 26, se encuentran los resultados del ensayo a nivel de laboratorio de resistencia a compresión realizada sobre las muestras del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días. Se destacan resistencias superiores al diseño apenas a los 14 días, mientras que a los 28 días el promedio alcanzado por las mezclas fue de 249.67 kg/cm<sup>2</sup> y desviación estándar de 3.51 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 26. Resultados de resistencia a compresión concreto patrón.

Concreto patrón	Esfuerzo en compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	175.00	218.00	246.00
Muestra B	181.00	223.00	250.00
Muestra C	177.00	214.00	253.00
Desviación estándar	3.06	4.51	3.51
Coficiente de variabilidad de desviación estándar	1.72%	2.07%	1.41%
Rango	6.00	9.00	7.00
Promedio	177.67	218.33	249.67

En consecuencia, la Figura 21 representa el aumento del promedio de la resistencia a la compresión obtenida por el concreto patrón a lo largo del tiempo.

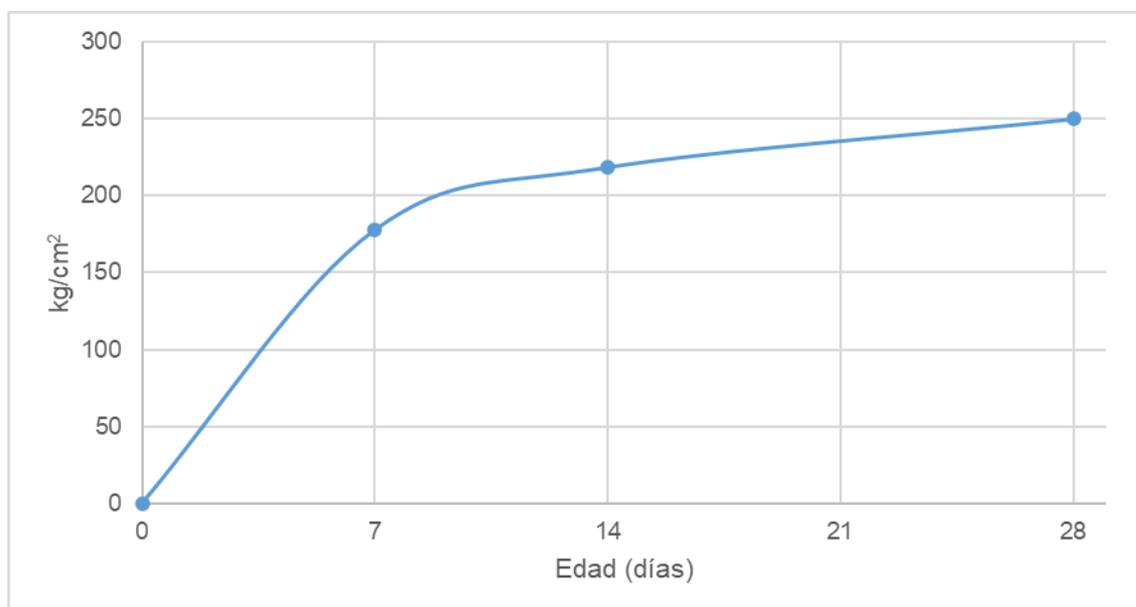


Figura 21. Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón.

Del mismo modo, la Tabla 27 adjunta los resultados del ensayo de resistencia axial realizado sobre los concretos con sustitución del 15 % del agregado fino por escoria de cobre. En este caso también se obtienen resistencias superiores al diseño a los 14 días y a los 28 días se alcanza un promedio de 250.67 kg/cm<sup>2</sup> con una desviación estándar de 3.79 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 27. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 15 % AF.

CCS 15 % AF	Esfuerzo en compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	190.00	215.00	248.00
Muestra B	187.00	228.00	255.00
Muestra C	184.00	222.00	249.00
Desviación estándar	3.00	6.51	3.79
Coficiente de variabilidad de desviación estándar	1.60%	2.94%	1.51%
Rango	6.00	13.00	7.00
Promedio	187.00	221.67	250.67

A partir de estos resultados, en la Figura 22, se expone el aumento de resistencia a esfuerzos de compresión obtenida a mayores edades por el concreto.

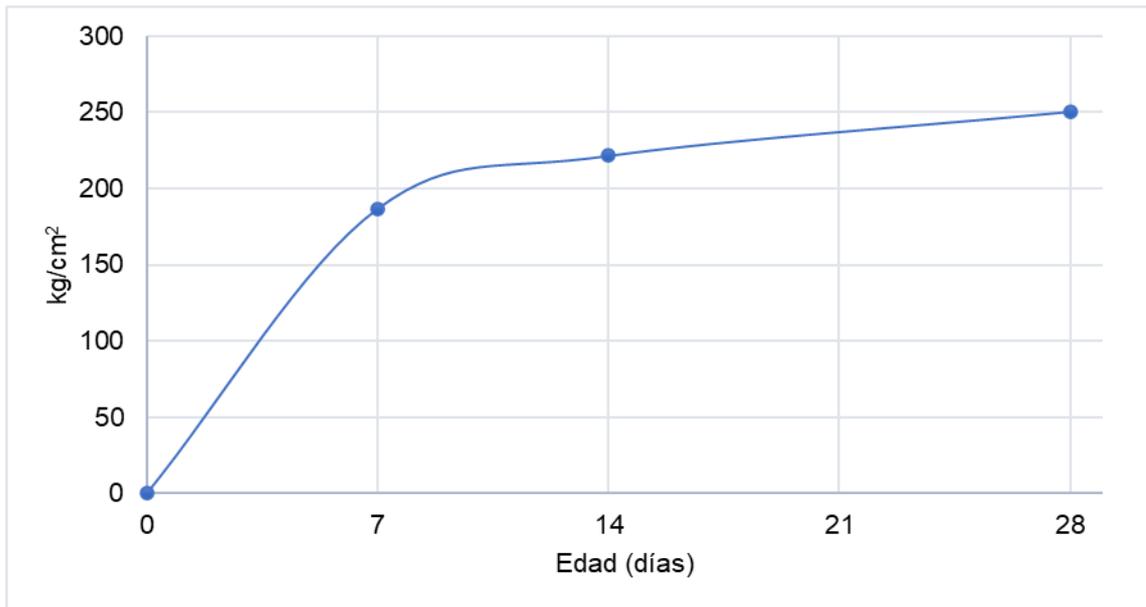


Figura 22. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 15 % AF.

La Tabla 28, presenta los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial realizada sobre las mezclas de concreto con una sustitución igual al 20 % de agregado fino por escoria de cobre. A los 28 días sobrepasan la resistencia de diseño llegando a un promedio de 239 kg/cm<sup>2</sup> y desviación estándar igual a 4.58 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 28. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 20 % AF.

CCS 20 % AF	Esfuerzo en compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	172.00	207.00	243.00
Muestra B	183.00	214.00	240.00
Muestra C	188.00	210.00	234.00
Desviación estándar	8.19	3.51	4.58
Coficiente de variabilidad de desviación estándar	4.52%	1.67%	1.92%
Rango	16.00	7.00	9.00
Promedio	181.00	210.33	239.00

En la Figura 23, se evidencia esta evolución en resistencia, donde se aprecia que la mezcla es capaz de superar la resistencia de diseño apenas a la edad de los 14 días.

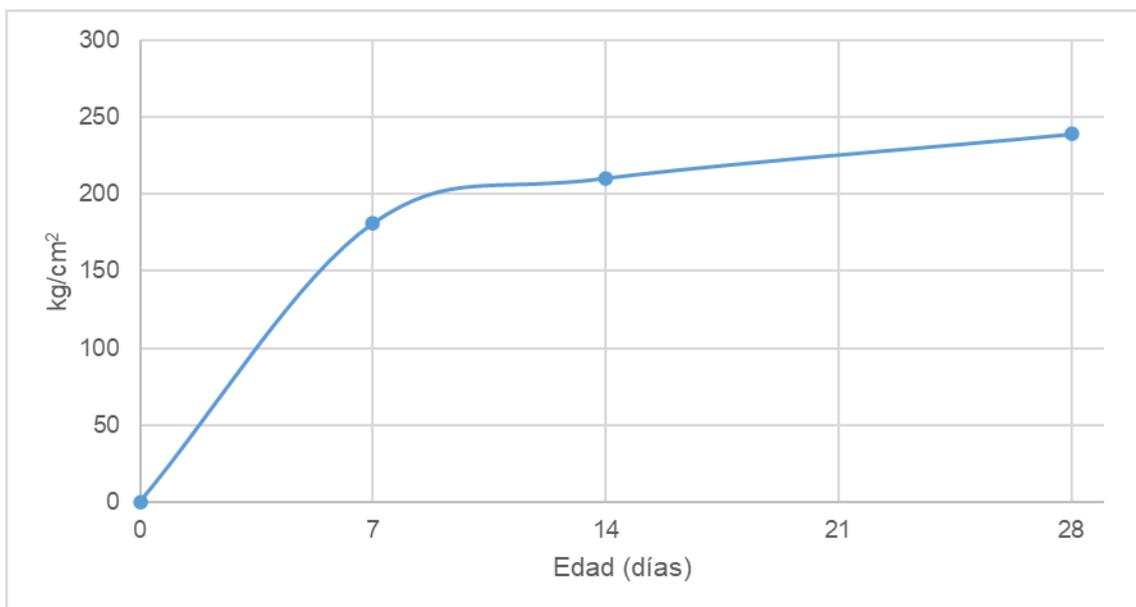


Figura 23. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 20 % AF.

En la Tabla 29, se encuentran los registros y el procesamiento de los datos de resistencia ante esfuerzos de compresión axial obtenido por las mezclas de sustitución del 30 % del agregado fino. En este caso los promedios a las diferentes edades no logran ser mayores a la resistencia de diseño en ningún caso, teniendo 205.67 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y una desviación estándar de 3.21 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 29. Resultados de resistencia a compresión concreto CCS 30 % AF.

CCS 30 % AF	Esfuerzo en compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	133.00	164.00	208.00
Muestra B	167.00	216.00	207.00
Muestra C	150.00	190.00	202.00
Desviación estándar	17.00	26.00	3.21
Coefficiente de variabilidad de desviación estándar	11.33%	13.68%	1.56%
Rango	34.00	52.00	6.00
Promedio	150.00	190.00	205.67

La Figura 24 representa de forma gráfica el incremento de resistencia a la compresión del concreto por la sustitución del 30 % del agregado fino, donde se aprecia de mejor forma que no se logra alcanzar a la resistencia de diseño que fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

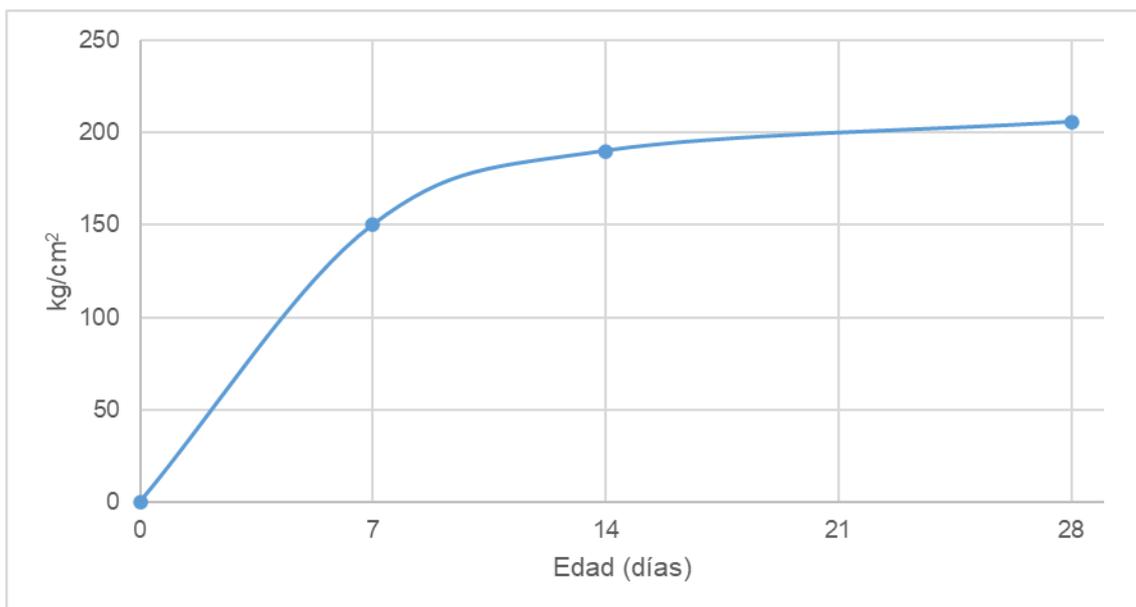


Figura 24. Evolución de resistencia a compresión del concreto CCS 30 % AF.

A partir de estos resultados y el análisis descriptivo realizados sobre los datos de los ensayos a nivel de laboratorio de resistencia a compresión de todas las muestras de concreto, en la Tabla 30 se adjunta el resumen de estos datos y la variación los valores de resistencia a los 28 días de las mezclas alteradas respecto al patrón. Es así que resalta que tan solo la sustitución del 15 % de agregado por la escoria de cobre en la mezcla supera la resistencia alcanzada por el patrón en un 0.40 %, mientras que la mayor variación corresponde al reemplazo del 30 % del agregado fino, reduciendo su resistencia a la compresión respecto al concreto patrón en un 17.62 %.

Tabla 30. Resumen de promedios de resistencias a la compresión y variación del concreto.

Concreto patrón	Esfuerzo en compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Variación
	7 días	14 días	28 días	
Concreto patrón	177.67	218.33	249.67	0.00%
CCS 15 % AF	187.00	221.67	250.67	0.40%
CCS 20 % AF	181.00	210.33	239.00	-4.27%
CCS 30 % AF	150.00	190.00	205.67	-17.62%

Estas diferencias entre los distintos concretos son comparadas y presentadas en la Figura 25, resaltan con los mejores resultados el concreto patrón, y aquel con sustitución de 15 % del agregado fino, y el peor resultado corresponde al concreto que sustituye el 30 %.

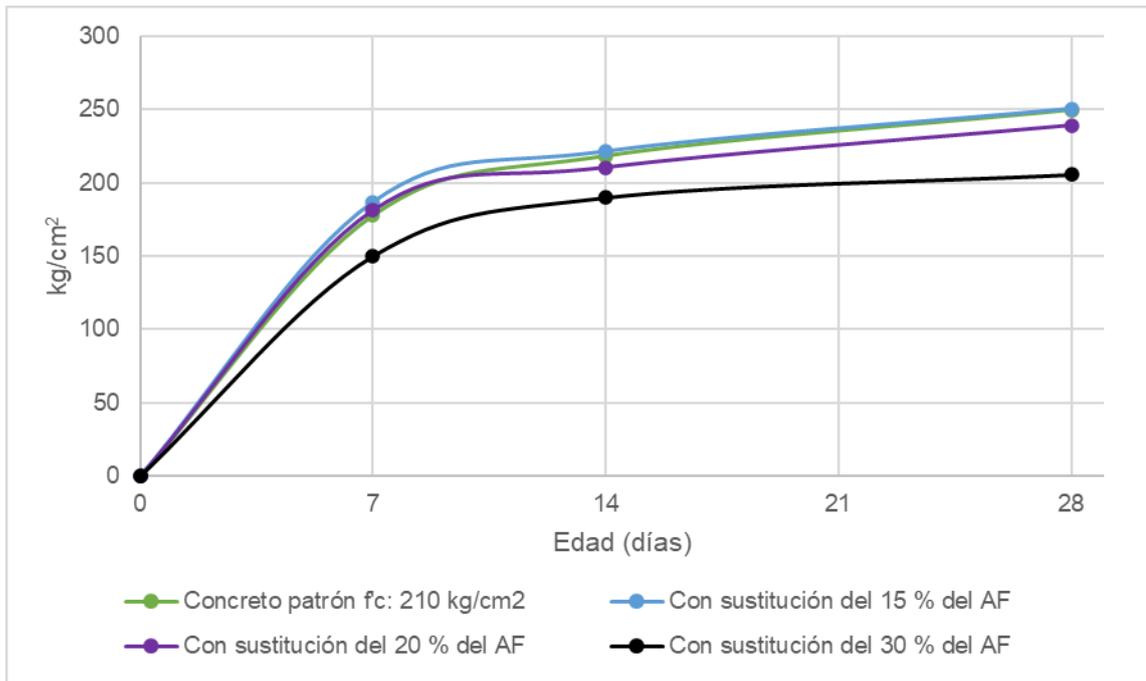


Figura 25. Comparación de evolución de resistencia a la compresión.

En esa línea, la Figura 26 adjunta las resistencias a la compresión obtenido a los 28 días por las mezclas con diferentes sustituciones del agregado fino por agregado grueso, aquí se evidencia que todas las resistencias alcanzadas son aceptables de acuerdo con la norma E.060, sin embargo, el concreto con una sustitución del 30 % de agregado obtuvo una resistencia por debajo del diseño, tal como se mencionó.

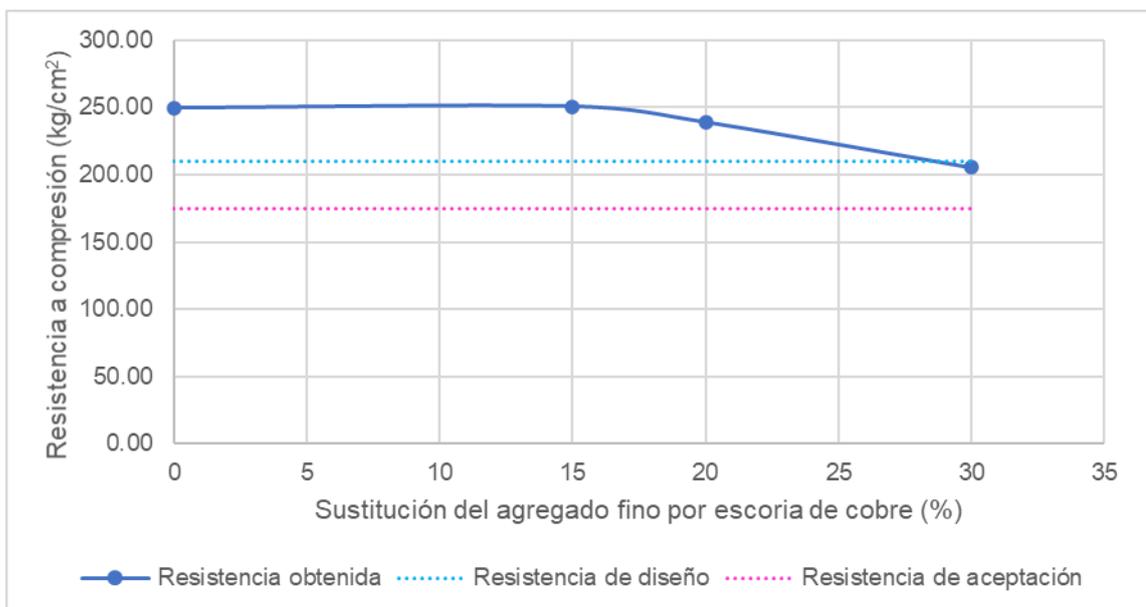


Figura 26. Resistencia a compresión a los 28 días de concreto con distintas sustituciones.

Finalmente, en la Figura 27 se adjuntan las variaciones de la resistencia a la compresión a los 28 días de cada una de las muestras evaluadas respecto al

patrón, es aquí donde se puede observar que tan solo la mezcla con una sustitución del 15 % de agregado fino supera al patrón, y las mayores sustituciones obtienen menores resistencias, siendo el menor aquella con 30 % de escoria de cobre al reducir su resistencia en un 17.62 %.

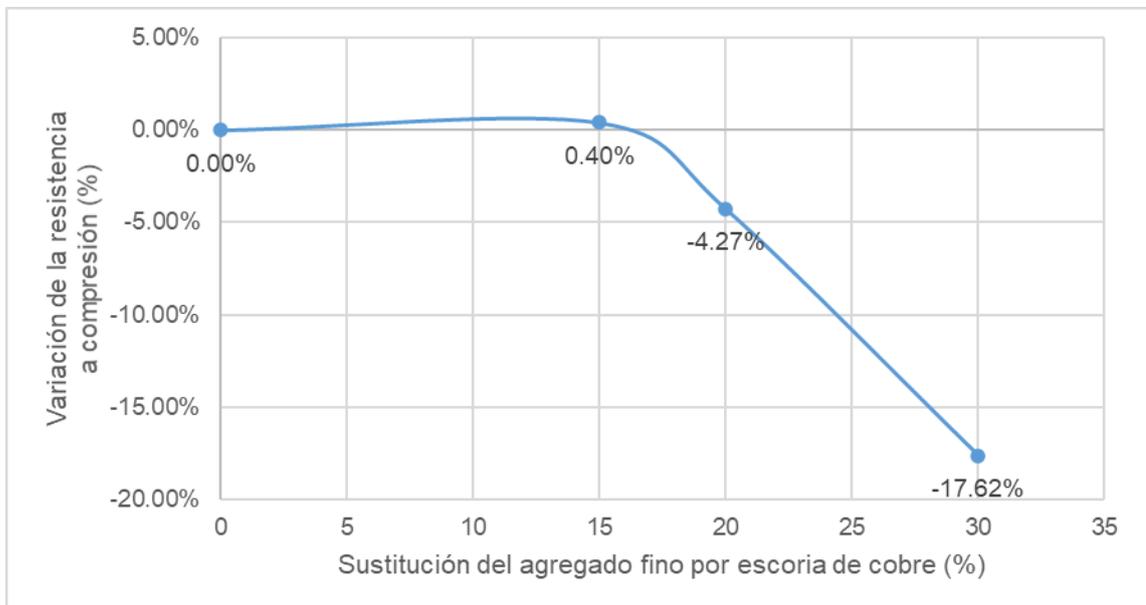


Figura 27. Variación de resistencia a la compresión a los 28 días.

### 5.3.2. Resistencia a la tracción

Al igual que con la resistencia ante esfuerzos de compresión, la Tabla 31 exhibe los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción del concreto patrón, teniendo un promedio a los 28 días de 23.89 kg/cm<sup>2</sup> y desviación igual a 0.80 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 31. Resultados de resistencia a tracción concreto patrón.

Concreto patrón	Esfuerzo en tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	19.94	21.96	23.12
Muestra B	19.66	21.49	24.71
Muestra C	19.54	22.41	23.83
Desviación estándar	0.21	0.46	0.80
Coefficiente de variabilidad de desviación estándar	1.04%	2.10%	3.33%
Rango	0.40	0.92	1.59
Promedio	19.71	21.95	23.89

En base a los resultados de la Tabla 31, en la figura adjunta a continuación, se muestra el aumento de esta resistencia registrado por el concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días, superando a los 14 días los 20.00 kg/cm<sup>2</sup>.

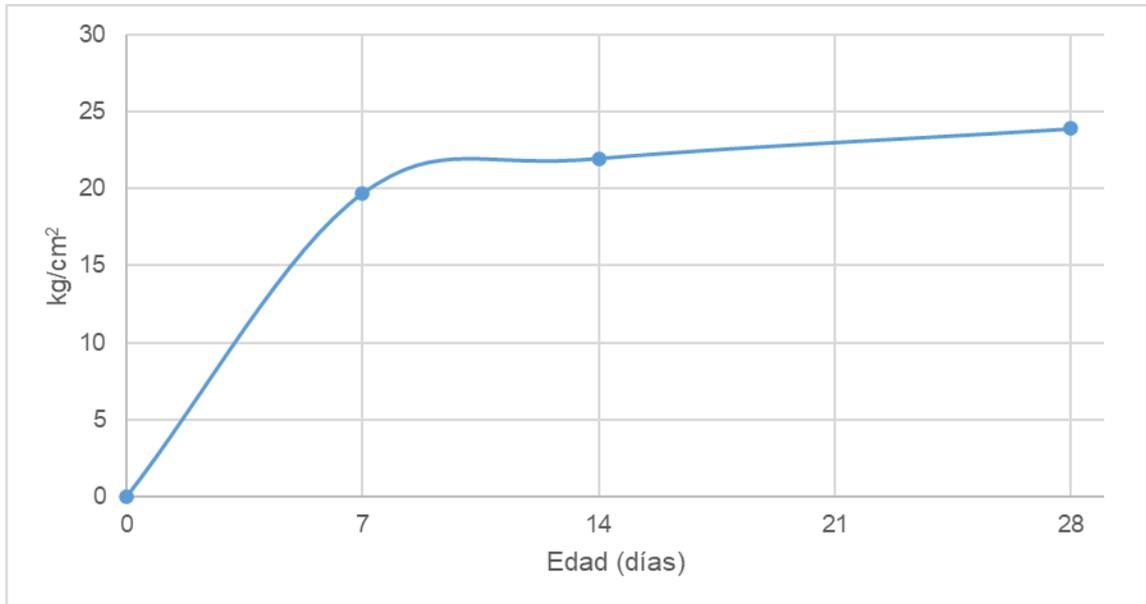


Figura 28. Evolución de resistencia a tracción del concreto patrón.

En la misma línea, la Tabla 32 presenta los resultados del ensayo de resistencia a tracción del concreto con una sustitución del 15 % del agregado fino por escoria de cobre. Destaca el resultado obtenido a los 28 días de edad de las muestras, con un promedio de 24.35 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 1.50 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 32. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 15 % AF.

CCS 15 % AF	Esfuerzo en tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	20.95	22.83	26.02
Muestra B	19.94	22.99	23.12
Muestra C	20.52	22.10	23.91
Desviación estándar	0.51	0.47	1.50
Coficiente de variabilidad de desviación estándar	2.48%	2.10%	6.16%
Rango	1.01	0.89	2.90
Promedio	20.47	22.64	24.35

La Figura 29, representa gráficamente la evolución de la resistencia a la tracción del concreto con sustitución del 15 % del agregado fino a las edades de 7, 14 y 28 días, donde en todos los casos se superaron los 20 kg/cm<sup>2</sup>.

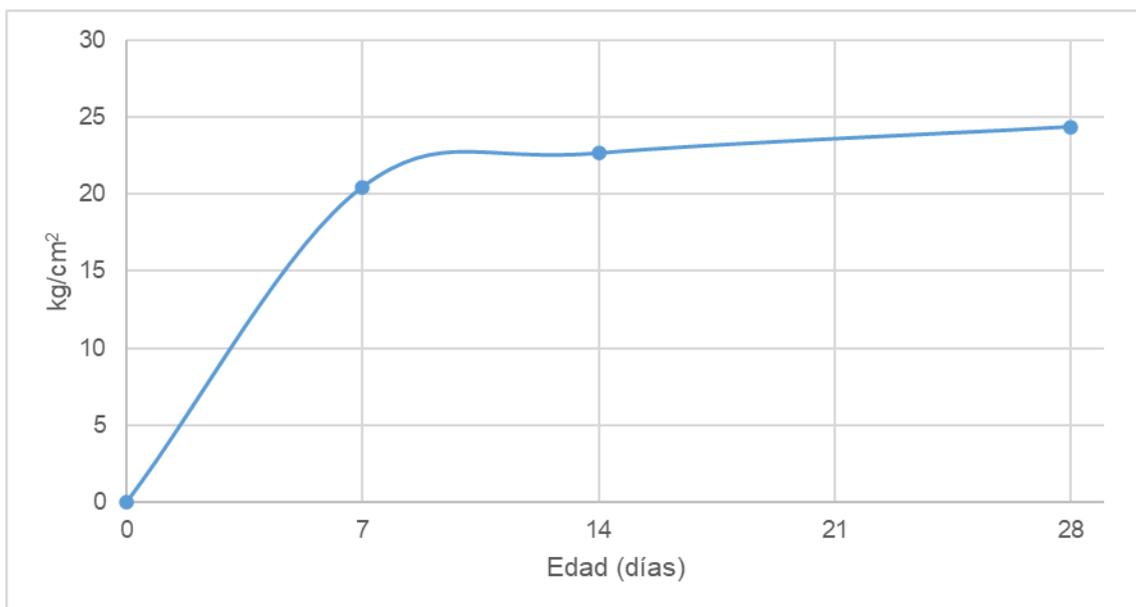


Figura 29. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 15 % AF.

La Tabla 33, tiene los registros obtenidos por los ensayos de resistencia a la tracción del concreto por sustituir 20 % de agregado fino, de este modo, a los 28 días resalta el promedio de 23.61 kg/cm<sup>2</sup> teniendo una desviación estándar de 0.95 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 33. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 20 % AF.

CCS 20 % AF	Esfuerzo en tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	20.30	22.99	23.55
Muestra B	19.55	21.68	24.58
Muestra C	20.58	20.67	22.69
Desviación estándar	0.53	1.16	0.95
Coficiente de variabilidad de desviación estándar	2.64%	5.34%	4.01%
Rango	1.03	2.32	1.89
Promedio	20.14	21.78	23.61

Con estos resultados, la Figura 30 presenta el aumento de la resistencia a la tracción del concreto que sustituye el 20 % del agregado fino por escoria de cobre, a partir de los promedios de valores obtenidos a las edades de 7, 14 y 28 días, siendo en todos los casos superiores a los 20.00 kg/cm<sup>2</sup>.

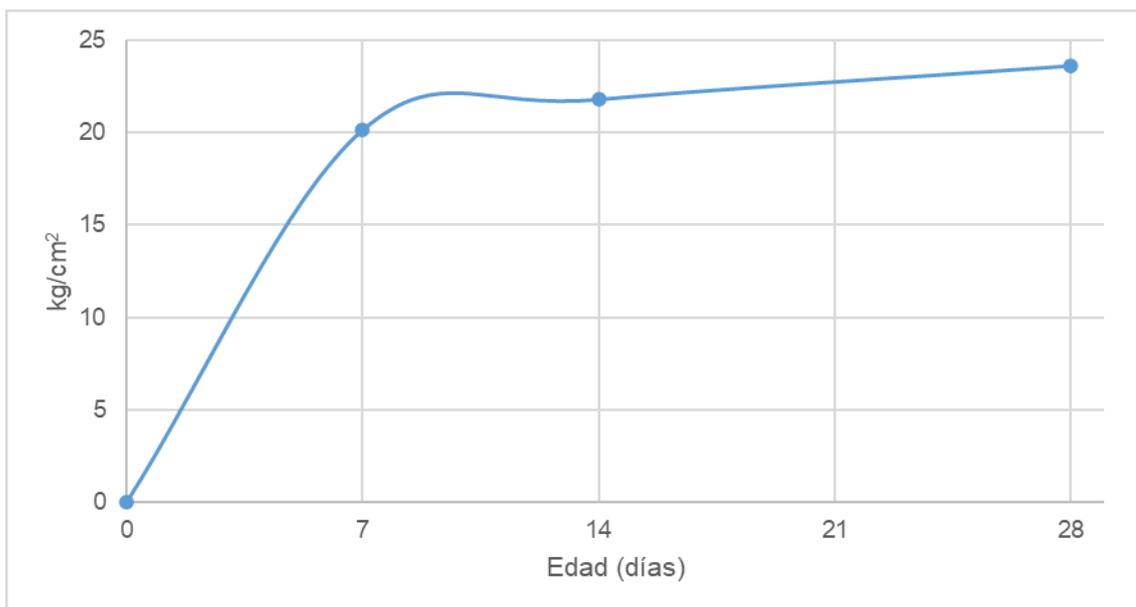


Figura 30. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 30 % AF.

En la misma línea, la Tabla 34 adjunta los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción practicados sobre las muestras de concreto con sustitución del 30 % del agregado fino por escoria de cobre a las edades de 7,14 y 28 días, resaltando la resistencia a los 28 días con un promedio de 22.45 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar igual a 0.71 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 34. Resultados de resistencia a tracción concreto CCS 30 % AF.

CCS 30 % AF	Esfuerzo en tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
Muestra A	18.07	19.37	21.71
Muestra B	19.51	22.60	22.53
Muestra C	18.79	20.44	23.12
Desviación estándar	0.72	1.65	0.71
Coefficiente de variabilidad de desviación estándar	3.83%	7.91%	3.15%
Rango	1.44	3.23	1.41
Promedio	18.79	20.80	22.45

La Figura 31, presenta el aumento de la resistencia a la tracción del concreto que sustituye el 30 % del agregado fino por escoria de cobre, en este caso, se superan los 20.00 kg/cm<sup>2</sup> a partir de los 14 días de edad del concreto.

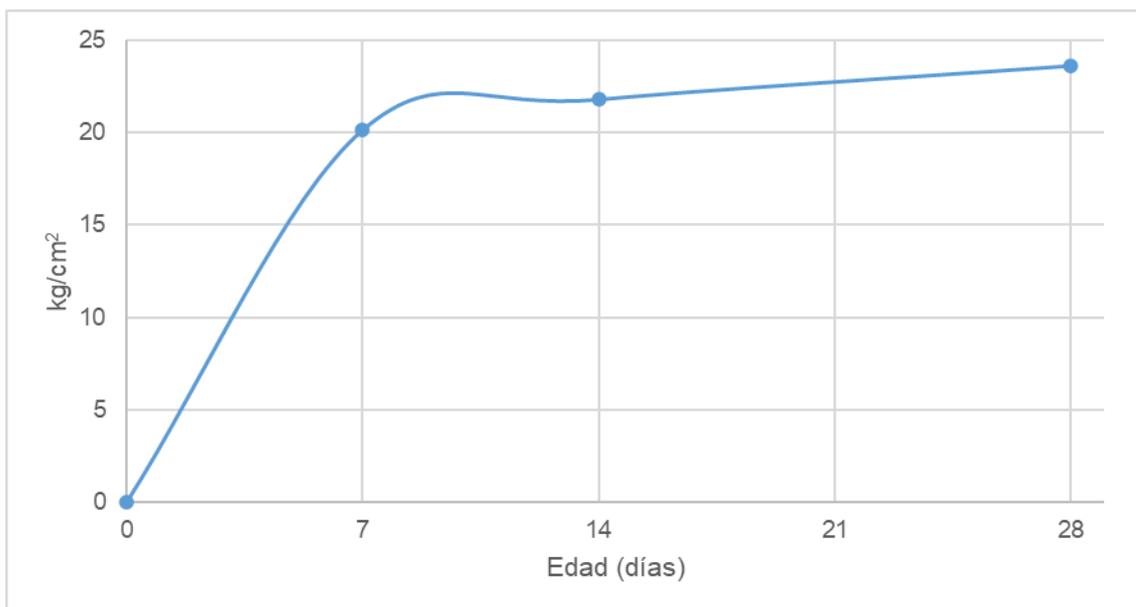


Figura 31. Evolución de resistencia a tracción del concreto CCS 30 % AF.

En la Tabla 35, se encuentra el resumen de promedios de los ensayos de resistencia a tracción, además de la variación de la resistencia de las mezclas modificadas respecto al patrón a la edad de 28 días. De este modo, se aprecia que tan solo el concreto de sustitución de 15 % de agregado fino por escoria de cobre obtiene una resistencia un 1.94 % superior al patrón, mientras que la mayor variación también a los 28 días, es la reducción de un 6.00 % perteneciente al concreto con una sustitución del 30 % del agregado fino.

Tabla 35. Resumen de promedio de resistencia a la tracción y variación del concreto.

Concreto patrón	Esfuerzo en tracción (kg/cm <sup>2</sup> )			Variación
	7 días	14 días	28 días	
Concreto patrón	19.71	21.95	23.89	0.00%
CCS 15 % AF	20.47	22.64	24.35	1.94%
CCS 20 % AF	20.14	21.78	23.61	-1.17%
CCS 30 % AF	18.79	20.80	22.45	-6.00%

La Figura 32, presenta de manera gráfica la comparación de la evolución de las resistencias a tracción de las distintas mezclas de concreto, aquí resalta el concreto con sustitución del 15 % del agregado fino con los mejores resultados en general.

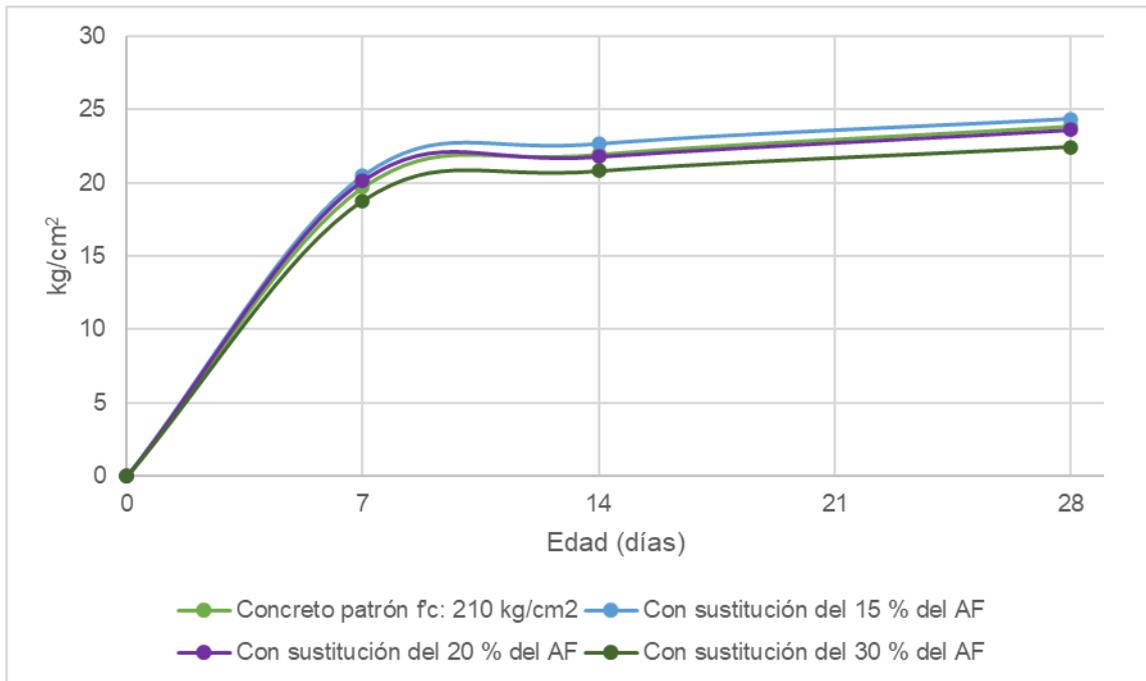


Figura 32. Comparación de evolución de resistencia a la tracción.

Así mismo, la Figura 33 presenta una comparación de la resistencia a tracción a los 28 días obtenida a diferentes porcentajes de sustitución del agregado fino. Aquí se evidencia de forma clara que el mejor resultado corresponde al concreto que sustituye un 15 % del agregado fino, mientras que el peor es aquel concreto con una sustitución del 30 % del agregado fino por escoria de cobre.

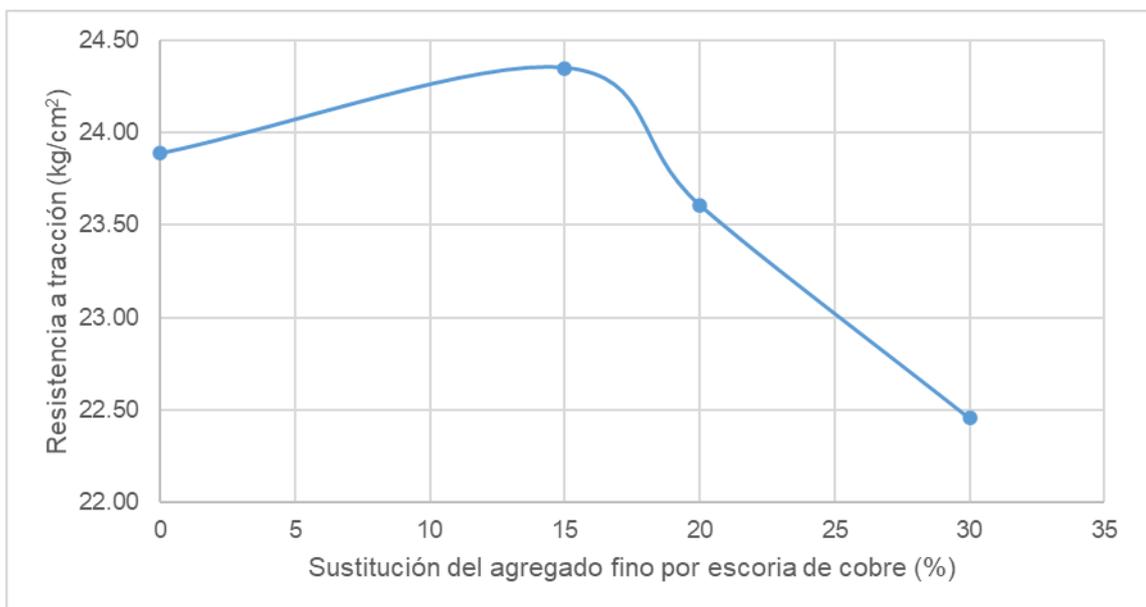


Figura 33. Resistencia a tracción a los 28 días con distintas sustituciones.

Por último, se adjunta a continuación la variación de resistencia a la tracción a los 28 días correspondiente a diferentes sustituciones del agregado

fino por escoria de cobre en el concreto respecto a la mezcla patrón, teniendo la mayor variación el concreto con sustitución del 30 % del agregado fino siendo un 6.00 % menor al patrón.

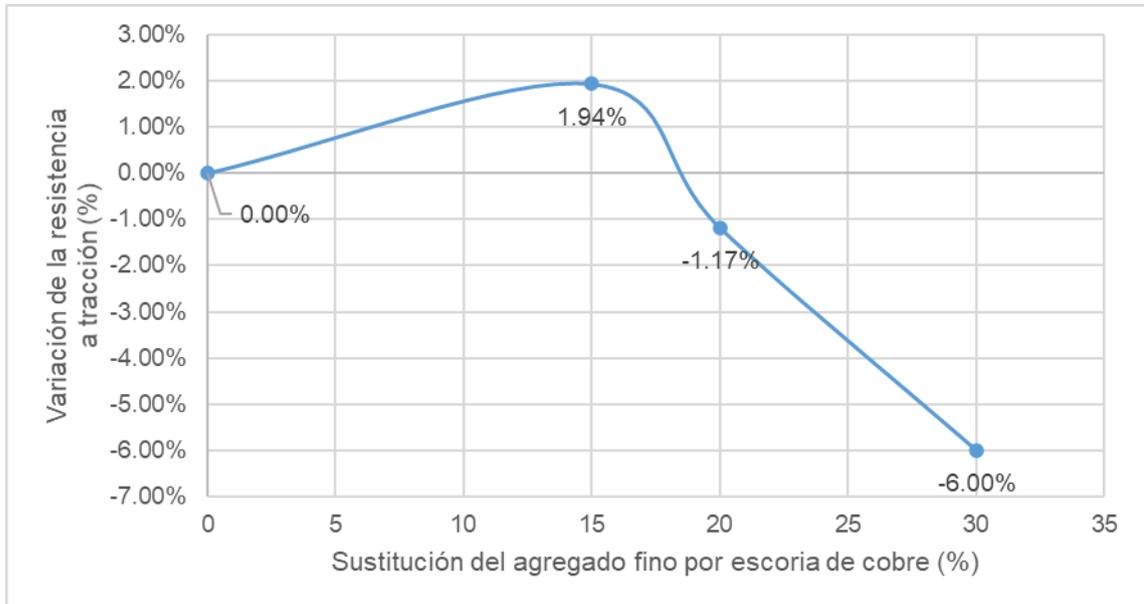


Figura 34. Variación de resistencia a la tracción a los 28 días.

#### 5.4. Contratación de hipótesis

##### 5.4.1. Prueba de normalidad

La prueba normalidad fue realizada sobre todos los registros de cada una de las propiedades evaluadas de las diferentes muestras de concreto. Esto se hizo a fin de determinar la distribución a la que se ajustan los datos y determinar el tipo de prueba a realizar para el análisis estadístico.

Es así que, en la Tabla 36 se adjunta el resultado de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk hecha sobre los registros de los ensayos en estado fresco. Según los resultados de la prueba de normalidad los datos de las propiedades de contenido de aire, asentamiento y temperatura tienden un tipo de distribución normal y serán evaluados mediante una prueba paramétrica, mientras que los datos de las propiedades de peso unitario y todos los tiempos de fragua tienen una distribución no normal, por lo tanto, serán evaluados con una prueba no paramétrica.

Tabla 36. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades en estado fresco.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Contenido de aire	Concreto patrón	1.00	3	1.00
	CCS 15 % AF	1.00	3	1.00
	CCS 20 % AF	1.00	3	1.00
	CCS 30 % AF	0.96	3	0.64
Asentamiento	Concreto patrón	0.99	3	0.78
	CCS 15 % AF	1.00	3	1.00
	CCS 20 % AF	0.98	3	0.73
	CCS 30 % AF	0.98	3	0.73
Temperatura	Concreto patrón	0.89	3	0.36
	CCS 15 % AF	1.00	3	1.00
	CCS 20 % AF	0.96	3	0.60
	CCS 30 % AF	0.96	3	0.64
Peso unitario	Concreto patrón	0.94	3	0.54
	CCS 15 % AF	0.75	3	0.00
	CCS 20 % AF	0.94	3	0.54
	CCS 30 % AF	0.89	3	0.36
Tiempo inicial de fragua	Concreto patrón		3	
	CCS 15 % AF		3	
	CCS 20 % AF		3	
	CCS 30 % AF		3	
Tiempo final de fragua	Concreto patrón	0.96	3	0.64
	CCS 15 % AF	0.75	3	0.00
	CCS 20 % AF	0.79	3	0.08
	CCS 30 % AF	0.96	3	0.64
Tiempo de fraguado	Concreto patrón	0.96	3	0.64
	CCS 15 % AF	0.75	3	0.00
	CCS 20 % AF	0.79	3	0.08
	CCS 30 % AF	0.96	3	0.64

En la misma línea, en la Tabla 37 se adjuntan los resultados de la prueba de normalidad aplicada sobre los registros de los ensayos en estado endurecido del concreto. A diferencia de las propiedades en estado fresco, aquí todos los datos presentan ajustes a una distribución normal, pues todos presentan una significancia mayor al 5 %, de modo tal que los valores de las propiedades en estado endurecido serán evaluados bajo una prueba paramétrica.

Tabla 37. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades en estado endurecido.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión a los 7 días	Concreto patrón	0.96	3	0.64
	CCS 15 % AF	1.00	3	1.00
	CCS 20 % AF	0.96	3	0.59

	CCS 30 % AF	1.00	3	1.00
Resistencia a compresión a los 14 días	Concreto patrón	1.00	3	0.88
	CCS 15 % AF	1.00	3	0.92
	CCS 20 % AF	0.99	3	0.84
	CCS 30 % AF	1.00	3	1.00
Resistencia a compresión a los 28 días	Concreto patrón	0.99	3	0.84
	CCS 15 % AF	0.85	3	0.25
	CCS 20 % AF	0.96	3	0.64
	CCS 30 % AF	0.87	3	0.30
Resistencia a tracción a los 7 días	Concreto patrón	0.95	3	0.57
	CCS 15 % AF	0.99	3	0.84
	CCS 20 % AF	0.94	3	0.51
	CCS 30 % AF	1.00	3	1.00
Resistencia a tracción a los 14 días	Concreto patrón	1.00	3	0.98
	CCS 15 % AF	0.88	3	0.32
	CCS 20 % AF	0.99	3	0.86
	CCS 30 % AF	0.96	3	0.63
Resistencia a tracción a los 28 días	Concreto patrón	1.00	3	0.88
	CCS 15 % AF	0.94	3	0.51
	CCS 20 % AF	1.00	3	0.90
	CCS 30 % AF	0.99	3	0.82

#### 5.4.2. Hipótesis específica “a”

Siendo planteadas las hipótesis:

$H_i$ : La escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones.

$H_0$ : La escoria de cobre como sustituto del agregado fino no modifica las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones.

Se desarrolló el análisis paramétrico ANOVA de un factor a partir de los registros obtenidos de los ensayos a los parámetros en estado fresco de contenido de aire, asentamiento, temperatura. En la Tabla 38 se aprecia el contenido de aire tiene una significancia de 0.10, siendo mayor a 0.05, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por las diferentes sustituciones del agregado fino por escoria de cobre, sin embargo, el asentamiento y temperatura con significancias de 0.00 y 0.01 respectivamente, si presentan diferencias significativas entre sus resultados obtenidos, en otras palabras, la sustitución parcial del agregado

fino por escoria de cobre ejerce cambios significativos en las propiedades de asentamiento y temperatura del concreto.

Tabla 38. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – contenido de aire, asentamiento y temperatura.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de aire	Entre grupos	0.18	3	0.06	2.92	0.10
	Dentro de grupos	0.17	8	0.02		
	Total	0.35	11			
Asentamiento	Entre grupos	21.38	3	7.13	44.53	0.00
	Dentro de grupos	1.28	8	0.16		
	Total	22.66	11			
Temperatura	Entre grupos	9.18	3	3.06	9.02	0.01
	Dentro de grupos	2.71	8	0.34		
	Total	11.89	11			

La Tabla 39, exhibe los resultados de la prueba Tukey realizadas sobre estas tres propiedades. Donde tal como se adelantó previamente, el contenido de aire no presenta diferencias significativas al incluir escoria de cobre como sustituto parcial del agregado fino, por otro lado, el asentamiento si presenta diferencias significativas al comparar el patrón con las mezclas modificadas, encontrando aumentos en este parámetro respecto al patrón; por último, la temperatura solo presenta una significancia menor al 5 % al sustituir el agregado fino en un 30 % por escoria de cobre, es decir que solo con esta sustitución se obtienen cambios significativos en esta propiedad respecto al concreto patrón.

Tabla 39. Prueba Tukey para la hipótesis específica “a” – contenido de aire, asentamiento y temperatura.

Propiedad	Variable dependiente		Diferencia de medias	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			(I-J)			Límite inferior	Límite superior
Contenido de aire	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-0.10	0.12	0.83	-0.48	0.28
		CCS 20 % AF	-0.20	0.12	0.38	-0.58	0.18
		CCS 30 % AF	-0.33	0.12	0.08	-0.71	0.04
Asentamiento	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-1.23*	0.33	0.02	-2.28	-0.19
		CCS 20 % AF	-2.10*	0.33	0.00	-3.15	-1.05
		CCS 30 % AF	-3.67*	0.33	0.00	-4.71	-2.62
Temperatura	Concreto patrón	CCS 15 % AF	1.10	0.48	0.17	-0.42	2.62
		CCS 20 % AF	-0.37	0.48	0.87	-1.89	1.16
		CCS 30 % AF	1.83*	0.48	0.02	0.31	3.36

\*. Existe significancia en la diferencia de medias a un nivel de 0.05.

En la Tabla 40 se presentan los subconjuntos homogéneos para el contenido de aire del concreto, como se mencionó anteriormente, no existen diferencias significativas en este factor a diferentes sustituciones del agregado fino, es por ello que solo se tiene un subconjunto.

Tabla 40. Subconjuntos homogéneos para el contenido de aire.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05
		1
Concreto patrón	3	1.30
CCS 15 % AF	3	1.40
CCS 20 % AF	3	1.50
CCS 30 % AF	3	1.63
Sig.		0.08

En la Tabla 41 se adjuntan los subconjuntos homogéneos de las mezclas de concreto de acuerdo a su asentamiento, aquí se evidencia diferencias con el concreto patrón, teniendo tres subconjuntos y siendo el de reemplazo del 15 y 20 % de sustitución los que conforman el segundo subgrupo y finalmente el concreto con 30 % de sustitución el tercer subgrupo, es decir que esta mezcla presenta asentamientos significativamente distintos a los demás.

Tabla 41. Subconjuntos homogéneos para el asentamiento.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05		
		1	2	3
Concreto patrón	3	3.27		
CCS 15 % AF	3		4.50	
CCS 20 % AF	3		5.37	
CCS 30 % AF	3			6.93
Sig.		1.00	0.11	1.00

Los últimos subgrupos se muestran en la Tabla 42, aquí se tienen 2 subgrupos donde se puede apreciar la similitud de resultados entre el concreto patrón y los concretos que reemplazan el 15 y 20 % del agregado fino por escoria de cobre, mientras que el cambio se da al reemplazo del 30 % del agregado fino.

Tabla 42. Subconjuntos homogéneos para la temperatura.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05	
		1	2
CCS 30 % AF	3	17.27	
CCS 15 % AF	3	18.00	18.00
Concreto patrón	3		19.10
CCS 20 % AF	3		19.47
Sig.		0.46	0.06

A continuación, los resultados de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis se presentan en la Tabla 43, donde se indica que el tiempo de fraguado, el peso unitario, el tiempo inicial de fragua y el tiempo final de fragua de los concreto modificados presentan una diferencia considerable respecto a las mismas propiedades del concreto patrón.

Tabla 43. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a” – peso unitario, tiempo inicial de fragua, tiempo final de fragua y tiempo de fraguado.

Propiedad	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
Peso unitario	12	10.42	3	0.02
Tiempo inicial de fragua	12	11.00	3	0.01
Tiempo final de fragua	12	8.48	3	0.04
Tiempo de fraguado	12	7.64	3	0.05

En la siguiente tabla se adjuntan las comparaciones de las diferencias existentes de cada propiedad entre el concreto patrón y los concretos modificados. De este modo, el peso unitario presenta diferencias significativas al reemplazar el 20 y 30 % del agregado fino por escoria de cobre, siendo de igual manera el tiempo inicial de fragua registra diferencias significativas con estas dos sustituciones. A continuación, el tiempo final de fragua dio como resultado que tan solo la sustitución del 30 % de agregado fino por escoria de cobre influye desde el punto de vista estadístico en esta propiedad y siendo igual para el tiempo de fraguado.

Tabla 44. Comparación de grupos para la hipótesis específica “a” – peso unitario, tiempo inicial de fragua, tiempo final de fragua y tiempo de fraguado.

Propiedad	Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.
Peso unitario	CCS 30 % AF - Concreto patrón	9.00	2.94	3.06	0.00
	CCS 20 % AF - Concreto patrón	6.00	2.94	2.04	0.04
	CCS 15 % AF - Concreto patrón	3.00	2.94	1.02	0.31
Tiempo inicial de fragua	Concreto patrón - CCS 15 % AF	0.00	2.56	0.00	1.00
	Concreto patrón - CCS 20 % AF	-6.00	2.56	-2.35	0.02
	Concreto patrón - CCS 30 % AF	-6.00	2.56	-2.35	0.02
Tiempo final de fragua	Concreto patrón - CCS 15 % AF	-3.50	2.93	-1.19	0.23
	Concreto patrón - CCS 20 % AF	-4.00	2.93	-1.36	0.17
	Concreto patrón - CCS 30 % AF	-8.50	2.93	-2.90	0.00
Tiempo de fraguado	Concreto patrón - CCS 15 % AF	-3.00	2.94	-1.02	0.31
	Concreto patrón - CCS 20 % AF	-3.00	2.94	-1.02	0.31
	Concreto patrón - CCS 30 % AF	-8.00	2.94	-2.72	0.01

Por ende, se acepta la hipótesis de la investigación respecto a que la escoria de cobre como sustituto del agregado fino asegura las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones, pues se encontró variaciones significativas en el asentamiento, temperatura, peso unitario y tiempo de fragua.

#### 5.4.3. Hipótesis específica “b”

Siendo planteadas las hipótesis:

H<sub>i</sub>: La escoria de cobre como sustituto del agregado fino asegura las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.

H<sub>0</sub>: La escoria de cobre como sustituto del agregado fino no asegura las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.

Fue desarrollado el análisis estadístico paramétrico ANOVA de un factor a los registros de los ensayos de resistencia a la compresión y tracción de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de sustitución del agregado fino a las edades de 7, 14 y 28 días. Es así que en la Tabla 45, se observa que existen diferencias significativas entre las mezclas de concreto en los resultados de resistencia a la compresión a las edades de 7 y 28 días, además de la resistencia a la tracción a los 7 días, por otro lado, en los registros de resistencia a la compresión a los 14 días y de resistencia a tracción a los 14 y 28 días no presentan diferencias significativas a nivel estadístico, pues su significancia es superior al 5 %.

Tabla 45. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a compresión a los 7 días	Entre grupos	2422.25	3	807.42	8.63	0.01
	Dentro de grupos	748.67	8	93.58		
	Total	3170.92	11			
Resistencia a compresión a los 14 días	Entre grupos	1816.92	3	605.64	3.23	0.08
	Dentro de grupos	1502.00	8	187.75		
	Total	3318.92	11			
Resistencia a compresión a los 28 días	Entre grupos	3992.25	3	1330.75	91.78	0.00
	Dentro de grupos	116.00	8	14.50		
	Total	4108.25	11			

Resistencia a tracción a los 7 días	Entre grupos	4.78	3	1.59	5.79	0.02
	Dentro de grupos	2.20	8	0.28		
	Total	6.98	11			
Resistencia a tracción a los 14 días	Entre grupos	5.17	3	1.72	1.53	0.28
	Dentro de grupos	8.99	8	1.12		
	Total	14.16	11			
Resistencia a tracción a los 28 días	Entre grupos	5.87	3	1.96	1.83	0.22
	Dentro de grupos	8.56	8	1.07		
	Total	14.43	11			

En esa línea, se presenta una tabla que contiene los resultados de la prueba Tukey realizada sobre todas las propiedades en estado endurecido del concreto.

Para el caso de la resistencia a la compresión, es necesario resaltar que a la edad de 28 días del concreto sustituciones igual al 20 y 30 % del agregado fino influye en la reducción de esta propiedad.

Respecto a la resistencia a tracción a los 28 días, no existen porcentajes que ejerzan una influencia significativa sobre esta propiedad.

Tabla 46. Prueba Tukey para la hipótesis específica “b”.

Propiedad		Variable dependiente	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a compresión a los 7 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-9.33	7.90	0.65	-34.63	15.96
		CCS 20 % AF	-3.33	7.90	0.97	-28.63	21.96
		CCS 30 % AF	27.67*	7.90	0.03	2.37	52.96
Resistencia a compresión a los 14 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-3.33	11.19	0.99	-39.16	32.49
		CCS 20 % AF	8.00	11.19	0.89	-27.83	43.83
		CCS 30 % AF	28.33	11.19	0.13	-7.49	64.16
Resistencia a compresión a los 28 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-1.00	3.11	0.99	-10.96	8.96
		CCS 20 % AF	10.67*	3.11	0.04	0.71	20.62
		CCS 30 % AF	44.00*	3.11	0.00	34.04	53.96
Resistencia a tracción a los 7 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-0.76	0.43	0.35	-2.13	0.62
		CCS 20 % AF	-0.43	0.43	0.75	-1.80	0.94
		CCS 30 % AF	0.92	0.43	0.22	-0.45	2.30
Resistencia a tracción a los 14 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-0.69	0.87	0.86	-3.46	2.09
		CCS 20 % AF	0.17	0.87	1.00	-2.60	2.95
		CCS 30 % AF	1.15	0.87	0.57	-1.62	3.92
Resistencia a tracción a los 28 días	Concreto patrón	CCS 15 % AF	-0.46	0.84	0.94	-3.17	2.24
		CCS 20 % AF	0.28	0.84	0.99	-2.42	2.98
		CCS 30 % AF	1.43	0.84	0.38	-1.27	4.14

\*. Existe significancia en la diferencia de medias a un nivel de 0.05.

De la Tabla 47 a la Tabla 49 se adjuntan los subconjuntos homogéneos de resistencia a la compresión del concreto a sus diferentes edades. A continuación, se tienen estos subconjuntos sobre los resultados de los ensayos de resistencia a los 7 días, aquí se verá que la única variación estadísticamente significativa es la obtenida al reemplazar un 30 % de agregado fino por escoria de cobre, siendo inferior a las demás.

Tabla 47. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 7 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05	
		1	2
CCS 30 % AF	3	150.00	
Concreto patrón	3		177.67
CCS 20 % AF	3		181.00
CCS 15 % AF	3		187.00
Sig.		1.00	0.65

En la Tabla 48, están los respectivos subconjuntos de la resistencia a la compresión a los 14 días, donde tal como se adelantó previamente, no existen diferencias significativas entre las mezclas de concreto, es decir que la adición de la escoria de cobre no influye en la resistencia a la compresión del concreto a esta edad.

Tabla 48. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 14 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05
		1
CCS 30 % AF	3	190.00
CCS 20 % AF	3	210.33
Concreto patrón	3	218.33
CCS 15 % AF	3	221.67
Sig.		0.08

Y para finalizar con los ensayos de resistencia ante esfuerzos compresión, en la Tabla 49 se adjuntan los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión de las diferentes mezclas de concreto a los 28 días, es así fueron obtenidos tres subconjuntos, siendo el de mayor resistencia obtenida el del concreto patrón y el del concreto con 15 % de agregado fino sustituido por la escoria de cobre, mientras que la sustitución del 30 % del agregado fino por escoria de cobre obtuvo la peor resistencia, influyendo significativamente en la reducción de esta propiedad mecánica del concreto.

Tabla 49. Subconjuntos homogéneos de resistencia a compresión a 28 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05		
		1	2	3
CCS 30 % AF	3	205.67		
CCS 20 % AF	3		239.00	
Concreto patrón	3			249.67
CCS 15 % AF	3			250.67
Sig.		1.00	1.00	0.99

Del mismo modo, de la Tabla 50 a la Tabla 52 se encuentran diferenciados por edades, los subconjuntos homogéneos de los ensayos de resistencia a la tracción del concreto. En primer lugar, la Tabla 50 presenta los subconjuntos homogéneos de resistencia a la tracción a los 7 días, aquí se presentan dos subconjuntos homogéneos y se puede apreciar que los mejores resultados son los obtenidos por el concreto de sustitución de un 15 % de agregado fino, aunque no es considerado tan diferente al concreto patrón, en contraparte, los peores resultados son los obtenidos por el concreto con sustitución del 30 % del agregado fino.

Tabla 50. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 7 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05	
		1	2
CCS 30 % AF	3	18.79	
Concreto patrón	3	19.71	19.71
CCS 20 % AF	3	20.14	20.14
CCS 15 % AF	3		20.47
Sig.		0.05	0.35

La Tabla 51 muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a tracción a los 14 días, aquí solo fue obtenido un subconjunto, es decir que no existen diferencias significativas por la adición de escoria de cobre por el agregado fino en ningún porcentaje.

Tabla 51. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 14 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05
		1
CCS 30 % AF	3	20.80
CCS 20 % AF	3	21.78
Concreto patrón	3	21.95
CCS 15 % AF	3	22.64
Sig.		0.23

Finalmente, en la Tabla 52 se adjuntan los subconjuntos homogéneos de la resistencia a tracción a 28 días de edad del concreto, donde tal como se mencionó anteriormente, no existen diferencias significativas entre los

grupos, es decir que la inclusión de escoria de cobre en sustitución del agregado fino hasta proporciones del 30 %, no influye de forma significativa en la resistencia a la tracción del concreto.

Tabla 52. Subconjuntos homogéneos de resistencia a tracción a 28 días.

Grupos	N	Subconjunto de $\alpha$ igual a 0.05
		1
CCS 30 % AF	3	22.45
CCS 20 % AF	3	23.61
Concreto patrón	3	23.89
CCS 15 % AF	3	24.35
Sig.		0.19

En vista de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis alterna  $H_i$  y se acepta la hipótesis nula  $H_0$  que dice la escoria de cobre como sustituto del agregado fino no incrementa las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones. Pues se observó que la reducción de la resistencia a compresión, especialmente a los 28 días, es originada por la influencia de la escoria de cobre, y la resistencia a la tracción a los 28 días no presenta cambios significativos.

En consecuencia se tiene que la resistencia a compresión del concreto a los 28 días con 15 % de escoria es aquel que se parece al concreto convencional siendo mayor en 1 kg/cm<sup>2</sup> lo cual resulta beneficioso pues se está asegurando tal resistencia; del mismo modo, se tiene la resistencia a tracción, ante ello se logra aceptar la hipótesis de la investigación respecto a que la escoria de cobre como sustituto del agregado fino asegura las propiedades del concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Propiedades del concreto en estado fresco**

#### **6.1.1. Contenido de aire**

Respecto al contenido de aire en el concreto con escoria de cobre se encontró que ante incrementos en la dosis de reemplazo del agregado fino se incrementa tal como se puede observar en la Figura 7, pues al reemplazar 15 % del agregado pasó de 1.30 % a 1.40 %, con 20 % pasó a 1.50 % y con 30 % de escoria de cobre a 1.63 %.

No obstante, según la prueba estadística inferencial (Tabla 38) tales cambios presentados en el contenido de aire no son significativos estadísticamente, pues la significancia resultó de 0.10.

Es dable mencionar que ninguno de los antecedentes considerados optó por el evaluar el efecto en el contenido de aire del concreto elaborado con escoria de cobre.

#### **6.1.2. Asentamiento**

El asentamiento en el concreto también se incrementó cuando se reemplazó el agregado fino por escoria de cobre según se puede denotar en la Tabla 15, resaltando que el concreto convencional presentó un asentamiento de 3.27” incrementándose a 4.50” con 15 % de escoria de cobre, a 5.37” con 20 % y a 6.93” con 30 %. Mencionados cambios resultaron ser significativos estadísticamente para cada dosificación con una significancia de 0.00.

Según Baldoce y Vega (2019) el incremento del asentamiento se daría por la baja capacidad que tiene la escoria de cobre respecto a la absorción, por ende se incrementa la trabajabilidad y fluidez. Asimismo, Paredes y Guillen (2015) considera que la pérdida del asentamiento se ve ligado al tiempo de fragua del concreto.

### **6.1.3. Temperatura**

Al sustituir 15 % y 30 % del agregado fino por la escoria de cobre, la temperatura se redujo en 5.76 % y 9.60 %, a diferencia de que al reemplazar 20 % se incrementó en 1.92 % en comparación del concreto patrón. Estadísticamente, se encontró que los cambios presentados en la temperatura por acción del reemplazo del agregado fino fueron significativos estadísticamente con una significancia de 0.01, solo al considerar 30 % de escoria de cobre (Tabla 39).

A pesar que la temperatura del concreto es estado fresco influye en su comportamiento posterior, algunos investigadores no consideraron estudiarlo. No obstante, al denotar que la temperatura tendió a reducirse este traería consigo en el incremento del tiempo de fraguado.

### **6.1.4. Peso unitario**

El peso unitario del concreto tendió a reducirse a medida que se fue sustituyendo el agregado fino por escoria de cobre en hasta 2.02 % en comparación del concreto patrón que inicialmente contaba con un peso unitario de 2081 kg/m<sup>3</sup>. Tales reducciones son significativas estadísticamente, pues la significancia resultó de 0.02 para las dosificaciones de 30 % y 20 % de escoria de cobre.

Revisado los antecedentes, ninguno de ellos consideró evaluar los cambios en el peso unitario del concreto con escoria de cobre; por ende se puede deducir que reducciones del peso unitario vendría a ser resultado de que la escoria de cobre presenta un peso específico menor a comparación del agregado natural.

### **6.1.5. Tiempo de fragua**

El tiempo de fraguado inicial se incrementó cuando se empleó la escoria de cobre en la elaboración del concreto lo cual también se vio reflejado en el incremento del tiempo de fraguado del concreto, pues al considerar 15 % de escoria de cobre se acentuó en 14.39 %, con 20 % se acentuó en 15.83 % y con 30 % se incrementó en 58.27 %. A pesar que el tiempo de fraguado incrementó, estos cambios presentados solo fueron significativos estadísticamente con el 30 % de escoria de cobre.

Asimismo, siguiendo lo señalado por Paredes y Guillen (2015) esto se debería al incremento del asentamiento del concreto. Adicionalmente, se tiene a Wang et al. (2021) quienes señalan que la subida del tiempo de fragua en el concreto con escorias es un caso convencional que se debería al incremento de partículas de menor tamaño en relación del agregado natural.

## **6.2. Propiedades del concreto en estado endurecido**

### **6.2.1. Resistencia a compresión**

Al reemplazar el agregado fino natural por escoria de cobre, la resistencia a compresión a los 28 días tiende a incrementarse en 0.40 % cuando se considera 15 %, a diferencia de considerar 20 % y 30 % se reduce en 4.27 % y 17.62 %. Los cambios plasmados resultaron ser significativos estadísticamente con una significancia de 0.00 para el concreto con 20 % y 30 % de escoria de cobre, más el concreto con 15 % es similar a un concreto convencional.

Los resultados difieren con lo encontrado por Jara (2020) quién encontró que al sustituir 30 % del agregado trajo consigo que se incremente la resistencia a tracción, al igual que Panda et al. (2021), pues al reemplazar hasta 80 % del agregado por escoria de cobre lograron incrementar la resistencia del concreto. Sin embargo, se concuerda con lo señalado por Wang et al. (2021) quienes de acuerdo a la revisión científica que realizaron encontraron que al reemplazar ya sea el cemento o el agregado se logra mejorar adecuadamente la resistencia del concreto.

### **6.2.2. Resistencia a tracción**

En cuanto a la resistencia a tracción del concreto se encontró un comportamiento similar que la resistencia a compresión, es decir que al reemplazar 15 % del agregado fino por escoria de cobre se incrementa la resistencia la resistencia a tracción en 1.94 % y luego tiende a reducirse. No obstante, los cambios mencionados en la resistencia a tracción no son significativos estadísticamente con una significancia de 0.22 es decir que los concretos con escoria de cobre como agregado fino son similares a un concreto convencional con agregado natural.

Los resultados difieren con lo encontrado por Jara (2020) quién encontró que al sustituir 30 % del agregado trajo consigo que se incremente la resistencia a tracción, al igual que Panda et al. (2021), pues al reemplazar hasta 80 % del agregado por escoria de cobre lograron incrementar la resistencia del concreto. Sin embargo, se concuerda con lo señalado por Wang et al. (2021) quienes de acuerdo a la revisión científica que realizaron encontraron que al reemplazar ya sea el cemento o el agregado se logra mejorar adecuadamente la resistencia del concreto.

## CONCLUSIONES

1. La escoria de cobre como sustituto del agregado fino mejora las propiedades del concreto de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  para emplearlo en edificaciones, siendo que el porcentaje óptimo fue la sustitución del 15 % de escoria.
2. Desde el punto de vista estadístico, las propiedades físicas como el asentamiento, temperatura y el peso unitario del concreto sufrieron modificaciones significativas al sustituir el agregado fino por escoria, mas no que el contenido de aire y el tiempo de fragua; siendo que el mejor comportamiento fue con el 15 % de sustitución.
3. De manera general, los resultados demostraron que las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y tracción del concreto se reducen al sustituir el agregado fino por escoria; sin embargo, con una sustitución del 15 % de dichos parámetros se incrementaron en 0.40 % y 1.94 % respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la sustitución del agregado fino por escoria en un porcentaje de 15 %, pues con ello se asegura un comportamiento similar a lo determinado para el concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.
2. De las propiedades físicas, se ha denotado que la temperatura del concreto se ve alterada al momento del uso de la escoria en el concreto, es por ello que se recomienda mantener un control de dicho parámetro especialmente cuando se realice el vaciado de grandes volúmenes.
3. Se recomienda realizar futuras investigaciones basadas en la evaluación de la escoria en las propiedades mecánicas del concreto autocompactado y compactado con rodillo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAUROCO, D., 2019. *Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia , Ancash , 2019*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- BALDOCEDA, J. y VEGA, D., 2019. *Diseño de concreto de alta densidad reforzado con escoria de cobre para atenuar la transmisión de la radiación ionizante*. S.l.: Universidad Ricardo Palma.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodología\\_de\\_Investigación\\_Científica\\_para\\_ingeniería\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil).
- BRAVO, M. y DÍAZ, J., 2018. *Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cementos Tipo IP y tipo Tipo V, mediante pruebas de esclerom* [en línea]. S.l.: Universidad Andina del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2215>.
- FLORES, G. y FUENTES, J., 2021. *Diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando escoria de cobre para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 5°. México D.F.: s.n. ISBN 9786071502919.
- JARA, J., 2020. *Influencia de la escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido, La Oroya-Junín 2020*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- MAVROULIDOU, M., 2017. Mechanical Properties and Durability of Concrete with Water Cooled Copper Slag Aggregate. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 8, no. 5, pp. 1841-1854. ISSN 1877265X. DOI 10.1007/s12649-016-9819-3.
- MONJE, C., 2011. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*. Colombia:

- ÑAUPAS, H., 2014. *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. 2014. Colombia: Ediciones de la U.
- PANDA, S., SARKAR, P. y DAVIS, R., 2021. Abrasion resistance and slake durability of copper slag aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, vol. 35, no. November, pp. 101987. ISSN 23527102. DOI 10.1016/j.job.2020.101987.
- PAREDES, A. y GUILLEN, E., 2015. *Evaluación de la calidad del concreto hidráulico usando agregado fino marginal en el proyecto rehabilitación y mejoramiento de la carretera Dv. Imperial - Pampas* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2189>.
- SHI, C., MEYER, C. y BEHNOOD, A., 2008. Utilization of copper slag in cement and concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52, no. 10, pp. 1115-1120. ISSN 09213449. DOI 10.1016/j.resconrec.2008.06.008.
- ULLILEN, E. y VASQUEZ, J., 2019. *Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . S.l.: Universidad César Vallejo.
- WANG, R., SHI, Q., LI, Y., CAO, Z. y SI, Z., 2021. A critical review on the use of copper slag (CS) as a substitute constituent in concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 292, pp. 123371. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2021.123371.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: matriz de consistencia**

Matriz de consistencia

Tesis: “La escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo actúa la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar a la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en el concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La escoria de cobre como sustituto del agregado fino mejora las propiedades del concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> para emplearlo en edificaciones.</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> escoria de cobre</p>	<p>- Escoria de cobre</p>	<p>- Cantidad de escoria de cobre</p>	<p><b>Método de investigación:</b> científico</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> explicativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> experimental</p> <p><b>Población:</b> La población considerada en el desarrollo de esta tesis comprendió al concreto diseñado para un f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> con y sin sustitución del agregado fino por escoria de cobre.</p> <p><b>Muestra:</b> Según el método no probabilístico intencional se consideró 123 especímenes de concreto.</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿De qué manera la escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto simple en estado fresco para edificaciones? b) ¿Cómo la escoria de cobre como sustituto del agregado fino varía las propiedades del concreto simple en estado endurecido para edificaciones?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> a) Determinar de qué manera la escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones. b) Establecer cómo la escoria de cobre como sustituto del agregado fino varía las propiedades del concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b> a) La escoria de cobre como sustituto del agregado fino modifica las propiedades del concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco para emplearlo en edificaciones. b) La escoria de cobre como sustituto del agregado fino asegura las propiedades del concreto de f’c: 210 kg/cm<sup>2</sup> en estado endurecido para emplearlo en edificaciones.</p>	<p><b>Variable dependiente (Y):</b> propiedades del concreto</p>	<p>- Propiedades en estado fresco</p> <p>- Propiedades en estado endurecido</p>	<p>- Asentamiento</p> <p>- Contenido de aire</p> <p>- Temperatura</p> <p>- Peso unitario</p> <p>- Fraguado</p> <p>- Resistencia a la compresión</p> <p>- Resistencia a la tracción</p>	

**Anexo N° 02: certificados de laboratorio**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

TESIS:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19  
 - HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el Cliente      Profundidad : 0.00 m.      Altitud (Cota) : 3.213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Agregado Grueso      Lugar de Muestreo : Cantera      Coordenadas UTM : E. 479363 N. 8862191  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación      Según ASTM D75-03

Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	125.00 g	2.1%	2.1%	97.9%
1/2"	12.50 mm	1325.00 g	22.6%	24.9%	75.1%
3/8"	9.50 mm	2541.00 g	43.7%	68.6%	31.4%
N° 4	4.75 mm	1385.00 g	23.8%	92.4%	7.6%
N° 8	2.36 mm	415.00 g	7.1%	99.6%	0.4%
FONDO		25.00 g	0.4%	100.0%	0.0%
		5816.00 g		100.0%	100%

Variable	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 22
(A) Peso de Tara Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	470.00
(B) Peso de Tara & Suelo Húmedo	M <sub>CS</sub>	(g)	3526.50
(C) Peso de Tara & Suelo Seco	M <sub>CS</sub>	(g)	3520.50
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	3050.50
(E) Peso de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	6.00
(F) Contenido Humedad (100* E/D)	w	(%)	0.2%
Tamaño máximo, tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado			25 mm [1"]
Tamaño máximo nominal, corresponde al primer retenido			19 mm [3/4"]
Según ASTM C33 la granulometría de la muestra corresponde al			Huso 67

**Límites Granulométricos en agregado grueso según ASTM C33/C33M-18**

Huso	Tamaño máximo nominal		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados ASTM E11							
			50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm
	Medida en, mm	Medida en, pulg.	[2 pulg]	[1 1/2 pulg]	[1 pulg]	[3/4 pulg]	[1/2 pulg]	[1/4 pulg]	[N° 4]	[N° 8]
4	37.5 mm a 19 mm	[1 1/2" a 3/4"]	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---
467	37.5 mm a 4.75 mm	[1 1/2" a N° 4]	100	90 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---
5	25 mm a 12.5 mm	[1" a 1/2"]	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
56	25 mm a 9.5 mm	[1" a 3/8"]	---	100	90 a 100	40 a 85	0 a 40	0 a 15	0 a 5	---
57	25 mm a 4.75 mm	[1" a N° 4]	---	---	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5
6	19 mm a 9.5 mm	[3/4" a 1/2"]	---	---	---	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---
67	19 mm a 4 mm	[3/4" a N° 4]	---	---	---	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5
7	12.5 mm a 4.75 mm	[1/2" a N° 4]	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 5	0 a 5



OBSERVACIONES:

Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplan con un Huso granulométrico y cumplan con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 27332

RUC: 20601685524

[Pág. 01]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

TESIS:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19  
 - HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Agregado Fino Lugar de Muestreo : Cantera Coordenadas UTM : E. 479363 N.8662191  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

**Análisis Granulométrico agregado fino ASTM C136/C136M-18**

Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	215.00 g	3.8%	3.8%	96.2%
N° 8	2.36 mm	512.00 g	9.1%	13.0%	87.0%
N° 16	1.18 mm	2245.00 g	40.0%	53.0%	47.0%
N° 30	0.60 mm	998.00 g	17.8%	70.8%	29.2%
N° 50	0.30 mm	523.00 g	9.3%	80.1%	19.9%
N° 100	0.15 mm	423.00 g	7.5%	87.7%	12.3%
N° 200	0.07 mm	639.00 g	11.4%	99.1%	0.9%
FONDO		52.00 g	0.9%	100.0%	0.0%
		5607.00 g		100.0%	100%

**Humedad evaporable según ASTM C566-13**

Variable	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 36
(A) Peso de Tara Vacío	M <sub>C</sub>	(g)	425.36
(B) Peso de Tara & Suelo Húmedo	M <sub>CHS</sub>	(g)	3526.50
(C) Peso de Tara & Suelo Seco	M <sub>CS</sub>	(g)	3505.50
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M <sub>S</sub>	(g)	3080.14
(E) Peso de Agua (B-C)	M <sub>W</sub>	(g)	21.00
(F) Contenido Humedad (100° E/D)	w	(%)	0.7%

Según ASTM C136 el modulo de fineza corresponde al valor de 3.06

**Límites Granulométricos agregado fino ASTM C33/C33M-18**

Ítem	Tamaño maximo nominal		Porcentaje que pasa
	Medida en, mm	Medida en, pulg.	
1	9.5 mm	[3/8 pulg]	100
2	4.75 mm	[N° 4]	95 a 100
3	2.36 mm	[N° 8]	80 a 100
4	1.18 mm	[N° 16]	50 a 85
5	600 µm	[N° 30]	25 a 60
6	300 µm	[N° 50]	10 a 30
7	150 µm	[N° 100]	2 a 10
8	75 µm	[N° 200]	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplan con un Huso granulométrico y cumplan con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19  
 - HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Escoria de Cobre Lugar de Muestreo : Cantera Coordenadas UTM : E 479363 N.8662191  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

**Análisis Granulométrico agregado fino ASTM C136/C136M-18**

Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	10.00 g	1.2%	1.2%	98.8%
N° 8	2.36 mm	104.00 g	12.2%	13.3%	86.7%
N° 16	1.18 mm	325.00 g	38.0%	51.3%	48.7%
N° 30	0.60 mm	225.00 g	26.3%	77.7%	22.3%
N° 50	0.30 mm	118.00 g	13.8%	91.5%	8.5%
N° 100	0.15 mm	53.00 g	6.2%	97.7%	2.3%
N° 200	0.07 mm	15.00 g	1.8%	99.4%	0.6%
FONDO		5.00 g	0.6%	100.0%	0.0%
		855.00 g		100.0%	100%

**Humedad evaporable según ASTM C566-13**

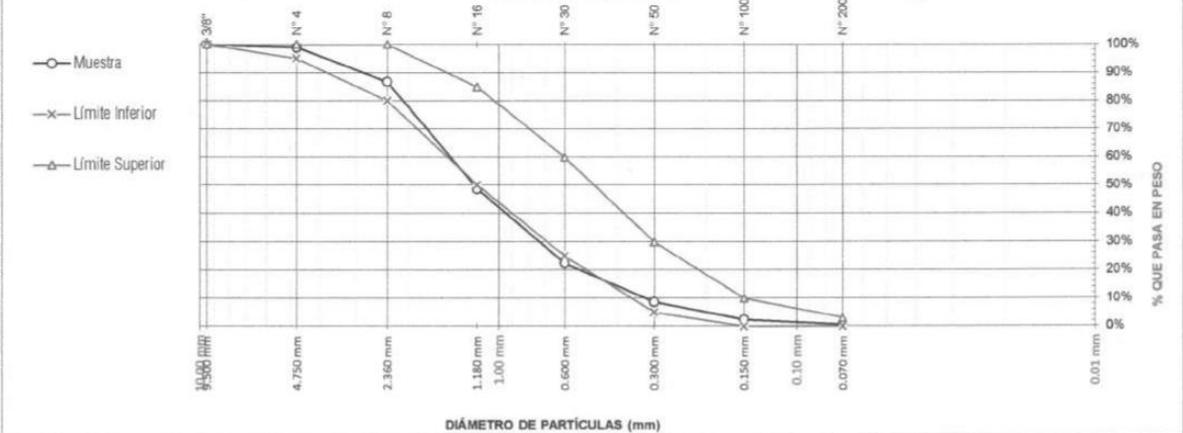
Variable	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 36
(A) Peso de Tara Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	425.60
(B) Peso de Tara & Suelo Húmedo	M <sub>ms</sub>	(g)	851.20
(C) Peso de Tara & Suelo Seco	M <sub>ss</sub>	(g)	850.40
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	424.80
(E) Peso de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	0.80
(F) Contenido Humedad (100° E/D)	w	(%)	0.2%

Según ASTM C136 el módulo de finiza corresponde al valor de 3.33

**Límites Granulométricos agregado fino ASTM C33/C33M-18**

Ítem	Tamaño máximo nominal		Porcentaje que pasa
	Medida en, mm	Medida en, pulg.	
1	9.5 mm	[3/8 pulg]	100
2	4.75 mm	[N° 4]	95 a 100
3	2.36 mm	[N° 8]	80 a 100
4	1.18 mm	[N° 16]	50 a 85
5	600 µm	[N° 30]	25 a 60
6	300 µm	[N° 50]	10 a 30
7	150 µm	[N° 100]	2 a 10
8	75 µm	[N° 200]	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplan con un Huso granulométrico y cumplan con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOP con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

TESIS:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - PRUEBA ESTÁNDAR PARA MATERIALES MÁS FINOS QUE 75 MM (NO. 200)  
 TAMIZ EN AGREGADOS MINERALES POR LAVADO SEGÚN ASTM C117-17

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio      Profundidad : 0.00 m.      Altitud (Cota) : 3.213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino      Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca      Coordenadas UTM : E 478665 N 866430  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación      Según ASTM D75-03

**DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO FINO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	M-01	M-02	M-03
01	N° Bandeja	N°	N° 51	N° 24	N° 74
02	Peso Bandeja	gr	180.0	179.0	182.0
03	Peso muestra Seca Inicial + Bandeja	gr	1351.0	1375.0	1381.0
04	Peso muestra Seca Final + Bandeja	gr	1347.0	1370.0	1378.0
05	Peso muestra Seca Inicial sin Lavar	gr	1171.0	1196.0	1199.0
06	Peso muestra Seca Final Lavada	gr	1167.0	1191.0	1196.0
07	Material Fino que Pasa	gr	4.0	5.0	3.0
08	Cantidad de Material Fino Contenido	%	0.3%	0.4%	0.3%
09	Cantidad de Material Fino Promedio	%		0.3%	

**DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO GRUESO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	M-01	M-02	M-03
01	N° Bandeja	N°	N° 85	N° 36	N° 41
02	Peso Bandeja	gr	195.0	192.0	197.0
03	Peso muestra Seca Inicial + Bandeja	gr	2235.0	2514.0	2114.0
04	Peso muestra Seca Final + Bandeja	gr	2227.0	2503.0	2104.0
05	Peso muestra Seca Inicial sin Lavar	gr	2040.0	2322.0	1917.0
06	Peso muestra Seca Final Lavada	gr	2032.0	2311.0	1907.0
07	Material Fino que Pasa	gr	8.0	11.0	10.0
08	Cantidad de Material Fino Contenido	%	0.4%	0.5%	0.5%
09	Cantidad de Material Fino Promedio	%		0.5%	

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO SEGÚN NTP NTP-400.016

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E.478665 N.866430  
 Según ASTM D75-03

**DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO POR MEDIO DE SULFATO DE MAGNESIO SEGÚN NTP NTP 400.016**

Pasa el Tamiz Normalizado	Retiene el Tamiz Normalizado	Masa Inicial	Masa Final	Masa perdida por Sulfato de Magnesio	% de pérdida por Sulfato de Magnesio
		[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]
3/8" 9.50 mm	N°4 4.75 mm	0	0	0	0%
N°4 4.75 mm	N°8 2.36 mm	100	98.00	2	2%
N°8 2.36 mm	N°16 1.18 mm	100	98.50	1.5	2%
N°16 1.18 mm	N°30 0.60 mm	100	97.60	2.4	2%
N°30 0.60 mm	N°50 0.30 mm	100	99.50	0.5	1%
<b>Masa Total Ensayada</b>		<b>400</b>			

Pérdida del Agregado Fino por Sulfato de Magnesio : 6%

**DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO POR MEDIO DE SULFATO DE MAGNESIO SEGÚN NTP NTP 400.016**

Pasa el Tamiz Normalizado	Retiene el Tamiz Normalizado	Masa Inicial	Masa Final	Masa perdida por Sulfato de Magnesio	% de pérdida por Sulfato de Magnesio
		[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]
1 1/2" 37.50 mm	3/4" 19.00 mm	1500	1490.0	10	1%
3/4" 19.00 mm	1/2" 12.50 mm	670	663.0	7	1%
1/2" 12.50 mm	3/8" 9.50 mm	300	290.0	10	3%
<b>Masa Total Ensayada</b>		<b>2470</b>			

Pérdida del Agregado Grueso por Sulfato de Magnesio : 5%

**OBSERVACIONES:** La solución de Sulfato de Magnesio empleada fue fresca.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Ello, Lima  
 Paje, N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964046688 / 955505584  
 Correo: silvergeotec@peru.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TEMA:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- MÉTODO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENZABLES EN LOS AGREGADOS SEGÚN NTP 400.016

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Según ASTM D75-03  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E 478665 N.866430

MÉTODO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENZABLES EN EL AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.016					
Tamiz que retiene la Muestra		Masa de la Muestra de Ensayo	Tamiz designado para partículas Retenidas		Masa de Partículas retenidas en el Tamiz designado
Tamiz	Abertura	[ M ]	Tamiz	Abertura	[ R ]
N°4	4.75 mm	1000 gr	N°20	0.85 mm	998 gr

P = 0.2%

Fórmula :  $P = \left( \frac{M - R}{M} \right) * 100$

Donde :

- P: Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla  
 M: Masa de la muestra de ensayo para el agregado fino la masa de las partículas retenidas en el tamiz normalizado N° 16.  
 R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado.

MÉTODO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENZABLES EN EL AGREGADO GRUESO SEGÚN NTP 400.016					
Tamiz que Retiene la Muestra		Masa de la Muestra de Ensayo	Tamiz designado para partículas Retenidas		Masa de Partículas retenidas en el Tamiz designado
Muestra entre Tamices		[ M ]	Tamiz (1)	Abertura	[ M ]
Tamiz (1)	Tamiz (2)				
1 1/2"	3/4"	3000 gr	N°4	4.75 mm	2998 gr

P = 0.1%

Tamiz (1)	Tamiz (2)	[ M ]	Tamiz (1)	Abertura	[ M ]
3/4"	3/8"	2000 gr	N°4	4.75 mm	1998 gr

P = 0.1%

Tamiz (1)	Tamiz (2)	[ M ]	Tamiz (1)	Abertura	[ M ]
3/8"	N°4	1000 gr	N°4	4.75 mm	998 gr

P = 0.2%

P<sub>prom</sub> = 0.1%

Fórmula :  $P = \left( \frac{M - R}{M} \right) * 100$

Donde :

- P: Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla  
 M: Masa de la muestra de ensayo para el agregado fino la masa de las partículas retenidas en el tamiz normalizado N° 16.  
 R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado.

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



Ing. Chris Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.F. N° 204732

RUC: 20601685524  
 [Pág. 06]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS AGREGADOS SEGÚN NTP 400.023

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Según ASTM D75-03  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E. 478665 N.866430

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LIVIANAS EN EL AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.023**

$W_1 = 1.30 \text{ gr}$   
 $W_2 = 498.70 \text{ gr}$

Fórmula :  $L = (W_1/W_2) \times 100$

Donde:

L: Porcentaje en masa de partículas livianas.  
 $W_1$ : Masa seca de las partículas que flotan.  
 $W_2$ : Masa seca de la fracción del espécimen más grueso que el tamiz 300-mm (N°50).

$L = 0.3\%$

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LIVIANAS EN EL AGREGADO GRUESO SEGÚN NTP 400.023**

$W_1 = 4.40 \text{ gr}$   
 $W_2 = 2995.60 \text{ gr}$

Fórmula :  $L = (W_1/W_2) \times 100$

Donde:

L: Porcentaje en masa de partículas livianas.  
 $W_1$ : Masa seca de las partículas que flotan.  
 $W_2$ : Masa seca de la fracción del espécimen más grueso que el tamiz 300-mm (N°50).

$L = 0.1\%$

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:** Los agregados fueron muestreados en el depósito de la cantera de Azapampa cuyas coordenadas están especificadas en la sección de datos de este informe.  
 El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4"  
 El líquido empleado fue una solución de cloruro de zinc en agua (para un peso específico hasta casi a 2.0).

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johny R. O.

 **SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Cimentos y Pavimentos  
 Ing. Civil Johny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
 [Pág. 07]



Ir. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964046688 / 955505584  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO SEGÚN NTP 400.024

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Según ASTM D75-03  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E.478665 N.866430

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO SEGÚN NTP 400.024**

Color Garner estándar Nro	Placa Orgánica Nro
5	1
8	2
11	3 (Estándar)
14	4
16	5

Resultado de la placa Orgánica

Nro 1

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:** El color del líquido sobrenadante no es más oscuro que el del color de referencia de la solución estándar o del vidrio patrón.  
 El agregado fino bajo prueba no está considerado como posible contenedor de impurezas orgánicas dañinas.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Cimentos y Pavimentos  
 Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA  
 C.T.P. N° 201352

RUC: 20601685524  
 [Pág. 08]



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elko, Lima  
 Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964048688 / 95550594  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA AGREGADOS EN CONCRETO SEGÚN NTP 400.042

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Según ASTM D75-03  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E.478665 N.866430

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA AGREGADOS EN CONCRETO SEGÚN NTP 400.042**

Muestra : Agregado Fino                      Muestra : Agregado Grueso                      19 mm [¾"]

Resultados	
% Cloruros	0.078
% Sulfatos	0.039

Resultados	
% Cloruros	0.013
% Sulfatos	0.15

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



Ing. Civil Johnny R. ZAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204372

RUC: 20601685524  
 [Pág. 09]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE: **Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS** TESIS: **"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM³ PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO: **UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.** ENSAYOS REALIZADOS: **- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18**  
**- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE**  
**PÁRTICULAS FRACTURADAS EN AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM D5821**

DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:  
 Modalidad : Muestreo por Laboratorio Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Agregado Grueso Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E.478665 N.866430  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PÁRTICULAS FRACTURADAS EN AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM D5821

Pasa el Tamiz	Retenido sobre el tamiz	Masa de la muestra	Masa con 01 a más caras fracturadas	Masa de partículas no fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas
		[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]
1 1/2" 37.50 mm	1" 25.00 mm	0	0	0	0%
1" 25.00 mm	3/4" 19.00 mm	1500	1054.0	446.0	70%
3/4" 19.00 mm	1/2" 12.50 mm	500	307.0	193.0	61%
1/2" 12.50 mm	3/8" 9.50 mm	200	132.0	68.0	66%
Masa Total Ensayada		2200			

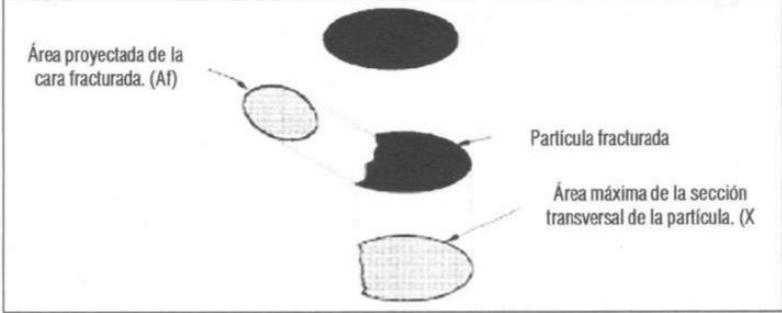
Porcentaje de partículas con 01 a más caras fracturadas : **66%**

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PÁRTICULAS FRACTURADAS EN AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM D5821

Pasa el Tamiz	Retenido sobre el tamiz	Masa de la muestra	Masa con 02 a más caras fracturadas	Masa de partículas no fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas
		[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]	[ gr ]
1 1/2" 37.50 mm	1" 25.00 mm	0	0	0	0%
1" 25.00 mm	3/4" 19.00 mm	1500	795.0	705.0	53%
3/4" 19.00 mm	1/2" 12.50 mm	500	300.0	200.0	60%
1/2" 12.50 mm	3/8" 9.50 mm	200	153.0	47.0	77%
Masa Total Ensayada		2200			

Porcentaje de partículas con 02 a más caras fracturadas : **63%**

El criterio de falla considerado se determinó con la expresión  $A_f \geq 0.25 X_{max}$



OBSERVACIONES: El porcentaje de partículas fracturadas fue determinado por masa.

Realizado: **Tec. Roy S.R.**  
 Revisado: **Ing. Johnny R. O.**

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Coqueos y Pavimento  
 Ing. Civil **Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA**  
 C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
 [Pag. 10]



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñes N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964046688 / 955505584  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, PARTÍCULAS ALARGADAS O PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO SEGÚN NTP 400.040

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca  
 Según ASTM D75-03  
 Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM : E.478665 N.866430

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, PARTÍCULAS ALARGADAS O PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO SEGÚN NTP 400.040									
Pasa el Tamiz	Retenido sobre el tamiz	Masa de la muestra	Porcentaje Retenido	Relación Dimensional 5 : 1					
				Masa de partículas chatas	Porcentaje de partículas chatas	Masa de partículas alargadas	Porcentaje de partículas alargadas	Masa de partículas que no son ni chatas ni alargadas	Porcentaje de partículas que no son ni chatas ni alargadas
				[ gr ]	[ % ]	[ gr ]	[ % ]	[ gr ]	[ % ]
1 1/2" 37.50 mm	1" 25.00 mm	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
1" 25.00 mm	3/4" 19.00 mm	1500	30.0%	158	10.5%	120	8.0%	1222	81.5%
3/4" 19.00 mm	1/2" 12.50 mm	2500	50.0%	331	13.2%	341	13.6%	1828	73.1%
1/2" 12.50 mm	3/8" 9.50 mm	1000	20.0%	98	9.8%	145	14.5%	757	75.7%
TOTAL		5000							

Porcentaje de partículas chatas:

Porcentaje de partículas alargadas:

**OBSERVACIONES:** El agregado grueso es de Tamaño máximo nominal de 3/4"  
 El porcentaje de partículas chatas y alargadas fue determinado por masa.  
 La relación dimensional usada es: Ratio 5:1

SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Geotecnia, Civil y Ambiental  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos  
 Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 209352

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

RUC: 20601685524  
 [Pág. 11]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS:**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - DEGRADACIÓN EN AGREGADO GRUESO DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN MAQUINA DE LOS ÁNGELES SEGÚN NORMA ASTM C131-C131M-14

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Muestra : Agregado Grueso Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E.478665 N.866430  
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

**Degradación en Agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles según norma ASTM C131-C131M-14**

Resultados		
Muestra	Variable	Resultados
Procedencia		
Tipo de Muestra		
Gradación Usada	A	
Nro de esferas	12	
Nro de revoluciones	500	
Peso muestra inicial	C	5500 g
Peso muestra final	Y	3820 g
Perdida		1680 g
Porcentaje de Desgaste		30.5%

Tabla N° 1 - Carga de Esferas		
Gradación	Número de Esferas	Masa de la Carga (g)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Porcentaje de perdida =  $[(C - Y) / C] \times 100$

Donde:

C = es la masa original de la muestra en gramos

Y = es la masa final de la muestra en gramos

Tabla N° 2 - Gradación de las muestras de ensayo							
Tamiz mm (apertura cuadrada)				Masa de tamaño indicada, g			
Que Pasa		Retenido Sobre		Gradación			
				A	B	C	D
37.50 mm	[ 1 1/2 pulg ]	25.00 mm	[ 1 pulg ]	1250±25	-----	-----	-----
25.00 mm	[ 1 pulg ]	19.00 mm	[ 3/4 pulg ]	1250±25	-----	-----	-----
19.00 mm	[ 3/4 pulg ]	12.50 mm	[ 1/2 pulg ]	1250±10	2500±10	-----	-----
12.50 mm	[ 1/2 pulg ]	9.50 mm	[ 3/8 pulg ]	1250±10	2500±10	-----	-----
9.50 mm	[ 3/8 pulg ]	6.30 mm	[ 1/4 pulg ]	-----	-----	2500±10	-----
6.30 mm	[ 1/4 pulg ]	4.75 mm	[ N° 4 ]	-----	-----	2500±10	-----
4.75 mm	[ N° 4 ]	2.36 mm	[ N° 8 ]	-----	-----	-----	5000±10
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Especificación : Para Gradación A, en seco, 500 revoluciones, 15 minutos:

**OBSERVACIONES:** La muestra no excede el 50% de desgaste por Abrasión, por lo cual se puede emplear para fines de construcción

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia Geofisica  
 Laboratorio de Suelos, Cimentos y Pavimentos  
 Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
 [Pág. 12]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

TESIS:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM³ PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO SEGÚN ASTM C128-15  
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM C127-15

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el Cliente      Profundidad : 0.00 m.      Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Muestra : Agregado Grueso y Fino      Lugar de Muestreo : Cantera      Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación      Según ASTM D75-03

**DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO SEGÚN ASTM C128-15 - MÉTODO GRAVIMÉTRICO**

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UND	N° ESPÉCIMEN	
			E - 01	E - 02
Masa del Picnómetro		gr	153.89	153.89
Volumen del Picnómetro		cm <sup>3</sup>	500	500
Temperatura del Agua		°C	23.0 °C	23.0 °C
Número de Bandeja		N°	N° 36	N° 33
Masa de la Bandeja		gr	460.20	460.15
Masa de la Bandeja + Muestra seca al Horno		gr	965.36	963.56
Masa de la Muestra Secada al Horno	[A]	gr	505.16	503.41
Masa del Picnómetro con Agua hasta la marca de Calibración	[B]	gr	659.25	648.52
Masa del Picnómetro con Agua + Muestra SSS	[C]	gr	968.25	969.26
Masa Saturada con Superficie Seca (SSS)	[S]	gr	510.25	508.36
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	[A] / [B + S - C]		2.51	2.68
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	[S] / [B + S - C]		2.54	2.71
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	[A] / [B + A - C]		2.58	2.76
% Absorción	[100] x [(S - A) / A]		1.0	1.0

**RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO**

Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	2.60
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	2.62
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	2.67
% Absorción	1.0

Método de Preparación de la Muestra: Desde su Humedad Natural



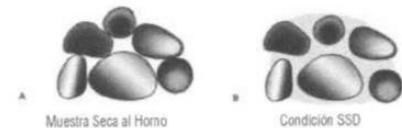
**DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM C127-15**

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UND	N° ESPÉCIMEN	
			E - 01	E - 02
Temperatura del Agua		°C	23.0 °C	23.0 °C
Número de Bandeja		N°	N° 34	N° 36
Masa de la Bandeja		gr	478.0	474.0
Masa de la Bandeja + Masa de la Muestra Seca al aire SSD		gr	3652.0	3658.0
Masa de la Muestra Seca al aire SSD	[B]	gr	3185.0	3187.0
Masa de la Canastilla Sumergida		gr	430.5	430.5
Masa de la Canastilla + Masa de la Muestra Sumergida		gr	2430.6	2440.5
Masa de la Muestra Sumergida	[C]	gr	2000.1	2010.0
Masa de la Bandeja + Masa de la Muestra Seca al Horno		gr	3641.0	3947.0
Masa de la Muestra Secada al Horno	[A]	gr	3163.0	3165.0
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	[A] / [B - C]		2.67	2.69
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	[B] / [B - C]		2.69	2.71
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	[A] / [A - C]		2.72	2.74
% Absorción	[100] x [(B - A) / A]		0.7	0.7

**RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO GRUESO**

Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	2.68
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	2.70
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	2.73
% Absorción	0.7

Método de Preparación de la Muestra: Desde su Humedad Natural



Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-09-22	09-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

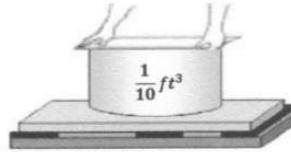
- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") Y HUECOS EN EL AGREGADO SEGÚN ASTM C29/C29M-17a

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Muestra : Agregado Grueso y Fino Lugar de Muestreo : Cantera Coordenadas UTM : E 479363 N 8662191  
Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

**CALIBRACIÓN DEL MOLDE DE PRUEBA**

Descripción	Und	Datos
Temperatura del Agua	°C	23 °C
Densidad del Agua	Kg/m³	997.54
Peso del Agua en el Molde	Kg	2.831
Volúmen del Molde	m³	0.002838



**DENSIDAD APARENTE DEL AGREGADO FINO**

Descripción	Und	Agregado Fino Suelto			Agregado Fino Compacto		
		Espécimen			Espécimen		
		E - 01	E - 02	E - 03	E - 01	E - 02	E - 03
Masa del Molde	gr	1536	1636	1636	1636	1636	1636
Volúmen del Molde	m³	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838
Masa del Molde + Muestra	gr	5741	5755	5721	6312	6298	9214
Masa de la Muestra	gr	4105	4119	4085	4676	4662	7578
Densidad Aparente	Kg/m³	1446	1451	1439	1648	1643	2670
Densidad Aparente Promedio	Kg/m³	1446			1987		

Densidad Relat. (Gravedad específica) OD	2.60
% de Vacíos - muestra Suelta	44.2%
% de Vacíos - muestra Consolidada	23.3%

Método utilizado en la Consolidación de la Muestra:

RODDING (VARILLADO)

**DENSIDAD APARENTE DEL AGREGADO GRUESO**

Descripción	Und	Agregado Grueso Suelto			Agregado Grueso Compacto		
		Espécimen			Espécimen		
		E - 01	E - 02	E - 03	E - 01	E - 02	E - 03
Masa del Molde	gr	1536	1636	1636	1636	1636	1636
Volúmen del Molde	m³	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838
Masa del Molde + Muestra	gr	5614	5797	5749	6135	6187	6025
Masa de la Muestra	gr	3978	4161	4113	4499	4551	4389
Densidad Aparente	Kg/m³	1402	1466	1449	1585	1604	1547
Densidad Aparente Promedio	Kg/m³	1439			1578		

Densidad Relat. (Gravedad específica) OD	2.68
% de Vacíos - muestra Suelta	46.2%
% de Vacíos - muestra Consolidada	41.0%

Método utilizado en la Consolidación de la Muestra:

RODDING (VARILLADO)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES: Se determinó el volumen en frecuencias que no excedan los doce meses, o cuando haya razones para cuestionar la precisión de la capacidad volumétrica del molde.

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

RUC: 20601685524  
[Pág. 14]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantera en Estudio : Cantera Coordenadas UTM : E. 479363 N. 8662191  
Aditivos en Uso : Sin Aditivo

**DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91**

**MUESTRA: PATRÓN**

**CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO**

Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c =	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr =	294	Kg/cm <sup>2</sup>

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Peso Específico (SSD)	2.62	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Absorción	1.0 %	Peso Seco Compactado	1578 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.7 %	Peso Específico (SSD)	2.70
Módulo de Finura	3.08	Absorción	0.7 %
		Contenido de Humedad	0.9 %
Cemento		Aditivo	
Tipo de Cemento a Usar	Andino Tipo I	Tipo de Aditivo	---
Peso Específico	3.15	Marca del Aditivo	---
Agua		Densidad	---
Potable		Dosificación	---

**DISEÑO DE MEZCLA**

Selección del Asentamiento (Slump)	Tipo de Consistencia Asentamiento	Seca 3" a 4"
Contenido de Aire a Considerar	Concreto Sin Aire Incorporado	2.00 %
Volumen Unitario de Agua		205 Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento		0.56
Factor Cemento	Factor Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup> 8.6 Bolsas
Estimación del Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso :	0.59 931 Kg/m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales	Cemento	0.116 m <sup>3</sup>
	Agua	0.205 m <sup>3</sup>
	Aire	0.020 m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	0.345 m <sup>3</sup>
	Suma de Volúmenes	0.686 m <sup>3</sup>
Estimación del Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino	0.314 m <sup>3</sup> 822.4 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>	Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup>
	Agua	205 Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Seco	822.4 Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco	931 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento:	Cemento	42.5 Kg/bolsa
	Agua	23.8 Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	95.5 Kg/bolsa
	Agregado Grueso Seco	108.1 Kg/bolsa

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
GEOTECNIA, GEOFISICA  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 204353

RUC: 20601685524  
[Pág. 15]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino      Profundidad : 0.00 m.      Altitud (Cota) : 3.213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I      Cantera en Estudio : Cantera      Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
Aditivos en Uso : Sin Aditivo

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	Bolsa
	Agua	23.80	Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	2.25	
	Agregado Grueso Seco	2.54	
<b>Corrección por Humedad de los Agregados</b>			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	0.682	%
	Agregado Grueso	0.9	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	828	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	-0.3	%
	Agregado Grueso	0.2	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	-2.6	Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	1.9	Lt/m <sup>3</sup>
	Aporte Total	-0.7	Lt/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	Agua Efectiva	205.7	Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3.	Cemento	366.1	Kg/m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva	205.7	Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo	828.0	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.56	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	96.1	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Húmedo	109.1	Kg/bolsa
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	2.26	
	Agregado Grueso Húmedo	2.57	
Proporción por Bolsa de Cemento:	C / AGUA / AF / AG /		
	1 / 23.9 Lt / 2.26 / 2.57 /		

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. RAYBUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
[Pág. 16]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3.213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I Cartera en Estudio : Cartera Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
Aditivos en Uso :

**DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91**

**MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 15% AGREGADO FINO POR ESCORIA DE COBRE**

**CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO**

Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c =	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr =	294	Kg/cm <sup>2</sup>

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Peso Específico (SSD)	2.62	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Absorción	1.0 %	Peso Seco Compactado	1578 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.7 %	Peso Específico (SSD)	2.70
Módulo de Finura	3.08	Absorción	0.7 %
		Contenido de Humedad	0.9 %
Cemento		Aditivo	
Tipo de Cemento a Usar	Andino Tipo I	Tipo de Aditivo	
Peso Específico	3.15	Marca del Aditivo	
Agua		Densidad	
Potable		Dosificación	

**DISEÑO DE MEZCLA**

Selección del Asentamiento (Slump)	Tipo de Consistencia Asentamiento	Seca 3" a 4"
Contenido de Aire a Considerar	Concreto Sin Aire Incorporado	2.00 %
Volumen Unitario de Agua		205 Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento		0.56
Factor Cemento	Factor Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup>
	Factor Cemento	8.6 Bolsas
Estimación del Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso :	0.59 931 Kg/m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales	Cemento	0.116 m <sup>3</sup>
	Agua	0.205 m <sup>3</sup>
	Aire	0.020 m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	0.345 m <sup>3</sup>
	Suma de Volúmenes	0.686 m <sup>3</sup>
Estimación del Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino	0.314 m <sup>3</sup> 822.4 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>	Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup>
	Agua	205 Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Seco	822.4 Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco	931 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento:	Cemento	42.5 Kg/bolsa
	Agua	23.8 Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	95.5 Kg/bolsa
	Agregado Grueso Seco	108.1 Kg/bolsa

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 201352

RUC: 20601685524

[Pág. 17]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantera en Estudio : Cantera Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
Aditivos en Uso :

Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	Bolsa
	Agua	23.80	Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	2.25	
	Agregado Grueso Seco	2.54	
Corrección por Humedad de los Agregados			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	0.682	%
	Agregado Grueso	0.9	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	828	Kg/m³
	Agregado Grueso	939.7	Kg/m³
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	-0.3	%
	Agregado Grueso	0.2	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	-2.6	Lt/m³
	Agregado Grueso	1.9	Lt/m³
	Aporte Total	-0.7	Lt/m³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	205.7	Lt/m³
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3.	Cemento	366.1	Kg/m³
	Agua Efectiva	205.7	Lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	828.0	Kg/m³
	Agregado Grueso Húmedo	939.7	Kg/m³
	Corrección por Sustitución 15%		
	Agregado Fino Húmedo	703.8	gr/m³
	Escoria de Cobre	124.197	gr/m³
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.56	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	81.7	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Húmedo	109.1	Kg/bolsa
	Escoria de Cobre	14.4	
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	1.92	
	Agregado Grueso Húmedo	2.57	
	Escoria de Cobre	0.34	
Proporción por Bolsa de Cemento:	C / AGUA / AF / AG / E.C		
	1 / 23.9 Lt / 1.92 / 2.57 / 0.34		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos al ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. D.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 40432

RUC: 20601685524  
[Pág. 18]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantera en Estudio : Cantera Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
Aditivos en Uso :

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total /o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91			
<b>MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 20% AGREGADO FINO POR ESCORIA DE COBRE</b>			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c =	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr =	294	Kg/cm <sup>2</sup>
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
Agregado Fino		Agregado Grueso	
Peso Especifico (SSD)	2.62	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Absorción	1.0 %	Peso Seco Compactado	1578 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.7 %	Peso Especifico (SSD)	2.70
Módulo de Finura	3.08	Absorción	0.7 %
Cemento		Aditivo	
Tipo de Cemento a Usar	Andino Tipo I	Tipo de Aditivo	
Peso Especifico	3.15	Marca del Aditivo	
Agua		Densidad	
Potable		Dosificación	
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento (Slump)		Tipo de Consistencia	Seca
		Asentamiento	3" a 4"
Contenido de Aire a Considerar		Concreto Sin Aire Incorporado	2.00 %
Volumen Unitario de Agua			205 Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento			0.56
Factor Cemento		Factor Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup>
		Factor Cemento	8.6 Bolsas
Estimación del Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso :		0.59
			931 Kg/m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales		Cemento	0.116 m <sup>3</sup>
		Agua	0.205 m <sup>3</sup>
		Aire	0.020 m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso	0.345 m <sup>3</sup>
		Suma de Volúmenes	0.686 m <sup>3</sup>
Estimación del Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino		0.314 m <sup>3</sup> 822.4 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>		Cemento	366.1 Kg/m <sup>3</sup>
		Agua	205 Lt/m <sup>3</sup>
		Agregado Fino Seco	822.4 Kg/m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso Seco	931 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento:		Cemento	42.5 Kg/bolsa
		Agua	23.8 Lt/bolsa
		Agregado Fino Seco	95.5 Kg/bolsa
		Agregado Grueso Seco	108.1 Kg/bolsa

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje, Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telf.: 984046888 / 985505394  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantera en Estudio : Cantera Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
 Aditivos en Uso :

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	Bolsa
	Agua	23.80	L/bolsa
	Agregado Fino Seco	2.25	
	Agregado Grueso Seco	2.54	
<b>Corrección por Humedad de los Agregados</b>			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	0.682	%
	Agregado Grueso	0.9	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	828	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	-0.3	%
	Agregado Grueso	0.2	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	-2.6	L/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	1.9	L/m <sup>3</sup>
	Aporte Total	-0.7	L/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	Agua Efectiva	205.7	L/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .	Cemento	366.1	Kg/m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva	205.7	L/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo	828.0	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
	Corrección por Sustitución 20%		
	Agregado Fino Húmedo	662.4	gr/m <sup>3</sup>
	Escoria de Cobre	165.596	gr/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.56	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua Efectiva	23.9	L/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	76.9	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Húmedo	109.1	Kg/bolsa
	Escoria de Cobre	19.2	
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	
	Agua Efectiva	23.9	L/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	1.81	
	Agregado Grueso Húmedo	2.57	
	Escoria de Cobre	0.45	
Proporción por Bolsa de Cemento:	C / AGUA / AF / AG / E.C		
	1 / 23.9 L / 1.81 / 2.57 / 0.45		

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

  
**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204322

RUC: 20601685524  
 [Pág. 20]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantera en Estudio : Cantera Coordenadas UTM : E.479363 N.8962191  
Aditivos en Uso :

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91			
MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 30% AGREGADO FINO POR ESCORIA DE COBRE			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c =	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr =	294	Kg/cm <sup>2</sup>
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
Agregado Fino		Agregado Grueso	
Peso Específico (SSD)	2.62	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Absorción	1.0 %	Peso Seco Compactado	1578 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.7 %	Peso Específico (SSD)	2.70
Módulo de Finura	3.08	Absorción	0.7 %
		Contenido de Humedad	0.9 %
Cemento		Aditivo	
Tipo de Cemento a Usar	Andino Tipo I	Tipo de Aditivo	
Peso Específico	3.15	Marca del Aditivo	
Agua		Densidad	
	Potable	Dosificación	
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento (Slump)	Tipo de Consistencia	Seca	
	Asentamiento	3" a 4"	
Contenido de Aire a Considerar	Concreto Sin Aire Incorporado	2.00	%
Volumen Unitario de Agua		205	Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento		0.56	
Factor Cemento	Factor Cemento	366.1	Kg/m <sup>3</sup>
	Factor Cemento	8.6	Bolsas
Estimación del Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso :	0.59 931	Kg/m <sup>3</sup>
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales	Cemento	0.116	m <sup>3</sup>
	Agua	0.205	m <sup>3</sup>
	Aire	0.020	m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	0.345	m <sup>3</sup>
	Suma de Volúmenes	0.686	m <sup>3</sup>
Estimación del Contenido de Agregado Fino	Volúmen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino	0.314 822.4	m <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>	Cemento	366.1	Kg/m <sup>3</sup>
	Agua	205	Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Seco	822.4	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco	931	Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento:	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua	23.8	Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	95.5	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Seco	108.1	Kg/bolsa

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. D.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje. Nules N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964046688 / 955505584  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
10-09-22	12-09-22	M-01	SG. N°135/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS:**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ACI PRC-211.1-91: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAPROBADO EN 2009).

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino      Profundidad : 0.00 m.      Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Cemento en Uso : Andino Tipo I      Cantera en Estudio : Cantera      Coordenadas UTM : E.479363 N.8662191  
 Aditivos en Uso :

Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	Bolsa
	Agua	23.80	Lt/bolsa
	Agregado Fino Seco	2.25	
	Agregado Grueso Seco	2.54	
<b>Corrección por Humedad de los Agregados</b>			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	0.682	%
	Agregado Grueso	0.9	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	828	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	-0.3	%
	Agregado Grueso	0.2	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	-2.6	Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	1.9	Lt/m <sup>3</sup>
	Aporte Total	-0.7	Lt/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	Agua Efectiva	205.7	Lt/m <sup>3</sup>
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.56	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3.	Cemento	366.1	Kg/m <sup>3</sup>
	Agua Efectiva	205.7	Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Húmedo	828.0	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo	939.7	Kg/m <sup>3</sup>
	Corrección por Sustitución 30%		
	Agregado Fino Húmedo	579.6	gr/m <sup>3</sup>
Escoria de Cobre	248.394	gr/m <sup>3</sup>	
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.56	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	67.3	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Húmedo	109.1	Kg/bolsa
	Escoria de Cobre	26.8	
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	
	Agua Efectiva	23.9	Lt/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	1.58	
	Agregado Grueso Húmedo	2.57	
	Escoria de Cobre	0.68	
	de Cemento:	C / AGUA / AF / AG / E.C	
	1 / 23.9 Lt / 1.58 / 2.57 / 0.68		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
 [Pág. 22]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA INICIAL DE ENSAYOS	FECHA FINAL DE ENSAYOS	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-01	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C 172-08
- MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO MEDIANTE EL MÉTODO POR PRESIÓN SEGÚN ASTM C231/C231M - 17a

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Método de Muestreo : B

**RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AIRE - MÉTODO DE PRESIÓN**

Muestra	Tipo de Muestra	Contenido de aire aparente de la muestra analizada (%)	Factor de corrección agregado (%)	Contenido de aire de la muestra analizada (%)
		[A <sub>1</sub> ]	[G]	[A <sub>c</sub> ] = [A <sub>1</sub> ] - [G]
M-01	Patrón	1.4 %	0.2 %	1.2 %
M-02	Patrón	1.6 %	0.2 %	1.4 %
M-03	Patrón	1.5 %	0.2 %	1.3 %

**RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AIRE - MÉTODO DE PRESIÓN**

Muestra	Tipo de Muestra	Contenido de aire aparente de la muestra analizada (%)	Factor de corrección agregado (%)	Contenido de aire de la muestra analizada (%)
		[A <sub>1</sub> ]	[G]	[A <sub>c</sub> ] = [A <sub>1</sub> ] - [G]
M-01	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.8 %	0.2 %	1.6 %
M-02	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.4 %	0.2 %	1.2 %
M-03	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.6 %	0.2 %	1.4 %

**RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AIRE - MÉTODO DE PRESIÓN**

Muestra	Tipo de Muestra	Contenido de aire aparente de la muestra analizada (%)	Factor de corrección agregado (%)	Contenido de aire de la muestra analizada (%)
		[A <sub>1</sub> ]	[G]	[A <sub>c</sub> ] = [A <sub>1</sub> ] - [G]
M-01	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.6 %	0.2 %	1.4 %
M-02	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.7 %	0.2 %	1.5 %
M-03	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.8 %	0.2 %	1.6 %

**RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AIRE - MÉTODO DE PRESIÓN**

Muestra	Tipo de Muestra	Contenido de aire aparente de la muestra analizada (%)	Factor de corrección agregado (%)	Contenido de aire de la muestra analizada (%)
		[A <sub>1</sub> ]	[G]	[A <sub>c</sub> ] = [A <sub>1</sub> ] - [G]
M-01	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	2.0 %	0.2 %	1.8 %
M-02	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.8 %	0.2 %	1.6 %
M-03	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	1.7 %	0.2 %	1.5 %

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA INICIAL DE ENSAYOS	FECHA FINAL DE ENSAYOS	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-01	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNIN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO SEGÚN ASTM C143 / C143M - 20

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO		
Muestra	Tipo de Muestra	Asentamiento del Concreto [pulg]
M-01	Patrón	3.3 pulg
M-02	Patrón	3.5 pulg
M-03	Patrón	3.0 pulg

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO		
Muestra	Tipo de Muestra	Asentamiento del Concreto [pulg]
M-01	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	4.5 pulg
M-02	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	4.0 pulg
M-03	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	5.0 pulg

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO		
Muestra	Tipo de Muestra	Asentamiento del Concreto [pulg]
M-01	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	5.8 pulg
M-02	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	5.0 pulg
M-03	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	5.3 pulg

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO		
Muestra	Tipo de Muestra	Asentamiento del Concreto [pulg]
M-01	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	6.5 pulg
M-02	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	7.0 pulg
M-03	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	7.3 pulg

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

 SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Geotecnia Geofísica  
 Laboratorio de Rielos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. O. QUINDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 20.332

RUC: 2060168524  
 [Pág. 24]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-01	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08  
- MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C1064/C1064M-11

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO**

Muestra	Tipo de Muestra	Temperatura del Concreto [°C]
M-01	Patrón	19.2 °C
M-02	Patrón	19.3 °C
M-03	Patrón	18.8 °C

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO**

Muestra	Tipo de Muestra	Temperatura del Concreto [°C]
M-01	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	18.5 °C
M-02	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	18.0 °C
M-03	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	17.5 °C

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO**

Muestra	Tipo de Muestra	Temperatura del Concreto [°C]
M-01	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	20.3 °C
M-02	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	19.7 °C
M-03	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	18.4 °C

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO**

Muestra	Tipo de Muestra	Temperatura del Concreto [°C]
M-01	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	17.0 °C
M-02	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	17.6 °C
M-03	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	17.2 °C

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES: Las muestras no exceden la temperatura de 32°C

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
GEOTECNIA, GEOFISICA  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 207350

RUC: 20601685524  
[Pág. 25]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-01	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGUN ASTM C172-08  
 - MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO SEGUN ASTM C138 / C138M-09

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio Profundidad : 0.00 m. Altitud (Cota) : 3,213.00 m.s.n.m.  
 Lugar de Muestreo : Cantera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E.478665 N.866430

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO DEL CONCRETO**

Muestra	Tipo de Muestra	Masa del Recipiente	Volúmen del Recipiente	Masa del Concreto + Recipiente	Densidad (Peso Unitario)
		Kg [M <sub>m</sub> ]	m <sup>3</sup> [V]	Kg [M <sub>c</sub> ]	Kg/m <sup>3</sup> [D]
M-01	Patrón	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.57 Kg	2080 Kg/m <sup>3</sup>
M-02	Patrón	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.56 Kg	2078 Kg/m <sup>3</sup>
M-03	Patrón	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.61 Kg	2085 Kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO DEL CONCRETO**

Muestra	Tipo de Muestra	Masa del Recipiente	Volúmen del Recipiente	Masa del Concreto + Recipiente	Densidad (Peso Unitario)
		Kg [M <sub>m</sub> ]	m <sup>3</sup> [V]	Kg [M <sub>c</sub> ]	Kg/m <sup>3</sup> [D]
M-01	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.35 Kg	2053 Kg/m <sup>3</sup>
M-02	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.37 Kg	2055 Kg/m <sup>3</sup>
M-03	Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.37 Kg	2055 Kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO DEL CONCRETO**

Muestra	Tipo de Muestra	Masa del Recipiente	Volúmen del Recipiente	Masa del Concreto + Recipiente	Densidad (Peso Unitario)
		Kg [M <sub>m</sub> ]	m <sup>3</sup> [V]	Kg [M <sub>c</sub> ]	Kg/m <sup>3</sup> [D]
M-01	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.30 Kg	2047 Kg/m <sup>3</sup>
M-02	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.29 Kg	2045 Kg/m <sup>3</sup>
M-03	Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.35 Kg	2052 Kg/m <sup>3</sup>

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RENDIMIENTO DEL CONCRETO**

Muestra	Tipo de Muestra	Masa del Recipiente	Volúmen del Recipiente	Masa del Concreto + Recipiente	Densidad (Peso Unitario)
		Kg [M <sub>m</sub> ]	m <sup>3</sup> [V]	Kg [M <sub>c</sub> ]	Kg/m <sup>3</sup> [D]
M-01	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.24 Kg	2040 Kg/m <sup>3</sup>
M-02	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.22 Kg	2036 Kg/m <sup>3</sup>
M-03	Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre	3.577 Kg	0.00817 m <sup>3</sup>	20.26 Kg	2041 Kg/m <sup>3</sup>

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-01	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS:**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Patrón M-01  
 Temperatura : 19.2 °C  
 Hora de Mezclado : 09:15 am

Hora	Tiempo (Hrs.min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:15:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:15:00	3:00:00	180 min	1.5 Mpa
12:45:00	0:30:00	210 min	2.5 Mpa
13:15:00	0:30:00	240 min	2.7 Mpa
13:45:00	0:30:00	270 min	3.3 Mpa
14:15:00	0:30:00	300 min	5.4 Mpa
14:45:00	0:30:00	330 min	9.7 Mpa
15:15:00	0:30:00	360 min	12.4 Mpa
15:45:00	0:30:00	390 min	17.9 Mpa
16:15:00	0:30:00	420 min	22.8 Mpa
16:45:00	0:30:00	450 min	24.7 Mpa
17:15:00	0:30:00	480 min	26.3 Mpa
17:30:00	0:15:00	510 min	28.5 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	270 min	04:30:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	495 min	08:15:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-02	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS:**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Patrón M-02  
 Temperatura : 19.3 °C  
 Hora de Mezclado: 09:15 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:15:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:15:00	3:00:00	180 min	1.9 Mpa
12:45:00	0:30:00	210 min	2.3 Mpa
13:15:00	0:30:00	240 min	2.9 Mpa
13:45:00	0:30:00	270 min	3.4 Mpa
14:15:00	0:30:00	300 min	5.6 Mpa
14:45:00	0:30:00	330 min	8.5 Mpa
15:15:00	0:30:00	360 min	12.3 Mpa
15:45:00	0:30:00	390 min	17.6 Mpa
16:15:00	0:30:00	420 min	22.7 Mpa
16:45:00	0:30:00	450 min	25.5 Mpa
17:15:00	0:30:00	480 min	27.6 Mpa
17:45:00	0:30:00	520 min	28.0 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	270 min	04:30:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	510 min	08:30:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente en la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. P. OLIVERA  
 C.I.P. N° 20432

RUC: 20601685524  
 [Pág. 28]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-22	15-09-22	M-03	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Patrón M-03  
 Temperatura : 18.8 °C  
 Hora de Mezclado: 09:15 am

Hora	Tiempo (Hrs.min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:15:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:15:00	3:00:00	180 min	1.7 Mpa
12:45:00	0:30:00	210 min	2.3 Mpa
13:15:00	0:30:00	240 min	3.5 Mpa
13:45:00	0:30:00	270 min	3.9 Mpa
14:15:00	0:30:00	300 min	4.1 Mpa
14:45:00	0:30:00	330 min	5.5 Mpa
15:15:00	0:30:00	360 min	8.3 Mpa
15:45:00	0:30:00	390 min	15.4 Mpa
16:15:00	0:30:00	420 min	22.2 Mpa
16:45:00	0:30:00	450 min	24.5 Mpa
17:15:00	0:30:00	480 min	26.7 Mpa
17:35:00	0:20:00	500 min	29.0 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	270 min	04:30:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	500 min	08:20:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204432

RUC: 20601685524  
 [Pág. 29]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	17-09-22	M-01	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F°C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-01  
Temperatura : 18.5 °C  
Hora de Mezclado: 09:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:30:00	3:00:00	180 min	1.6 Mpa
13:00:00	0:30:00	210 min	2.1 Mpa
13:30:00	0:30:00	240 min	2.5 Mpa
14:00:00	0:30:00	270 min	3.9 Mpa
14:30:00	0:30:00	300 min	8.1 Mpa
15:00:00	0:30:00	330 min	13.7 Mpa
15:30:00	0:30:00	360 min	16.5 Mpa
16:00:00	0:30:00	390 min	18.8 Mpa
16:30:00	0:30:00	420 min	20.4 Mpa
17:00:00	0:30:00	450 min	23.5 Mpa
17:30:00	0:30:00	480 min	25.2 Mpa
18:00:00	0:30:00	510 min	28.5 Mpa
18:15:00	0:15:00	540 min	28.9 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	270 min	04:30:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	525 min	08:45:00	Hrs/min

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia, Geofísica,  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. B. VILLANUEVA OLIVERA  
C.I.P. N° 204032

RUC: 20601685524  
[Pag. 30]

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	17-09-22	M-02	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS:**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-02  
 Temperatura : 18.0 °C  
 Hora de Mezclado: 09:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:30:00	3:00:00	180 min	1.8 Mpa
13:00:00	0:30:00	210 min	1.7 Mpa
13:30:00	0:30:00	240 min	2.6 Mpa
14:00:00	0:30:00	270 min	3.7 Mpa
14:30:00	0:30:00	300 min	5.2 Mpa
15:00:00	0:30:00	330 min	9.3 Mpa
15:30:00	0:30:00	360 min	15.4 Mpa
16:00:00	0:30:00	390 min	19.0 Mpa
16:30:00	0:30:00	420 min	21.5 Mpa
17:00:00	0:30:00	450 min	23.8 Mpa
17:30:00	0:30:00	480 min	25.4 Mpa
18:00:00	0:30:00	510 min	27.9 Mpa
18:30:00	0:30:00	545 min	29.0 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	270 min	04:30:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	540 min	09:00:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia y Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. BAYLONDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 204322

RUC: 20601685524  
 [Pág. 31]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	17-09-22	M-03	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F°C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 15% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-03  
Temperatura : 17.5 °C  
Hora de Mezclado: 09:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
09:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
12:30:00	3:00:00	180 min	1.8 Mpa
13:00:00	0:30:00	210 min	2.0 Mpa
13:30:00	0:30:00	240 min	2.6 Mpa
14:00:00	0:30:00	270 min	3.3 Mpa
14:30:00	0:30:00	300 min	7.5 Mpa
15:00:00	0:30:00	330 min	10.5 Mpa
15:30:00	0:30:00	360 min	15.3 Mpa
16:00:00	0:30:00	390 min	19.7 Mpa
16:30:00	0:30:00	420 min	21.6 Mpa
17:00:00	0:30:00	450 min	23.6 Mpa
17:30:00	0:30:00	480 min	25.1 Mpa
18:00:00	0:30:00	510 min	26.2 Mpa
18:30:00	0:30:00	555 min	28.0 Mpa



Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 204252

RUC: 20601685524  
[Pág. 32]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	18-09-22	M-01	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-01  
Temperatura : 20.3 °C  
Hora de Mezclado: 10:00 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
10:00:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:00:00	3:00:00	180 min	1.4 Mpa
13:30:00	0:30:00	210 min	1.9 Mpa
14:00:00	0:30:00	240 min	2.8 Mpa
14:30:00	0:30:00	270 min	3.4 Mpa
15:00:00	0:30:00	300 min	4.1 Mpa
15:30:00	0:30:00	330 min	5.8 Mpa
16:00:00	0:30:00	360 min	7.9 Mpa
16:30:00	0:30:00	390 min	11.2 Mpa
17:00:00	0:30:00	420 min	14.9 Mpa
17:30:00	0:30:00	450 min	18.5 Mpa
18:00:00	0:30:00	480 min	21.3 Mpa
18:30:00	0:30:00	510 min	24.3 Mpa
19:00:00	0:30:00	540 min	25.8 Mpa
19:30:00	0:30:00	570 min	26.7 Mpa
20:00:00	0:30:00	615 min	28.0 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	300 min	05:00:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	600 min	10:00:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. JAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 20-052

RUC: 20601685524  
[Pág. 33]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	18-09-22	M-02	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-02  
Temperatura : 19,7 °C  
Hora de Mezclado : 10:00 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
10:00:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:00:00	3:00:00	180 min	1.5 Mpa
13:30:00	0:30:00	210 min	2.1 Mpa
14:00:00	0:30:00	240 min	2.8 Mpa
14:30:00	0:30:00	270 min	3.4 Mpa
15:00:00	0:30:00	300 min	4.8 Mpa
15:30:00	0:30:00	330 min	5.7 Mpa
16:00:00	0:30:00	360 min	9.1 Mpa
16:30:00	0:30:00	390 min	12.6 Mpa
17:00:00	0:30:00	420 min	15.7 Mpa
17:30:00	0:30:00	450 min	18.5 Mpa
18:00:00	0:30:00	480 min	20.4 Mpa
18:30:00	0:30:00	510 min	23.7 Mpa
19:00:00	0:30:00	540 min	25.8 Mpa
19:30:00	0:30:00	570 min	26.9 Mpa
20:00:00	0:30:00	610 min	27.6 Mpa



Tiempo de Fraguado Inicial	300 min	05:00:00	Hrs/min
Tiempo de Fraguado Final	600 min	10:00:00	Hrs/min

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
GEOTECNIA, GEOFISICA  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYUENDO OLIVERA  
C.I.P. N° 294352

RUC: 20601685524  
[Pág. 34]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	18-09-22	M-03	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 20% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-03  
Temperatura : 18.4 °C  
Hora de Mezclado: 10:00 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
10:00:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:00:00	3:00:00	180 min	0.9 Mpa
13:30:00	0:30:00	210 min	1.6 Mpa
14:00:00	0:30:00	240 min	2.0 Mpa
14:30:00	0:30:00	270 min	2.4 Mpa
15:00:00	0:30:00	300 min	3.6 Mpa
15:30:00	0:30:00	330 min	4.9 Mpa
16:00:00	0:30:00	360 min	6.9 Mpa
16:30:00	0:30:00	390 min	9.4 Mpa
17:00:00	0:30:00	420 min	14.3 Mpa
17:30:00	0:30:00	450 min	17.6 Mpa
18:00:00	0:30:00	480 min	19.4 Mpa
18:30:00	0:30:00	510 min	21.6 Mpa
19:00:00	0:30:00	540 min	23.4 Mpa
19:30:00	0:30:00	570 min	25.5 Mpa
20:05:00	0:35:00	605 min	27.6 Mpa



Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geodinámica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. RAYCUNO OLIVERA  
C.I.P. N° 204392

RUC: 20601685524  
[Pág. 35]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	21-09-22	M-02	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-01  
Temperatura : 17,0 °C  
Hora de Mezclado: 10:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Mpa)
10:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:30:00	3:00:00	180 min	1.8 Mpa
14:00:00	0:30:00	210 min	2.2 Mpa
14:30:00	0:30:00	240 min	2.6 Mpa
15:00:00	0:30:00	270 min	3.3 Mpa
15:30:00	0:30:00	300 min	3.5 Mpa
16:00:00	0:30:00	330 min	3.7 Mpa
16:30:00	0:30:00	360 min	4.2 Mpa
17:00:00	0:30:00	390 min	5.8 Mpa
17:30:00	0:30:00	420 min	9.6 Mpa
18:00:00	0:30:00	450 min	10.1 Mpa
18:30:00	0:30:00	480 min	15.8 Mpa
19:00:00	0:30:00	510 min	20.3 Mpa
19:30:00	0:30:00	540 min	22.5 Mpa
20:00:00	0:30:00	570 min	24.6 Mpa
20:30:00	0:30:00	600 min	26.4 Mpa
21:00:00	0:30:00	630 min	28.0 Mpa
21:30:00	0:30:00	645 min	29.7 Mpa



Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos  
 Ing. Civil Johnny R. O. **JUAN PABLO OLIVERA**  
 C.T.P. N° 20152

RUC: 20601685524  
[Pág. 36]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-22	21-09-22	M-02	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-02  
Temperatura : 17,6 °C  
Hora de Mezclado: 10:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
10:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:30:00	3:00:00	180 min	0.7 Mpa
14:00:00	0:30:00	210 min	1.5 Mpa
14:30:00	0:30:00	240 min	2.0 Mpa
15:00:00	0:30:00	270 min	3.0 Mpa
15:30:00	0:30:00	300 min	3.5 Mpa
16:00:00	0:30:00	330 min	3.9 Mpa
16:30:00	0:30:00	360 min	4.5 Mpa
17:00:00	0:30:00	390 min	5.7 Mpa
17:30:00	0:30:00	420 min	8.6 Mpa
18:00:00	0:30:00	450 min	11.4 Mpa
18:30:00	0:30:00	480 min	16.2 Mpa
19:00:00	0:30:00	510 min	19.6 Mpa
19:30:00	0:30:00	540 min	21.9 Mpa
20:00:00	0:30:00	570 min	23.5 Mpa
20:30:00	0:30:00	600 min	24.8 Mpa
21:00:00	0:30:00	630 min	26.7 Mpa
21:30:00	0:30:00	650 min	27.5 Mpa



Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geoprisica  
Laboratorio de Suelos y Pavimentos  
Ing. Civil Johnny R. PAVARUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 204382

RUC: 20601685524  
[Pág. 37]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-22	21-09-22	M-03	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS:

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN SEGÚN ASTM C403 / C403M - 16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio

Mezcla ensayada : Sustitución del 30% de Agregado Fino por Escoria de Cobre M-03  
Temperatura : 17.2 °C  
Hora de Mezclado: 10:30 am

Hora	Tiempo (Hrs:min)	Tiempo Absoluto Acumulado (min)	Resistencia a la Penetración (Kg/cm <sup>2</sup> )
10:30:00	0:00:00	0 min	0.0 Mpa
13:30:00	3:00:00	180 min	1.0 Mpa
14:00:00	0:30:00	210 min	1.9 Mpa
14:30:00	0:30:00	240 min	2.5 Mpa
15:00:00	0:30:00	270 min	3.1 Mpa
15:30:00	0:30:00	300 min	3.5 Mpa
16:00:00	0:30:00	330 min	3.9 Mpa
16:30:00	0:30:00	360 min	4.6 Mpa
17:00:00	0:30:00	390 min	5.9 Mpa
17:30:00	0:30:00	420 min	7.8 Mpa
18:00:00	0:30:00	450 min	10.7 Mpa
18:30:00	0:30:00	480 min	13.9 Mpa
19:00:00	0:30:00	510 min	18.4 Mpa
19:30:00	0:30:00	540 min	21.2 Mpa
20:00:00	0:30:00	570 min	23.3 Mpa
20:30:00	0:30:00	600 min	25.4 Mpa
21:00:00	0:30:00	630 min	27.8 Mpa
21:10:00	0:10:00	640 min	29.0 Mpa



Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12/09/2022	19/09/2022	CM-01	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\varnothing$  x 300 mm de longitud a los 7 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-01_01	12/09/2022	19/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	303.25 kN	17.16	175	TIPO 3	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-01_02	12/09/2022	19/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	313.62 kN	17.75	181	TIPO 5 (b)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-01_03	12/09/2022	19/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	307.07 kN	17.38	177	TIPO 5 (a)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
							307.98 kN	17.43	178		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

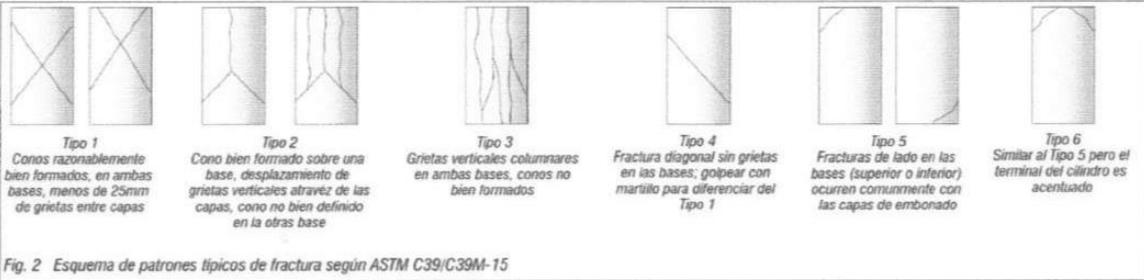


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12/09/2022	26/09/2022	CM-02	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\varnothing$  x 300 mm de longitud a los 14 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-02_01	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	378.14 kN	21.40	218	TIPO 5 (a)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-02_02	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	386.15 kN	21.85	223	TIPO 5 (a)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-02_03	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	370.14 kN	20.85	214	TIPO 5 (b)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
							378.14 kN	21.40	218		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

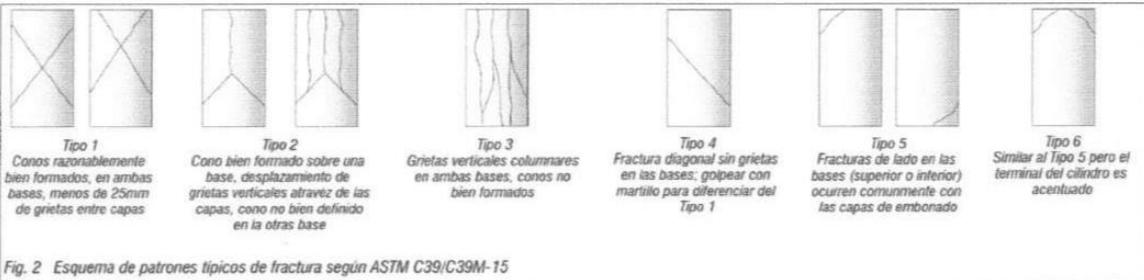


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S. R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12/09/2022	10/10/2022	CM-03	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM³ PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Método de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-03_01	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	425.85 kN	24.10	246	TIPO 3	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm²
2	CM-03_02	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	432.62 kN	24.48	250	TIPO 3	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm²
3	CM-03_03	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	439.25 kN	24.86	253	TIPO 5 (b)	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm²
							432.57 kN	24.48	250		

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

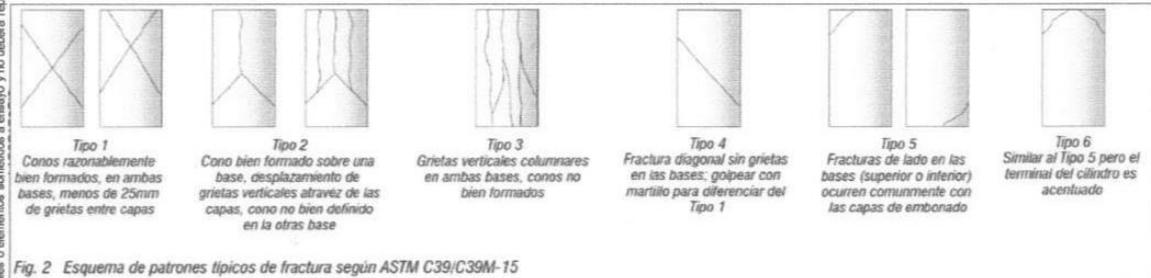


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny E. RAMÍREZ OLIVERA  
 C.I.P. N° 204452

RUC: 20601685524  
 [Pág. 41]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/09/2022	20/09/2022	CM-04	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-04_01	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	328.76 kN	18.60	190	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-04_02	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	323.52 kN	18.31	187	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-04_03	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	318.42 kN	18.02	184	TIPO 5 (b)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							323.57 kN	18.31	187		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica



Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 104292

RUC: 20601685524  
 [Pág. 42]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/09/2022	27/09/2022	CM-05	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-05_01	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	372.14 kN	21.06	215	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
2	CM-05_02	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	395.48 kN	22.38	228	TIPO 4	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
3	CM-05_03	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	385.24 kN	21.80	222	TIPO 5 (b)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
							384.29 kN	21.75	222		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

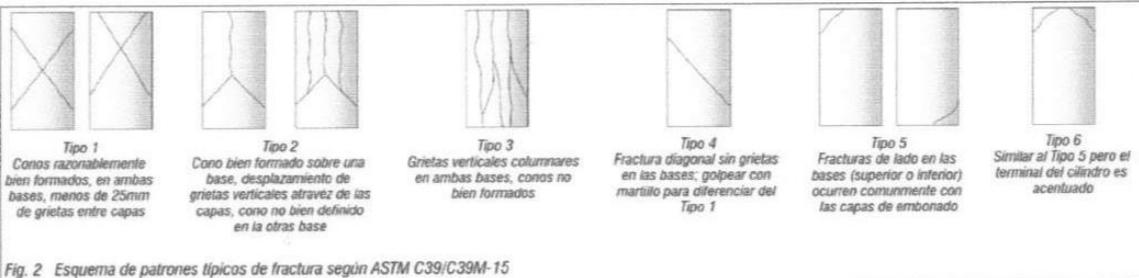


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Cemento y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. PATIANDRO OLIVERA  
 C.I.P. N° 20-01352

RUC: 20601685524  
 [Pág. 43]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/09/2022	11/10/2022	CM-06	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-06_01	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	429.85 kN	24.32	248	TIPO 2 (b)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>3</sup>
2	CM-06_02	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	442.13 kN	25.02	255	TIPO 2 (b)	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>3</sup>
3	CM-06_03	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	432.02 kN	24.45	249	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>3</sup>
							434.67 kN	24.60	251		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica



Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sag en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. AYUMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 209433

RUC: 20601685524  
 [Pág. 44]

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
14/09/2022	21/09/2022	CM-07	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

**Tipo de Ensayo :** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\varnothing$  x 300 mm de longitud a los 7 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-07_01	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	298.60 kN	16.90	172	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-07_02	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	317.25 kN	17.95	183	TIPO 2 (b)	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-07_03	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm $\varnothing$	17671 mm <sup>2</sup>	325.22 kN	18.40	188	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							<b>313.69 kN</b>	<b>17.75</b>	<b>181</b>		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

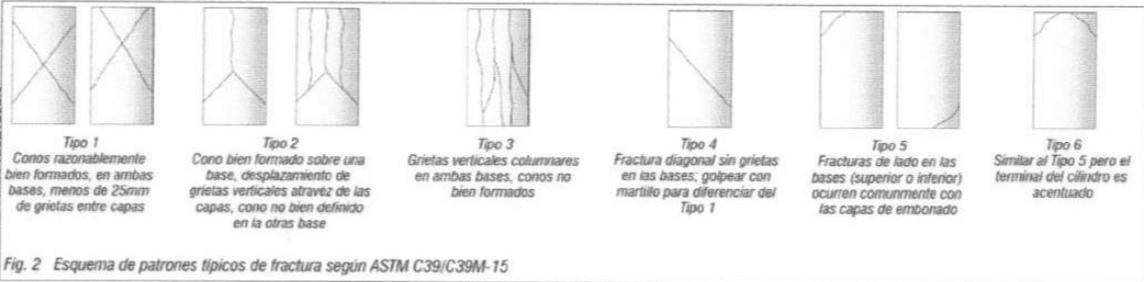


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I.P. N° 20432

RUC: 20601685524  
(Pág. 45)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
14/09/2022	28/09/2022	CM-08	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 14 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Método de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-08_01	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	358.26 kN	20.27	207	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-08_02	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	371.26 kN	21.01	214	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-08_03	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	363.25 kN	20.56	210	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							364.26 kN	20.61	210		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y/o deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de Ingeniería de Suelos y Geotecnia Consultoría Técnica

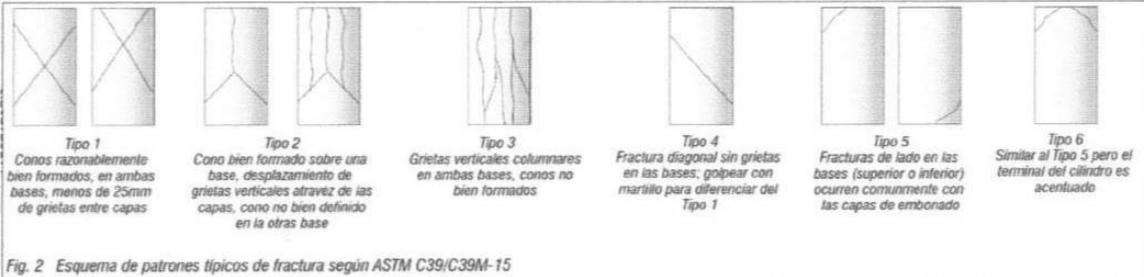


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAQUILDO OLIVERA  
C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524  
(Pág. 46)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
14/09/2022	12/10/2022	CM-09	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 28 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-09_01	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	420.25 kN	23.78	243	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-09_02	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	415.26 kN	23.50	240	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-09_03	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	405.26 kN	22.93	234	TIPO 5 (b)	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							413.59 kN	23.40	239		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la autorización por escrito del

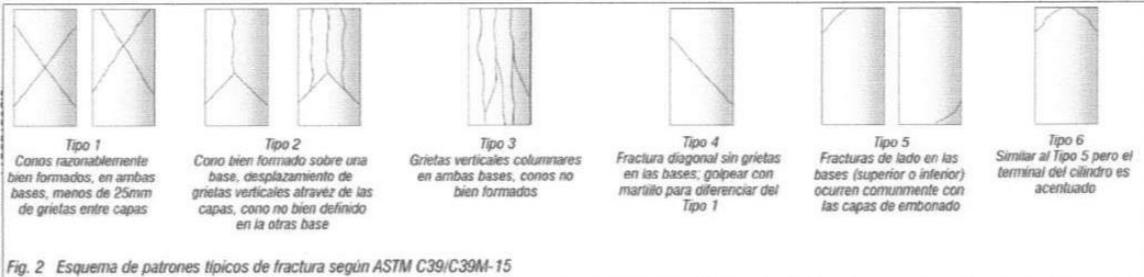


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

NOTAS:

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia, Geofísica  
Laboratorio de Suelos y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. ALVARADO OLIVERA  
C.I.P. N° 204492

RUC: 20601685524  
[Pág. 47]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	22/09/2022	CM-10	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS**

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 7 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-10_01	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	231.15 kN	13.08	133	TIPO 5 (b)	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-10_02	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	289.67 kN	16.39	167	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-10_03	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	260.41 kN	14.74	150	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							260.41 kN	14.74	150		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

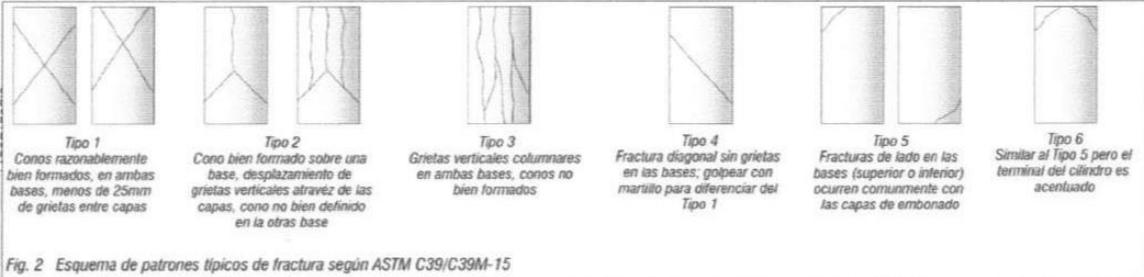


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sag en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. AYUQUILLO OLIVERA  
 C.I.F. N° 204252

RUC: 20601685524  
 [Pág. 48]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	29/09/2022	CM-11	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-11_01	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	283.60 kN	16.05	164	TIPO 5 (a)	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm²
2	CM-11_02	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	374.26 kN	21.18	216	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm²
3	CM-11_03	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	328.93 kN	18.61	190	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f <sub>c</sub> =210 Kg/cm²
							328.93 kN	18.61	190		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de

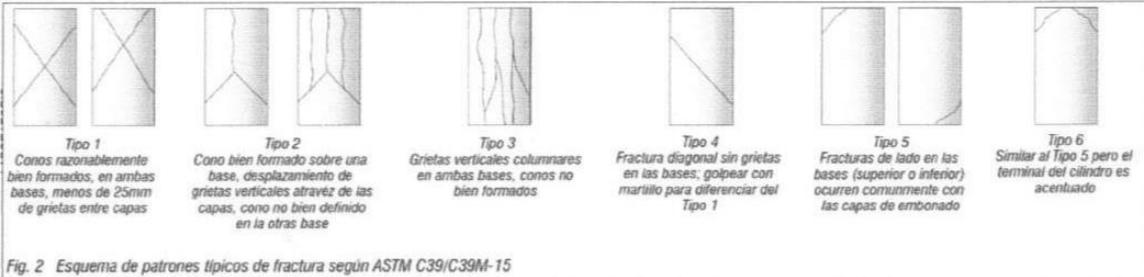


Fig. 2. Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. PAVARUNA OLIVERA  
 C.I.P. N° 20438

RUC: 20601685524  
 [Pág. 49]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	13/10/2022	CM-12	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 28 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Método de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	Tipo de Diseño
1	CM-12_01	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	359.63 kN	20.35	208	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	CM-12_02	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	357.85 kN	20.25	207	TIPO 6	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	CM-12_03	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	350.23 kN	19.82	202	TIPO 3	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							355.90 kN	20.14	205		

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

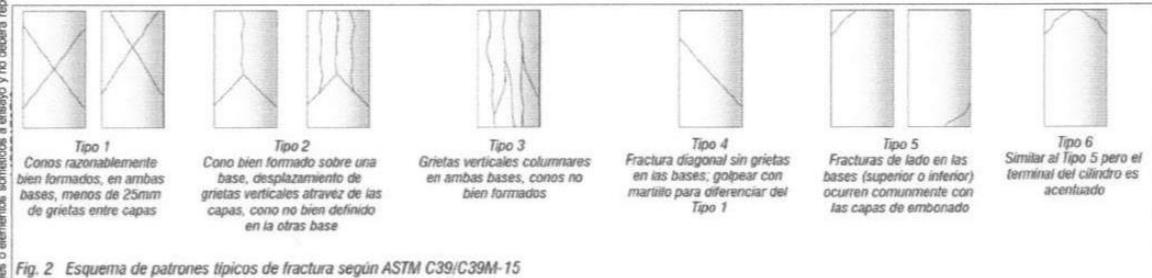


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johry R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia, Geofísica,  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johry R. O. OLIVERA  
C.I.P. N° 204373

RUC: 20601685524  
[Pág. 50]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPÍ con Resolución N° 004588-2018/DS





Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio, Uma  
Pasaje Nufies N° 122-152 Chilca, Huancayo  
Telef. 064212021 / 964046688 / 935505584  
Correo: administrador@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12/09/2022	26/09/2022	TA-02	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-02_01	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	152.23 kN	2.15	21.96	Diametral	ACI 211 - PATRÓN Fc=210 Kg/cm²
2	TA-02_02	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	148.96 kN	2.11	21.49	Diametral	ACI 211 - PATRÓN Fc=210 Kg/cm²
3	TA-02_03	12/09/2022	26/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	155.36 kN	2.20	22.41	Diametral	ACI 211 - PATRÓN Fc=210 Kg/cm²
							152.18 kN	2.15	21.95		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia / Geofísica  
Laboratorio de Suelos y Pavimentos  
Ing. Civil Johnny R. PATRULLO OLIVERA  
C.I.P. N° 124232

RUC: 20601685524  
[Pág. 52]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Ello, Lima  
 Pasaje Nufes N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 04-4213021 / 964046688 / 955505584  
 Correo: administrador@silver-geotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12/09/2022	10/10/2022	TA-03	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:** Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

**TESIS:** "LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>2</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C498/C498M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-03_01	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	160.25 kN	2.27	23.12	Diametral	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	TA-03_02	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	171.25 kN	2.42	24.71	Diametral	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	TA-03_03	12/09/2022	10/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	165.18 kN	2.34	23.83	Diametral	ACI 211 - PATRÓN f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
							165.56 kN	2.34	23.88		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

- NOTAS:**
- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
  - 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
 GEOTECNIA GEOFISICA  
 Laboratorio de Ruedas, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 232152

RUC: 20601685524  
 [Pág. 53]

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/09/2022	20/09/2022	TA-04	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

TESIS

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-04_01	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	145.23 kN	2.05	20.95	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
2	TA-04_02	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	138.25 kN	1.96	19.94	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
3	TA-04_03	13/09/2022	20/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	142.25 kN	2.01	20.52	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
							<b>141.91 kN</b>	<b>2.01</b>	<b>20.47</b>		

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 GEOTECNIA GEODISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 2010102

RUC: 20601685524  
 [Pág. 54]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/09/2022	27/09/2022	TA-05	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-05_01	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	158.26 kN	2.24	22.83	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
2	TA-05_02	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	159.36 kN	2.25	22.99	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
3	TA-05_03	13/09/2022	27/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	153.20 kN	2.17	22.10	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
							156.94 kN	2.22	22.64		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
GEOTECNIA GEOFISICA  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. OLIVERA  
C.I.P. N° 20433/2

RUC: 20601685524  
[Pág. 55]



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Ello, Lima  
 Pasaje Nufes N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 064212021 / 964046688 / 955505584  
 Correo: administrador@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/09/2022	11/10/2022	TA-06	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-06_01	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	180.34 kN	2.55	26.02	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
2	TA-06_02	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	160.25 kN	2.27	23.12	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
3	TA-06_03	13/09/2022	11/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	165.73 kN	2.34	23.91	Diametral	ACI 211 - Sust. 15% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
							168.77 kN	2.39	24.35		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 20403

RUC: 20601685524  
 [Pág. 56]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
14/09/2022	21/09/2022	TA-07	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-07_01	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	140.74 kN	1.99	20.30	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
2	TA-07_02	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	135.50 kN	1.92	19.55	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
3	TA-07_03	14/09/2022	21/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	142.63 kN	2.02	20.58	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
							139.62 kN	1.98	20.14		

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

NOTAS:

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia Geofísica  
Laboratorio de Suelos y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. AMORADO OLIVERA  
C.I.P. N° 20182

RUC: 20601685524  
[Pág. 57]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
14/09/2022	28/09/2022	TA-08	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-08_01	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	159.36 kN	2.25	22.99	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
2	TA-08_02	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	150.26 kN	2.13	21.68	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
3	TA-08_03	14/09/2022	28/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	143.26 kN	2.03	20.67	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
							150.96 kN	2.14	21.78		

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
 Consultoría Técnica

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 KN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

 SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Geotecnia, Geofísica  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. OLIVERA  
 C.I.P. 124002

RUC: 20601685524  
 [Pág. 58]

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
14/09/2022	12/10/2022	TA-09	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'C: 210 KG/CM<sup>3</sup> PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-09_01	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	163.25 kN	2.31	23.55	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	TA-09_02	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	170.36 kN	2.41	24.58	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	TA-09_03	14/09/2022	12/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm <sup>2</sup>	157.25 kN	2.22	22.69	Diametral	ACI 211 - Sust. 20% AF x EC f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>
							<b>163.62 kN</b>	<b>2.31</b>	<b>23.60</b>		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 KN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnia Geofísica  
Laboratorio de Rieles, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. OLIVERA  
C.I.P. N° 20432

RUC: 20601685524  
[Pág. 59]

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	22/09/2022	TA-10	SG. N°335/2022

SOLICITANTE:

Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS

TESIS

"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-10_01	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	125.26 kN	1.77	18.07	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
2	TA-10_02	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	135.26 kN	1.91	19.51	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
3	TA-10_03	15/09/2022	22/09/2022	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	130.25 kN	1.84	18.79	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
							130.26 kN	1.84	18.79		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

NOTAS:

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 KN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

 SILVER GEOTEC S.A.C.  
Geotecnia y Geofísica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos  
Ing. Civil Johnny R. RAYBURN OLIVERA  
C.I.P. N° 204332

RUC: 20601685524  
[Pág. 60]

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	29/09/2022	TA-11	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-11_01	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	134.25 kN	1.90	19.37	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
2	TA-11_02	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	156.63 kN	2.22	22.60	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
3	TA-11_03	15/09/2022	29/09/2022	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	141.68 kN	2.00	20.44	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c = 210 Kg/cm²
							144.19 kN	2.04	20.80		

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

**NOTAS:**

- 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kV/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
GEOTECNIA GEOFISICA  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA  
C.I.F. N° 25352

RUC: 20601685524  
[Pág. 61]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
15/09/2022	13/10/2022	TA-12	SG. N°335/2022

**SOLICITANTE:**

**Bach. RUIZ SALAZAR DIOMEDES JESÚS**

**TESIS**

**"LA ESCORIA DE COBRE COMO SUSTITUTO DEL AGREGADO FINO EN EL CONCRETO DE F'c: 210 KG/CM² PARA EMPLEARLO EN EDIFICACIONES"**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD**

**Tipo de Ensayo :** Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad :** Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
**Metodo de Muestreo :** ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Tipo de Diseño
1	TA-12_01	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	150.50 kN	2.13	21.71	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
2	TA-12_02	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	156.18 kN	2.21	22.53	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
3	TA-12_03	15/09/2022	13/10/2022	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	160.25 kN	2.27	23.12	Diametral	ACI 211 - Sust. 30% AF x EC f'c=210 Kg/cm²
							155.64 kN	2.20	22.45		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

Ingeniería de Suelos y Geotecnia  
Consultoría Técnica

**NOTAS:**

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Tec. Roy S.R.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

 **SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Geotecnica Geofisica  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil Johnny R. O. MURILLO OLIVERA  
C.I.F. N° 20435

RUC: 20601685524  
[Pág. 62]

**Anexo N° 03: certificados de calibración de instrumentos**



# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

## TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración, con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-aci-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019  
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

**ESTELA CONTRERAS JUJO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 290-2016-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N° 004-6/INACAL/DA  
Registro N° : LC-0-6

Fecha de emisión: 08 de junio de 2019

El presente certificado solo es válido con su correspondiente Documento de Acreditación y resulta de nulidad todo dato que el cliente puede estar sujeto a modificaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance e intensidad de las limitaciones de la página web www.inacal.gob.pe para verificar la vigencia y validez de los datos del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL se encuentra en: Benavente 1000, M.I. Santa Rosa, San Juan de Dios, San Juan de Dios, Lima. Teléfono: 01-422-2021 (Línea 1) y 01-422-2021 (Línea 2) y del Anexo de desarrollo de la Ley con la "Instituto Laboratorios Acreditados Chaperón S.L.A."

DA-aci-OSP-21F/ver. 03



Jr. Angel Fernandez Cuervo N° 2809 Int. 104 Urb. Elio, Lima  
Pje. Núñez N° 122-152 Chica, Huancayo  
Celular: 964066888 / 955055384  
Teléfono Fijo: 054-212021  
Correo: silvergeotec@grinall.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-09901-2022**

PROFORMA : 11317A Fecha de emisión : 2022 - 06 - 08 Página : 1 de 2

**SOLICITANTE:** SILVER GEOTEC S.A.C.  
Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junin-Huancayo-Chilca

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** PRENSA DE CONCRETO  
Marca : PINZUAR  
Modelo : PC-42  
N° Serie : 457  
Intervalo de indicación : 1000 kN  
Resolución : 0,01 kN  
Procedencia : No Indica  
Código de Identificación : No Indica  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2022 - 06 - 07

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

**METODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	16,5 C	16,4°C
HUMEDAD RELATIVA	48,0%	48,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISONIEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
C.F.P. N° 0316

**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3MN 5000 Kn	12821C

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Equipo ( kN )	Lectura Convencionalmente Verdadera ( kN )	Error ( kN )	Incertidumbre ( kN )
10,12	9,94	0,18	0,01
50,08	49,13	0,95	0,01
100,13	98,21	1,92	0,01
200,08	196,22	3,86	0,01
300,12	294,33	5,79	0,01
400,08	392,32	7,76	0,01
500,10	490,37	9,73	0,01
600,08	588,46	11,62	0,01

**OBSERVACIONES.**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



### Certificado de Calibración

**TC - 09248 - 2022**

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-06-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

**Instrumento de medición :** Balanza  
 Tipo : Electrónica  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : R31P30  
 N° de Serie : 8336130194  
 Capacidad Máxima : 30000 g  
 Resolución : 10 g  
 División de Verificación : 10 g  
 Clase de Exactitud : III  
 Capacidad Mínima : 200 g  
 Procedencia : CHINA  
 Identificación : No Indica  
 Ubicación : Laboratorio  
 Variación de  $\Delta T$  Local : 5 °C  
 Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

**Lugar de calibración**  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**Método de calibración**  
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII" Primera Edición - Mayo 2019 DM - INACAL

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento

El presente documento carece de valor sin firma y sello



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 CFP: 0316



Certificado de Calibración  
 TC - 09248 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC 0055-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC-06242-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC-06243-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC-06244-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC-06809-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	15 000	7	2	1	30000	30 000	8	3
2		15 000	5	0	2		30 000	8	-3
3		15 000	5	0	3		30 000	8	-3
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	8	-3
7		15 000	7	-2	7		30 000	8	3
8		15 000	7	-2	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	8	-3
10		15 000	5	0	10		30 000	8	-3
Emax - Emin   (g)				2	Emax - Emin   (g)				1
e.m.p. ± (g)				20	e.m.p. ± (g)				30



Certificado de Calibración  
 TC - 09248 - 2022

2	5
1	
3	4

Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec				e.m.p. ± (g)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	100	100	6	1	10000	10 000	7	2	1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	1	
3		100	7	2		10 000	6	1	1	
4		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
5		100	5	0		10 000	5	0	0	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1						
200	200	7	-2	-1	200	6	-1	0	10
1 000	1 000	6	-1	0	1 000	7	-2	-1	10
5 000	5 000	6	-1	0	5 000	6	-1	0	10
7 000	7 000	4	1	2	7 000	5	0	1	20
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	-1	0	20
15 000	15 000	7	-2	-1	15 000	7	-2	-1	20
17 000	17 000	6	-1	0	17 000	7	-2	-1	20
20 000	20 000	7	-2	-1	20 000	6	-1	0	20
25 000	25 000	7	-2	-1	25 000	7	-2	-1	30
30 000	30 000	8	-4	-3	30 000	7	-3	-2	30

Donde

I Indicación de la balanza      ΔL Carga incrementada      Eo Error en cero  
 e.m.p. Error máximo permitido      E Error encontrado      Ec Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	=	$R + 3,60 \times 10^{-5} \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \times R^2 + 3,55 \times 10^{-9} \times R^2}$

R Lectura cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 960 g para una carga de valor nominal 30000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**TC - 09902 - 2022**

Proforma : 11317 Fecha de Emisión : 2022-06-10

**SOLICITANTE** : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNÍN-HUANCAYO-CHILCA

**EQUIPO** : HORNO  
 Marca : A&A INSTRUMENTS  
 Modelo : STHX-1A  
 Número de Serie : 16635  
 Identificación : NO INDICA  
 Procedencia : NO INDICA  
 Circulación del aire : Ventilación natural  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C
Selector	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
 La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PG-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM/INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	14,6 °C	56 %hr	221 V
Final	15 °C	51 %hr	221 V

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.  
 El presente documento carece de valor sin firma y sello.

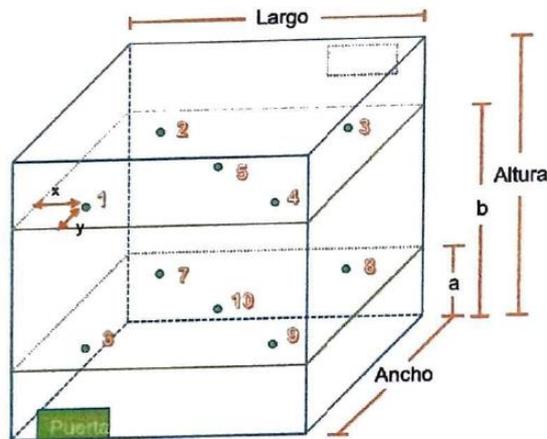


**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
 Gerente Técnico  
 CFP: 0316

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,16 °C hasta 0,18 °C.	LT-0849-2021

UBICACIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DEL MEDIO ISOTERMO



Largo :	50,0 cm	a :	5,0 cm	x :	6,0 cm
Ancho :	38,0 cm	b :	34,0 cm	y :	5,0 cm
Altura :	50,0 cm				

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.  
El medio isoterma tenía 2 parrillas al momento de iniciar la calibración.

NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de
l	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante
T. MÁX	: Temperatura máxima por sensor	DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.
T. MÍN	: Temperatura mínima por sensor		
T. max	: Temperatura máxima para un instante dado.		
T. min	: Temperatura mínima para un instante dado.		



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



### Certificado de Calibración

**TC - 09248 - 2022**

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-06-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 JunIn-Huancayo-Chilca

**Instrumento de medición** : Balanza  
 Tipo : Electrónica  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : R31P30  
 N° de Serie : 8336130194  
 Capacidad Máxima : 30000 g  
 Resolución : 10 g  
 División de Verificación : 10 g  
 Clase de Exactitud : III  
 Capacidad Mínima : 200 g  
 Procedencia : CHINA  
 Identificación : No Indica  
 Ubicación : Laboratorio  
 Variación de ΔT Local : 5 °C  
 Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**Lugar de calibración**  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 CFP: 0316



Certificado de Calibración  
 TC - 09248 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-00566-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC-06242-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC-06243-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC-06244-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC-06809-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Niveleación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	15 000	7	-2	1	30000	30 000	8	-3
2		15 000	5	0	2		30 000	8	-3
3		15 000	5	0	3		30 000	8	-3
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	8	-3
7		15 000	7	-2	7		30 000	8	-3
8		15 000	7	-2	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	8	-3
10		15 000	5	0	10		30 000	8	-3
Emax - Emin   (g)					Emax - Emin   (g)				
e.m.p. ± (g)					e.m.p. ± (g)				

Certificado de Calibración  
 TC - 09248 - 2022

2	6
1	
3	4

Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

N°	Determinación de Eo				Carga (g)	Determinación del Error Corregido Ec				e.m.p. ± (g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	100	100	6	-1	10000	10 000	7	-2	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
4		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
5		100	5	0		10 000	5	0	0	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1	-1	200	6	-1	0	10
200	200	7	-2	0	1 000	7	-2	-1	10
1 000	1 000	6	-1	0	5 000	6	-1	0	10
5 000	5 000	6	-1	0	7 000	5	0	1	20
7 000	7 000	4	1	2	10 000	6	-1	0	20
10 000	10 000	5	0	1	15 000	7	-2	-1	20
15 000	15 000	7	-2	-1	17 000	7	-2	-1	20
17 000	17 000	6	-1	0	20 000	6	-1	0	20
20 000	20 000	7	-2	-1	25 000	7	-2	-1	30
25 000	25 000	7	-2	-1	30 000	7	-2	-2	30
30 000	30 000	8	-4	-3					

Donde:  
 I : indicación de la balanza  
 e.m.p. : Error máximo permitido  
 ΔL : Carga incrementada  
 E : Error encontrado  
 Eo : Error en cero  
 Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

$$\text{Lectura Corregida} = R + 3,60 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{7,03 \times 10^{-6} \times R^2 + 3,55 \times 10^{-6} \times R^2}$$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

**Observaciones**  
 Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.  
 La indicación de la balanza fue de 29 960 g para una carga de valor nominal 30000 g.

**Incertidumbre**  
 La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-09250-2022**

PROFORMA : 11317A

Fecha de emisión : 2022 - 06 - 08

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.

Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CBR MARSHALL  
 Marca : PINZUAR  
 Modelo : PS-27  
 N° Serie : 299  
 Intervalo de indicación : 50 kN  
 Resolución : 0,01 kN  
 Procedencia : No Indica  
 Código de Identificación : No Indica  
 Ubicación : Laboratorio  
 Fecha de Calibración : 2022 - 06 - 07

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

**METODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18,4°C	18,4°C
HUMEDAD RELATIVA	49,0%	49,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

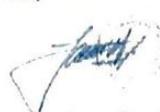
TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 C.F.P. N° 0316

**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3MN 5000 Kn	12821C

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Equipo ( kN )	Lectura Convencionalmente Verdadera ( kN )	Error ( kN )	Incertidumbre ( kN )
5,04	5,02	0,02	0,01
10,07	9,93	0,14	0,01
20,03	19,73	0,30	0,01
30,01	29,50	0,51	0,01
35,02	34,51	0,51	0,01
40,02	39,46	0,56	0,01
45,03	44,41	0,62	0,01
50,00	49,35	0,65	0,01

**OBSERVACIONES.**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**FIN DEL DOCUMENTO**

**Anexo N° 04: panel fotográfico**



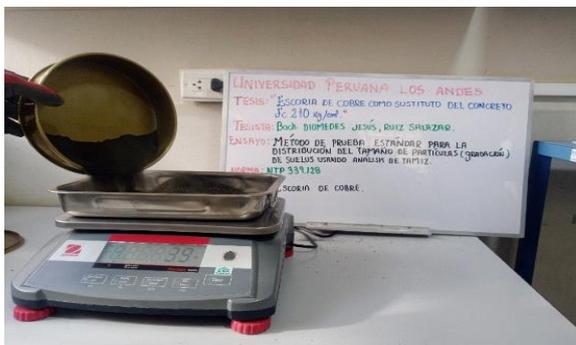
Fotografía 1. Vista del cemento y agregados para la elaboración del concreto.



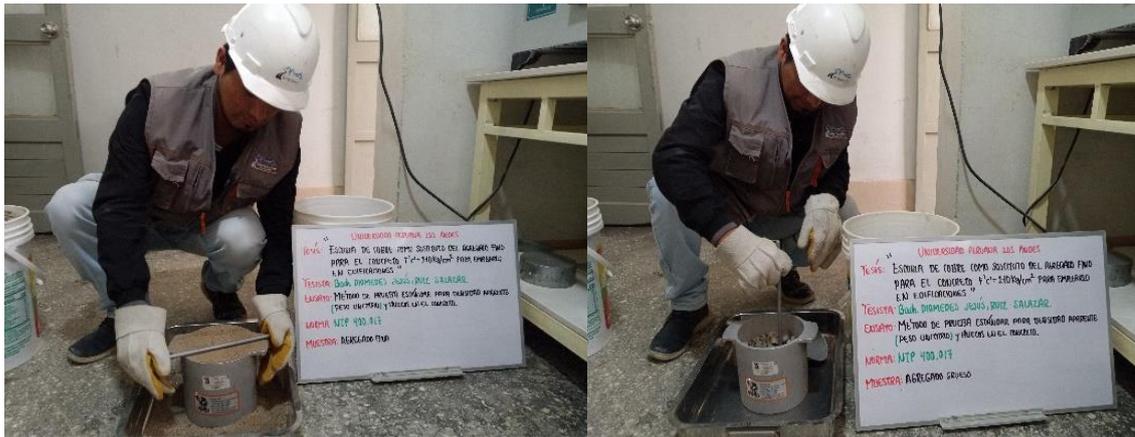
Fotografía 2. Cuarteo del agregado grueso y fino.



Fotografía 3. Tamizado de los agregados gruesos y finos.



Fotografía 4. Dosificación de la escoria de cobre a emplearse en el concreto.



Fotografía 5. Determinación del peso unitario del agregado fino y grueso.



Fotografía 6. Determinación del peso específico del agregado grueso y fino.



Fotografía 7. Elaboración de la mezcla patrón, además de las mezclas donde se sustituyó el 15 %, 20 % y 30 % del agregado fino por escoria de cobre.



Fotografía 8. Medición de las propiedades en estado fresco del concreto patrón (asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado y temperatura).



Fotografía 9. Medición de las propiedades en estado fresco del concreto con 15 % de escoria de cobre (asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado y temperatura).



Fotografía 10. Medición de las propiedades en estado fresco del concreto con 20 % de escoria de cobre (asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado y temperatura); además de la elaboración de probetas.



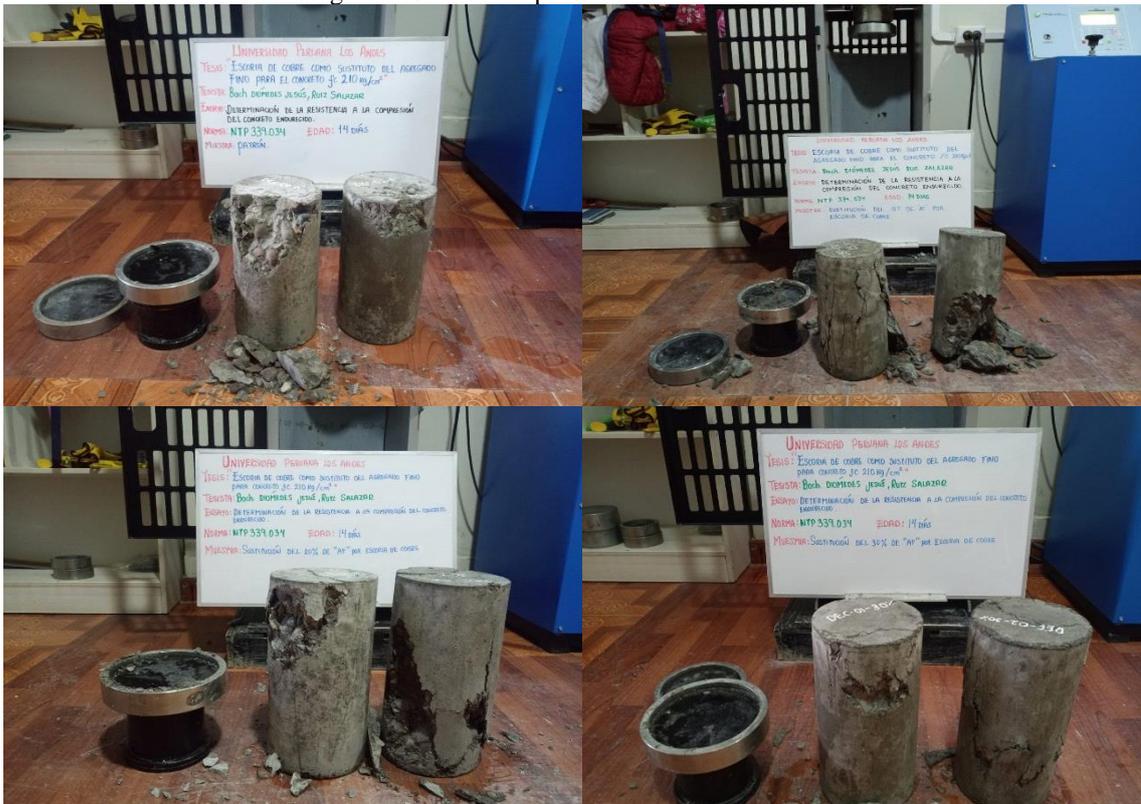
Fotografía 11. Medición de las propiedades en estado fresco del concreto con 30 % de escoria de cobre (asentamiento, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado y temperatura); además de la elaboración de probetas.



Fotografía 12. Vista del curado de probetas en laboratorio.



Fotografía 13. Vista de probetas roturadas a los 7 días.



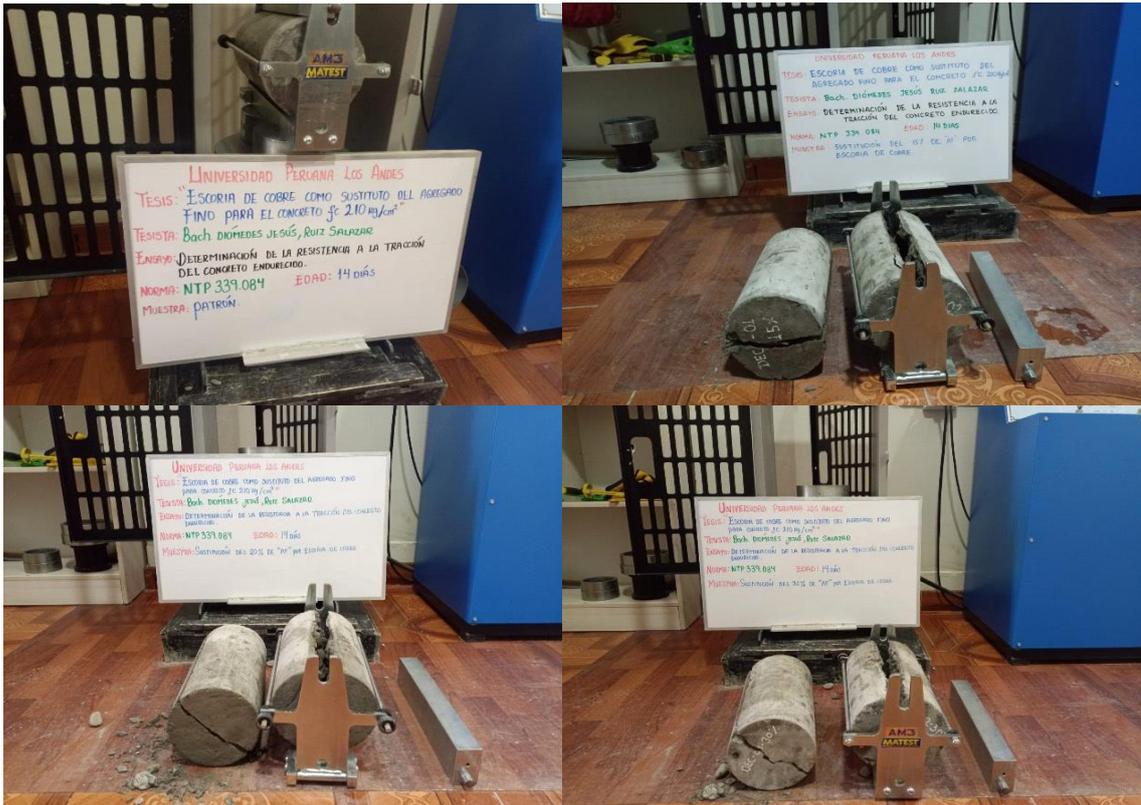
Fotografía 14. Vista de probetas roturadas a los 14 días.



Fotografía 15. Vista de probetas roturadas a los 28 días.



Fotografía 16. Vista de las roturas a tracción de las probetas a los 7 días.



Fotografía 17. Vista de las roturas a tracción de las probetas a los 14 días.



Fotografía 18. Vista de las roturas a tracción de las probetas a los 28 días.