



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO
RUIZ GALLO**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE
SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA.**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis:

Influencia del aserrín y las cenizas de café en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ciudad de Lambayeque, 2025

Para optar por el título profesional de
Ingeniero Civil

Investigadores

Bach. Ing. Civil Peña Ramirez, Willinton Alberto

Bach. Ing. Civil Huaman Zelada, Noe

Asesor

Dr. Ing. Cueva Campos, Hamilton Vladimir

Fecha de sustentación: 20 de mayo del 2026.

Lambayeque, Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO

RUIZ GALLO

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL,
DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA.**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis:

Influencia del aserrín y las cenizas de café en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ciudad de Lambayeque, 2025

Para optar por el título profesional de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Bach. Ing. Civil Peña Ramirez, Willinton Alberto

Autor

Bach. Ing. Civil Huaman Zelada, Noe

Autor

Dr. Ing. Cueva Campos, Hamilton Vladimir

Asesor

Lambayeque, 2026.



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO
RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL,
DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA.**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis:

Influencia del aserrín y las cenizas de café en las propiedades físico-
mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ciudad de Lambayeque, 2025

Para optar por el título profesional de
Ingeniero Civil

Aprobado por

**Dra. Ing. Capuñay Capuñay, Yrma Del
Carmen**

Presidente del Jurado

**Msc. Ing. Salazar Bravo, Wesley
Amado**

Secretario del Jurado

Msc. Ing. Cachay Silva, Roberto Carlos

Vocal del Jurado

Lambayeque, 2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 007-2026-UI-FICSA



Siendo las 12:00m del día 20 de mayo del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **“INFLUENCIA DEL ASERRÍN Y LAS CENIZAS DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM2, CIUDAD DE LAMBAYEQUE, 2025”**, con código N° IC_V_2024_057, y designado por Resolución Decanal N° 719-2024-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY	PRESIDENTE
MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO	SECRETARIO
MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA	VOCAL

Asesorado por DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 108-2026-UIFICSA, la tesis profesional fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **NOE HUAMAN ZELADA Y WILLINTON ALBERTO PEÑA RAMIREZ**, tuvo una duración de 40 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
NOE HUAMAN ZELADA	16	DIECISEIS	BUENO
WILLINTON ALBERTO PEÑA RAMIREZ	16	DIECISEIS	BUENO

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:10; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE

MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
SECRETARIO

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
ASESOR





"Año de la esperanza y el fortalecimiento de la democracia".

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos, asesor de los:

Bachilleres: **Huaman Zelada Noe y Peña Ramirez Willinton Alberto**

DE LA TESIS TITULADA: "INFLUENCIA DEL ASERRÍN Y LAS CENIZAS DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'C=210$ KG/CM², CIUDAD DE LAMBAYEQUE, 2025"

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 29 de junio de 2023 formativa para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG:

Lambayeque, 24 de enero del 2026

ATENTAMENTE,

.....
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI. 41564701
Asesor

Se Adjunta lo Siguiente: porcentaje turnitin, Recibo digital.

Influencia del aserrín y las cenizas de café en las propiedades físico mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, ciudad de Lambayeque, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	3%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
9	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	revistas.uclave.org Fuente de Internet	1%
11	vsip.info Fuente de Internet	<1%



DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI:41564701
Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Huaman Zelada Noe, Peña Ramirez Willinton Alberto
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Influencia del aserrín y las cenizas de café en las propiedades f...
Nombre del archivo: Tesis_No_e_Huam_n_Willinton_Pe_a_v2.pdf
Tamaño del archivo: 3.45M
Total páginas: 81
Total de palabras: 12,790
Total de caracteres: 68,470
Fecha de entrega: 24-ene-2026 02:14a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2862573960

**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y
DE ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS
"Influencia del aserrín y las cenizas de café en las
propiedades físico mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm²,
ciudad de Lambayeque, 2025"
Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil
Presentado por:
Huamán Zelada, Noe
Peña Ramírez, Willinton Alberto
Autores
Dr. Ing. Hamilton Vladimír Cueva Campos
Asesor
LAMBAYEQUE PERÚ
2026

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
DNI:41564701
Asesor

DEDICATORIA:

Dedico esta tesis a mi familia y, en especial, a mi madre, Luz Marina Celada Sánchez, y a mi hermana, Luz Eliza Huamán Celada, por su inmenso apoyo y por creer siempre en mí, a pesar de todas las circunstancias que hemos atravesado.

AGRADECIMIENTO:

Expreso mi agradecimiento a mi asesor de tesis, Dr. Hamilton, por su guía académica y sus valiosas observaciones durante el desarrollo de la presente tesis. Asimismo, agradezco a los miembros del jurado por sus recomendaciones, las cuales contribuyeron a mejorar este trabajo. De igual manera, agradezco a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) y a la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura (FICSA); en particular, a los docentes y al personal técnico de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Finalmente, agradezco a mi familia por su respaldo constante y a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, me han apoyado en esta etapa de mi formación profesional.

Noe Huaman Zelada

DEDICATORIA:

Mi investigación está dedicada, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, fuerza y salud necesaria para culminar esta meta.

A mis padres Wilmer y Mirian por apoyarme en cada etapa de este mérito profesional.

También a mi hermano Nelson, por su consideración y la moral de motivarme cada día a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO:

A mi compañero de tesis Noe por su confianza y dedicación para lograr este objetivo.

Finalmente, a toda mi familia universitaria de esta universidad Pedro Ruiz Gallo quienes me brindaron las herramientas necesarias en este camino profesional.

Willinton Alberto Peña Ramirez

RESUMEN:

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del adicionamiento de una combinación de aserrín de madera y cenizas de cascarilla de café en las propiedades físico-mecánicas del concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Lambayeque. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo experimental y aplicado, desarrollándose ensayos de laboratorio conforme a las Normas Técnicas Peruanas y al método de diseño de mezclas ACI 211.

Se elaboraron probetas cilíndricas y vigas de concreto con adiciones del 0% (concreto patrón), 2%, 5% y 8% de la combinación de aserrín y cenizas de cascarilla de café, respecto al peso del cemento. Las propiedades mecánicas evaluadas fueron la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, a edades de 7, 14 y 28 días de curado.

El desarrollo del estudio permitió analizar el comportamiento del concreto ante la incorporación de materiales alternativos de origen residual, considerando su aplicación bajo criterios técnicos, normativos y ambientales, con el propósito de aportar información para futuras investigaciones y posibles aplicaciones en el sector de la construcción.

Palabras clave: aserrín de madera, cenizas de cascarilla de café, concreto, propiedades mecánicas.

ABSTRACT:

The objective of this research was to determine the influence of adding a combination of wood sawdust and coffee husk ash on the physical and mechanical properties of concrete with a compressive strength of $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, in the city of Lambayeque. The study followed a quantitative, experimental, and applied approach, and laboratory tests were conducted in accordance with Peruvian Technical Standards and the ACI 211 mix design method.

Concrete cylinders and beams were manufactured with addition percentages of 0% (control concrete), 2%, 5%, and 8% of the sawdust and coffee husk ash combination, based on the weight of cement. The mechanical properties evaluated were compressive strength, indirect tensile strength, and flexural strength at curing ages of 7, 14, and 28 days.

This study analyzed the behavior of concrete incorporating alternative waste-based materials, addressing technical and regulatory considerations, in order to provide reference information for future research and potential applications in the construction industry.

Keywords: wood sawdust, coffee husk ash, concrete, mechanical properties.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	9
1.1.	Descripción del proyecto.....	9
1.2.	Descripción de la realidad problemática.....	10
1.3.	Formulación de la pregunta de investigación	10
1.4.	Formulación de la hipótesis de investigación	11
1.5.	Objetivos	11
1.5.1.	Objetivo general	11
1.5.2.	Objetivos específicos	11
1.6.	Justificación e importancia.....	11
1.7.	Alcances y limitaciones	12
II.	Marco teórico	13
2.1.	Antecedentes de otras investigaciones	13
2.1.1.	Antecedentes regionales.....	13
2.1.2.	Antecedentes nacionales	14
2.1.3.	Antecedentes internacionales	16
2.2.	Bases teóricas.....	17
2.2.1.	Cemento	17
2.2.2.	Concreto	17
2.2.3.	Propiedades del concreto fresco.....	17
2.2.3.1.	Trabajabilidad	17

2.2.3.1.1.	Prueba de asentamiento de cono de Abrams	18
2.2.3.2.	Segregación	19
2.2.3.3.	Exudación	19
2.2.4.	Propiedades mecánicas del concreto endurecido	20
2.2.4.1.	Resistencia a la compresión.....	20
2.2.4.2.	Resistencia a la tracción.....	21
2.2.4.3.	Resistencia a la flexión	22
2.2.4.4.	Resistencia a la cortante	22
2.2.5.	Agregados	22
2.2.6.	Propiedades físicas de los agregados	23
2.2.6.1.	Granulometría	23
2.2.6.2.	Porosidad	23
2.2.6.3.	Densidad.....	24
2.2.6.4.	Absorción	24
2.2.7.	Aserrín	24
2.2.8.	Cenizas de cascarilla de café.....	25
III.	Marco metodológico.....	26
3.1.	Tipo de investigación	26
3.2.	Hipótesis	26
3.3.	Variables e indicadores.....	26
3.4.	Operacionalización de variables	27
3.5.	Población y muestra	28

3.6.	Estrategia para la demostración de la hipótesis	29
3.7.	Materiales, herramientas y equipos	29
3.8.	Ensayos, técnicas y formatos para la recolección de datos y ejecución de ensayos	30
IV.	Descripción de trabajos de campo y laboratorio	31
4.1.	Contenido de humedad del Ag. Fino y Ag. Grueso	31
4.2.	Peso unitario del Ag. Fino y Ag. Grueso	35
4.3.	Peso específico de masa y grado de absorción del Ag. Fino y Ag. Grueso	40
4.4.	Granulometría del Ag. Fino y Ag. Grueso	46
4.5.	Diseño de mezcla	52
V.	Análisis e interpretación de resultados	54
5.1.	Propiedades físicas del Ag. Fino y Ag. Grueso	54
5.2.	Propiedades mecánicas del concreto endurecido	56
5.2.1.	Ensayos de resistencia a la compresión	56
5.2.2.	Ensayos de resistencia a la tracción indirecta	59
5.2.3.	Ensayos de resistencia a la flexión	62
VI.	Conclusiones y recomendaciones	66
6.1.	Conclusiones	66
6.2.	Recomendaciones	67
VII.	Referencias bibliográficas	68
VIII.	Anexos	70

I. Introducción

1.1. Descripción del proyecto

La siguiente investigación tiene como finalidad poder experimentar con las distintas combinaciones posibles en cuanto al adicionamiento en proporción del cemento combinado de aserrín y cenizas de cascarilla de café, para poder así encontrar una o más proporciones óptimas que resulten beneficiosas para las propiedades mecánicas del concreto como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión en vigas de concreto. Debido a múltiples trabajos de investigación publicados donde se concluyen satisfactoriamente mejoras en la composición del concreto, aumentando su resistencia en los distintos ensayos de laboratorio, es que decidimos unir estos dos componentes (50% aserrín y 50% cenizas de cascarilla de café) en diferentes pequeñas cantidades con el objetivo de poder establecer una comparativa con las muestras patrones de muestras de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Es sumamente importante el uso de agregados fino y grueso de las canteras La Victoria y Tres Tomas respectivamente debido a que son las más conocidas y solicitadas dentro de la región Lambayeque, a su vez poder realizar los ensayos determinados por las N.T.P y poder obtener así sus características físicas de ambos agregados con los cuidados y mayor precisión posible.

Con la determinación de las propiedades mecánicas de los ensayos realizados es posible poder encontrar una adición favorable de aserrín y cenizas de cascarilla de café y posteriormente proponer usarlo en el sector construcción en las distintas obras de ingeniería realizadas en todo el mundo.

1.2. Descripción de la realidad problemática

El concreto usado en obra con el paso del tiempo se ha vuelto un material compuesto muy estudiado por sus propiedades que puede aportar, bien sabido es su resistencia a la compresión, su durabilidad y su fácil uso que lo hacen el componente ideal para las distintas construcciones que se realizan a diario.

Lamentablemente cada vez se ve hoy en día estructuras de concreto que duran menos o presentan grandes fallas estructurales que hacen menos seguras estas construcciones y necesitan un gran cambio en las propiedades del concreto que mejoren notablemente sus características.

Por ello, en este constante evolucionar del día a día surge la necesidad de hallar nuevos componentes de la construcción que puedan adherirse a éste y mejorar aún más sus propiedades mecánicas, haciendo que tenga una mayor resistencia a esfuerzos compresivos y a su vez sea más económico el coste final de su producción. Para ello se optará por experimentar, dado investigaciones previas, el adicionamiento del aserrín de madera que abunda a montones dada la gran cantidad de material obtenido por los aserraderos en el día a día y que no tienen un uso dado y son tratados generalmente como desperdicio; junto al aserrín, se optará por combinarlo con cenizas de cascarilla de café, esperando obtener resultados satisfactorios en las pruebas de laboratorio.

1.3. Formulación de la pregunta de investigación

¿El adicionamiento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarilla de café en distintas proporciones (2%, 5% y 8%) mejorarán las propiedades mecánicas en cuanto a resistencia a la compresión, flexión y tracción de un concreto convencional de $f'_c=210$ kg/cm²?

1.4. Formulación de la hipótesis de investigación

El adicionamiento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarillas de café ayudarán a obtener mejores resultados en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm².

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la adherencia de aserrín y cenizas de cascarillas de café en la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm².

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados fino y grueso.
- Precisar las propiedades mecánicas del concreto al adicionar proporciones con relación al peso del cemento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarilla de café (2%, 5% y 8%).
- Estudiar las distintas resistencias obtenidas del concreto patrón en comparación al concreto experimental.

1.6. Justificación e importancia

La justificación e importancia de esta investigación radica en la necesidad de poder mejorar la resistencia del concreto con materiales que pueden considerarse desechables y que al combinarse en un diseño de mezcla pueden resultar beneficiosos y así se obtendría un uso adecuado al aserrín que es arrojado a montones diariamente por los carpinteros y empresas que trabajan con el uso de madera, de la misma manera en las provincias de San Ignacio y Jaén de la región Cajamarca al ser zona con una producción abundante de café, tras el procesamiento de este producto quedan dichas cáscaras o cisco en abundancia

que de igual manera son desechados sin ningún uso alguno, quedando demostrado en otras tesis que es un buen componente para poder seguir estudiándolo.

Se realizará el estudio de estos ensayos con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ya que es la resistencia más común y usada en los distintos proyectos y obras de ingeniería, pudiendo servir los resultados obtenidos y darle un uso masivo en la elaboración del concreto.

1.7. Alcances y limitaciones

Se realizará los ensayos de compresión, tracción indirecta y flexión dentro del laboratorio de materiales de la FICSA- UNPRG, para una resistencia específica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, centrándose específicamente en solo esta resistencia y poder obtener la proporción en cuanto a diseño de mezcla más óptima que garantice poder elaborar un concreto resistente y adecuado para las diversas obras de ingeniería.

Las cenizas de cascarilla de café fueron mas complicadas de obtener debido a que en la región Lambayeque no se consigue y debió de traerse desde la provincia de Jaén, al ser zona de abundante café y por ende se consigue fácilmente las cascarillas de café; por otro lado, el aserrín si es un elemento fácil de conseguir en cualquier lugar debido al abundante trabajo que se realiza con la madera a diario en todas partes.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de otras investigaciones

2.1.1. Antecedentes regionales

En su tesis de pregrado "Propiedades físico-mecánicas del concreto adicionando cenizas de aserrín como sustituto parcial del cemento", Terrones Vásquez (2024) efectúa los cálculos para el diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=280$ kg/cm². En ella, nos comunica que las propiedades físicas de los concretos empleados se veían mermadas a medida que se sustituía una mayor cantidad de cemento por cenizas de aserrín, lo cual es atribuible a la baja densidad que presentan estas últimas en comparación con el cemento. En lo que respecta a las propiedades mecánicas de los diseños fabricados (sustitución de cenizas de aserrín por cemento en un 5%, 10% y 15%), se concluye que únicamente el reemplazo del 5% es beneficioso en términos de resistencia, pues logra cifras superiores a las del concreto patrón.

Hurtado Guevara (2023), en su tesis "Influencia de la ceniza de cáscara de café en la resistencia y durabilidad del concreto en Pimentel", utilizó porcentajes de cáscara de café entre el 1% y el 10% (1%, 2%, 3%, 5%, 7% y 10%), lo cual condujo a una reducción en la consistencia del concreto. Si se quiere hallar una consistencia plástica perfecta en relación al concreto patrón sin perder la resistencia superior, para futuras investigaciones se aconseja emplear valores de dosificación de ceniza que no pasen del 1% y el 2%, pues así se obtuvieron resistencias y consistencias plásticas óptimas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pintado y Siesquén (2021), en su estudio titulado "Caracterización físico-mecánica de concreto adicionando aserrín de madera y ceniza de cascarilla de arroz en la ciudad de San Ignacio-Cajamarca", producen probetas alteradas mediante la adición de aserrín y cáscara de arroz. Ellos concluyen que si se añade un 2% más de aserrín con respecto al peso del cemento, el resultado es satisfactorio, ya que se obtiene una resistencia a la compresión 1.44% más alta que el concreto patrón utilizado. Asimismo, se obtiene un aumento del 4.06% en comparación con el concreto patrón al agregar cascarillas de arroz en la misma proporción del 2% en relación con el peso del cemento. Como combinación definitiva, este autor desarrolla una mezcla que incluye un 2% de aserrín y un 2% de cascarillas de arroz. A los 28 días, la resistencia a la rotura es de 48.18 kg/cm², lo que representa un aumento del 5 % en comparación con el concreto patrón.

En su tesis "Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades del concreto $f_c=210$ kg/cm², Oxapampa-2021", Iparraguirre Sánchez (2021) establece una relación inversamente proporcional entre la trabajabilidad y la cantidad de dosificación de ceniza. A medida que esta aumentaba, disminuía la trabajabilidad, pasando desde un concreto con consistencia plástica con 1% de adición hasta llegar a una consistencia seca con 3% y 5% de adición. Con respecto a la resistencia a compresión del concreto, se halló que tenía una influencia positiva; el porcentaje de 1% fue el que tuvo un mejor rendimiento, al exceder en un 16.17% al concreto patrón a los 28 días. También, con un agregado del 3% de ceniza de cascarilla de café, evidenció ser superior en menor escala al concreto patrón.

En su tesis "Influencia de la sustitución del cemento por ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm², Tarapoto 2023", Ormeño Arévalo (2023) sostiene que la ceniza obtenida a partir de cáscara de café puede ser utilizada como reemplazo del cemento. Esta alternativa es eficiente y sostenible para mejorar las características del concreto, lo que tiene un efecto positivo en el sector constructivo. Además, se observa que, un aumento en el porcentaje de sustitución de la ceniza de cáscara de café conlleva una elevación en la temperatura del concreto fresco. Esto tiene el potencial de impactar negativamente en el asentamiento y en el tiempo de fraguado. El porcentaje ideal de adición de cenizas de café es del 4%, lo que mejora significativamente su resistencia a las cargas compresivas.

Álvarez & Jiménez (2021), en su tesis "Influencia de la adición de aserrín en un concreto convencional con respecto a su asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión, Trujillo-2021", establecen que el asentamiento aumenta cuando se incrementa el porcentaje de dosificaciones de aserrín en relación con el concreto base creado. Se reemplazó el agregado fino con porcentajes de aserrín (2%, 4% y 6%) y se obtuvieron resultados muy negativos en términos de resistencia a la compresión: a los 28 días, el concreto patrón tenía un valor de 398 kg/cm², mientras que con el 2% de aserrín bajó a 190 kg/cm²; con el 4% cayó hasta los 80 kg/cm² y finalmente, con el 6%, quedó en 35 kg/cm².

2.1.3. Antecedentes internacionales

En su tesis de maestría "Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto", presentada en Monterrey, México, Monroy Rodríguez (1999) revela que, a pesar del elevado contenido de celulosa del aserrín, este no es compatible con el cemento. Por lo tanto, los bloques elaborados con madera fueron considerablemente más frágiles de lo previsto. Nos recomienda utilizar algún aditivo que favorezca el desarrollo de la resistencia del bloque o alguna otra sustancia auxiliar para optimizar las resinas presentes en la madera.

En el trabajo de investigación "Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de bloques de concreto con incorporación de perlas de poliestireno, caucho y aserrín", expuesto por Palomino Salvatierra, Hoyos Vásquez y Chahuares Paucar en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, se crearon 315 bloques utilizando materiales que se podían reutilizar. Se descubrió que los bloques con una absorción más alta eran aquellos que contenían un 20% de aserrín y tenían una dosificación del 1:8. Según los resultados de la resistencia a compresión axial, se concluyó que el porcentaje ideal de agregar perlas de poliestireno y caucho en bloques con dosificaciones 1:6, 1:7 y 1:8 es del 10 %. Esto logra un esfuerzo mínimo de 4.90MPa después de 28 días de curado. No obstante, los bloques de concreto con aserrín lograron esta resistencia utilizando un 10 % de adición y una dosificación de 1:6. Los resultados establecieron las condiciones ideales para la producción de bloques de concreto con materiales extra, cumpliendo así con las Normas Técnicas Peruanas y los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cemento

Material que aglutina, tiene propiedades de adherencia y cohesión, lo que posibilita la unión de partículas minerales y la creación de un elemento sólido. Este material se obtiene de la “combinación de ingredientes calcáreos y compuestos de arcilla u los demás materiales que poseen sílice, alúmina u óxido de hierro que pasó por proceso en temperatura elevada y mezclado con yeso (...)”.

(Pintado & Siesquén, 2022)

2.2.2. Concreto

“El concreto es un material compuesto que se forma mediante la combinación de agua, cemento, agregados (grava y arena) y aditivos. Su propósito principal es proporcionar una estructura robusta y firme para trabajos de distintos tamaños”.

“Es un material que, en estado fresco, es moldeable y muy resistente una vez endurecido. Esta combinación lo convierte en ideal para estructuras que requieren estabilidad estructural y durabilidad”.

(Domat Concrete Machinery, 2025).

2.2.3. Propiedades del concreto fresco

2.2.3.1. Trabajabilidad

“La manejabilidad, también llamada trabajabilidad, se puede definir como el grado de facilidad con que el concreto puede ser mezclado,

transportado, colocado, compactado y terminado, sin que pierda su homogeneidad (que no se segregue ni exude)". (Matallana, 2019).

2.2.3.1.1. Prueba de asentamiento de cono de Abrams

La prueba de asentamiento, también conocida como "slump" o "revenimiento", o la del Cono de Abrams (en honor a su creador, Duff Abrams), es probablemente la más empleada en el planeta. En esencia, mide la uniformidad o el nivel de humedad de una mezcla.



Figura 01: Verificación del asentamiento del concreto fresco preparado en las instalaciones del laboratorio de materiales de la FICSA- UNPRG

El ensayo, cuyo procedimiento está establecido en la norma ASTM C143M, emplea un molde de plástico o metal que tiene las dimensiones y la forma que se muestran en la figura. Si la mezcla contiene un agregado con TMN mayor a 37,5 mm, es necesario tamizarla a través de una malla de ese

tamaño y descartar el agregado que quede retenido. El método no se puede aplicar a concretos con asentamiento menores a 15 mm, ni superiores a 230 mm, que podrían no ser lo suficientemente plásticos o no estar cohesionados adecuadamente.

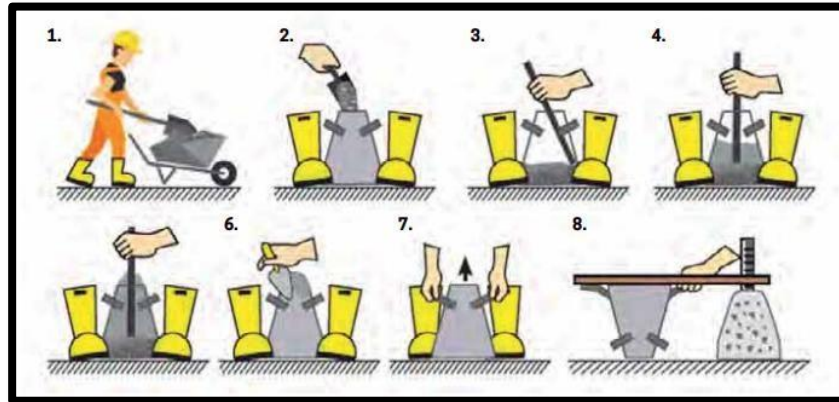


Figura 02: Procedimiento de ensayo de asentamiento.

2.2.3.2. Segregación

Se define como la tendencia de las partículas gruesas a separarse de la fase mortero del concreto y a acumularse en el borde del concreto colocado, debido a su falta de cohesividad. Esto provoca que su comportamiento y distribución no sean uniformes ni homogéneos. Esto lleva a que la falta de segregación sea un requisito implícito del concreto para mantener la trabajabilidad apropiada. (Niño, 2010).

2.2.3.3. Exudación

La exudación, que también se denomina "sangrado", ocurre cuando una parte del agua de mezcla asciende a la superficie del hormigón recién instalado.

El agua tiende a ubicarse en la parte superior y los constituyentes sólidos no son capaces de sostenerla completamente mientras se fragua, lo que da lugar a esta circunstancia. Por lo tanto, la exudación se considera un tipo de segregación.

El proceso de exudación se produce en las primeras tres horas después de la colocación del concreto. En condiciones de humedad, frío y sin viento, el agua exudada es visible en la superficie. Con temperaturas altas,

La evaporación del agua exudada ocurre más rápidamente que la salida de esta, si el clima es seco y ventoso. Esto provoca que la superficie se reseque y se formen fisuras por contracción plástica.

2.2.4. Propiedades mecánicas del concreto endurecido

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

“Es el esfuerzo de falla del concreto, medido como el promedio de la resistencia de dos cilindros estándar (150mm de diámetro), o tres cilindros de 100mm de diámetro, determinada a una edad de 28 días o menos”. (Matallana, 2019)

En términos generales, el principio fundamental de la mayoría de las estructuras de concreto es que este material solo soporta fuerzas de compresión. En consecuencia, la resistencia a la compresión es el estándar de calidad en términos de diseño estructural. Por lo tanto, los códigos determinan que los esfuerzos laborales sean porcentajes de esa resistencia. (Niño, 2010).

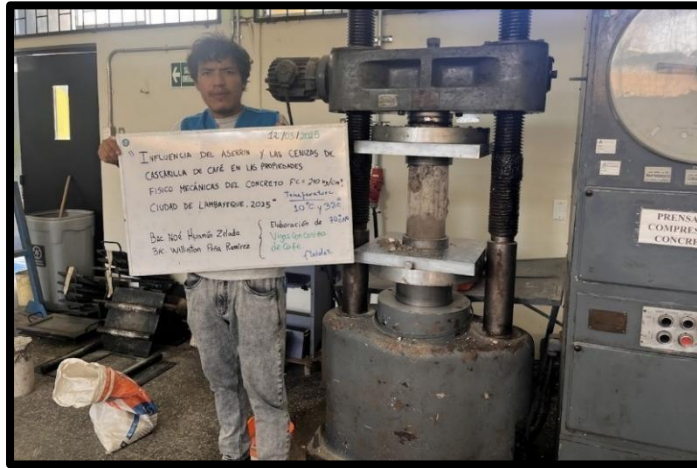


Figura 03: Realización de la rotura de probetas para ensayos de compresión en el laboratorio de materiales de la FICSA- UNPRG

2.2.4.2. Resistencia a la tracción

El concreto, debido a su naturaleza, el concreto es bastante frágil ante esfuerzos de tracción; por lo tanto, normalmente no se considera en la elaboración de estructuras convencionales. La contracción, provocada por el fraguado o por las variaciones de temperatura, causa que el concreto se agriete. Esto se debe a que dichos elementos producen esfuerzos internos de tracción. (Niño, 2010).



Figura 04: Posicionamiento de la probeta para la rotura a tracción indirecta

2.2.4.3. Resistencia a la flexión

Los componentes que se someten a flexión tienen una sección que está bajo compresión y otra área donde predominan las tensiones de tracción. En estructuras sencillas de concreto, como las losas de pavimentos, este elemento tiene relevancia. (Niño, 2010).



Figura 05: Muestra de la realización del ensayo de flexión en la prensa

2.2.4.4. Resistencia a la cortante

Los códigos de diseño estructural suelen tener en cuenta la resistencia del concreto a fuerzas cortantes, a pesar de que es baja. Este tipo de esfuerzos es relevante en el diseño de vigas y zapatas, que se manifiestan con valores más altos que la resistencia del concreto. (Niño, 2010).

2.2.5. Agregados

“Los agregados para concreto pueden definirse como una masa de materiales, generalmente inertes, constituida por una combinación de

agregados naturales o producidos al triturar rocas de mayor tamaño, y que usados con la pasta de cemento forman el concreto". (Matallana, 2019).

2.2.6. Propiedades físicas de los agregados

2.2.6.1. Granulometría

"La granulometría está definida como la distribución en el tamaño de las partículas en una masa de agregados".

La granulometría es, posiblemente, la característica más significativa de los agregados, y sus fluctuaciones tienen un impacto serio en la homogeneidad entre distintas mezclas. Por eso, las arenas con un contenido elevado de material fino necesitan más cemento, lo que las vuelve más caras (se les llama mezclas "morterudas"); en cambio, las gravas muy gruesas y con escasa arena producen mezclas difíciles de trabajar (a estas se les conoce como mezclas "piedrudas"). (Matallana, 2019).

2.2.6.2. Porosidad

La porosidad es una cualidad de las partículas del agregado que se basa en el tipo de roca de la que provienen. La calidad de los agregados depende en gran medida de sus características, ya que su densidad, resistencia y durabilidad disminuyen a medida que aumenta el número de poros y su capacidad para absorber agua crece; todas estas cualidades tienen un impacto directo en las propiedades del concreto.

Por lo general, los poros de una partícula de agregado pueden ser internos o externos y varían mucho en su tamaño; algunos son visibles a

simple vista y otros solo se detectan mediante un microscopio. Los poros son los que determinan la habilidad de absorber agua y, por lo tanto, el nivel de humedad; también son relevantes para la adherencia con la pasta de cemento.

2.2.6.3. Densidad

“Relación entre la masa y el volumen que ocupa un sólido. Antes denominado peso unitario. Para materiales porosos que pueden ser llenados con agua, se utilizan palabras adicionales tales como absoluta o aparente. Y si es en relación con otro material, generalmente el agua, se denomina relativa” (Matallana, 2019)

2.2.6.4. Absorción

“Cantidad de agua que ingresa en un material poroso, a través de sus poros permeables. También se refiere al incremento en la masa, por la penetración de líquidos en los poros permeables” (Matallana, 2019)

2.2.7. Aserrín

Es el conjunto de partículas que se desprenden de la madera cuando se sierra, se consideran como desperdicio, aunque muchos lo reciclan y reutilizan para diferentes cosas, entre ellas se pueden usar para convertir bloques de construcción, para ello primero se debe fosilizarse la madera. Luego se emplea un encofrado especial, que se compone de una serie de moldes, para darle la forma de bloque constructivo. Ofrece gran fortaleza en la construcción y es un aislante térmico muy bueno.

2.2.8. Cenizas de cascarilla de café

“Los residuos de café se suelen considerar como un tipo de desecho agrícola; a medida que aumente su cantidad, el tratamiento de los residuos de café se convertirá en un problema ambiental, por ello actualmente se contempla el reciclaje utilizando cenizas de estos residuos como sustitución parcial del cemento”. (Mayhua Ruiz, 2022)



Figura 06: Tamizado de las cenizas de cascarilla café

III. Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

Cuantitativa: Propone que, mediante la recolección y el análisis de datos, es posible obtener una visión confiable de la realidad, lo cual podría permitir responder a las preguntas de investigación y verificar las hipótesis.

Experimental: La hipótesis se verificará mediante la manipulación “deliberada” de las variables, determinando la relación causa-efecto de un fenómeno físico o social.

Aplicada: Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática.

3.2. Hipótesis

El adicionamiento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarillas de café ayudarán a obtener mejores resultados en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3. Variables e indicadores

- **Independiente**: El adicionamiento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarillas de café.
- **Dependiente**: Propiedades mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.4. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Medición
Independiente: El adiconamiento de la combinación de aserrín y cenizas de cascarillas de café.	Propiedades físicas de los agregados	• Granulometría • Densidad • Peso específico • Peso unitario • Contenido de humedad • Porcentaje de absorción	• Mm (tamaños agregados) • Gr/cm³ • %
Dependiente: Variación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	Propiedades mecánicas de las probetas elaboradas	• Ensayo de resistencia a la compresión • Ensayo de resistencia a la tracción • Ensayo de resistencia a la flexión	• $F'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ • Pulg (slump) • Kg • Litros • °C (concreto)

Tabla 01: Operacionalización de variables
Elaboración propia

3.5. Población y muestra

Población: conformada por todas las probetas de concreto que se realizan en la ciudad de Lambayeque según las Normas Técnicas Peruanas.

Muestra: conformada por el total de muestras a ensayar según se muestra a continuación:

% de aserrín y cenizas de cascarilla de café a adicionar	Compresión			Tracción			Flexión		
	Días			Días			Días		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
0 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	36			36			36		

Tabla 02: Cantidad de probetas a elaborar

Elaboración propia

Se realizarán en total 108 probetas de las cuales 36 serán para ensayos de compresión, 36 para ensayos de tracción y 36 para ensayos de flexión.

3.6. Estrategia para la demostración de la hipótesis

Se seleccionará los agregados de canteras cercanas a la zona para la posterior realización de los ensayos correspondientes para determinar las características físicas, posteriormente se procede a definir el diseño de mezcla y la adición de manera conjunta (aserrín y cenizas de cascarilla de café) a diversas probetas y vigas elaboradas según las NTP correspondientes de los ensayos de compresión, tracción indirecta y de flexión.

Las proporciones adicionadas de aserrín y cenizas de cascarilla de café serán en función del peso del cemento, definiendo los porcentajes en 0%, 2%, 5% y 8%, siendo el 0% las muestras patrón que no han sido alteradas y que definen la comparación posterior con los demás elementos a ensayar.

3.7. Materiales, herramientas y equipos

Materiales	Herramientas	Equipos
• Agregado fino • Agregado grueso • Agua • Cemento tipo I • Aserrín • Cenizas de cascarilla de café	• EPPs • Palana • Espátula • Buggy • Tamices	• Prensa hidráulica calibrada • Laptop

Tabla 03: Elaboración propia

3.8. Ensayos, técnicas y formatos para la recolección de datos y ejecución de ensayos

Para cada ensayo aplicado a los agregados se siguieron los pasos correspondientes, los cuales se detallan en las normas vigentes, se corroboraron con la asesoría del técnico encargado, posteriormente se procedió al ordenamiento de datos.

ENSAYO	NORMATIVA	
	MTC	NTP
Extracción y preparación de muestras	E 201	400.010:2020
Contenido de humedad	E 215	339.185:2021
Análisis granulométrico	E 204	400.012:2021
Peso específico de masa y absorción del agregado fino	E 205	400.022:2024
Peso específico de masa y absorción del agregado grueso	E 206	400.021:2020
Peso volumétrico suelto y varillado	E 203	400.017:2020
Asentamiento del cono de Abrams	E 705	339.035:2022
Diseño de mezcla	ACI 211	
Resistencia a compresión de probetas	E 704	339.034:2021
Resistencia a tracción simple por compresión diametral	E 708	339.084:2022
Resistencia a la flexión de vigas	E709	339.078:2022

Tabla 04: Normativa utilizada en los ensayos de laboratorio

Elaboración propia

IV. Descripción trabajos de campo y laboratorio

4.1. Contenido de humedad del Ag. Fino y Ag. Grueso (NTP 339.185:2021)

➤ **Contenido de Humedad:**

La cantidad de agua que hay en un material —como la cerámica, las rocas, la madera o el suelo (la humedad del suelo)— se conoce como contenido de agua o contenido de humedad. Se determina mediante análisis volumétricos o gravimétricos. Esta característica se emplea en una extensa variedad de campos técnicos y científicos, y se manifiesta como una proporción que puede variar desde 0 (absolutamente seca) hasta el nivel de porosidad de los materiales en el instante de saturación.

➤ **Agregados:**

Se le conoce como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, ya sean naturales o artificiales, cuyas dimensiones están entre los límites establecidos en la NTP 400.011.

Los agregados se clasifican comúnmente en dos categorías: finos y gruesos. Los agregados finos están formados por arenas naturales o manufacturadas con dimensiones de partículas de hasta 10 mm, mientras que los agregados gruesos son aquellos cuyos granos quedan atrapados en la malla No. 16 y fluctuar hasta 152 mm. El tamaño de agregado más grande que se utiliza normalmente es de 25 mm o 19 mm.

➤ **Contenido total de humedad en agregados:**

La porosidad de las partículas está vinculada directamente con el nivel de humedad. A su vez, la porosidad está determinada por la dimensión de los poros, su

permeabilidad y el volumen o número total de estos. A continuación, se describen los cuatro estados que pueden atravesar las partículas de agregado:

- **Totalmente seco.** - Se consigue a través de un secado al horno a 110°C hasta que los agregados alcancen un peso constante. (aprox. 24 horas).
- **Parcialmente seco.** - Se consigue al estar expuesto al aire libre.
- **Saturado y Superficialmente seco (SSS).** - Es un estado límite en la que los agregados están saturados de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Este estado únicamente se consigue en el laboratorio.
- **Totalmente Húmedo.** - Todos los agregados están saturados de agua y además hay agua libre en la superficie.



Figura 07: Saturación del agregado fino

La fórmula que se presenta a continuación permite determinar el contenido de humedad en los agregados:

$$w = [W_w / W_s] * 100\%$$

Donde:

w: Es el contenido de humedad [%]

W_w: Es la masa inicial del agua que presenta la muestra [(peso del recipiente + muestra Húmeda) – (peso del recipiente + muestra seca)]

W_s : Es la masa de la muestra seca

Procedencia de los agregados

Agregado fino : Cantera La Victoria

Agregado grueso : Cantera Tres Tomas

Materiales

- ❖ Balanza
- ❖ Estufa
- ❖ Recipiente para agregado fino y agregado grueso
- ❖ Cucharón

Procedimiento

Antes de empezar nuestro ensayo de contenido de humedad, debemos realizar el cuarteo respectivo de ambos agregados para una mayor precisión en los resultados.



Figura 08: Cuarteo del Ag. Fino



Figura 09: Cuarteo del Ag. Grueso

Luego, procedemos:

1. El primer paso, es pesar ambos recipientes vacíos (para el agregado grueso y fino) haciendo uso de la balanza. Anotamos estos resultados.
2. Luego, seleccionamos muestras de agregado fino y grueso; y las depositamos en sus respectivos recipientes.
3. Pesamos en la balanza ambos recipientes con las muestras.
4. Llevamos a la estufa ambos recipientes conteniendo las muestras, donde permanecerán por un periodo de 24 horas. El horno o estufa se encuentra a una temperatura de 110°C .
5. Pasadas las 24 horas, retiramos las muestras que ya se encuentran secas y las pesamos nuevamente en la balanza. Nuevamente apuntamos los pesos obtenidos.
6. Con todos estos apuntes y datos obtenidos, podremos calcular el contenido de humedad tanto de las muestras de agregado fino y grueso; lo cual será especificado en la parte de resultados.

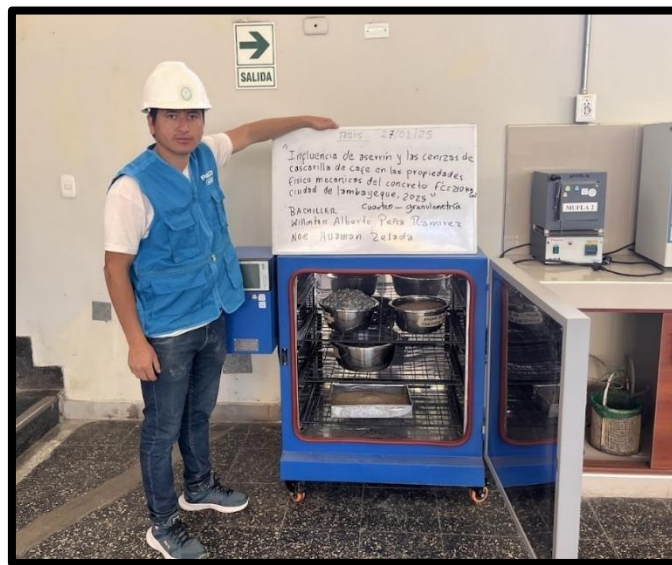


Figura 10: Llevado de las muestras a la estufa, a una temperatura de 110°C

4.2. **Peso unitario del Ag. Fino y Ag. Grueso (NTP 400.017: 2020)**

Concepto:

El peso específico unitario se define como la relación entre la masa del agregado, que ocupa un volumen patrón unitario, y el tamaño de dicho volumen. Este último incluye el volumen de vacíos del propio agregado, que debe ocupar una porción de este volumen patrón unitario.

Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, según el sistema que se utilice para acomodarlo. Cada uno de estos valores recibirá la siguiente denominación: peso unitario suelto y peso unitario compactado.

✓ **Peso Unitario Suelto (PUS):**

Se le llama PUS cuando, para determinarla, se pone el material seco en el recipiente hasta la línea de rebose y luego se nivela hasta que una carilla quede al ras. El concepto de PUS es relevante para el manejo, la transportación y el almacenamiento de agregados porque estos se encuentran en estado suelto.

✓ **Peso Unitario Compactado (PUC):**

Cuando los granos han sido compactados, lo que aumenta el nivel de acomodación de las partículas de agregado y, en consecuencia, la masa unitaria, se les llama PUC. Desde la perspectiva del diseño de mezclas, el PUC es relevante porque permite calcular el volumen absoluto de los agregados, ya que estos serán compactados cuando se coloquen.

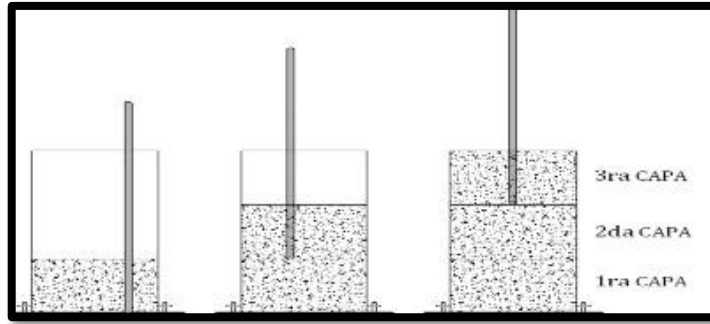


Figura 11: Proceso de llenado por capas para el ensayo de PUC

Materiales y equipos:

- ❖ Cucharón
- ❖ Varilla de acero
- ❖ Molde desmontable

Procedimiento:

✓ **Peso Unitario Suelto [PUS] – Agregado Fino**

1. Se pesa el contenedor cilíndrico.
2. Para empezar, se coloca la arena gruesa en un recipiente y posteriormente en el molde cilíndrico.
3. Después se añade arena al recipiente en una forma helicoidal hasta que esté completamente lleno, pero sin exceder los 5 cm de altura desde la superficie del recipiente.
4. Después, se retira con cuidado el exceso de arena utilizando una varilla de acero para que quede al nivel del recipiente; este procedimiento se denomina enrasado.

5. Finalmente se pesa el cilindro con la arena.



Figura 12: Llenado del molde cilíndrico con arena

✓ **Peso Unitario Compactado [PUC] – Agregado Fino**

1. Se pesa el contenedor cilíndrico.
2. Para empezar, se coloca la arena gruesa en un recipiente y posteriormente en el molde cilíndrico.
3. Luego, se coloca arena dentro del molde cilíndrico hasta llenar un tercio de su capacidad. Después, utilizamos una varilla de acero de $\varnothing 5/8''$ para golpear 25 veces en un patrón helicoidal.
4. Después, se continúa añadiendo arena hasta que la capacidad alcanza los dos tercios. Además, se compactan los veinticinco golpes en forma helicoidal con la varilla de acero.

5. Luego, para que el recipiente quede nivelado, se procede a quitar con cuidado la parte de arriba del mismo utilizando una varilla de acero. Este proceso se denomina “enrasado” y consiste en eliminar el sobrante de arena gruesa.
6. Por último, se pesa el contenedor cilíndrico con la arena compactada.



Figura 13: Varillado de la muestra a ensayar

✓ **Peso Unitario Suelto [PUS] – Agregado Grueso**

1. Se pesa el envase cilíndrico.
2. Se coloca la piedra chancada en un contenedor y después se pone en el molde con forma cilíndrica.
3. Después, se pone la piedra chancada en el recipiente con una forma helicoidal, hasta que esté completamente lleno y a no más de 5 cm por encima de la superficie del recipiente.

4. Luego, se utiliza una varilla de acero para retirar con cuidado el sobrante de piedra hasta que quede nivelado con el recipiente.
5. Por último, se pesa el cilindro que contiene la piedra chancada.



Figura 14: Llenado del molde cilíndrico con agregado

✓ **Peso Unitario Compactado [PUC] – Agregado Grueso**

1. Se pesa el envase cilíndrico.
2. Después, se coloca la piedra chancada en un contenedor y luego se sitúa en el molde cilíndrico.
3. A continuación, se coloca la piedra chancada en el molde cilíndrico hasta llenar $\frac{1}{3}$ de su capacidad. Además, se compactan los 25 golpes con la varilla de manera helicoidal.
4. Después, se continúa añadiendo piedra hasta alcanzar las dos terceras partes de su capacidad. Además, se compactan los 25 golpes con la varilla de manera helicoidal.

5. Luego, se quita con mucho cuidado el material para que quede a la altura del recipiente usando una varilla de acero.
6. Por último, se pesa el recipiente cilíndrico que contiene el agregado grueso comprimido.



Figura 15: Varillado del Ag. Grueso

4.3. **Peso específico de masa y grado de absorción del Ag. Fino y Ag. Grueso** (NTP 400.022: 2024 y NTP 400.021: 2020)

Concepto

Define un método para calcular el peso específico seco, el saturado con superficie seca y el aparente, así como la absorción (transcurridas 24 horas) del agregado fino. Se utiliza para calcular el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, con el objetivo de emplear estos datos en la corrección y cálculo de los diseños de mezclas, así como en la supervisión de la uniformidad de sus propiedades físicas.

Materiales y equipos

- ❖ Balanza
- ❖ Cucharón
- ❖ Mallas
- ❖ Brochas
- ❖ Matraz
- ❖ Cono de asentamiento
- ❖ Cesta con malla
- ❖ Depósito
- ❖ Bandejas

Procedimiento

✓ **Agregado fino:**

1. Seleccionada nuestra muestra de agregado en un depósito, en un peso de 2000gr. aproximadamente.
2. Llenamos la bandeja con agua a una altura de 2cm. Por encima del agregado y dejamos saturar por un tiempo de 24horas.
3. Transcurrido el tiempo, eliminamos el agua de la muestra para dejarla secar a la intemperie (en un espacio donde pueda llegarle la luz solar). El tiempo pasado a la intemperie se dio por un espacio de 24 horas, de tal manera que la muestra esté seca, es decir, el estado de la muestra saturada con superficie seca.



Figura 16: Secado de la muestra de Ag. Fino

4. Pasamos la muestra por la malla N°4.



Figura 17: Tamizado por la malla n°4 para eliminar las partículas externas

5. Ahora procedemos a verificar el estado saturado con superficie seca de la muestra de la siguiente manera:

Para la comprobación de dicho estado, nos ayudamos utilizando el cono de asentamiento, haciendo el llenado de este en tres capas. Vertida la primera capa en el cono, con el pisón damos 25 golpes distribuidos a la muestra (este proceso se realiza para la segunda y tercera capa del cono).



Figura 18: Utilización del cono de asentamiento

6. Al retirar el cono nos dimos cuenta de que el agregado había alcanzado una condición saturada con superficie seca, debido a que la muestra se desmoronó en sus $\frac{3}{4}$ partes.
7. Colocamos 500 gr. de la muestra (la misma que cumplió el procedimiento anterior) en el matraz, añadiéndole agua hasta los 400 cm³, hacemos rotar el matraz sobre la superficie donde trabajamos con el fin de eliminar las burbujas de aire que se puedan haber formado al verter el agua en el matraz. Después de ello dejaremos reposar nuestra muestra por 24 horas.



Figura 19: Llenado del matraz con agua

8. Al día siguiente regresamos y le añadimos agua hasta los 500 cm³, y pesamos para obtener el peso del matraz con muestra y agua.
9. Luego se vacía la muestra del matraz en un recipiente previamente limpiado y pesado, tratando de no perder parte de la misma, hacemos reposar la muestra por un espacio de 10 minutos para que se asiente la muestra respecto al agua. Después de ello introducimos nuestra muestra al horno a temperatura constante por 24 horas.
10. Al término de ese tiempo retiramos la muestra de la estufa, y como paso final pesamos.

✓ **Agregado grueso:**

1. Seleccionamos de la muestra de agregado grueso la cantidad de 5,200 gr.
2. Damos inicio al proceso cuarteando la misma muestra.
3. Colocamos la muestra a la estufa por un espacio de 24 horas a una temperatura de 110°C.
4. Retiramos la muestra dejándola secar y pesamos sólo 5000 gr o 5 kg, obteniendo de esta forma el peso denominado, peso de muestra seca al horno.

5. Colocamos a saturar la muestra por un lapso de 24 horas, retirada la muestra de saturación procedemos a secarla con ayuda de una franela, de tal manera que la superficie quede seca obteniendo el peso denominado, peso de muestra saturado con superficie seca.



Figura 20: Separación del agua del Ag. Grueso



Figura 21: Secado del Ag. Grueso

6. Pesado, colocamos el mismo en la canastilla hasta que se encuentre suspendida en el agua.



Figura 22: Colocación de la balanza para el ensayo de peso específico de masa del Ag. Grueso

7. A fin de procedimiento de datos de este, obtendremos el peso específico, peso aparente, peso nominal, peso saturado con superficie seca, recordando que el peso aparente y nominal se diferencian del llenado con vacíos y sin vacíos del agregado.

4.4. Granulometría del Ag. Fino y Ag. Grueso (NTP 400.012:2021)

Concepto:

Esta norma se utiliza para establecer la graduación de los agregados o para aquellos que están siendo usados como tales. Sus resultados se emplearán para determinar si la distribución del tamaño de las partículas cumple con los requerimientos establecidos en las especificaciones técnicas de la obra, y también para proveer estos y permitir que se correlacione su embalaje y esponjamiento. No es posible obtener la determinación precisa de aquel material más fino que la malla N° 200 con el uso de esta norma.

✓ **Granulometría de los agregados finos:**

En un trabajo específico, el agregado fino que se usa debe tener una granulometría relativamente uniforme. Para lograr una trabajabilidad apropiada en la mezcla, el agregado fino tiene que incluir una cantidad suficiente de material que supere la malla N° 50. El porcentaje más alto que se desea para el material que pasa la malla número 100 oscila entre el 3 y el 5%. Es relevante señalar que los finos del agregado no deben confundirse con el limo, la marga ni con ninguna otra impureza no deseada. El agregado grueso debe contener una cantidad mínima de material que tenga un tamaño más grande que las partículas del agregado fino cuando se utiliza un agregado con una proporción

significativa de partículas en las mallas número 4 y 8, con el objetivo de prevenir un concreto áspero y granuloso, difícil de acabar. Se aconseja, en términos generales, que el módulo de fineza del agregado fino esté entre 2.4 y 3.2. Esto incluye la opción de usar agregados con módulos de fineza más altos o más bajos, siempre que se tomen las precauciones necesarias al elegir las proporciones de la mezcla.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (Nº. 50) y de 0.15 mm (Nº 100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial, del concreto.

Un agregado fino formado por partículas redondeadas y suaves puede producir resultados positivos con granulometrías gruesas.

✓ **Factor de Análisis Granulométrico para agregado fino:**

➤ **Módulo de Fineza (MF)**

El módulo de finura es un parámetro que se logra al sumar los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices designados que cumplan con la relación 1:2, desde el tamiz número 100 hacia delante hasta llegar al tamaño máximo disponible. Luego, esta suma se divide entre 100. En este cálculo no se tienen en cuenta los tamices de 1" y ½".

$$MF = \frac{\sum \%RetenidoAcumulado}{100}$$

Se estima que el MF de una arena apropiada para fabricar concreto debe oscilar entre 2,4 y 3,2 o, donde un valor inferior a 2,0 señala una arena fina; un valor de 2,5 indica una arena de finura media y uno superior a 3,0 se refiere a una arena gruesa.

✓ **Granulometría de los agregados gruesos:**

La economía es la base del tamaño máximo del agregado grueso que se emplea en el concreto. Para un revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para una amplia gama de tamaños de agregado grueso, a menudo se requiere más agua y cemento para agregados pequeños que para los grandes.

El número de tamaño se refiere a la cantidad total de agregado que atraviesa un conjunto de mallas.

El tamaño nominal máximo de un agregado se determina por el tamaño de la malla más pequeña a través de la cual debe atravesar principalmente el agregado. La malla con el tamaño máximo nominal es capaz de retener entre un 5% y un 15% del agregado, en función del número de tamaño.

Por ejemplo, un agregado que tiene un tamaño de 67 mm y más, tiene un tamaño nominal máximo de 19 mm y uno máximo de 25 mm. La malla de 19 mm debe atravesar entre el noventa y el cien por ciento de este agregado, mientras que la malla de 25 mm tiene que atravesar la totalidad de sus partículas.

Generalmente, las partículas de agregado no deben exceder el tamaño máximo:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
2. Tres cuartas partes del espacio libre entre las varillas de refuerzo.
3. Un tercio del peralte de las losas.

Factor de Análisis Granulométrico para agregado grueso:

➤ Granulometría Continua:

Después de realizar un análisis granulométrico, se puede ver si la masa de agrupados incluye todos los tamaños de grano, desde el más grande hasta el más pequeño. Si esto sucede, se tiene una curva granulométrica continua.

➤ Granulometría Discontinua:

Por el contrario, cuando hay tamaños de grano intermedios que faltan o han sido eliminados artificialmente, se presenta una granulometría discontinua.

✓ Especificaciones granulométricas

El Reglamento Nacional de Construcción especifica la Granulometría en concordancia con las Normas.

A) SERIE FINA:

Malla N° 4	= 4.75 mm.
Malla N° 8	= 2.38 mm.
Malla N° 16	= 1.19 mm.
Malla N° 30	= 0.595 mm.
Malla N° 50	= 0.297 mm.
Malla N° 100	= 0.149 mm.
Malla N° 200	= 0.074 mm.

B) SERIE GRUESA:

1 ½	= 38.10 mm.
1"	= 25.04 mm.
¾"	= 19.00 mm.
1/2 "	= 12.50 mm.
3/8"	= 9.52 mm.
N° 4"	= 4.75 mm.

Materiales:

- ❖ Balanza
- ❖ Bandejas
- ❖ Cucharon
- ❖ Mallas

Procedimiento:

Como el procedimiento para el Análisis Granulométrico es el mismo tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, solo vamos a ilustrar el procedimiento para el agregado grueso pensando seguir el mismo procedimiento para el agregado fino.

La muestra es de 2000gr. para agregado fino y 5000gr. para agregado grueso.

1. Luego de tener la muestra preparada cuyo peso es de 5000 gr. Para agregado grueso, se procede al cuarteo del material a utilizar.
2. Se ordenan las mallas de acuerdo con el número que les corresponde a la muestra que se está ejecutando.
3. Tomamos la muestra de la fuente previamente cuarteada para empezar dicho mecanismo.
4. Se procede a agitar la muestra y posteriormente se anota el Peso retenido en esta malla en el formato.



Figura 23: Granulometría del Ag. Fino

5. Se pesa el material que se retiene en la malla y se coloca en el platillo.
6. Lo que pasa a la siguiente malla se vuelve a pesar siguiendo este procedimiento hasta la malla final.
7. Se considera que el retenido en el plato de peso que corresponde está incluido tras obtener los pesos parciales de cada malla. Este error con respecto al original es del 0.1%, lo cual significa que está dentro del margen permitido.



Figura 24: Granulometría del Ag. Grueso

8. Después de completar la tabla en la que se muestran los distintos pesos obtenidos, se determina el módulo de fineza para el agregado fino y el tamaño nominal y máximo nominal del agregado grueso.
9. El módulo de fineza y el tamaño máximo reflejan las propiedades del agregado empleado.
10. Se pueden crear las curvas granulométricas para el agregado grueso y el agregado fino usando los datos de la tabla, que proporcionan los pesos apropiados. Para ello se emplean las columnas de datos del porcentaje que pasa en peso y la malla utilizada.

4.5. Diseño de mezcla (ACI 211)

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto.

Es común que quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla se vea limitado por las particularidades de la obra. Entre dichas limitaciones pueden incluir:

- Relación entre agua y el cemento
- Contenido de cemento
- Capacidad máxima de aire
- Asentamiento
- Tamaño máximo del agregado grueso
- Resistencia en compresión mínima
- Condiciones particulares en relación con el empleo de aditivos, la resistencia media o el uso de cementos especiales.

Secuencia de diseño

- Determinación de la resistencia media tomando como base la resistencia específica en compresión y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Elección del tamaño máximo del agregado.
- Elección del asentamiento.
- Elección de volumen de agua de diseño.
- Elección del contenido de aire.
- Elección de la relación entre agua y cemento con base a su resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento.
- Selección del contenido de agregado grueso.
- Selección de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Cálculo del volumen absoluto de los agregados finos.
- Cálculo del peso seco de los agregados finos.
- Determinación de los valores de diseño para agua, cemento, aire y agregados gruesos y finos.
- Ajuste de los valores de diseño por presencia de humedad en el agregado.
- Determinación de la proporción de peso, diseño y obra.
- Determinación de los pesos por tanda en un saco.

V. Análisis e interpretación de resultados

Se completaron satisfactoriamente los ensayos de laboratorio para los agregados fino y grueso, así como la elaboración prevista de probetas y vigas de concreto para la obtención de valores de resistencia, permitiendo así comparar las muestras patrón con las muestras alteradas y así determinar la mejor alternativa de diseño a emplear.

5.1. Propiedades físicas del Ag. Fino y Ag. Grueso

Propiedades	Ag. Fino	Ag. Grueso
Contenido de humedad	1.68 %	0.42 %
Peso específico de masa	2.38 gr/cm ³	2.72 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1.56 gr/cm ³	1.49 gr/cm ³
Peso unitario compactado	1.71 gr/cm ³	1.66 gr/cm ³
Porcentaje de absorción	2.04 %	0.83 %
Módulo de fineza	2.87	
Tamaño máximo nominal del agregado		1"

Tabla 5: Resultados de los ensayos de laboratorio

La procedencia del agregado fino es de la cantera La Victoria, mientras que el agregado grueso fue analizado proveniente de la cantera Tres Tomas. Para el contenido de humedad se obtuvo el valor de 1.68 % para el agregado fino y de 0.42 % para el agregado grueso. El peso específico de masa para los agregados finos y gruesos son 2.38 gr/cm³ y 2.72 gr/cm³ respectivamente. El peso unitario suelto seco para los agregados fino y grueso son 1.56 gr/cm³ y 1.49 gr/cm³ respectivamente. El peso unitario compactado o varillado obtuvo como resultados para el agregado fino y grueso respectivamente los valores de 1.71 gr/cm³ y 1.66

gr/cm³. Los porcentajes de absorción obtenidos son 2.04 % y 0.83 % para los agregados fino y grueso respectivamente. El módulo de fineza obtenido del agregado fino corresponde al valor de 2.87 y finalmente el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1”.

		A.Fino				A.Grueso			
PESO ORIGINAL		2000 gr				5000 gr			
TAMIZADO		2000 gr				5000 gr			
TAMIZ	ABERTURA (MM)	PESO RET. (GRS)	% PESO RETEN.	% ACUM. PASA	% ACUM. RETEN.	PESO RET. (GRS)	% PESO RETEN.	% ACUM. PASA	% ACUM. RETEN.
1 1/2 "	38.10	-	-	-	-	-	-	-	-
1 "	25.00	-	-	-	-	351	7.02	92.98	7.02
3/4 "	19.00	-	-	-	-	724	14.48	85.52	21.50
1/2 "	12.50	-	-	-	-	1948	38.96	46.56	60.46
3/8 "	9.50	-	-	-	-	923	18.46	28.10	78.92
N° 4	4.75	170	8.50	91.50	8.50	1015	20.30	7.80	99.22
N° 8	2.36	207	10.35	81.15	18.85	-	-	-	-
N° 16	1.18	281	14.05	67.10	32.90	-	-	-	-
N° 30	0.60	465	23.25	43.85	56.15	-	-	-	-
N° 50	0.30	462	23.10	20.75	79.25	-	-	-	-
N° 100	0.15	246	12.30	8.45	91.55	-	-	-	-
N° 200	0.075	125	6.25	2.20	97.80	-	-	-	-
PLATILLO		44.00	2.20	0.00	100.00	39.00	0.78	7.02	100.00
SUMATORIA		2000.00	100.00			5000.00	100.00		

Tabla 6: Granulometría de agregado fino y grueso

5.2. Propiedades mecánicas del concreto endurecido

5.2.1. Ensayos de resistencia a la compresión

a) Resultados a los 7 días

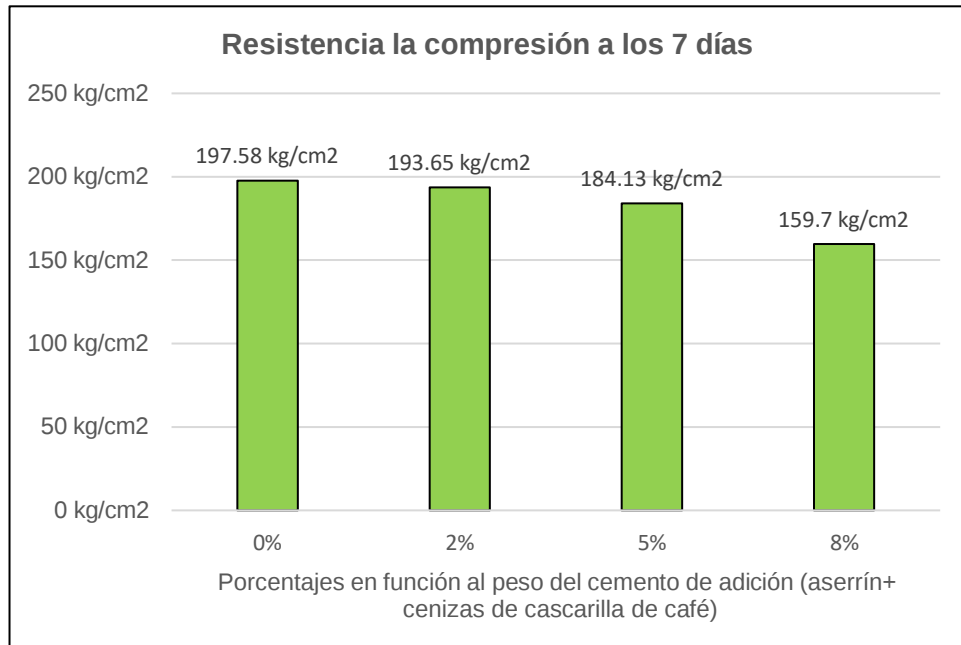


Figura 25: Comparativa de resistencias a los 7 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 197.58 kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 193.65 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 184.13 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 159.7 kg/cm².

La resistencia mínima aceptada para los ensayos de laboratorio a los 7 días es de 142.80 kg/cm², observándose que cumplen en todos los

casos ensayados. Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto patrón (0% de adición) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

b) Resultados a los 14 días

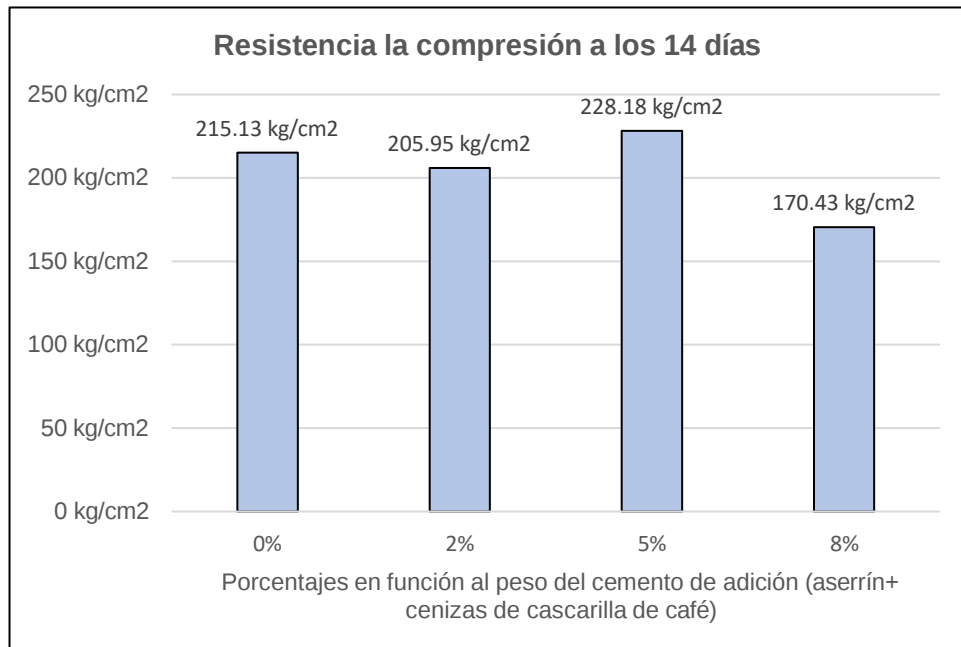


Figura 26: Comparativa de resistencias a los 14 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 215.13 kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 205.95 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 228.18 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 170.43 kg/cm².

La resistencia mínima aceptada para los ensayos de laboratorio a los 14 días es de 180.60 kg/cm², observándose que cumplen en casi todos los casos ensayados, menos en las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café). Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

c) Resultados a los 28 días

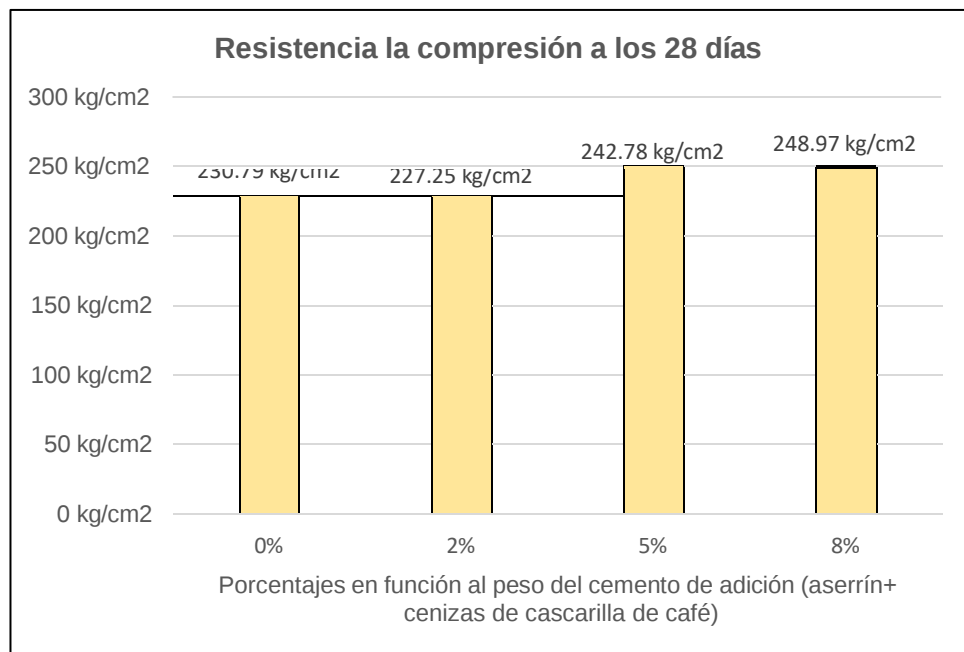


Figura 27: Comparativa de resistencias a los 28 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 230.79 kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo

227.25 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 242.78 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 248.97 kg/cm².

La resistencia mínima aceptada para los ensayos de laboratorio a los 14 días es de 210 kg/cm², observándose que cumplen en todos los casos ensayados. Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

5.2.2. Ensayos de resistencia a la tracción indirecta

a) Resultados a los 7 días

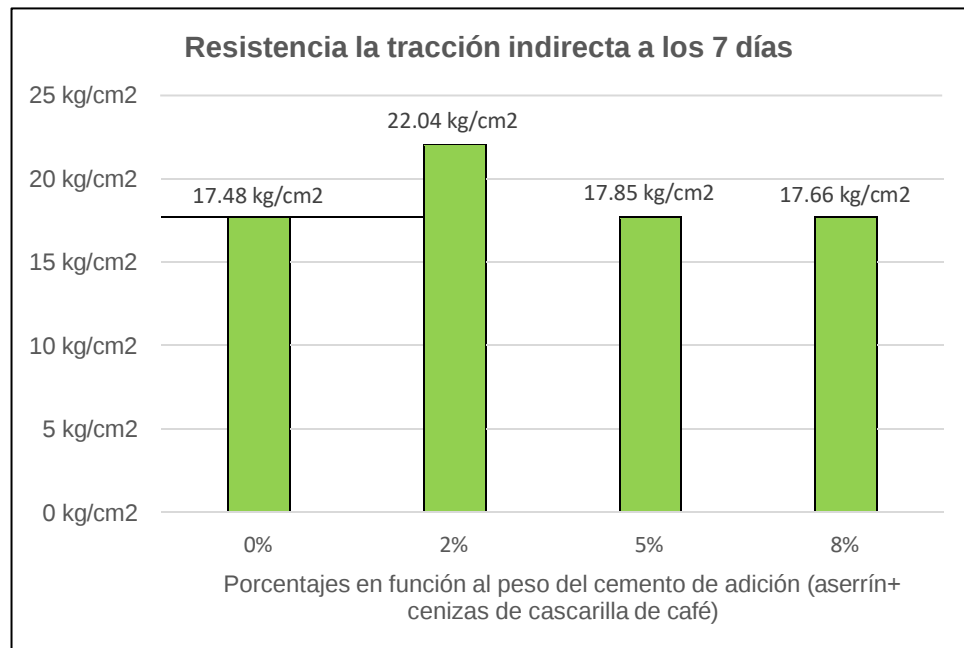


Figura 28: Comparativa de resistencias a los 7 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la tracción indirecta a los 7 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio

para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 17.48 kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 22.04 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 17.85 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 17.66 kg/cm².

Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto patrón (0% de adición).

b) Resultados a los 14 días

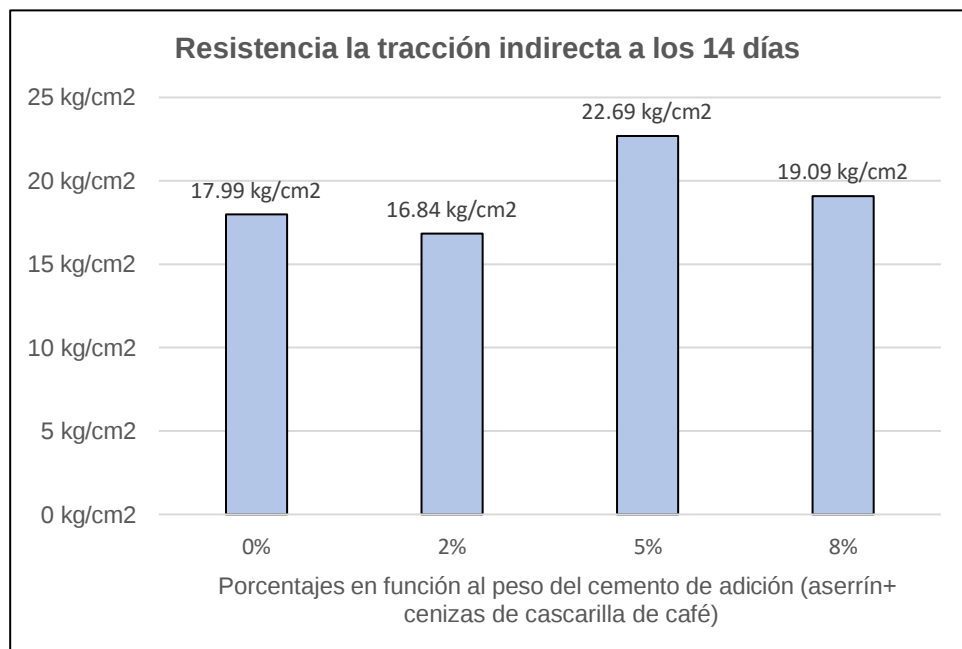


Figura 29: Comparativa de resistencias a los 14 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la tracción indirecta a los 14 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 17.99

kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 16.84 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 22.69 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 19.09 kg/cm².

Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

c) Resultados a los 28 días

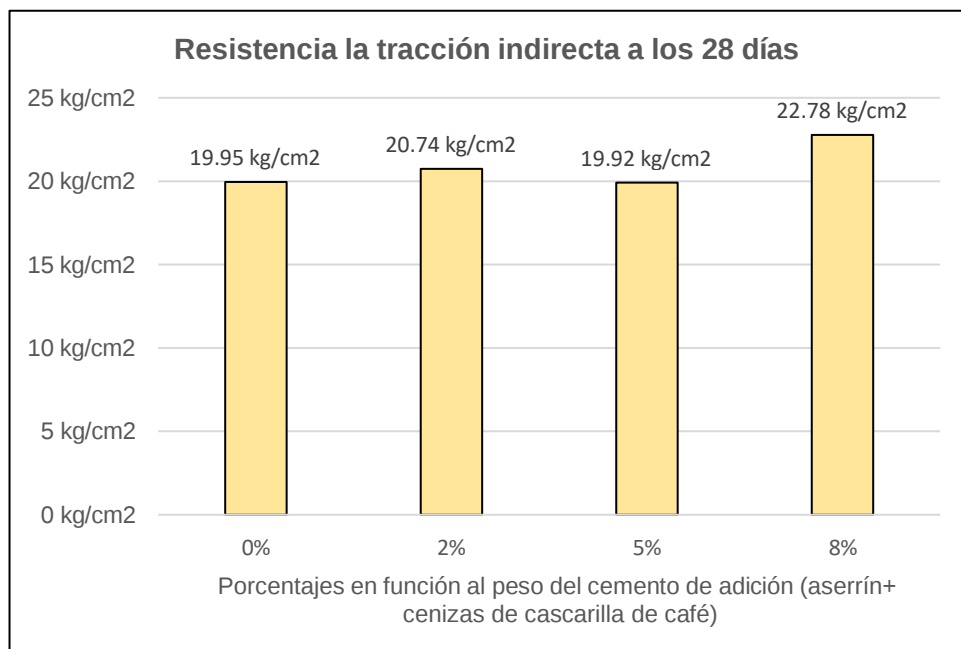


Figura 30: Comparativa de resistencias a los 28 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la tracción indirecta a los 28 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de probetas patrón (0% de adición) se obtuvo 19.95 kg/cm², para las probetas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café)

se obtuvo 20.74 kg/cm², para las probetas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 19.92 kg/cm² y finalmente para las probetas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 22.78 kg/cm².

Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

5.2.3. Ensayos de resistencia a la flexión

a) Resultados a los 7 días

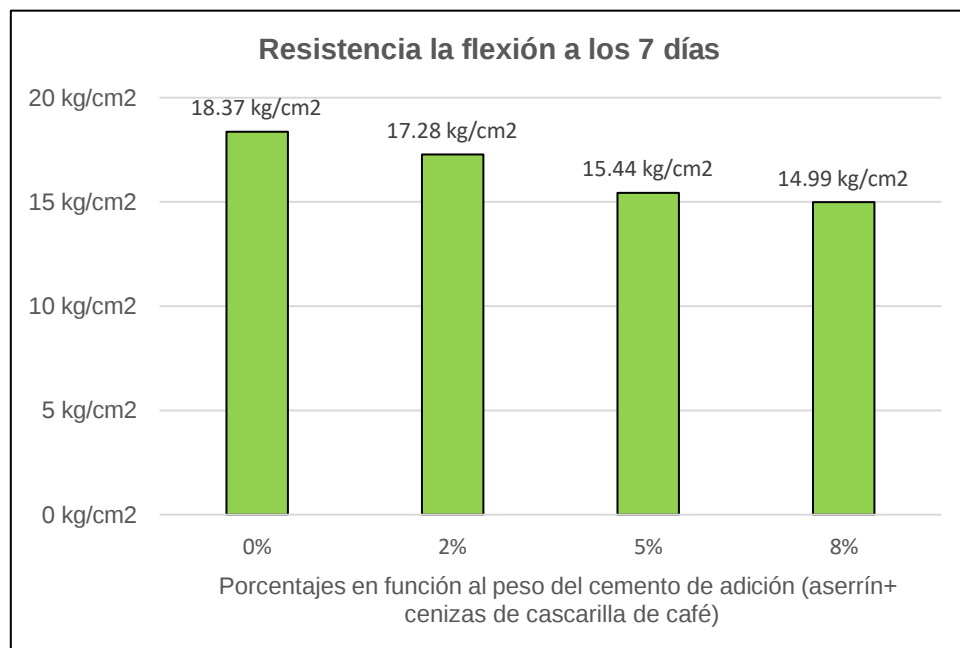


Figura 31: Comparativa de resistencias a los 7 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la flexión a los 7 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de vigas patrón (0% de adición) se obtuvo 18.37 kg/cm², para

las vigas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 17.28 kg/cm², para las vigas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 15.44 kg/cm² y finalmente para las vigas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 14.99 kg/cm².

Se observa que la resistencia más alta se obtuvo del concreto patrón (0% de adición) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

b) Resultados a los 14 días

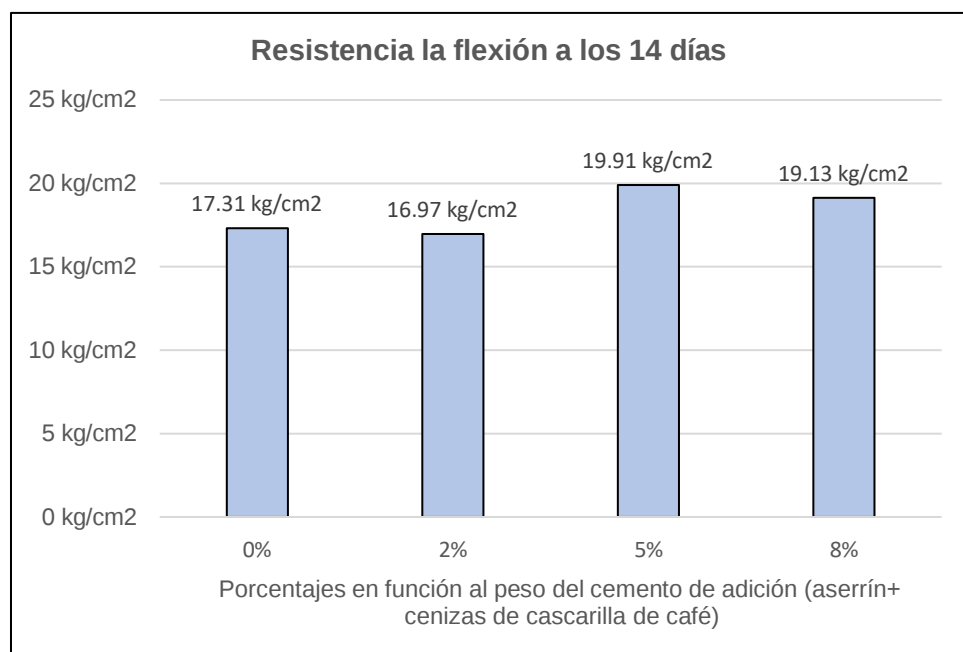


Figura 32: Comparativa de resistencias a los 14 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la flexión a los 14 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la

resistencia de vigas patrón (0% de adición) se obtuvo 17.31 kg/cm², para las vigas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 16.97 kg/cm², para las vigas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 19.91 kg/cm² y finalmente para las vigas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 19.13 kg/cm².

Se observa la resistencia más alta se obtuvo del concreto con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

c) Resultados a los 28 días

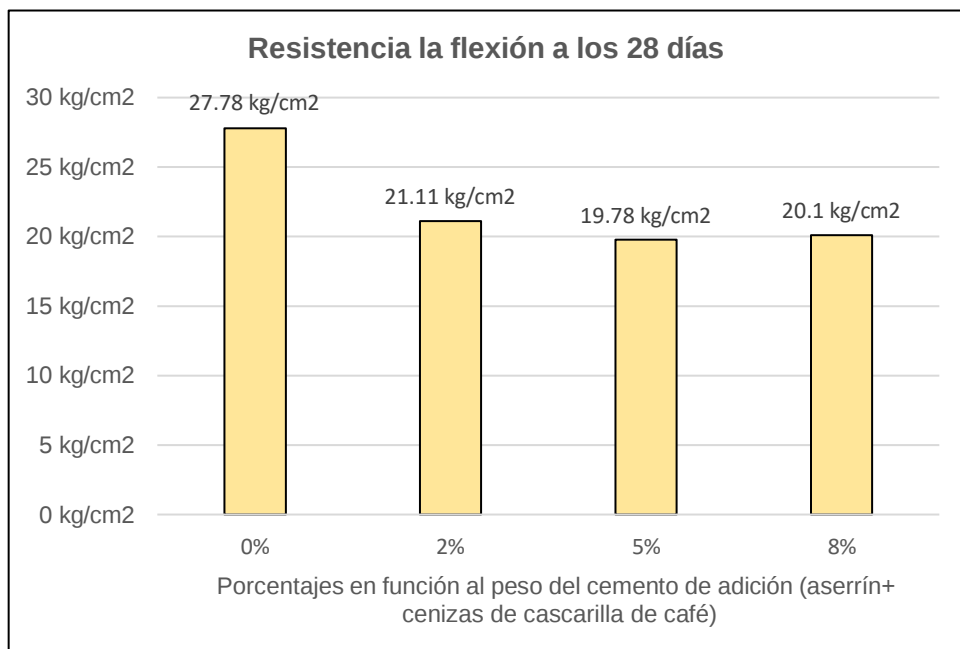


Figura 33: Comparativa de resistencias a los 28 días

Para la realización de los ensayos de resistencia a la flexión a los 28 días se obtuvieron los siguientes resultados: en promedio para la resistencia de vigas patrón (0% de adición) se obtuvo 27.78 kg/cm², para

las vigas con 2% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 21.11 kg/cm², para las vigas con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 19.78 kg/cm² y finalmente para las vigas con 8% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café) se obtuvo 20.1 kg/cm².

Se observa la resistencia más alta se obtuvo del concreto patrón (0% de adición) y la resistencia más baja se obtuvo del concreto con 5% (aserrín+ cenizas de cascarilla de café).

VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Se comprobó que el adiconamiento de la combinación de aserrín de madera y cenizas de cascarilla de café influye en las propiedades mecánicas del concreto de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, produciendo variaciones en la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión.
- Los agregados fino y grueso utilizados en la investigación cumplen con las Normas Técnicas Peruanas, permitiendo obtener un diseño de mezcla adecuado y resultados confiables en los ensayos de laboratorio.
- La adición del **2% de la combinación de aserrín y cenizas de cascarilla de café**, respecto al peso del cemento, presentó el mejor comportamiento mecánico, alcanzando resistencias similares o superiores al concreto patrón a los 28 días de curado.
- El concreto con **5% de adición** mostró resistencias aceptables; sin embargo, se evidenció una ligera disminución en comparación con el concreto patrón, principalmente en los ensayos de tracción indirecta y flexión.
- La adición del **8% de la combinación** produjo una reducción significativa de las resistencias mecánicas y de la trabajabilidad del concreto, demostrando que porcentajes elevados afectan negativamente su desempeño estructural.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda emplear la **adición del 2% de la combinación de aserrín y cenizas de cascarilla de café** en la elaboración de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, por presentar el mejor desempeño mecánico y adecuada trabajabilidad.
- Se sugiere no utilizar porcentajes de adición mayores al **5%**, debido a que afectan negativamente las propiedades mecánicas del concreto.
- Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar **porcentajes menores al 2%**, así como distintas proporciones entre aserrín y cenizas de cascarilla de café.
- Se recomienda realizar estudios complementarios sobre la **durabilidad del concreto**, considerando ensayos de absorción, permeabilidad y resistencia a agentes agresivos.
- Se sugiere fomentar el uso de **materiales alternativos y sostenibles** en el sector construcción, promoviendo el aprovechamiento de residuos agroindustriales y madereros en el diseño de mezclas de concreto.

VII. Referencias bibliográficas

- Álvarez, R., & Jiménez, B. (2021). *Influencia de la adición de aserrín en un concreto convencional con respecto a su asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión, Trujillo–2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/2590b524-9eda-4fe3-840c-e67dacc4191e>.
- Campos, R. *Agregados*. <https://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados>.
- Domat Concrete Machinery. (2025). *Concrete properties and applications*. <https://www.domatconcrete.com>.
- Hurtado Guevara, E. (2023). *Influencia de la ceniza de cáscara de café en la resistencia y durabilidad del concreto en Pimentel* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <https://repositorio.usat.edu.pe/items/c1b71d4b-faa0-46aa-be2f-34cb26e5c3e7>.
- Iparraguirre Sánchez, R. (2021). *Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Oxapampa–2021* [Tesis de pregrado, Universidad César vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84321>.
- Matallana, L. (2019). *Tecnología del concreto*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, Y. & Pérez, L. (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en la construcción sostenible*. Universidad Nacional del Centro del Perú. https://www.researchgate.net/publication/340289167_Aprovechamiento_de_residuos_agroindustriales_en_el_mejoramiento_de_la_calidad_del_ambiente.
- Monroy Rodríguez, A. (1999). *Integración de aserrín en la fabricación de bloques de concreto* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Monterrey]. <https://repositorio.tec.mx/items/b293ff94-9eba-4b4f-9cdb-d7f475cd09d4>.
- Niño, J. (2010). *Concreto: propiedades, diseño y control*. Editorial Limusa.

- Ormeño Arévalo, V. (2023). *Influencia de la sustitución del cemento por ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* , Tarapoto–2023 [Tesis de pregrado, Universidad César vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/145270>.
- Pintado, J., & Siesquén, J. (2021). *Caracterización físico-mecánica de concreto adicionando aserrín de madera y ceniza de cascarilla de arroz en la ciudad de San Ignacio–Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75697>.
- Terrones Vásquez, J. (2024). *Propiedades físico-mecánicas del concreto adicionando cenizas de aserrín como sustituto parcial del cemento* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12683>.

VIII. Anexos

Anexo 1: Constancia de realización de ensayos de laboratorio



CONSTANCIA 011 – 2025 LEME – FICSA

El que suscribe, Director encargado del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

HACE CONSTAR:

Que los bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

PEÑA RAMIREZ WILLINTON ALBERTO

HUAMAN ZELADA NOE

Han realizado sus ensayos desde el 27 Enero del 2025 al 3 Abril del 2025 en este laboratorio - LEME.

<u>TIPOS DE ENSAYOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
• CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO	(01)
• CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO	(01)
• ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	(01)
• ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	(01)
• PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO	(01)
• PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO	(01)
• PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO FINO	(01)
• PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO	(01)
• PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO FINO	(01)
• PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO GRUESO	(01)
• GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	(01)
• GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	(01)
• ELABORACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – PATRÓN	(01)
• ENSAYO ASENTAMIENTO SLUMP – DE LA MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - PATRÓN	(01)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - Patrón	(09)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 2% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 5% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 8% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - Patrón	(09)
• RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 2% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 5% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 8% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS PATRÓN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	(09)
• RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 2% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 5% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)
• RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (adicionando el 8% de Aserrín + Cenizas de cascarilla de café)	(09)

Para dar cumplimiento a un capítulo de su proyecto de Tesis: "INFLUENCIA DEL ASERRÍN Y LAS CENIZAS DE CASCARILLA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$, CIUDAD DE LAMBAYEQUE, 2025", con código N° IC_V_2024_057

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.



Lambayeque, 10 de Setiembre del 2025

DR. JNG FARIAS FEIJOO JUAN HERMAN
DIRECTOR (e) DAIC – FICSA

Anexo 2: Resultados de ensayos de laboratorio

➤ Contenido de humedad

MUESTRA	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
1. PESO RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA	5550 g	7475 g
2. PESO RECIPIENTE + MUESTRA SECA	5463 g	7445 g
3. PESO DE AGUA ($W_w=1-2$)	87 g	30 g
4. PESO RECIPIENTE	286 g	292 g
5. PESO MUESTRA SECA ($W_s=2-4$)	5177 g	7153 g
6. CONTENIDO DE HUMEDAD % ($w=3/5*100$)	1.68 %	0.42 %

Tabla 7: Elaboración propia

➤ Peso Unitario Suelto

MUESTRA	AG. FINO	AG. GRUESO
(1) Peso promedio de muestra + molde (gr)	6938	12092
(2) Peso del molde (gr)	5447	8908
(3) Peso de la muestra (1-2) (gr)	1491	3184
(4) Volumen del molde (cm ³)	958	2138
Peso volumétrico (3/4) (gr/cm³)	1.56	1.49

Tabla 8: Elaboración propia

➤ **Peso Unitario Compactado o Varillado**

MUESTRA	AG. FINO	AG. GRUESO
(1) Peso promedio de muestra + molde (gr)	7088	12452
(2) Peso del molde (gr)	5447	8908
(3) Peso de la muestra (1-2) (gr)	1641	3544
(4) Volumen del molde (cm ³)	958	2138
Peso volumétrico (3/4) (grs/cm³)	1.71	1.66

Tabla 9: Elaboración propia

➤ **Peso Específico de Masa del Agregado Fino**

DATOS	PESOS (g)
Peso Muestra (A)	500
Peso Matraz + Muestra + Agua	1004
Peso Matraz	210
Peso Muestra + Agua	794
Peso Muestra Seca al Horno (B)	490
Peso o Volumen del Agua añadida (C)	294
Peso específico: (B/(A-C))	2.38 g/cm³
Grado de absorción: ((A-B)/ B)*100	2.04 %

Tabla 10: Elaboración propia

➤ **Peso Específico de Masa del Agregado Grueso**

DATOS	PESOS (g)
(A) Peso de la muestra seca al horno	4000
(B) Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSSeca)	4033
(C) Peso de la muestra saturada sumergida	2564
Peso específico de masa: $A / (B - C)$	2.72 gr/cm³
Grado de absorción: $((B-A) / B) * 100$	0.83%

Tabla 11: Elaboración propia

➤ **Análisis granulométrico por tamizado del Agregado Fino**

Nº MALLA	ABERTURA MM.	PESO RETENIDO (Grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	170	8.50	8.50	91.50
8	2.38	207	10.35	18.85	81.15
16	1.19	281	14.05	32.90	67.10
30	0.60	465	23.25	56.15	43.85
50	0.30	462	23.10	79.25	20.75
100	0.15	246	12.30	91.55	8.45
200	0.074	125	6.25	97.80	2.20
Platillo		44	2.20	100.00	0.00
Total		2000	100		

Tabla 12: Elaboración propia

$$\text{Módulo de fineza: } \frac{8.5 + 18.85 + 32.90 + 56.15 + 79.25 + 91.55}{100} = 2.87$$

➤ Curva granulométrica del Agregado Fino

TAMIZ	ABERTURA (m.m.)	% QUE PASA, ACUMULADO		
		ARENA EN ESTUDIO	LIMITE INFERIOR, NTP 400.037	LIMITE SUPERIOR, NTP 400.037
3/8 "	9.500	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.750	91.50	95.00	100.00
N° 8	2.360	81.15	80.00	100.00
N° 16	1.180	67.10	50.00	85.00
N° 30	0.600	43.85	25.00	60.00
N° 50	0.300	20.75	5.00	30.00
N° 100	0.150	8.45	0.00	10.00
N° 200	0.075	2.20	0.00	5.00

Tabla 13: Elaboración propia

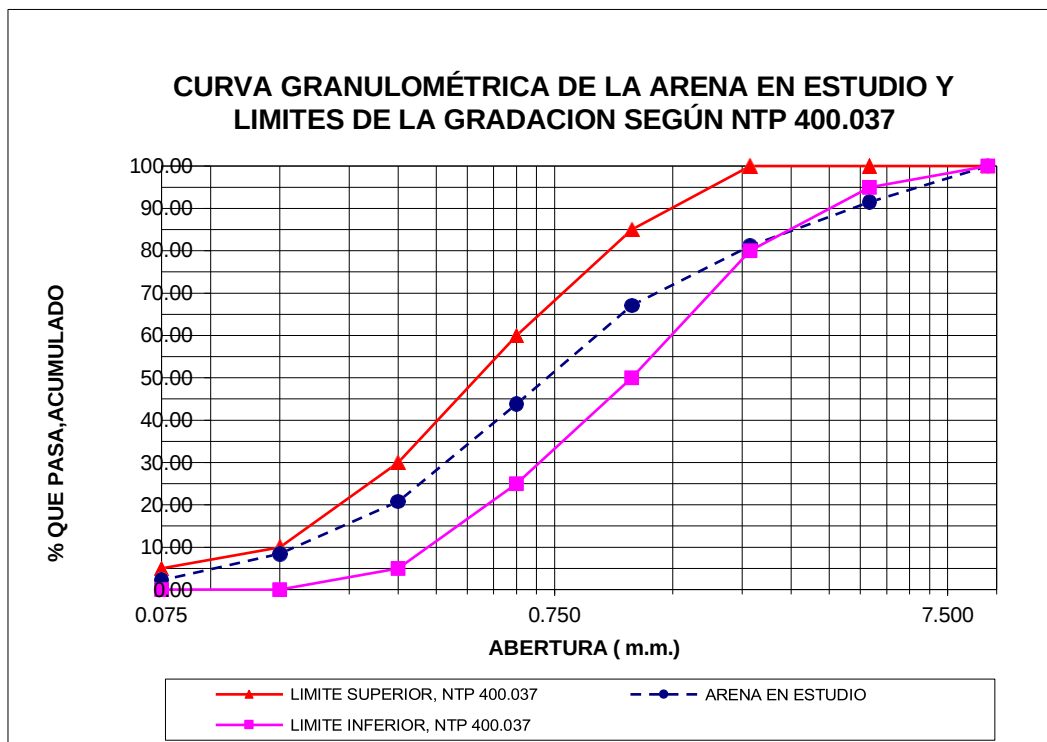


Figura 34: Elaboración propia

➤ Análisis granulométrico por tamizado del Agregado Grueso

Nº MALLA	ABERTURA MM.	PESO RETENIDO (Grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.10	-	-	-	-
1"	25.04	351	7.02	7.02	92.98
3/4"	19.00	724	14.48	21.50	78.50
1/2"	12.50	1948	38.96	60.46	39.54
3/8"	9.52	923	18.46	78.92	21.08
Nº 4	4.75	1015	20.30	99.22	0.78
Platillo		39	0.78	100.00	0.00
Total		5000	100		

Tabla 14: Elaboración propia

Tamaño Máximo Nominal (TMN) = 1"

➤ Curva granulométrica del Agregado Grueso

TAMIZ	ABERTURA (m.m.)	% QUE PASA, ACUMULADO		
		GRAVA EN ESTUDIO	LIMITE INFERIOR, NTP 400.037	LIMITE SUPERIOR, NTP 400.037
1 1/2 "	38.10	100.00	100.00	100.00
1"	25.04	92.98	90.00	100.00
3/4 "	19.00	78.50	40.00	85.00
1/2 "	12.50	39.54	10.00	40.00
3/8 "	9.52	21.08	0.00	15.00
Nº 4	4.75	0.78	0.00	5.00

Tabla 15: Elaboración propia

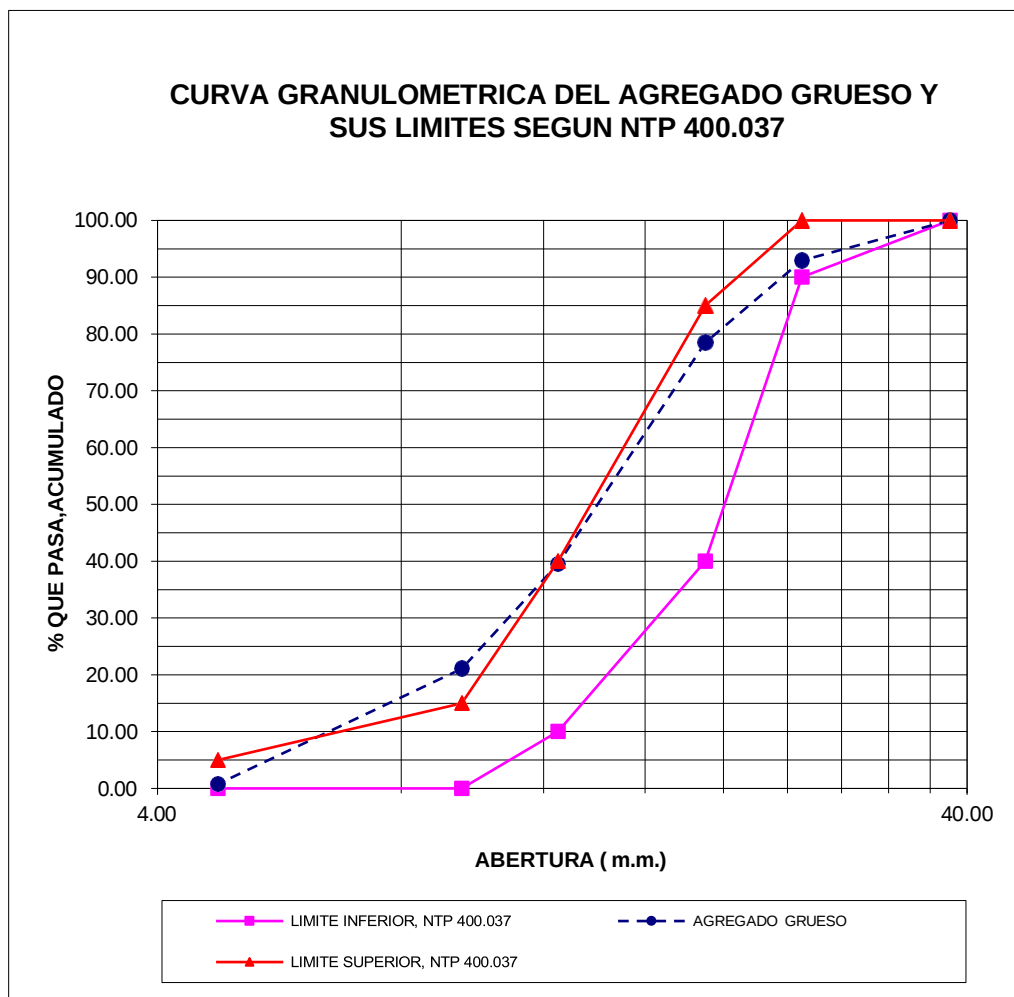


Figura 35: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL ASERRÍN Y LAS CENIZAS DE CASCARILLA DE CAFÉ EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2, CIUDAD DE LAMBAYEQUE, 2025"

Localización: Laboratorio de materiales - UNPRG
Fecha: Enero - Abril 2025

Responsables: Bach. Willinton Peña Ramírez
Bach. Noé Huamán Zelada

DISEÑO DE MEZCLA

(Según ACI 211)

A. REQUERIMIENTOS :

Resistencia especificada : 210 kg/cm²
Uso : Estructuras
Cemento : INKA GU
Coeficiente de variación estimado :
Agregados :
Piedra, cantera : Tres Tomas
Arena, cantera : La victoria

Características :	ARENA	PIEDRA
Humedad natural:	1.68 %	0.42 %
Absorción:	2.04 %	0.83 %
Peso específico de masa:	2.38 gr/cm ³	2.72 gr/cm ³
Peso unitario varillado:	1.71 gr/cm ³	1.66 gr/cm ³
Peso unitario suelto seco:	1.56 gr/cm ³	1.49 gr/cm ³
Módulo de fineza:	2.87	
Tamaño máximo nominal del agregado:		1"

B. DOSIFICACION

1. Selección de la relación agua - cemento (A/C)

Para lograr una resist. promedio de :
se requiere una relación A/C por resistencia : $\frac{210}{0.558} = 84$ = 294 kg/cm²
Por condiciones de exposición no se requiere.
se requiere una A/C =

No requiere

Luego la relación agua-cemento de diseño es :

2. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

Para un asentamiento de : 3" a 4" = 193 litros/m³ Aire = 1.50 %

3. Contenido de cemento

$193 / 0.558 = 345.88$ kg aprox.: 8.14 bolsas/m³

4. Estimación del contenido de agregado grueso

$0.663 \text{ m}^3 \times 1660 \text{ kg/m}^3 = 1100.58$ kg

5. Estimación del contenido de agregado fino

Volumen de agua:		= 0.193 m ³
Volumen sólido de cemento:	$345.88 / 2970$	= 0.116 m ³
Volumen sólido de agreg. grueso:	$1100.58 / 2720$	= 0.405 m ³
Volumen de aire:		<u>= 0.015 m³</u>
		0.729 m ³

Volumen sólido de arena requerido: $1 - 0.729 = 0.271$ m³
Peso de arena seca requerida: $0.271 \text{ m}^3 \times 2380 = 644.78$ kg

6. Resumen de materiales por metro cúbico

Agua (Neta de mezclado)	= 193 litros
Cemento:	= 345.88 kg
Agregado fino:	= 644.78 kg
Agregado grueso:	= 1100.58 kg

7. Ajuste por humedad del agregado

Por humedad total (pesos ajustados)

Agregado fino:	$644.78 (1 + 1.68 / 100) =$	655.62 kg
Agregado grueso:	$1100.58 (1 + 0.42 / 100) =$	1105.20 kg
Agua para ser añadida por corrección por absorción		
Agregado fino:	$644.78 (1.68 - 2.04) / 100 =$	-2.32 kg
Agregado grueso:	$1100.58 (0.42 - 0.83) / 100 =$	<u>-4.51 kg</u>
		-6.83 kg

Agua efectiva = agua de diseño - agua libre
 193 litros - (-6.83 litros) = 199.83 litros

8. Resumen

Agua efectiva (Total de mezclado)	= 199.83 litros
Cemento	= 345.88 kg
Agregado fino (Húmedo)	= 655.62 kg
Agregado grueso (Húmedo)	= 1105.20 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

1 : 1.90 : 3.20 / 24.55 litros de agua /bls

Relación agua - cemento de diseño:	193.00 / 345.88	=	0.558
Relación agua - cemento efectiva:	199.83 / 345.88	=	0.578

CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

Se tiene una dosificación en peso, ya corregida por humedad del agregado, de

1 : 1.90 : 3.20 con **24.55** litros de agua/bls de cemento con valores de obra. Se desea conocer la dosificación en volumen equivalente.

I MATERIALES

Características	AGREG. FINO	AGREG. GRUESO
Peso suelto seco	1560 kg/m ³	1490 kg/m ³
Contenido de humedad	1.68 %	0.42 %

II CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

A partir de la relación en peso para valores de obra, o sea ya corregidos por humedad del agregado, se puede determinar la cantidad de materiales necesaria para preparar una tanda de concreto en base a un saco de cemento:

Cemento :	1 x 42.5	= 42.5 kg/saco
Agua efectiva:		= 24.55 litros/saco
Agregado fino húmedo:	1.90 x 42.5	= 80.56 kg/saco
Agregado grueso húmedo:	3.20 x 42.5	= 135.80 kg/saco

III PESOS UNITARIOS SUELTOS HÚMEDOS DEL AGREGADO

Como se va a convertir una dosificación de obra, ya corregida por humedad del agregado, es necesario determinar los pesos unitarios húmedos de los AF y AG. Para ello multiplicar el peso unitario suelto seco de cada uno de los agregados por el contenido de humedad del mismo.

Peso unitario del:

Agregado fino húmedo:	1560 x (1 + 1.68%)	= 1586.21 kg/m ³
Agreg.grueso húmedo:	1490 x (1 + 0.42%)	= 1496.26 kg/m ³

IV PESO POR PIE CUBICO DEL AGREGADO

Conocidos los pesos unitarios sueltos húmedos de los dos agregados, y sabiendo que, 1m³ = 35.31 pie³, se deberá dividir el primero entre el segundo para obtener el peso por pie³ en cada uno de los agregados.

Peso en pie³ :

Del agregado fino	1586.21 / 35.31	= 44.92 kg/pie ³
Del agregado grueso	1496.258 / 35.31	= 42.37 kg/pie ³
De la bolsa de cemento		= 42.50 kg/pie ³

V DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Conocidos los pesos por pie³ de los diferentes materiales en la mezcla, bastará dividir los pesos de cada uno de los materiales en la tanda de un saco entre los pesos por pie³ para obtener el número de pie³ necesarios para preparar una tanda de un saco.

Dosificación en volumen

Cemento	42.50 / 42.5	= 1.00
Agregado fino húmedo	80.56 / 44.92	= 1.79
Agregado grueso húmedo	135.80 / 42.37	= 3.20

1 : 1.79 : 3.20 / 24.6 litros de agua /bls

➤ Rotura de probetas

ROTURA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (0% de aserrín y cenizas de cascarilla de café)					
Cilindros de Concreto de 0.15 m x 0.30 m- Vigas de 0.15 m x 0.15 m x 0.53 m					
RESISTENCIA ESPECIFICADA f_c= 210 kg/cm²	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad de probetas y vigas en días	Resist. Obtenida (kg/cm²)	Resist. Prom. Obtenida(kg/cm²)
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	215.04	197.58
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	175.42	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	202.30	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	207.14	215.13
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	219.13	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	219.13	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	227.45	230.79
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	234.78	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	230.15	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	18.46	17.48
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	16.09	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	17.89	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	17.89	17.99
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	18.04	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	18.04	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	20.14	19.95
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	18.92	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	04/03/2025	01/04/2025	28	20.78	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	14/03/2025	7	17.21	18.37
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	14/03/2025	7	17.74	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	14/03/2025	7	20.16	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	21/03/2025	14	16.45	17.31
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	21/03/2025	14	17.74	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	21/03/2025	14	17.74	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	04/04/2025	28	30.00	27.78
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	04/04/2025	28	28.33	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	07/03/2025	04/04/2025	28	25.00	

ROTURA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (2% de aserrín y cenizas de cascarilla de café)					
Cilindros de Concreto de 0.15 m x 0.30 m- Vigas de 0.15 m x 0.15 m x 0.53 m					
RESISTENCIA ESPECIFICADA f_c= 210 kg/cm²	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad de probetas y vigas en días	Resist. Obtenida (kg/cm²)	Resist. Prom. Obtenida(kg/cm²)
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	198.06	193.65
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	185.32	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	11/03/2025	7	197.58	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	206.55	205.95
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	200.05	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	04/03/2025	18/03/2025	14	211.24	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	228.48	227.25
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	222.37	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	230.89	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	21.22	22.04
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	22.87	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	22.02	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	16.98	16.84
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	16.33	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	17.21	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	20.16	20.74
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	21.23	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	20.84	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	18/03/2025	7	17.78	17.28
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	18/03/2025	7	17.22	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	18/03/2025	7	16.84	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	25/03/2025	14	16.67	16.97
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	25/03/2025	14	16.45	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	25/03/2025	14	17.78	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	08/04/2025	28	23.33	21.11
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	08/04/2025	28	20.00	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	11/03/2025	08/04/2025	28	20.00	

ROTURA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (5% de aserrín y cenizas de cascarilla de café)					
Cilindros de Concreto de 0.15 m x 0.30 m- Vigas de 0.15 m x 0.15 m x 0.53 m					
RESISTENCIA ESPECIFICADA f_c= 210 kg/cm²	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad de probetas y vigas en días	Resist. Obtenida (kg/cm²)	Resist. Prom. Obtenida(kg/cm²)
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	181.08	184.13
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	187.54	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	183.78	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	227.77	228.18
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	225.12	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	19/03/2025	14	231.65	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	245.45	242.78
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	238.74	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	05/03/2025	02/04/2025	28	244.15	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	18.21	17.85
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	17.85	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	05/03/2025	12/03/2025	7	17.49	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	23.34	22.69
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	22.87	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	22.87	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	19.45	19.92
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	20.15	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	20.15	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	19/03/2025	7	14.22	15.44
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	19/03/2025	7	17.88	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	19/03/2025	7	14.22	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	26/03/2025	14	18.25	19.71
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	26/03/2025	14	21.33	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	26/03/2025	14	19.56	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	09/04/2025	28	20.00	19.78
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	09/04/2025	28	20.12	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	12/03/2025	09/04/2025	28	19.21	

ROTURA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (8% de aserrín y cenizas de cascarilla de café)					
Cilindros de Concreto de 0.15 m x 0.30 m- Vigas de 0.15 m x 0.15 m x 0.53 m					
RESISTENCIA ESPECIFICADA f_c= 210 kg/cm²	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad de probetas y vigas en días	Resist. Obtenida (kg/cm²)	Resist. Prom. Obtenida(kg/cm²)
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	163.40	159.70
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	155.24	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	160.47	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	168.35	170.43
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	172.16	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	170.78	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	251.11	248.97
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	250.68	
PRUEBA DE RESIST. COMPRESIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	245.13	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	18.74	17.66
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	17.78	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	13/03/2025	7	16.45	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	19.98	19.09
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	19.08	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	20/03/2025	14	18.21	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	23.34	22.78
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	22.88	
PRUEBA DE RESIST. TRACCIÓN	06/03/2025	03/04/2025	28	23.12	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	20/03/2025	7	14.22	14.99
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	20/03/2025	7	14.22	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	20/03/2025	7	16.55	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	27/03/2025	14	20.45	19.13
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	27/03/2025	14	18.72	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	27/03/2025	14	18.21	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	10/04/2025	28	20.00	20.10
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	10/04/2025	28	20.15	
PRUEBA DE RESIST. FLEXIÓN	13/03/2025	10/04/2025	28	20.15	