

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'C=210$ KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Jose Leoncio Campos Acuña

Fredy Reyes Farje

Asesor:

Mg. Cs. Lizbeth Milagros Merma Gallardo

<https://orcid.org/0000-0002-4644-063X>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JANE ELIZABETH ALVAREZ LLANOS	26704582
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	TULIO EDGAR GUILLEN SHEEN	26676774
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	KATIA NATALY CARRION RABANAL	46269439
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME DE SIMILITUD

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

11%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repositorio.upn.edu.pe

Internet Source

4%

2

hdl.handle.net

Internet Source

2%

3

repositorio.unc.edu.pe

Internet Source

1%

4

repositorio.utea.edu.pe

Internet Source

1%

5

repositorio.uss.edu.pe

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios y a nuestras familias con mucho aprecio, por ser los pilares fundamentales de todo lo que hemos logrado en nuestra vida académica, por su apoyo incondicional y comprensión durante todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

A los docentes quienes con sus consejos y recomendaciones trazaron el camino para nuestra formación profesional, a la asesora Mg. Cs. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo por su liderazgo el cual hizo posible la elaboración del presente trabajo de investigación; asimismo, a nuestros familiares por su infinito amor y comprensión en todo momento para lograr nuestras metas.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.3. OBJETIVOS	32
<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>33</i>
1.4. HIPÓTESIS.....	33
1.5. JUSTIFICACIÓN	33
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS	62
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	80
REFERENCIAS	87
ANEXOS.....	93

Índice de tablas

Tabla 1 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global	17
Tabla 2 Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico	18
Tabla 3 Formas de las partículas de los agregados.....	19
Tabla 4 Textura superficial de los agregados	20
Tabla 5 Porcentaje de la resistencia a compresión del concreto según tiempo de curado.....	26
Tabla 6 Probetas cilíndricas, con tiempo de curado 7,14, 21 y 28 días para luego ser sometidas a ensayos de compresión axial.	37
Tabla 7 Técnica de Recolección de datos.....	38
Tabla 8 Ubicación Geográfica de procedencia de agregados reciclados (Cerámico y Concreto). 42	
Tabla 9 Representación de los materiales en porcentajes para 30%, 45% y 60% de agregado grueso reciclado	44
Tabla 10 Ubicación geográfica de la cantera del agregado natural.	45
Tabla 11 Resistencia promedio del concreto (f'_{cr}).....	52
Tabla 12 Asentamiento o Slump	53
Tabla 13 Nivel de control de la resistencia según categoría	55
Tabla 14 Parámetros del contenido de aire atrapado según TMN	55
Tabla 15 Volumen unitario del agua según asentamiento y TMN de los agregados.....	56
Tabla 16 Relación agua/cemento según resistencia	56
Tabla 17 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	57

Tabla 18	<i>Fórmula para convertir su peso en m^3 de los materiales.....</i>	58
Tabla 19	<i>Proporciones en m^3 de cada material a usar.....</i>	60
Tabla 20	<i>Resumen de las propiedades de los agregados.....</i>	62
Tabla 21	<i>Análisis granulométrico del agregado fino natural.....</i>	63
Tabla 22	<i>Granulometría del agregado grueso natural.....</i>	65
Tabla 23	<i>Granulometría del agregado grueso reciclado.....</i>	66
Tabla 24	<i>Diseño de mezcla del concreto para un volumen de 0.380 m^3 - 72 probetas.....</i>	68
Tabla 25	<i>Diseño de mezclas de concreto convencional - 100% agregados naturales, volumen de 0.060 m^3 - 12 probetas.</i>	68
Tabla 26	<i>Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 30% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m^3 -20 probetas.....</i>	68
Tabla 27	<i>Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 45% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m^3 - 20 probetas.....</i>	69
Tabla 28	<i>Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 60% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m^3 - 20 probetas.....</i>	69
Tabla 29	<i>Calificación de una distribución de datos, según el grado de dispersión</i>	75
Tabla 30	<i>Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional, según día de curado y tratamiento.....</i>	76

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación y opciones de manejo de los residuos de las actividades de la construcción	25
Figura 2 Pasos para el desarrollo de la investigación.....	41
Figura 3 Ubicación de procedencia de agregados reciclados (Concreto y Cerámico).....	42
Figura 4 Ubicación de la cantera Bazán	45
Figura 5 Proceso de contenido de Humedad de los agregados finos, gruesos naturales y agregado grueso reciclado.	46
Figura 6 Procedimiento de análisis de granulometría del agregado fino natural.....	47
Figura 7 Procedimiento de análisis de granulométrico de los agregados gruesos	48
Figura 8 Procedimiento del cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	49
Figura 9 Proceso de cálculo del peso específico del agregado fino.....	50
Figura 10 Proceso de obtención del peso específico del agregado grueso	51
Figura 11 Curva granulométrica del agregado fino	64
Figura 12 Curva granulométrica del agregado grueso natural	65
Figura 13 Curva granulométrica del agregado grueso reciclado	67
Figura 14 Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con la Reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 7 días de curado.	70

Figura 15 Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 14 días de curado. 72

Figura 16 Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 21 días de curado. 73

Figura 17 Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 28 días de curado. 74

Figura 18..... 77

Figura 19 Diagramas de cajas y bigotes (boxplot) de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional, según día de curado y tratamiento. 78

Índice de ecuaciones

Ecuación (1) Contenido de humedad	47
Ecuación (2) Peso del agua	47
Ecuación (3) Peso unitario suelto de los agregados	49
Ecuación (4) Volumen del molde	49
Ecuación (5) Peso unitario compactado de los agregados	49
Ecuación (6) Peso específico aparente.....	50
Ecuación (7) Peso específico aparente saturado superficialmente seco	50
Ecuación (8) Peso específico nominal seco.....	50
Ecuación (9) Absorción %.....	50
Ecuación (10) Peso específico aparente agregado grueso.....	51
Ecuación (11) Peso específico aparente SSS	51
Ecuación (12) Peso específico nominal seco	51
Ecuación (13) Absorción % agregado grueso	51
Ecuación (14) Corrección por humedad de los agregados peso seco	59
Ecuación (15) Aporte del agua a la mezcla	59

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30 %, 45 % y 60 % de cerámicos y concreto reciclado como alternativa de agregado grueso. Se utilizó agregado natural, cemento Portland tipo I, áridos de concreto, cerámicos y probetas de laboratorio, iniciando la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados naturales y reciclados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte según lo estipulado en la NTP 400.037:2021. Posteriormente se efectuó el diseño de mezclas con el método ACI 211.1 para usos en pavimentos de bajo tránsito y obras de concreto. La metodología fue experimental cuya población está representada por especímenes de concreto con una muestra de 72 probetas. Los resultados indican que a los 7 y 14 días el mejor tratamiento es de 45 % y 60% estadísticamente, a los 21 días es el de 30 % y 60 %, finalmente a los 28 días el mejor resultado se obtiene con el reemplazo de 60%, llegando a una resistencia de $318\text{ kg}/\text{cm}^2$, concluyendo que al adicionar 60% de agregado grueso reciclado por agregado natural se obtiene el mejor resultado.

PALABRAS CLAVES: Concreto, agregados, áridos reciclados, resistencia y reemplazo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, la industria de la construcción es el mayor consumidor de recursos naturales, como los áridos que se utilizan para fabricar concreto. Anualmente se producen alrededor de 11 mil millones de toneladas de concreto, utilizando alrededor de 8 mil millones de toneladas de agregados naturales. Al mismo tiempo, se generan grandes cantidades de residuos durante la construcción, demolición y restauración de estructuras y edificios. Entonces, los problemas ocasionados por el alto gasto de materias primas, los intereses económicos y el grave impacto de la acumulación de estos residuos obligan a buscar usos de alternativas en este campo. (Jordán y Viera, 2014).

En el mundo de la construcción, el más destacado es el uso del “concreto” compuesto por una mezcla de cemento, árido fino, árido grueso y agua, para lo cual nos apoyamos en la siguiente investigación de Ceballos Arana (2016), donde menciona que la importancia del concreto en proyectos de infraestructura reside en su versatilidad, propiedad que lo lleva a límites inesperados debido a sus propiedades, usos y aplicaciones. Actualmente es el material de construcción más utilizado a nivel mundial, con una producción anual cercana a los trece mil millones de m^3 .

La basura que genera la construcción a nivel internacional es principalmente hormigón, asfalto, bloques, arena, piedra, ladrillo, tierra y lodos, los cuales representan más del 50%. Otro 20% a 30% es típicamente madera y productos relacionados, como encofrados, marcos y tablas; mientras que el 20% a 30% restante de los desechos son misceláneos, como metal, vidrio,

asbesto, aislamiento, plomería, aluminio y piezas eléctricas. El porcentaje recuperado de él es actualmente extremadamente bajo. (Hidalgo, 2018).

Correa Saldaña (2019) indica que solo la producción nacional de concreto premezclado es de 5 millones de metros cúbicos (m³) por año, donde el 85% son procedentes de empresas registradas. Igualmente, indica que los segmentos con mayor petición de este material de construcción son colectivos (65%), en el sector minero (20%) y autoconstrucción (15%).

En América Latina, países como Brasil y México llevan muchos años utilizando maquinaria para preparar áridos de hormigón reciclado. En Perú se están realizando investigaciones, pero aún no existe la mayor necesidad de implementación de maquinaria para el procesamiento de agregados reciclados, pero con el rápido desarrollo del país llegará el momento de implementar y recurrir a ella (Jordán y Viera, 2014).

En Cajamarca no existe una cultura de reciclar el concreto y la cerámica para su reuso, ya sea por, desconocimiento o falta de conciencia ambiental; es así que Sangay (2014) realizó un estudio y concluyó que es posible reemplazar cierta proporción de agregado natural con árido reciclado, recomendando su utilización lo antes posible para evitar la escasez de agregado en las canteras en el futuro.

El propósito de esta investigación fue determinar el uso del concreto con agregado grueso reciclado con el fin de ser empleado en pavimentos de bajo tránsito como también en estructuras de concreto (losas, vigas, columnas y muros).

Con el fin de comprender las bases teóricas y definiciones más importantes que sustentan los conceptos a utilizar en la investigación, describimos algunos de ellos:

Concreto: En general, el concreto es un material adhesivo, producto de una mezcla de

cemento, gravilla, arena, agua y aditivos, flexible cuando esta líquido y altamente resistente a la compresión cuando está en estado sólido (Sánchez, 2011).

Componentes del concreto.

Cemento: Viene a ser un producto comercial que sus propiedades son cohesivas y adhesivas que le permite aglutinar a los agregados para que se forme el concreto, claro que estas propiedades dependen de la composición química, su grado de hidratación, finura de sus partículas, la velocidad de fraguado y la resistencia mecánica que puede desempeñar (Sánchez, 2011).

Cemento Portland: Es procedente del polvo del Clinker combinado substancialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contienen generalmente sulfato de calcio y caliza como aditamento durante la trituración (NTP 334.009:2022).

Características del cemento Portland.

Tiene un polvo de color gris más o menos verdoso, están ensacados en bolsas de 45.5 kg (Abanto, 2018).

Tipos de cemento Portland: En la NTP 334.009:2022, indica la variedad de cementos Portland:

Tipo I: Se utiliza en forma general y no requiere de otras propiedades en particular.

Tipo II: Su uso es cuando se requiere de una resistencia moderada a los sulfatos y calor de hidratación.

Tipo III: Es determinante cuando requerimos resistencias mayores.

Tipo IV: Es empleado para bajos calores de hidrataciones.

Tipo V: Se usa para una alta resistencia a los sulfatos.

Agua: El agua indiscutiblemente no debe contener sustancias que afecten a la mezcla, si el agua es potable no se hará ensayos; sin embargo, si el agua es de alguna fuente de

dudosa procedencia, se deberá realizar ensayos según los requisitos de la NTP 339.088:2021.

Requisitos del agua que debe cumplir: Está totalmente prohibido el uso de aguas ácidas proveniente de minas o relaves, de residuos minerales o industriales, sulfatos mayores al 1%, algas o materia orgánica (Sánchez 2011).

Agregados:

Agregado fino: Es un material que proviene de la disgregación de la roca, y pasa el tamiz (3/8 pulgada) y queda retenido en el tamiz $74\ \mu\text{m}$ (No 200); además deberá cumplir con la Norma (NTP 400.037:2021).

Agregado Grueso: Es un material desintegrado de una forma natural o mecánica y deberá retenerse en el tamiz (No 4) y que cumpla con los límites establecidos en la Norma. (NTP 400.037:2021).

Agregado reciclado: Se refiere a agregados hechos a partir de restos de construcción y demolición (RCD) de concreto o cerámicos de desecho e incluye agregados finos y gruesos. (Lund, 1999).

Módulo de finura (MF): Es un factor que se obtiene de la suma de porcentaje acumulado, este material se logra en la retención de los tamices (No 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2”, 3” y 6” y divididos entre 100 (NTP 400.011:2020).

- **Agregado fino:** Para realizar este ensayo se requiere de 300 g donde la muestra debe estar totalmente seca.
- **Agregado Grueso:** Se tomará valores de la siguiente tabla.

Tabla 1

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas (mm /pulga.)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg-(lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2 ½)	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3 ½)	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
125.0 (5)	300 (660)

Nota. La tabla indica la cantidad mínima para una muestra de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Fuente: NTP 400.012:2021.

Peso unitario del agregado: La NTP 400.017:2020 determina el peso unitario de compactación y vacíos en la mezcla de agregados fino como agregado grueso. Basado en las mismas reglas de este método, se establece como tamaño nominal de 150 mm al agregado.

Peso específico y absorción del agregado grueso: La NTP 400.021:2020 determina peso específico seco y el peso específico saturado como superficie seca, además del peso específico aparente y absorción del agregado grueso después de 24 horas. El peso específico saturado con superficie seca y absorción se calculan utilizando agregados remojados en agua

después de 24 horas, esto es de mucha utilidad para calcular y corregir diseños de mezclas, así como para controlar la uniformidad y sus características.

Peso específico y absorción del agregado fino: De acuerdo con la NTP 400.022:2021, este ensayo determina la densidad seca y la densidad superficialmente seca, además de la densidad aparente y el porcentaje de absorción después de 24 horas.

Tamaño máximo: Esto corresponde al tamiz más pequeño a través del cual pasa toda la muestra gruesa.

Tamaño máximo nominal: Es el que pertenece al menor tamiz de la sucesión usada y origina el primer retenido de 5% y 10%. (NTP 400.011:2020).

Clasificación de los agregados.

Los requerimientos de la granulometría de los agregados estarán determinados en la (NTP 400.011:2020).

La constitución granulométrica se establece utilizando los tamices detallados en la siguiente tabla.

Tabla 2

Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

Agregado	Tamices normalizados
FINO	150 μm (No 100)
	300 μm (No 50)
	600 μm (No 30)
	1,18 mm (No 16)
	2.36 mm (No 8)

	4.75 mm (No 4)
	9,5 mm (3/8")
	12,5 mm (1/2")
	19,0 mm (3/4")
	25.0 mm (1")
GRUESO	37,5 mm (1 1/2")
	50,0 mm (2")
	63,0 mm (2 1/2")
	75,0 mm (3")
	90,0 mm (3 1/2")
	100,0 mm (4")

Nota. La abertura de los tamices es la que clasifica a los agregados tanto en agregado grueso como agregado fino.

Fuente: NTP 400.011:2020.

Por la forma.

Categorización, con ejemplos, de la forma de arenas de los agregados.

Tabla 3

Formas de las partículas de los agregados

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción.	Roca de río o playa; arenas del desierto, de la playa o del viento.
Irregular	Normalmente inaudito, o formado por rozamiento y con filos esmerado.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado.
Laminar	Material denso en correlación con otras dos magnitudes.	Roca Laminar.

Angular	Dispone de filo bien establecido conformado en la encrucijada de caras planas.	Rocas molidas de todos tipos, escoria molida.
Alargada	Material con un ángulo donde la dimensión es mucho más mayor que las otras dos medidas.	-----

Nota. Esta clasificación da entender las características de los agregados según su forma, permitiendo identificar su proveniencia.

Fuente: NTP 400.011:2020.

Categorización con ejemplos de la contextura superficial de los agregados.

Tabla 4

Textura superficial de los agregados

Grupo	Textura de la superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrioso	rotura concooidal	Pedernal negro, escoria vítrea.
2	Lisa	Tiene un desgaste por agua, o debido a rotura laminar o roca de grano fino.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas.
3	Granulosa	Roturas que señalan granos parejos más o menos pulidas.	Arenisca, oolita.
4	Rugosa	Es un tipo de roca granular fina a media con componentes cristalinos que son difíciles de ver.	Basalto, felsita, pórfido, caliza.
5	Cristalina	Incluye componentes cristalinos visibles.	Granito, gabro, gneis.

6	Panal de abeja	Con orificios perceptibles.	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, ladrillo, vítreo, barro expandido.
---	----------------	-----------------------------	---

Nota. Se clasifica según grupo de acuerdo a la textura del agregado, de esta forma se determina el tipo de fractura que tiene el agregado.

Fuente: NTP 400.011:2020.

Propiedades del concreto: El ingeniero debe tener en cuenta todas las propiedades del concreto para poder relacionarlas según las necesidades y usos. Para obtener el control y manejo deseado del producto terminado, se debe reconocer las propiedades del concreto en sus dos estados: el concreto en proceso de fraguado y el concreto endurecido, también conocido como estado sólido (Díaz Coral & Huachuivilca, 2018).

Estado fresco.

Trabajabilidad: La trabajabilidad es la facilidad con la que el concreto se puede mezclar, transportar y compactar utilizando una cantidad de energía específica. Se determina mediante un ensayo de asentamiento y debe cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C143 (Cabrera y Rivera, 2021).

Estado endurecido.

Resistencia a la compresión: La resistencia del concreto se mide utilizando un índice de calidad para determinar su resistencia a los esfuerzos de compresión, ya que está destinado principalmente a soportarlos. La resistencia del concreto endurecido es una de sus características más importantes, ya que generalmente se utiliza para determinar su aceptabilidad o rechazo (Rivva, 2003).

La proveniencia de los **agregados reciclados** se describe con los conceptos siguientes:

Reciclaje: Según la Revista Conciencia Eco (2012), El reciclaje es un proceso donde las materias primas que componen los materiales que usamos en la vida diaria como el papel, vidrio, aluminio, plástico, concreto, metales, etc., una vez terminados su ciclo de vida útil, se transforman de nuevo en nuevos materiales.

Escombros: El diccionario virtual Definición ABC de Ucha (2015), define a los escombros como el conjunto de desechos propios de una obra de construcción, de un edificio que cae o se derriba o de una mina, es decir, los escombros están compuestos por las partes materiales que constituyen a estos, tales como ladrillos, piedras, hormigón, madera, hierro, metales, y cualquier otro material que interviene en una construcción.

Cerámicos: Según Santos, (2018), indica que los materiales cerámicos están conformados por los siguientes materiales:

Ladrillos. – Es una pieza de arcilla cocida que se utilizan principalmente para construir muros o tabiques, tiene diferentes tipos de usos, dependiendo si es de tipo artesanal o industrial.

Tejas. – Las tejas se fabrican con arcilla cocida, sus cualidades principales son que protegen contra el calor y su impermeabilidad, otra virtud muy estimable es su duración indefinida. Las tejas cerámicas se fabrican con arcilla, mezclada con agua hasta formar una pasta que pueda moldearse. Tras conseguir la forma deseada, se las deja secar al aire un tiempo, en esta fase pueden aplicarse tratamientos especiales como el esmaltado que aumenta su duración. Finalmente, las tejas se cuecen a muy altas temperaturas, adquiriendo su forma, dureza y color definitivos.

Baldosas de barro cocido y azulejos. – Estas piezas son empleadas para el revestimiento tanto para el interior como el exterior de la vivienda. Las baldosas pueden ir con varios acabados

cumpliendo con la normativa correspondiente para cada caso y los azulejos admiten varios acabados como puede ser liso, esmaltado, coloreados, etc.

Materiales de construcción: La guía virtual E-construir. COM (2019), define a los materiales de construcción a aquellos productos, subproductos y materias primas empleados en la fabricación de edificaciones y obras civiles. Sus características y propiedades son determinantes en la definición de las cualidades físicas de la construcción en sí, así como el método constructivo, equipos y mano de obra necesarios para desarrollarla.

Gestión de residuos: El Blog de la empresa Energía VM (2018) define a la gestión de residuos como al conjunto de actividades necesarias para el tratamiento de los desechos, desde su generación, hasta su eliminación o reaprovechamiento. Eso incluye la recogida de los residuos, su transporte, la gestión de los que son especialmente peligrosos, tratamiento y reutilización.

Trituración: Es el nombre del proceso para comprimir la dimensión de las arenas de una médula por la trituración, Además se refiere a la producción de un material homogéneo y que se clasifican en trituración primaria de 8 a 6 pulgadas y trituración secundaria de 3 a 2 pulgadas. (Cruz, 2009).

Manejo de residuos de la actividad de la construcción (NTP 400.050:2017)

La Norma Técnica Peruana (NTP) se aplica a los desechos generados durante el proceso de construcción o después de la remoción, levantamiento, demolición, reparación, reforzamiento o adecuación para un uso diferente. Se sugiere un enfoque en la reutilización y reciclaje de estos materiales en la construcción de obras civiles y carreteras.

Según Rodríguez, (2018), Los desechos peligrosos y de tipo doméstico producidos por las actividades mencionadas anteriormente están sujetos a las regulaciones vigentes correspondientes, que no se enumeran en esta norma. Principios fundamentales del crecimiento económico del sector, la protección ambiental y el control sanitario de las operaciones, así como el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de vida de la población deben ser los objetivos de las actividades de construcción. Se deben implementar medidas alternativas o complementarias para cumplir con los estándares de gestión de desechos de la actividad de la construcción, en el orden de prioridad siguiente:

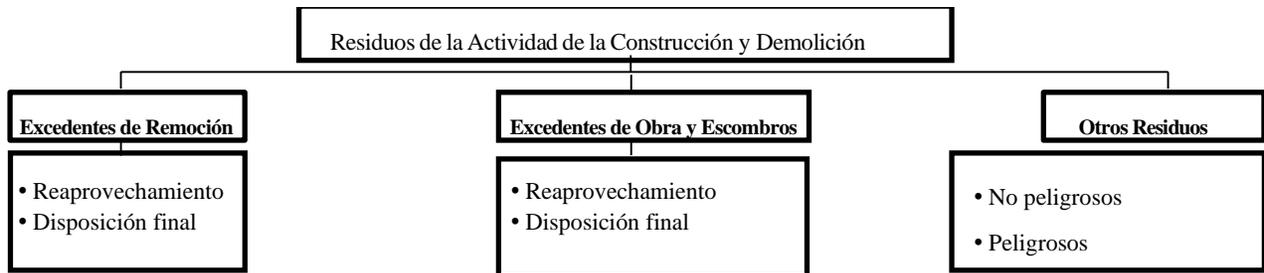
- ✓ Opción 1: La reducción de los bultos y las peculiaridades de peligrosidad de los restos del movimiento de construcción.
- ✓ Opción 2: El beneficio de los restos mediante experiencias de reutilización y reciclaje.
- ✓ Opción 3: La disposición terminable higiénica y ambientalmente apropiada de los residuos creados, previo procedimiento cuando éste sea pedido.

Aprovechamiento (reutilización y reciclaje de materiales).

En la Figura 1 se observa la clasificación de los restos de la actividad de la construcción, los materiales sustitutos y sus usos posibles. Este material desagregado debe ser tratado para conseguir materiales sustitutos que permitan su reciclaje en opciones cuyas exigencias técnicas sean las más elevadas posibles, con el fin de disminuir la pérdida de calidad del material por reciclaje.

Figura 1

Clasificación y opciones de manejo de los residuos de las actividades de la construcción



Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra y Escombros	Otros Residuos ⁵
Reaprovechables Pétreos, arenas y tierras	Reaprovechables Concretos y derivados Agregados Maderas y derivados o similares Metálicos y derivados Plásticos y derivados Material cerámico Asfaltos y derivados	Reaprovechables Papeles y cartones Vidrios Plásticos Metales Orgánicos Peligrosos reciclables (Aceites usados y Baterías)
Disposición final Pétreos, arenas y tierras	Disposición final Maderas y derivados o similares Metálicos y derivados Plásticos y derivados Concretos y derivados Material cerámico	Disposición final Comunes Peligrosos ⁶

Nota. ⁵ estos residuos son normados por la Ley 24317 y su reglamento. ⁶ en esta categoría se incluyen los materiales peligrosos de las otras fracciones.

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.050:2017.

Ensayos que se realizan para diseñar mezclas de concreto

Según Rodríguez (2018), indica que las propiedades de los agregados van a depender de algunos ensayos que se utilizan para diseñar las probetas de concreto y están asociadas con la resistencia del concreto y son:

Resistencia a la compresión, peso específico, absorción, contenido de humedad, módulo de fineza, tamaño máximo nominal y peso seco compactado.

Extracción y preparación de muestras: Según la (NTP 400.010:2020) El muestreo adecuado de agregados finos y gruesos es crucial; para lograrlo, es necesario tomar precauciones y obtener muestras que resalten la naturaleza y condiciones del material que representan.

Ensayos de resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión del concreto es el esfuerzo máximo que puede soportar sin dañarse. La medida de la resistencia del concreto a los esfuerzos de compresión es un indicador de su calidad porque el concreto está destinado principalmente a soportar estos esfuerzos (Rivva, 2003).

Por lo tanto, se tuvo que dar mayor importancia a la resistencia a la compresión axial del concreto en los porcentajes de 30%, 45% y 60%, de acuerdo a los tratamientos de curado de las probetas hechas con cemento portland tipo I y obtener resultados eficientes que garanticen su confiabilidad de uso.

Estos valores a edades tempranas permiten tener un valor referencial de la evolución de la resistencia para poder corregir las anomalías en el diseño de mezclas, por otro lado, en el caso del proceso constructivo permite tomar decisiones de la continuidad de los trabajos posteriores a la estructura sin concluir, evitando poner sobrecargas que afecten los elementos estructurales.

Tabla 5

Porcentaje de la resistencia a compresión del concreto según tiempo de curado.

Días de ensayo	Resistencia mínima (%)
7 días	70
14 días	85
21 días	95
28 días	100

Nota. En la tabla muestra la resistencia del concreto de acuerdo al tiempo de curado y esto debe llegar a una resistencia mínima convertida en % para identificar si la resistencia es la adecuada.

Fuente: Instituto Americano del Concreto 318 (2014).

Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto

Según la NTP 339.034:2021, reside en emplear una carga de compresión axial a probetas a una rapidez regulada en un rango ordenado mientras ocurren las grietas, la resistencia a la compresión de la probeta es calcular por división de carga máxima alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección recta de la probeta.

En la presente investigación se hace mención de los **antecedentes internacionales**, donde se ha citado a Pigueiras; Cárdenas y Díaz (2015) en su artículo “*Evaluación de morteros estructurales fabricados con áridos reciclados de diferente tipo*”, se realizó un estudio exploratorio en la Universidad Nacional Autónoma de México, con posibilidad de sustituir áridos naturales por reciclados en la confección de morteros estructurales, se utilizaron dos áridos reciclados de diferentes composición, uno proveniente de residuos de ladrillo cerámico y otro proveniente de bloques de concreto, con el **objetivo** de establecer la durabilidad y resistencia de morteros estructurales fabricados con áridos reciclados. Su metodología utilizada es aplicada de **diseño** experimental, dentro de sus **resultados** muestran la posibilidad de reemplazar el árido natural por árido reciclado proveniente de residuos de concreto, no siendo así para el caso de los áridos cerámicos los cuales repercuten en pérdidas importantes de resistencia de los morteros, concluyendo que los árido de concreto son más resistentes que los cerámicos.

García Garrido (2015) en su tesis doctoral Universidad de Sevilla “*Estudio de los resultados en obra y a largo plazo de la utilización de materiales reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de carreteras y urbanizaciones*” en esta tesis se plantea si es viable técnicamente la utilización de estos materiales reciclados de RCD como lastre recicladas o como suelos seleccionados reciclados en firmes y terraplenes de carreteras,

teniendo como **objetivo** analizar y estudiar los materiales que se pueden reciclar generados por la construcción, la metodología empleada es analítica con un **diseño** experimental, los **resultados** de compactación mediante carga con placa han sido satisfactorios en general, así como los resultados de módulo de elasticidad de los materiales reciclados RCD han sido satisfactorios. **Concluyendo** que los materiales reciclados presentan mayor capacidad de absorción de agua que los materiales naturales, y además esta absorción se produce de forma más lenta.

Navarro (2014) en su tesis doctoral “*hormigón estructural como oportunidad de Uso y fomento del árido reciclado en mejora medioambiental y económica*”, Para asegurar de que es posible la utilización de estos áridos reciclados se analizaron el árido reciclado de las plantas de La Rioja, teniendo como **objetivo** fomentar el uso del árido reciclado en concreto estructural para disminuir la contaminación de residuos de construcción. Los **resultados** muestran que se puede utilizar sin problema este material incluso en un porcentaje superior al 20% respectivamente, de esta manera ha podido **concluir** que los resultados son similares a los realizados en otros estudios sobre el uso de los áridos reciclados, es decir que en todos los ensayos se demuestra que es posible el uso sin una disminución de las características y que incluso es posible aumentar este porcentaje en otras investigaciones.

En esta investigación tiene como **antecedentes nacionales** relevantes a los siguientes autores citados a continuación:

Gutiérrez y Ortiz (2020) en su tesis “*Comportamiento mecánico del concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ según el método de agregados globales reemplazando los agregados finos y gruesos al 100% con concreto reciclado para pavimentos rígidos de bajo tránsito Oquendo – Callao 2020*”, tiene como **objetivo** diseño de mezcla del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ utilizando el

método de agregados globales para reemplazar los agregados finos y gruesos en su totalidad con concreto reciclado para pavimentos rígidos de bajo tránsito, la **metodología** utilizada fue cuantitativa con un **diseño** cuasiexperimental, los **resultados** son la resistencia a compresión del diseño experimental es de $234\text{ kg}/\text{cm}^2$ lo cual indica el cumplimiento de la resistencia, como **conclusión** se establece que los ensayos de rotura, abrasión y elasticidad realizados a los 7, 14 y 28 días, dio que el diseño óptimo es el C 2 (vol. Agua =216l, a/c=0.56, esto permite ser usado y reemplazado los agregados para pavimentos rígidos.

Rodríguez Castro (2016) en su tesis “*Resistencia de un concreto con sustitución de agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado – Huaraz – 2016*”, donde tiene como **objetivo** principal la evaluación de la resistencia a compresión del concreto elaborado con material cerámico reciclado sustituyendo al agregado pétreo en Huaraz – Ancash. Es una **investigación** aplicada y explicativa de enfoque cuantitativo y de **diseño** experimental, teniendo como **muestra 27 probetas** distribuidas en 9 para concreto patrón, 9 para 25% y 9 para 50%, así también llegando a tener **resultados** la resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con la sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado se obtiene que a los 28 días el concreto patrón tiene una resistencia de $212.38\text{ kg}/\text{cm}^2$ y el concreto con el reemplazo de cerámica reciclada 25% a los 28 días llega a una resistencia a la compresión de $189\text{ kg}/\text{cm}^2$, mientras que el concreto con el reemplazo de cerámica reciclada a 50% llega a una resistencia de $182.60\text{ kg}/\text{cm}^2$ a los 28 días, de esta manera **concluye** que la incorporación del material cerámico reciclado como agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable para concretos no estructurales.

Bejar Guizado (2018) en su investigación “*Utilización de concreto reciclado como agregado grueso en pavimentos rígidos en la ciudad de cusco*”, la investigación tuvo como **objetivo** determinar la factibilidad del uso del concreto reciclado (escombros de pavimentaciones rígidas y testigos de laboratorio) como agregado grueso para pavimentos rígidos (resistencia a la compresión) en la ciudad de Cusco, su estudio es de **nivel** experimental de tipo aplicada, con una **metodología** hipotética – deductiva, donde su **población** está constituida por los testigos de concreto simple y su **muestra** es de 36 briquetas elaboradas con sustitución de agregado grueso reciclado proveniente de pavimentaciones rígidas, llegando a obtener los **resultados** de la resistencia a la compresión de los testigos a los 28 días de curado fue $216\text{ kg}/\text{cm}^2$ lo que representa un 103.27% este agregado fue extraído de testigos de laboratorio, mientras que con los agregados reciclados extraídos de pavimentaciones en desuso alcanza una resistencia de $228.88\text{ kg}/\text{cm}^2$ representando a 108.99%, de esta manera **concluye** que la resistencia a la compresión del concreto con agregado reciclado alcanza la resistencia requerida por el diseño de mezclas.

Asencio Sangay (2014) en su estudio “*Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$* ”, establece que gran suma de restos de concreto se lanzan como escombros, lo que se convierten en un huella ambiental donde necesitan resultado, así mismo en su **objetivo** es el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c= 210\text{ kg}/\text{cm}^2$, logrados a partir de la elaboración de probetas estandarizado según la NTP 339.183:2013 o ASTM C 192, con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un $f'c= 210\text{ kg}/\text{cm}^2$ de diseño a los 28 días de edad. En su estudio de **tipo** experimental aplicado, escogiendo como muestra el

concreto de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$, de esta manera llegando a obtener como **resultados** experimentales resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado reciclado de pavimento rígido es de $240.18\text{ kg}/\text{cm}^2$ mientras que el agregado natural llega a $284.22\text{ kg}/\text{cm}^2$ respectivamente a un curado de 28 días, llegando a una **conclusión** que la elaboración de los agregados de concreto reciclado es relativamente más económico en un 6.5% que el concreto con agregado natural.

Bayona & Berrospi (2021) En la investigación “*Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto $f'c 210\text{ kg}/\text{cm}^2$, Lima 2021*” plantea como **objetivo** general analizar cómo influye la incorporación de cerámica reciclada en la resistencia a la compresión del concreto $f'c 210\text{ kg}/\text{cm}^2$ cuando se sustituye el cemento por cerámica reciclada en porcentajes de 3%, 6%, 9%, 12%, 15% y 18%. El estudio es de **tipo** aplicada con **diseño** experimental, la **población** está representada por testigos de concreto que se les incorpora cerámica reciclada en reemplazo del cemento, mientras que la **muestra** está dada por 84 probetas de concreto, mientras que los **resultados** obtenidos son para una resistencia de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el 3% de cerámica reemplazado al cemento llega a una resistencia de $215.987\text{ kg}/\text{cm}^2$ superando a la resistencia de diseño. Seguidamente llega a la siguiente **conclusión** que la incorporación de cerámica reciclada no influye significativamente en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c 210\text{ kg}/\text{cm}^2$, sin embargo, al 3% de sustitución se permite mantener sus propiedades de resistencia a la compresión y por tanto permite considerar a la cerámica reciclada como una alternativa sostenible que puede sustituir al cemento sin alterar su comportamiento en la elaboración del concreto.

Una vez estudiado los antecedentes se justifica el presente estudio en dos aspectos socialmente y por conveniencia.

Después de comprender los antecedentes de la investigación, hacemos de manifestación la problemática real por el cual se ha enfocado la investigación. Durante los últimos años la preocupación por el cuidado del medio ambiente ha provocado realizar estudios que den soluciones a los problemas ambientales que nos enfrentamos diariamente, es así que, en la ciudad de Cajamarca, se observa los procesos de extracción indiscriminada de los agregados sin dirección técnica la cual representa un agotamiento de recurso natural y deterioro paisajístico. Además, la eliminación del concreto producto de las demoliciones es arrojado en lugares no autorizados como Cruz Blanca, las riberas del río Mashcón, en rellenos de la excavación de arcilla para fabricación de ladrillo artesanal (Caserío de Cerrillo); de esta forma está investigación sirviera en la contribución de la contaminación ambiental del suelo, agua, aire, calentamiento global, alteraciones de los ecosistemas, cambios de clima y la capa de ozono. Por ello, esta investigación se ha centrado en reutilizar algunos de los restos de concreto reciclado y cerámicos con la finalidad de cuidar el medio ambiente y trabajar juntos para minimizar el agotamiento de los recursos naturales, por lo indicado se expresa el siguiente problema.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo varía la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado, como agregado grueso?

1.3. Objetivos

Objetivo Principal

Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado, como alternativa de agregado grueso.

Objetivos Específicos

- Determinar el cumplimiento de las propiedades del agregado grueso natural y reciclado con la NTP 400.037:2021.
- Realizar un diseño de mezclas por el método ACI para determinar la resistencia del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámico y concreto reciclado.
- Comparar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional según los días de curado a 7, 14, 21 y 28 días.

1.4. Hipótesis

La resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ incrementa respectivamente en 4% con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado, como alternativa de agregado grueso.

1.5. Justificación

La justificación de nuestro estudio se ha basado en la reutilización de los agregados de concreto y cerámicos producto de las demoliciones en la industria de la construcción, en tal sentido la importancia del estudio está orientada a la reducción del impacto ambiental y la concientización del reúso de concreto y cerámico de quienes están inmersos en el campo de la construcción, para ello ha sido necesario demostrar a base de ensayos en laboratorio sus propiedades físicas y mecánicas así como su comportamiento en la resistencia del concreto $f'c = 210\text{ kg}/\text{cm}^2$, para fines de uso del concreto en pavimentos rígidos de bajo tránsito y otras obras de concreto (columnas, vigas, losas y muros). De esta manera, nuestra investigación hará un

aporte significativo y servirá para comparar los valores obtenidos con resultados de concreto convencional. Una vez conocidos los resultados servirán de referencia para futuras investigaciones, así como para concientizar a ingenieros y estudiantes sobre la importancia de reciclar concreto y cerámico producto de la demolición que se usará como materias primas para nuevas estructuras.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La actual investigación es de tipo **aplicativa**, tiene como objetivo aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el estudio para brindar respuestas viables a las preguntas relacionadas con los aspectos de la construcción, en específico los residuos de concreto formados por la industria de la construcción (Hernández , 2015), nuestro trabajo de investigación se ha enfocado en el análisis de la resistencia a la compresión $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ de concreto con agregados gruesos provenientes del reciclaje de cerámica y concreto, para ser usado en una nueva construcción. En cuanto al nivel, viene a ser **explicativa**, está basado en la teoría de Hernández (2015), donde sugiere entender el conocimiento existente sobre temas específicos que generalmente son poco conocidos, permitiéndonos enfocarnos más en los detalles. Donde el fenómeno necesita ser estudiado a fondo, en otras palabras, se necesita lograr un análisis lateral más profundo y preciso desde el lugar panorámico general de la investigación.

El enfoque de nuestra tesis es **cuantitativo**, esto debido a que utiliza recolección y análisis de datos (haciendo uso del software EXCEL V2022), con la finalidad de contestar la interrogante de la investigación y así probar la hipótesis que se ha establecido anteriormente, confiando en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística que permite determinar la precisión de patrones en el comportamiento de una población. (Hernández, 2015).

Nuestro estudio viene a ser **experimental**, que según Borja (2012), indica que existe tres requerimientos fundamentales para que la investigación sea experimental, la cual son las siguientes: “*Manipulación intencional de las variables independientes*” que para nuestro caso es “utilizar el agregado reciclado de cerámico y concreto en especímenes de concreto”, mientras que las otras se elaboran con materiales tradicionales; “*Medición del efecto de la variable*

independiente” y “*control interno de la situación experimental*”; de esta manera se justifica el estudio que es experimental, debido a que se utiliza para establecer una relación entre la causa y el efecto de el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámico y concreto reciclado como sustituyente del agregado grueso y obtener una resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$, de esta forma mejorar la utilización de concreto generados por la industria de la construcción.

Según Hernández (2015), indica que la población es “el conjunto completo de personas, objetos o medidas que comparten características comunes o semejantes y que pueden ser visibles en una zona y en un instante determinado”. Para el actual estudio se ha elegido un concreto de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$ por ser un requerimiento estandarizado y el reemplazo de cerámica y concreto se ha elegido por contener materia prima para nuevas estructuras, quedando de esta manera la **población** con 72 unidades de especímenes cilíndricos.

La muestra según Hernández (2015), es “una parte de la población de provecho y es donde se tomarán datos, los cuales deben de estar bien definidos y determinados, habiendo mucha exactitud entre ellos, por lo tanto, se tiene que presentar una parte representativa y simbólica de la población”. Considerando que la muestra es no aleatoria y no probabilística por lo tanto se desprende del diseño experimental, quedando elegido **12 probetas** con concreto convencional en cuatro periodos de curado y **60 probetas** con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámico y concreto reciclado como agregado grueso, en un período de curado de 7 días, 14, 21 y 28 días, quedando distribuido de la siguiente manera.

Tabla 6

Probetas cilíndricas, con tiempo de curado 7,14, 21 y 28 días para luego ser sometidas a ensayos de compresión axial.

Concreto	Periodo				PARCIAL (Unidades)
	7 días de curado	14 días de curado	21 días de curado	28 días de curado	
	Cantidad de probetas				
Patrón con agregados naturales	3	3	3	3	12
Reemplazo de 30% de cerámico y concreto reciclado	5	5	5	5	20
Reemplazo de 45% de cerámico y concreto reciclado	5	5	5	5	20
Reemplazo de 60 % de cerámico y concreto reciclado	5	5	5	5	20
TOTAL, DE ESPECÍMENES					72

Nota. La tabla muestra la distribución de probetas fabricadas, de las cuales 5 de cada reemplazo de agregado reciclado de cerámico y concreto representan a un tiempo de curado.

La **técnica** del presente estudio al ser una investigación **explicativa**, nos conlleva a la observación directa que según Baena Paz (2014), “la observación consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar, donde se suele decir que saber observar es saber seleccionar lo necesario para la investigación, que ayude a cumplir con los objetivos de estudio. Existen diversos tipos de observación, dependiendo del grado en que el científico se involucra con lo observado, entre las que podemos citar a la observación simple, no regulada, participante y no participante. Es necesario mencionar, sin embargo, que la mayor parte de la información obtenida la obtenemos de una observación no regulada, es decir con participación o sin ella. Por tanto, el investigador tiene que indagar en los datos, aprender de ello a lo máximo, así poder definir la situación del entorno del estudio. A la investigación exploratoria de esta naturaleza se

ha llamado “observación participante”, la cual es un procedimiento particularmente adecuado para analizar el reemplazo de agregado reciclado de cerámico y concreto y obtener una resistencia de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con la finalidad de usar en concretos de pavimentos rígidos de alto y bajo tránsito y otras obras de concreto estructural.

En esta técnica de recolección se tomaron datos de los ensayos realizados en el laboratorio de la UPNC, en protocolos técnicos para ser evaluadas en gabinete.

Tabla 7

Técnica de Recolección de datos.

Variables	Datos de recolección		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Resistencia a la compresión del concreto con reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámico y concreto reciclado.	Experimento de la rotura de probetas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Observación directa	Protocolos

Nota. En la tabla muestra la técnica de recolección de datos, considerando la variable independiente que es la más manipulada.

Para complementar el desarrollo de la técnica, se va hacer uso del **instrumento** de protocolos **de recolección de datos**. Acá se recolecta toda la información del análisis de nuestra variable dependiente que se está estudiando, rigiéndonos en la teoría de Baena Paz (2014), indica que la **ficha técnica** de recolección de datos viene a ser un instrumento que consta la metodología y el proceso que se ha seguido para analizar un estudio. Por lo tanto, siendo nuestro estudio **cuantitativo**, toda la información que se incluye en cada protocolo se considerará objetivos de estudio, descripción de las variables y los periodos de recolección de datos.

Entonces en nuestro estudio se ha recolectado los análisis de los ensayos de los agregados tanto fino como grueso, así como también los cerámicos y concretos reciclados como alternativa de agregado grueso en el laboratorio de la universidad Privada del Norte y observar su comportamiento en el ensayo a la compresión del concreto a una resistencia de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$, a continuación, se nombra el listado de los protocolos técnicos.

- ❖ Protocolo 1. Contenido de humedad de agregado fino (ver anexo 1).
- ❖ Protocolo 2. Contenido de humedad de agregado grueso natural (ver anexo 2).
- ❖ Protocolo 3. Contenido de humedad de agregado grueso reciclado (ver anexo 3).
- ❖ Protocolo 4. Análisis granulométrico de agregado fino natural (ver anexo 4).
- ❖ Protocolo 5. Análisis granulométrico de agregado grueso natural (ver anexo 5).
- ❖ Protocolo 6. Análisis granulométrico de agregado grueso reciclado (ver anexo 6).
- ❖ Protocolo 7. Abrasión de los ángeles al desgaste de agregados con tamaños mayores de 19 mm de agregado grueso natural (ver anexo 7).
- ❖ Protocolo 8. Abrasión de los ángeles al desgaste de agregados con tamaños mayores de 19 mm de agregado grueso reciclado (ver anexo 8).
- ❖ Protocolo 9. Peso unitario de los agregados fino natural, grueso natural y grueso reciclado (ver anexo 9).
- ❖ Protocolo 10. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200 por lavado (ver anexo 10).
- ❖ Protocolo 11. Gravedad específica y absorción de agregado fino natural (ver anexo 11).

- ❖ Protocolo 12. Gravedad específica y absorción de los agregados grueso natural y grueso reciclado (ver anexo 12).
- ❖ Protocolo 13. Diseño de mezclas según método ACI 211.1 (ver anexo 13).
- ❖ Protocolo 14. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 7 días (ver anexo 14).
- ❖ Protocolo 15. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 14 días (ver anexo 15).
- ❖ Protocolo 16. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 21 días (ver anexo 16).
- ❖ Protocolo 17. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 28 días (ver anexo 17).

Para los criterios de exclusión e inclusión se ha determinado que los artículos encontrados en la base de fuentes virtuales, sean encontradas con palabras claves (resistencia del concreto, reemplazo de cerámico y concreto reciclado, agregados reciclados y porcentajes de reemplazo en sustitución de agregados), estos filtros permitió encontrar estudios más confiables que aportan al desarrollo de nuestra tesis, así como también se ha empleado el criterio de tiempo de los estudios; es decir, con una antigüedad no mayor a los 10 años en su gran mayoría.

En nuestra investigación se ha hecho referencia a Hernández (2015), quien indica que “para generar mayor confiabilidad y validez del instrumento del actual estudio, se tiene que acudir al juicio de expertos, con la finalidad de revisar y evaluar los instrumentos que estén de acorde con las variables del estudio”.

Para ello también se realizó el uso del software especializado EXCEL V2022, que permitió determinar en los datos ingresados un resultado eficaz y técnico, esto fue revisado por el personal experto del laboratorio de la universidad Privada del Norte.

Según Hernández et al., (2015), hace referencia que “la confianza de una herramienta de control hace reseña a la disposición en que su atención provoque derivaciones similares si lo recurrimos en el semejante elemento o individuo”. Por lo tanto, nuestros protocolos técnicos están validadas por el experto del laboratorio de la universidad y el asesor de estudio.

Para el desarrollo de nuestra investigación se siguió los siguientes pasos.

Figura 2

Pasos para el desarrollo de la investigación

	• PROCEDIMIENTO
1	• Obtención de los cerámicos y concretos reciclados
2	• Trituración del agregado reciclado
3	• Ubicación de la cantera de agregados naturales
4	• Análisis de los agregados naturales y reciclados en el laboratorio de la UPN
5	• Elección del tipo de cemento
6	• Elaboración de diseño de mezclas por el método ACI 211.1
7	• Moldeado y verificación del estado fresco y curado de probetas de concreto
8	• Rotura de probetas en los tiempos de curado de 7, 14, 21 y 28 días
9	• Procesamiento de datos en gabinete

El procedimiento para el tratamiento de datos es como se detalla a continuación:

Paso 01: Para obtener los cerámicos y concreto reciclado nos dirigimos al Jr. Los Jardines C-4 del Centro poblado Santa Bárbara distrito de Los Baños del Inca Departamento Cajamarca donde existió una demolición de una vivienda multifamiliar, se procedió a solicitar la autorización para la recolección del material (concreto y cerámico) proveniente de la demolición,

obteniendo una respuesta positiva por parte de los propietarios, en la tabla 8 y en la figura 3 Se muestra el detalle de la ubicación.

Tabla 8

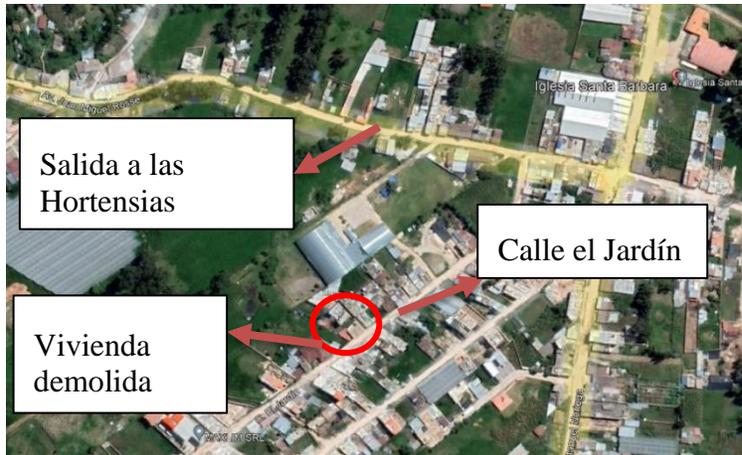
Ubicación Geográfica de procedencia de agregados reciclados (Cerámico y Concreto).

COORDENADAS UTM		
NORTE	ESTE	COTA (m.s.n.m)
9210886.00	775267.00	2607.00

Nota. Ubicación exacta de la extracción de cerámicos y concretos según coordenadas UTM.

Figura 3

Ubicación de procedencia de agregados reciclados (Concreto y Cerámico).



Nota. La ubicación fue extraída del Google Earth Pro.

Así mismo, se hace mención que se ha obtenido concreto reciclado (probetas de concreto) del Laboratorio "KAOLYN INGENIEROS SAC" ubicado en el Jr. Paraíso No 120 – Cajamarca, la resistencia de las probetas han sido variadas desde $210\text{ kg}/\text{cm}^2$ hasta $250\text{ kg}/\text{cm}^2$ y han sido empleados en diversos proyectos como; construcción de veredas, pavimentos, losas, vigas, columnas, muros de contención, puentes y en reservorios, esto permite tener un agregado reciclado de alto rendimiento (figura 02 del anexo 18).

La obtención de la cerámica reciclada fue de la Av. Vía de evitamiento norte 1724, en donde está almacenado la cerámica del proveedor San Lorenzo; la cual al momento de descargar se rompe y estas son almacenadas para su posterior eliminación, se pudo conversar con el propietario llegando a un acuerdo para podernos proporcionar una cantidad determinada de cerámicas que estén en mal estado.

La dosificación de concreto reciclado proviene de elementos estructurales como (columnas, vigas, muros de contención, reservorios y puentes), durante el proceso de trituración, se ha clasificado materiales inertes que no contribuyeron a esta investigación, por ejemplo (fierro, alambre, madera, y en el caso de paredes de ladrillo, se ha eliminado la capa de tarrajeo, evitando productos químicos como la pintura que contaminan los agregados), luego de trituradas y obtenidas las cantidades necesarias, fueron empacadas en sacos de nylon y transportadas al laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca, donde fueron analizadas para su posterior uso en la mezcla de diseño y obtener probetas de concreto.

Paso 02: El proceso de trituración de cerámicos y concreto se realizó con el apoyo de una comba de 6 lb y una vez reducido el tamaño del bloque de concreto y cerámica se pasó por las mallas de 1" y 3/8", de manera que los agregados reciclados tengan un tamaño similar a los agregados naturales, para posteriormente ser empacados en bolsas de nylon y enviados al laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, y de esta manera ser ensayados para obtener granulometría cuyas medidas son establecidas por la NTP 400.037:2021.

La trituración de las probetas se ha realizado reduciendo el tamaño con apoyo de una comba de 12 lb, una vez reducido el tamaño se ha seguido triturando con apoyo de comba de 6 lb, de esta manera se ha conseguido el tamaño que requiere para ser un agregado reciclado, una

vez conseguido el tamaño similar a la de un agregado natural se ha pasado por las mallas de 1” y 3/8” quedando listo para ser evaluado en laboratorio de la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Las cantidades que conforman los porcentajes de agregado grueso reciclado de 30%, 45% y 60% estan dados por los siguientes materiales mostrados en la tabla 9.

Tabla 9

Representación de los materiales en porcentajes para 30%, 45% y 60% de agregado grueso reciclado

% AGREGADO GRUESO RECICLADO	TIPO DE MATERIAL RECICLADO	CANTIDAD	UNIDAD
30%, 45% y 60%	Ladrillo	5	%
	Cerámico	15	%
	Concreto	40	%
	Probetas	60	%
TOTAL		100	%

Nota: La tabla 9 muestra las cantidades de los escombros que conforman los porcentajes de reemplazo de agregado grueso reciclado por un agregado grueso natural.

Paso 03: La cantera fue localizada en el Distrito de Cajamarca carretera a Bambamarca km 1.5, llamada cantera Bazán, estos materiales son provenientes del Río Mashcón, pues estos agregados han pasado un proceso de canto rodado como trituración por chancadora de quijada y cónica para conseguir la granulometría adecuada, es así que se verificó la calidad de material para luego adquirir la cantidad necesaria y ser trasladado al laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca donde se elaboraron todos los ensayos concernientes al presente estudio, de esta manera se muestra la ubicación geográfica en la tabla 9.

Tabla 10

Ubicación geográfica de la cantera del agregado natural.

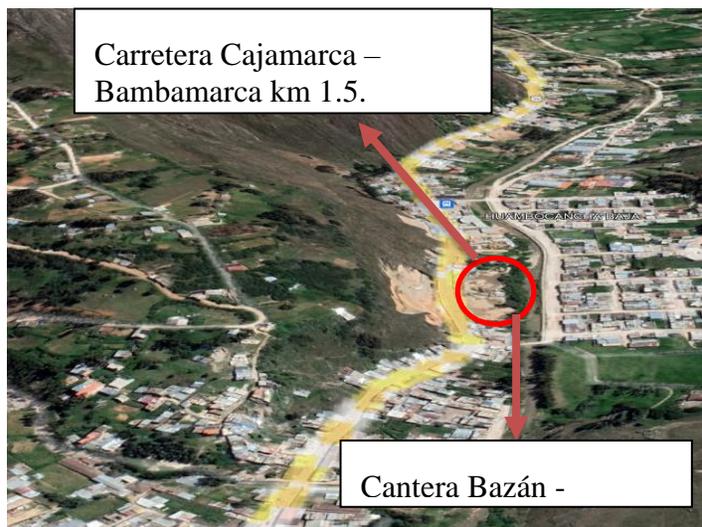
COORDENADAS UTM		
NORTE	ESTE	COTA (m.s.n.m)
9210610.00	773422.00	2755.00

Nota. Se muestra la ubicación exacta de la cantera Bazán.

Cabe precisar que, para realizar el ensayo granulométrico de acuerdo a las especificaciones que indica la norma, el material debe ser el adecuado; por ejemplo, el agregado fino no debe tener muchas partículas gruesas y el agregado grueso debe tener un tamaño homogéneo. Por tanto, se tuvo que analizar el agregado de diferentes canteras para cumplir los requerimientos de la norma siendo la cantera Bazán la que más se acercó a nuestras necesidades.

Figura 4

Ubicación de la cantera Bazán



Nota. Se muestra la ubicación de la cantera Bazán en la carretera Cajamarca -Bambamarca km 1.5.

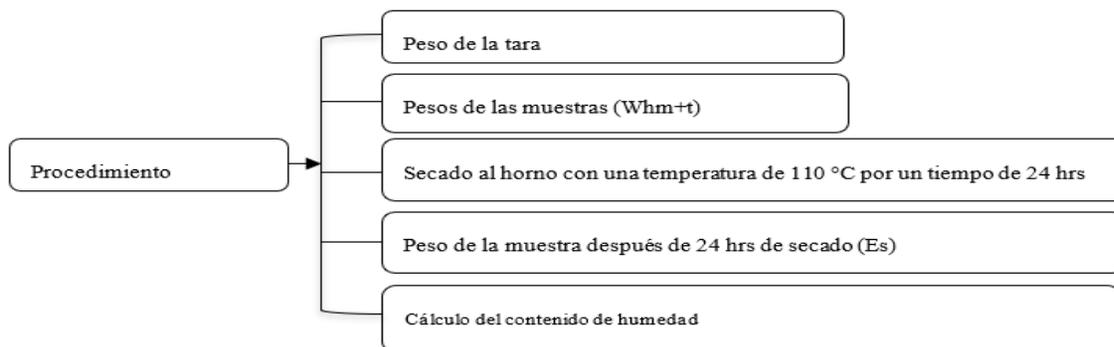
En el panel fotográfico (foto 07 y 08 del anexo 18) se muestra la obtención del agregado grueso y fino natural de la cantera Bazán, estos materiales son provenientes de canto rodado y de un tipo aluvial, teniendo estas características se ha procedido a adquirir y envasar en sacos de nylon para ser transportados al laboratorio de UPNC, se sometieron a ensayos que exige la NTP 400.037:2021 donde los resultados permitieron ser usados para el diseño de mezclas y posteriormente realizar la pasta de concreto para una dosificación de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$, y su futuro uso en pavimentos de bajo tránsito así como en otras obras de concreto armado.

Paso 04: Análisis de los agregados, en este paso se ha desarrollado todos los ensayos correspondientes y necesarios para el diseño de mezclas, la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados y naturales; es de suma importancia que con los resultados se pudo realizar el *diseño de mezclas* y moldear las probetas de concreto que luego fueron sometidas a una fuerza de compresión. En este punto se mostrará todo el proceso que se llevó a cabo en el laboratorio de UPN.

Contenido de humedad agregado fino, grueso natural y grueso reciclado NTP 339.185:2021

Figura 5

Proceso de contenido de Humedad de los agregados finos, gruesos naturales y agregado



Nota. En la figura se muestra el proceso de elaboración para calcular el contenido de humedad de los agregados.

Ecuación empleada para cálculo del contenido de humedad.

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

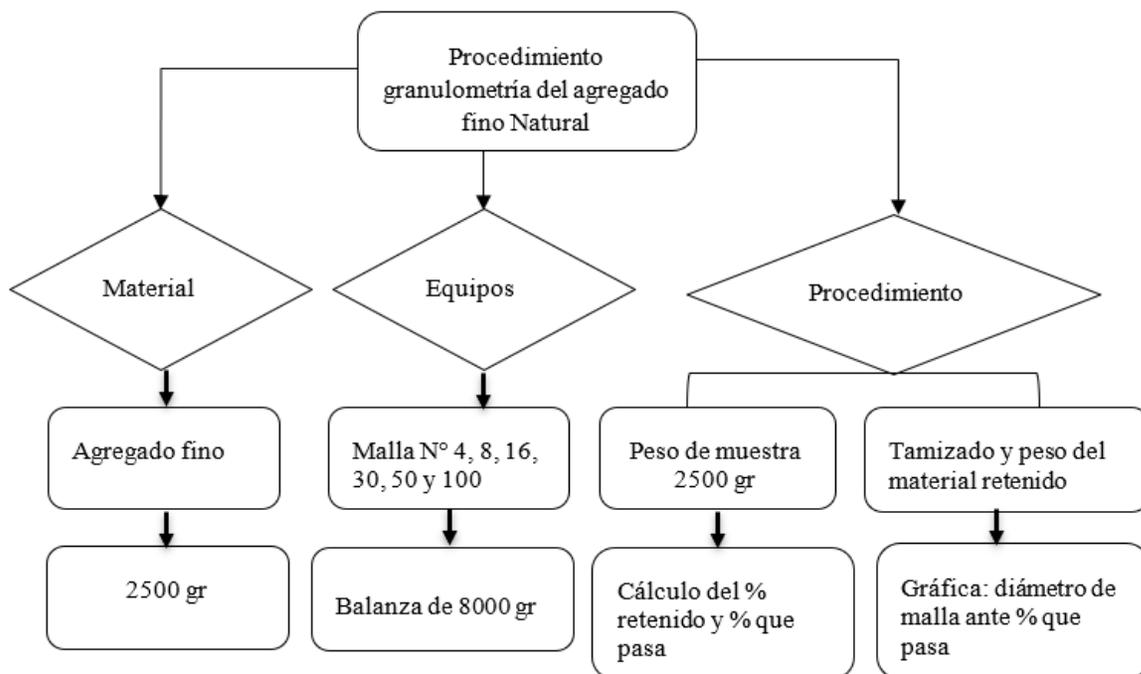
$$W_{agua} = W_{muestra\ Húmeda} - W_{muestra\ seca} \quad \text{Ecuación (2)}$$

El mismo procedimiento se ha seguido tanto para el agregado grueso natural como para el agregado grueso reciclado teniendo en cuenta que para cada agregado se ha hecho uso del contenido de humedad promedio.

Análisis granulométrico: NTP 400.012:2021.

Figura 6

Procedimiento de análisis de granulometría del agregado fino natural



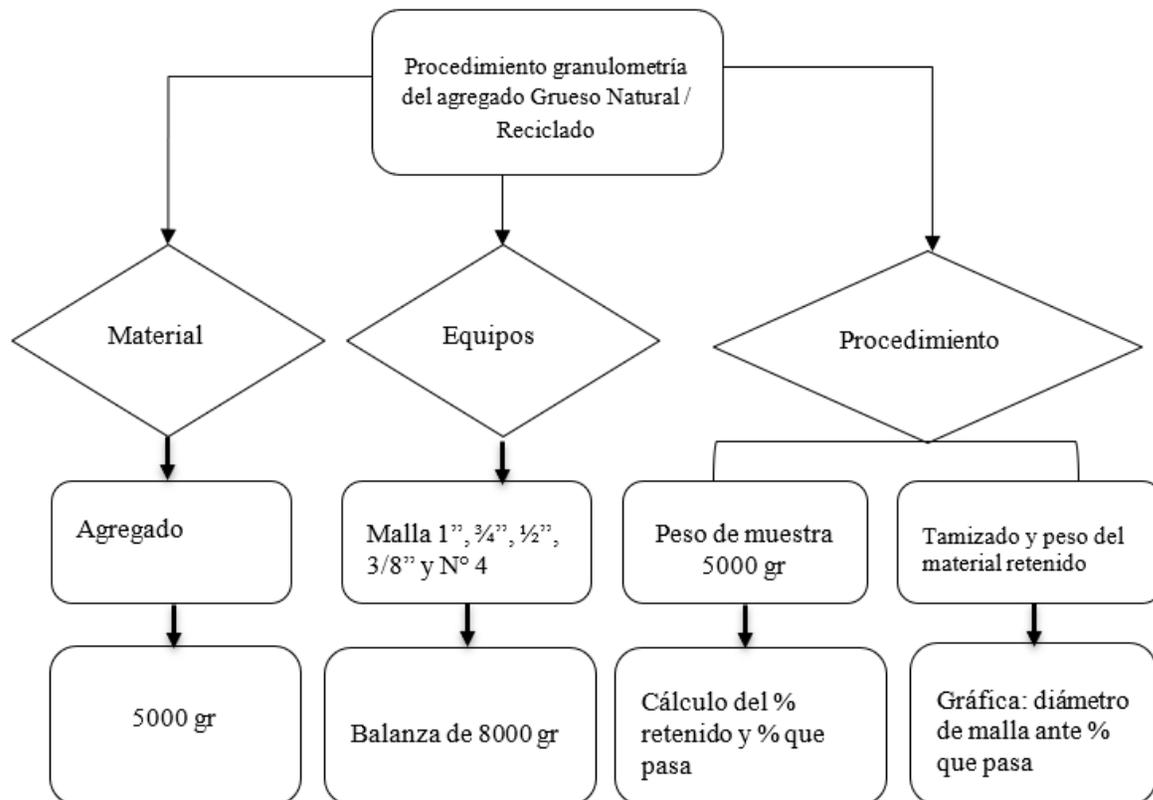
Nota. La figura muestra el paso a paso para realizar la granulometría del agregado fino natural.

- **Agregado grueso**

Este paso es similar al procedimiento realizado con el agregado fino descrito en el cuadro anterior, lo que cambia es el tamaño de los diámetros de tamices y la cantidad de material utilizado.

Figura 7

Procedimiento de análisis de granulométrico de los agregados gruesos



Nota. Se muestra el procedimiento para obtener la granulometría de los agregados gruesos tanto natural como reciclado.

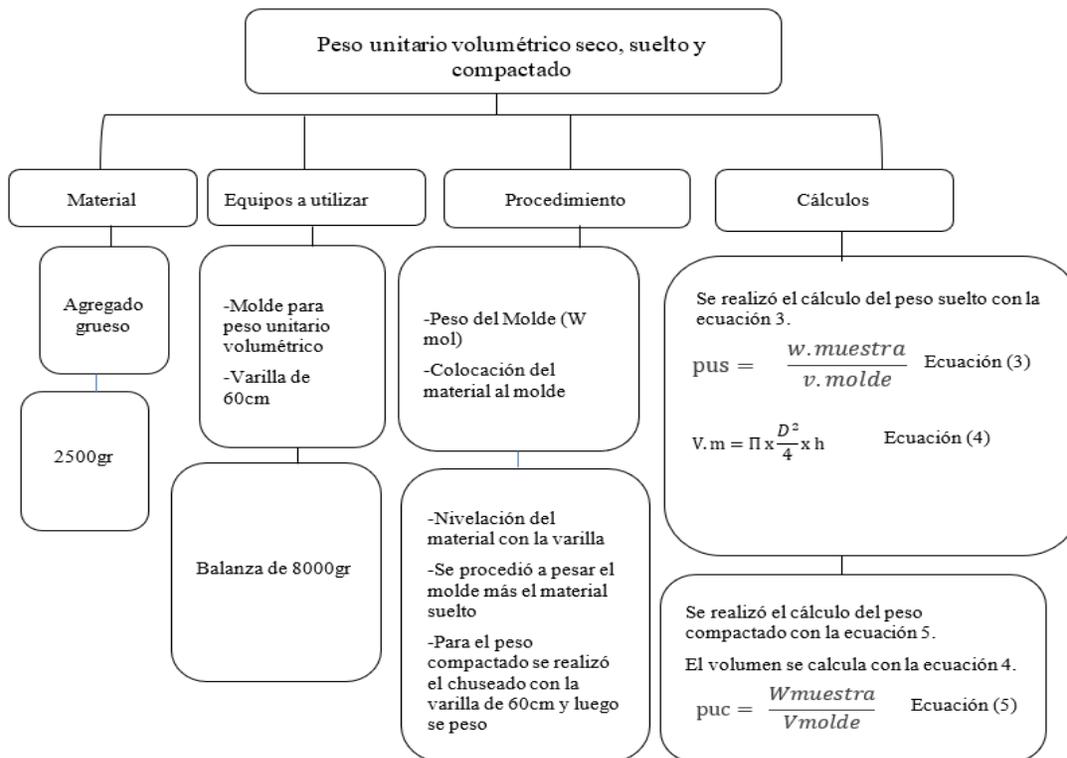
Para el agregado grueso reciclado se ha seguido el mismo procedimiento que para el agregado grueso natural.

Peso unitario volumétrico seco suelto y compactado NTP 400.017:2020

En este punto se procedió a llenar el molde con agregado grueso tanto natural como reciclado de manera individual, seguidamente se realizó el peso suelto el cual consiste en llenar el molde con el material para posteriormente proceder a pesarlo, para ello ya se ha pesado con anticipación el molde. Para calcular el peso suelto compactado se procedió a llenar el molde en tres capas, consolidando el agregado a través de la varilla de acero de 60 cm con 25 golpes, para luego nuevamente pesar y así obtener el peso del material seco compactado, a continuación, mostramos en la figura 8 los procesos que se ha desarrollado en laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.

Figura 8

Procedimiento del cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

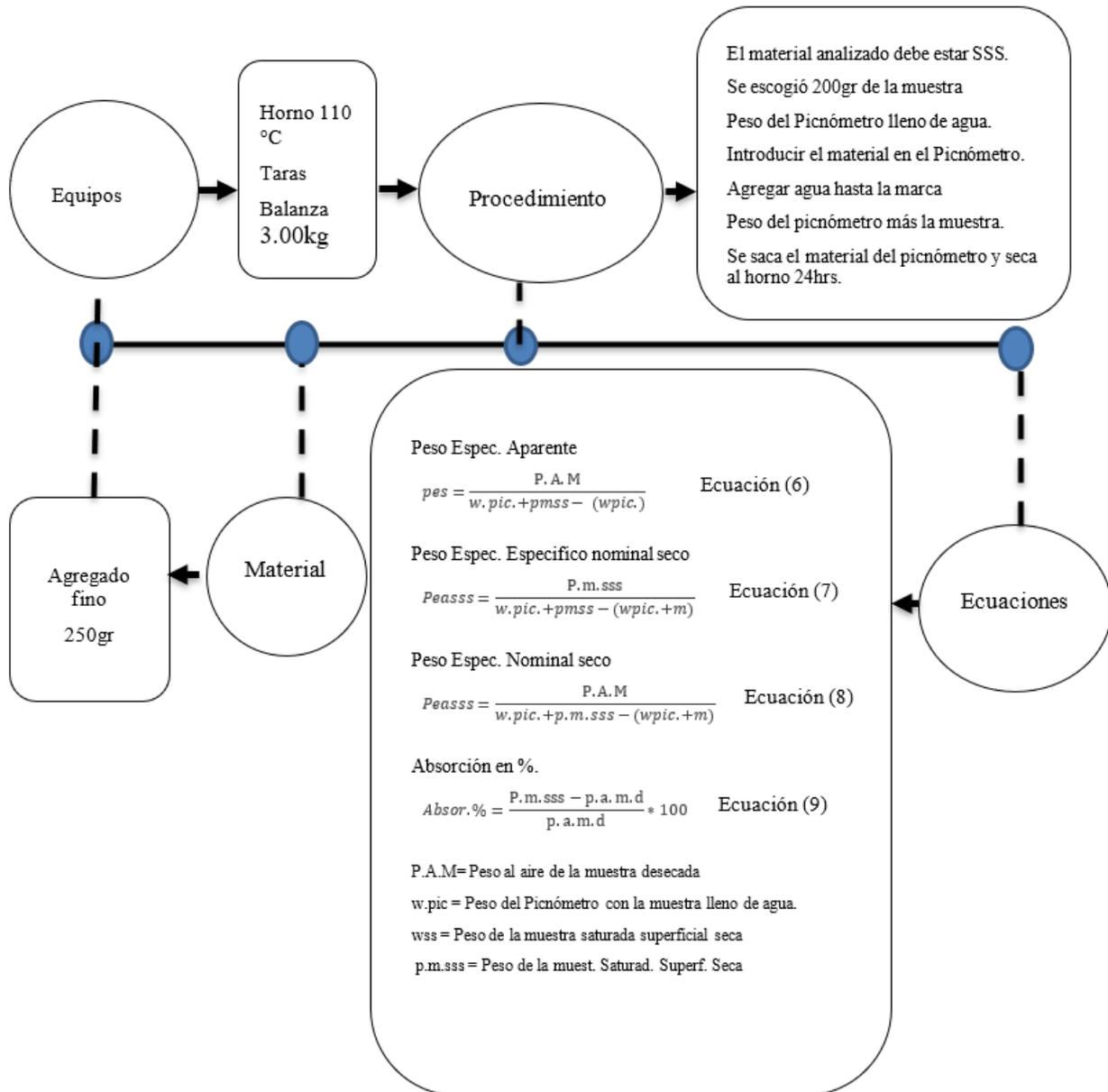


Nota. En la figura se muestra el proceso y las ecuaciones de cálculo.

Peso específico y absorción NTP 400.022:2021

Figura 9

Proceso de cálculo del peso específico del agregado fino

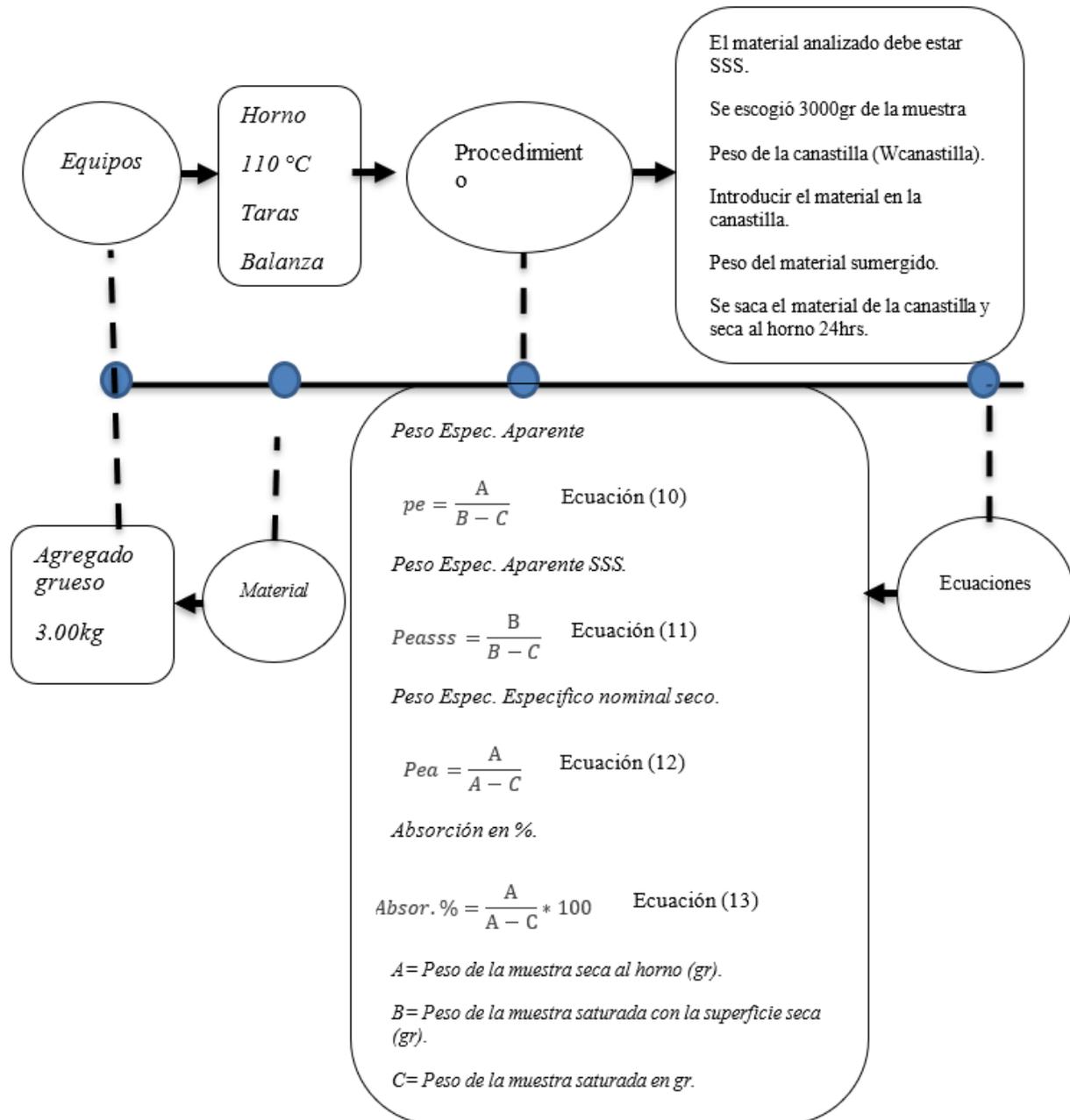


Nota. En la figura se muestra el proceso para obtener el peso específico del agregado fino.

- Agregado Grueso

Figura 10

Proceso de obtención del peso específico del agregado grueso



Nota. La figura muestra el cálculo de cómo obtener el peso específico y absorción del agregado grueso.

Paso 05: Se eligió el **cemento portland tipo I**, dado que es de uso general, además, es adecuado para la zona de Cajamarca según expertos en el diseño de mezclas.

Paso 06: Dentro de las metodologías de diseño de mezclas se puede mencionar los más comunes, Método ACI, Método Walker y Módulo de finura; así mismo, la discrepancia de estos métodos es la cantidad de agregados tanto grueso como fino que se utilizan en tandas por una bolsa de cemento. Nuestro estudio ha definido usar el **método ACI 211.1** ya que es una herramienta que permite diseñar en forma muy simplificada estructuras que son sometida a cargas.

Antes de diseñar la mezcla se revisó las funciones que cumplirá el concreto a diseñar. Dentro de ello encontramos la resistencia de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$, el uso para estructuras de concreto, pavimentos rígidos de bajo tránsito, consistencia, exposición y el asentamiento.

Tabla 11

Resistencia promedio del concreto ($f'cr$)

Resistencia especificada a la compresión: $f'c$	Resistencia promedio requerida a la compresión: $f'cr$
$F'c < 210$	$F'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$F'c + 84$
$F'c > 350$	$f'c + 98$

Nota. La tabla muestra las especificaciones de las resistencias requeridas según resistencia promedio.

Fuente: ACI 318 (2019)

En la tabla 10 muestra los valores según la resistencia, para nuestro estudio como es la resistencia de diseño $210\text{ kg}/\text{cm}^2$, está entre 210 a $350\text{ kg}/\text{cm}^2$ esto indica que se tiene que sumar $84\text{ kg}/\text{cm}^2$ y tener una resistencia promedio de $294\text{ kg}/\text{cm}^2$.

Asentamiento (Slump).

Es muy importante las descripciones técnicas de obra que se requiere que el concreto tenga una explícita consistencia, para ello el asentamiento fue elegido como muestra la siguiente tabla.

Tabla 12

Asentamiento o Slump

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0” a 2”	Poco trabajable	Vibración Normal
<i>Plástica</i>	<i>3” a 4”</i>	<i>Trabajable</i>	<i>Vibración ligera - Chuseado</i>
Fluida	≥ 5”	Muy trabajable	Chuseado

Nota. La tabla muestra el tipo de consistencia, el asentamiento, trabajabilidad y el método de compactación.

Fuente: ACI 318 (2019)

Para nuestro estudio se eligió una consistencia plástica trabajable con una vibración ligera a través del chuseado.

Sabiendo que los materiales a usarse en un diseño de mezcla son agregado fino, agregado grueso y agua, claro en algunos casos se adiciona aditivos esto dependiendo de las características físicas y mecánicas que desea obtener, es muy importante mencionar las características de los materiales que se ha tenido en cuenta para el diseño de mezclas, entre ellas tenemos:

- Selección del tamaño máximo nominal, dentro de la Norma Técnica de Edificaciones E. 060 determina que el agregado grueso no deberá ser mayor de 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado, 1/3 del peralte de la losa y 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo.

- Relación agua cemento (a/c), dentro de ello existe dos criterios por resistencia y durabilidad para lo cual se elegirá el menor de los valores, con el que garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones, por lo tanto, nuestro cemento elegido fue de tipo I o común, se tomaron valores que muestra la tabla 15.

El desarrollo del procedimiento del diseño de mezclas es como sigue:

DATOS

- a) Cemento
 - Tipo I
 - $F'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$
 - $P_e = 3.15 \text{ gr}/\text{cm}^3$ o $3150 \text{ kg}/\text{m}^3$, (este dato se sacó de la ficha técnica del cemento).
 - Slump = 3 a 4” (el asentamiento está de acuerdo a la consistencia del concreto).
 - $P_e \text{ Agua} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$
- b) Requisitos de los agregados para el diseño de mezclas.
 - Peso seco unitario compactado.
 - Peso específico kg/m^3
 - Módulo de fineza
 - TMN (tamaño máximo nominal)
 - % de absorción.

Nuestro estudio se ha realizado con la resistencia promedio; es decir, para una resistencia de $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ se ha sumado $84 \text{ kg}/\text{cm}^2$ como indica en la tabla 11 y además teniendo en cuenta la inspección de calidad en la obra.

Tabla 13

Nivel de control de la resistencia según categoría

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3 f'c a 1.5 f'c
Bueno	1.2 f'c
Excelente	1.1 f'c

Nota. Al evaluar la resistencia del concreto según categoría se tiene que multiplicar por los siguientes factores

Fuente: ACI 318 (2019)

Vale aclarar que el procedimiento más adecuado a realizar es cuando se tiene la desviación estándar.

- 1) Contenido de aire atrapado

Tabla 14

Parámetros del contenido de aire atrapado según TMN

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Nota. Este valor se elegirá de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado

- 2) Contenido de agua

Tabla 15

Volumen unitario del agua según asentamiento y TMN de los agregados

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Agua en $V. m^3$ para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incorporado (congelamiento)								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Nota. Este valor se elige de acuerdo al slump y de acuerdo al tamaño máximo nominal

3) Relación a/c (por resistencia f'_{cr})

Este dato se obtiene interpolando los valores de resistencia en la tabla 15.

Tabla 16

Relación agua/cemento según resistencia

RELACIÓN AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA		
$F'c$ (kg/cm^2)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43
450	0.38

Nota. Para obtener la relación agua cemento se tiene que interpolar entre los valores de 200 y 250 kg/cm^2 , el resultado será la relación de agua cemento del presente estudio.

Cálculo de interpolación para la *relación agua cemento* para una resistencia de 210 kg/cm².

200-----0.61
 210-----x
 250-----0.53

$$\frac{250 - 210}{0.53 - x} = \frac{250 - 200}{0.53 - 0.61}$$

x = 0.594

4) Contenido de cemento

Una vez encontrado el valor del agua según tabla del volumen unitario, procedemos a reemplazar a continuación.

$$\frac{a}{c} = 0.594$$

Factor C. = c/peso en kg por bolsa cemento

5) Cálculo del peso de agregado grueso

Tabla 17

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
TMN del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino ($\frac{b}{b_0}$)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8”	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2”	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4”	0.66	0.64	0.62	0.60

1”	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½”	0.76	0.74	0.72	0.70
2”	0.78	0.76	0.74	0.72
3”	0.81	0.79	0.77	0.75
6”	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. El valor del peso del agregado grueso es de acuerdo al TMN del agregado grueso.

Fórmula para calcular el peso del agregado grueso.

$$\text{Peso agregado grueso} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso unitario compactado}$$

6) Volumen absoluto

Una vez obtenido los cálculos anteriores en kg, se procederá a convertir en m³ dividiendo entre su peso específico de cada uno de los materiales.

Tabla 18

Fórmula para convertir su peso en m³ de los materiales

Material	Valores	Fórmula	Resultado
Aire		% de aire/100
Agua		Slump/Pw
Cemento		Factor C/ (pe. Cx1000)
Peso A. grueso		(b/b ₀ xpu.compact)/pe. AG
Sumatoria Total			

Nota. Para convertir de kg a m³ se tiene que dividir entre su peso específico de cada material.

Cálculo del volumen del agregado fino.

$$\text{Volumen Af} = 1\text{m}^3 - \sum \text{Volumen Absoluto.}$$

7) Calcular el peso del agregado fino

Este valor se obtiene multiplicando el volumen del agregado fino con el peso específico del agregado fino.

Peso del Af = Volumen Af x Peso específico del AF.

8) Diseño en estado seco

Sacamos valores del cemento, agregado fino, agregado grueso y del agua y colocamos cada uno de los valores obtenidos de los materiales.

9) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) \quad \text{Ecuación (14)}$$

Aplicamos la fórmula tanto para agregado grueso como para agregado fino

10) Aporte de agua a la mezcla.

$$A_{wm} = \frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100} \quad \text{Ecuación (15)}$$

El cálculo se realiza para agregado fino y agregado grueso y la sumatoria indica el aporte de agua a los agregados

11) Agua efectiva

El resultado se obtiene, luego de restar el valor obtenido en el paso (3) con el valor obtenido en el paso (11).

12) Proporcionamiento del diseño

Estas proporciones estarán dadas de acuerdo a los pesos de cada material entre el peso del cemento a utilizar quedando de esta manera.

Tabla 19

Proporciones en m³ de cada material a usar.

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
1 bls	2.43 m ³	3.00 m ³	17.29 lts

Nota. Estas proporciones salen dividiendo cada peso del material entre el peso del cemento a usar.

Paso 07: Para la realización del moldeado se hizo uso de moldes con una geometría cilíndrica con dimensiones estandarizadas ($\varnothing=150$ mm y h=300 mm), el vaciado se realizó en tres capas iguales con 25 golpes apoyados de una varilla de acero de 600 mm, la mezcla está dada por concreto con agregados convencionales y un concreto con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de agregados reciclados (cerámicos y concretos).

Una vez terminado el moldeado y fabricación de probetas de concreto en su estado fresco se dio el terminado final con apoyo de una plancha de batir dejando uniforme la parte superior de la probeta, luego de ello se dejó encofrado por 24 horas.

Luego de que las probetas de concreto lograron su correcto fraguado durante 24 horas, se procedió a retirar el molde y colocar los especímenes de concreto a una bandeja de agua con una temperatura ambiente para que cumplan su adecuado curado durante su tiempo establecido, es decir se han distribuido en cuatro bloques de curado a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 19 se muestra el proceso de curado de los especímenes de concreto en los diferentes tiempos mencionados.

Paso 08: Una vez terminado el proceso de curado de las probetas de concreto según los lineamientos de la NTP 339.183:2021, se procedió a determinar la resistencia mecánica a la compresión en su etapa de endurecido siguiendo los pasos que a continuación se muestran.

- Antes de someter al ensayo las probetas se secó con apoyo de una franela.
- Se verificó la altura de la probeta en cm.
- Se realizó la medición del diámetro de la probeta con el apoyo de un vernier.
- Se procedió a colocar las almohadillas de neopreno en ambas bases.
- Con apoyo del técnico del laboratorio se procedió a dar la velocidad de carga perenne y constante de inicio hasta la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima.

Paso 09: Una vez concluido todo el proceso de los análisis de la resistencia de concreto de un factor de $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$, se trabajó el gabinete para mostrar los resultados del proceso.

Para el desarrollo de nuestra investigación fue necesario examinar diferentes fuentes bibliográficas, las cuales representan una oportunidad para mejorar y ampliar nuestro aprendizaje. En nuestra investigación, se demostró honestidad académica, por lo que cualquier idea ajena que se incluyó en nuestro trabajo fue citada y se respetó los hallazgos de diferentes autores, todo ello con la finalidad de evitar cualquier beneficio injusto tal como se señala en las normas de conducta anti plagio de nuestra Universidad, por lo tanto:

- ❖ Se citaron todas las fuentes consultadas y consideradas en esta tesis, es decir, se respetaron los derechos de autor.
- ❖ Cada estudio se obtuvo de diferentes repositorios institucionales y estos fueron descargados gratuitamente que no requirió autorización.
- ❖ Todos los resultados de los ensayos se presentaron con información real sin ningún tipo de manipulación, además fueron revisados y visados por el responsable del laboratorio.
- ❖ Respetar las políticas anti plagio de los investigadores.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el actual capítulo se especifican los resultados obtenidos de los procedimientos desarrollados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, como primer punto se detalla las propiedades de los agregados tanto reciclados como naturales, cuyos datos fue necesario para calcular el diseño de Mezclas según el Método ACI 211.1.

Para ello se ha seguido una secuencia de pasos de acuerdo a protocolos de la UPN, consiguiendo resultados que requiere el método ACI 211.1, quedando de esta manera los resultados que muestra la tabla 19 y dando respuesta al **objetivo específico uno** el cual es **Determinar el cumplimiento de las propiedades del agregado grueso con la NTP.**

Tabla 20

Resumen de las propiedades de los agregados

Propiedades	Agregado fino natural	Agregado grueso natural	Agregado grueso reciclado	Normativa
Peso específico	2.62 g/cm ³	2.56 kg/cm ³	2.18 kg/cm ³	NTP 400.022:2021
Absorción	2.10 %	1.22%	6.82%	NTP 400.022:2021
Contenido de Humedad promedio	7.78 %	2.48%	7.19%	NTP 339.185:2021
Módulo de finura	2.99	----	----	NTP 400.012:2021
Tamaño máximo nominal	----	1”	1”	NTP 400.037:2021
Peso seco compactado	1936.56 kg/m ³	1521.51 kg/m ³	1353.76 kg/m ³	NTP 400.017:2020
Peso seco suelto	1769.89 kg/m ³	1356.99 kg/m ³	1203.23 kg/m ³	NTP 400.017:2020
Abrasión los ángeles al desgaste	----	27.60%	39.28%	NTP 400.019:2020
% Que pasa la malla No 200 por lavado	2.03%	-----	-----	NTP 400.018:2020

Nota. los resultados de los ensayos se muestran a detalle en los (Anexos del 1 al 12).

Los resultados del tamaño máximo es el que representa el menor tamiz que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal viene a ser el tamiz superior el que retiene el 10% o más, así mismo observamos que los resultados de las propiedades son parecidos a diferencia de la resistencia de abrasión por la máquina de los ángeles donde notamos claramente la diferencia de los porcentajes de 27.60% contra un 39.28%, de hecho se encuentra dentro del rango que exige la normativa pero existe una diferencia de 11.2% entre el agregado natural con el agregado reciclado, para todo los ensayos se ha seguido el lineamiento de las NTP.

Otra de las propiedades de los agregados es la granulometría, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos en laboratorio como una secuencia al objetivo específico uno.

Tabla 21

Análisis granulométrico del agregado fino natural

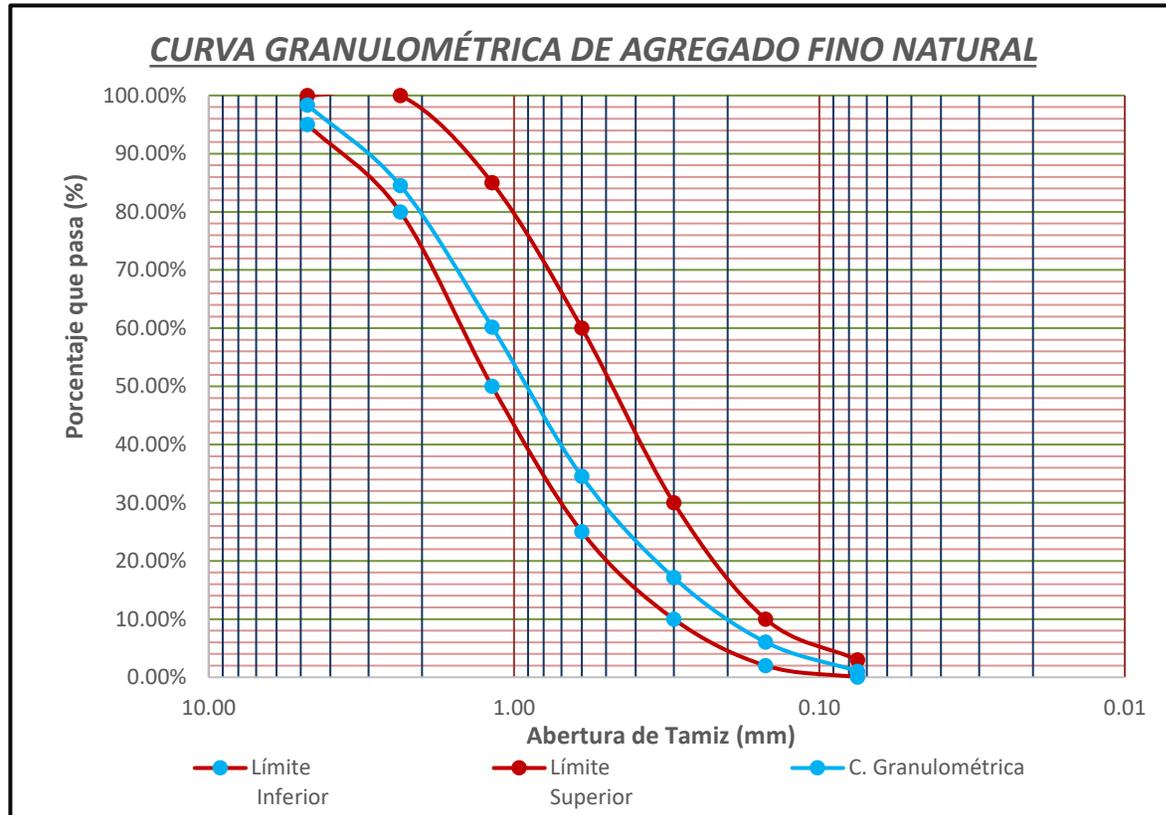
MATERIAL: DEPENDE DE TM 1500 gr								
No	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Según NTP 400.037:2021)	
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior
1	No 4	4.75	24.40	1.63	1.63	98.37	95.00	100.00
2	No 8	2.36	207.00	13.83	15.46	84.54	80.00	100.00
3	No 16	1.18	364.50	24.35	39.81	60.19	50.00	85.00
4	No 30	0.60	384.20	25.67	65.48	34.52	25.00	60.00
5	No 50	0.30	260.10	17.38	82.86	17.14	10.00	30.00
6	No 100	0.15	166.30	11.11	93.97	6.03	2.00	10.00
7	No 200	0.08	74.70	4.99	98.96	1.04	0.00	3.00
8	Bandeja	-	15.50	1.04	100.00		0.00	0.00
Peso total (gr)			1496.70	100.00				

Nota. Los resultados se aprecian en el anexo 4.

La representación gráfica se muestra a continuación de acuerdo a los límites que exige la NTP 400.037:2021 granulométrica de los agregados.

Figura 11

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. Se puede apreciar que los tamaños de las partículas están dentro de los límites permisibles para mayor información se detalla en el anexo 4.

La curva granulométrica del agregado fino está cumpliendo con los estándares que establece la NTP 400.037:2021, esto indica que el material esta correctamente granulado permitiendo acomodarse en los vacíos que se forma entre el agregado grueso.

De la misma manera tenemos la granulometría del agregado grueso natural el cual se detalla a continuación:

Tabla 22

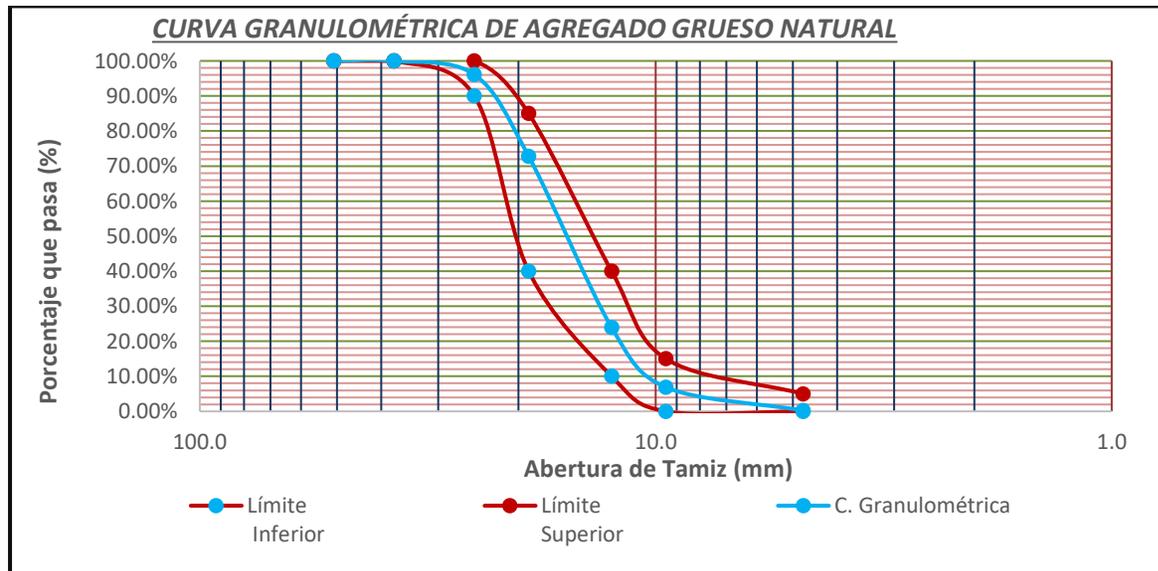
Granulometría del agregado grueso natural

MATERIAL: DEPENDE DE TM		5000 gr				Huso 56 Granulométrico (Depende TMN, Revisar NTP 400.037:2021)		
No	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Límite	Límite
	(pulg)	(mm)					Inferior	Superior
1	2"	50.80	---	---	---	100.00	100.00	100.00
2	1 ½"	37.50	---	---	---	100.00	100.00	100.00
3	1"	25.00	195.00	3.90	3.90	96.10	90.00	100.00
4	¾"	19.00	1164.00	23.31	27.21	72.79	40.00	85.00
5	½"	12.50	2439.00	48.84	76.05	23.95	10.00	40.00
6	3/8"	9.50	852.00	17.06	93.11	6.89	0.00	15.00
7	No 4	4.75	332.00	6.65	99.76	0.24	0.00	5.00
8	Bandeja	-	12.00	0.24	100.00	0.00	0.00	0.00
Peso Total (gr)			4994.00					

Nota. Los resultados se presentan en el anexo 5.

Figura 12

Curva granulométrica del agregado grueso natural



Nota. El tamaño de partículas de agregado grueso es adecuado para elaborar concreto (Anexo 5)

En la figura 12 observamos la curva granulométrica del agregado grueso natural, teniendo como resultado positivo de acuerdo a la NTP 400.037:2021. La representación gráfica de la curva granulométrica quiere decir que los materiales han estado aptos para ser usados en el diseño de mezclas para un concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$; es decir, el agregado grueso natural cumple con los requisitos para ser utilizado en el diseño de mezclas. A continuación, mostramos la granulometría del agregado grueso reciclado.

Tabla 23

Granulometría del agregado grueso reciclado

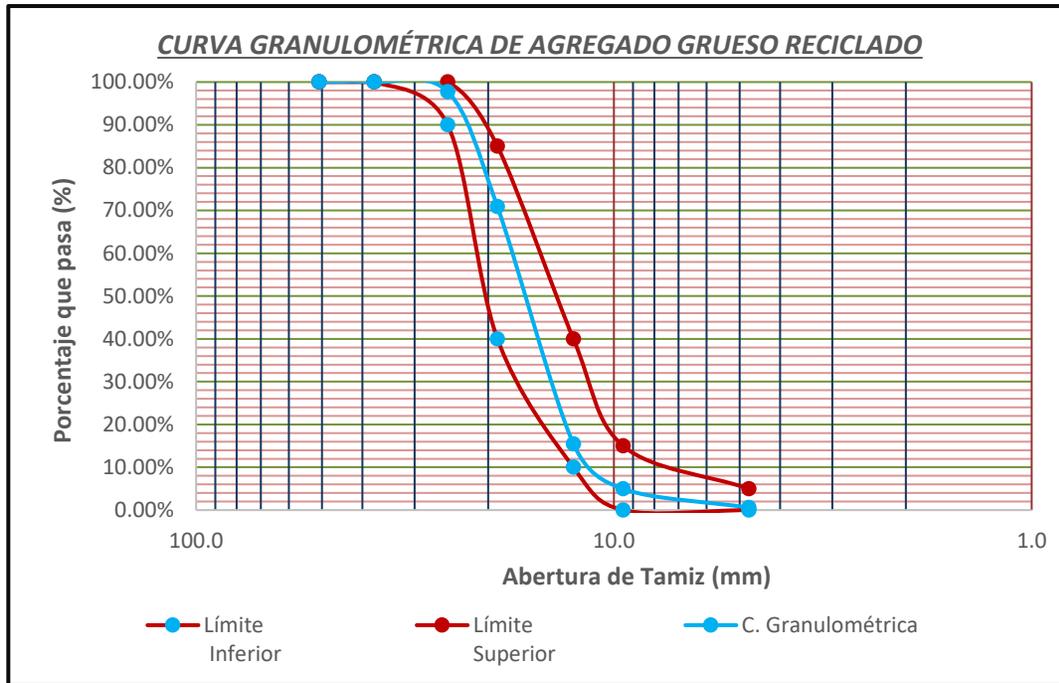
		MATERIAL: DEPENDE DE TM 5000 gr					Huso 56 Granulométrico (Depende TMN, Revisar NTP 400.037:2021)	
No	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Límite Inferior	Límite Superior
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.80	-----	-----	-----	100.00	100.00	100.00
2	1 ½"	37.50	-----	-----	-----	100.00	100.00	100.00
3	1"	25.00	113.00	2.26	2.26	97.74	90.00	100.00
4	¾"	19.00	1341.00	26.85	29.11	70.89	40.00	85.00
5	½"	12.50	2767.00	55.41	84.52	15.48	10.00	40.00
6	⅜"	9.50	526.00	10.53	95.05	4.95	0.00	15.00
7	No 4	4.75	218.00	4.37	99.42	0.58	0.00	5.00
8	Bandeja	-	29.00	0.58	100.00	0.00	0.00	0.00
Peso Total (gr)			4994.00	100.00				

Nota. Los resultados de la granulometría del agregado grueso reciclado muestran que el material está apto para ser usado como materia prima.

Una vez mostrados los resultados de la granulometría del agregado grueso reciclado, se afirma que es posible el uso como agregado para realizar un nuevo concreto para estructuras, para mayor detalle se muestra la curva granulométrica.

Figura 13

Curva granulométrica del agregado grueso reciclado



Nota. Las partículas del agregado reciclado permiten acomodarse en la mezcla del concreto, se detalla en el anexo 6.

El **objetivo específico dos** consistió en **diseño de mezclas por el Método ACI 211.1**, para un concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$, con una consistencia plástica de 3 a 4” es decir un Slump de 3” a 4”, las proporciones están dadas en (kg) tanto de cemento tipo I, agregado grueso natural, agregado fino natural, agregado grueso reciclado y el agua en litros, este diseño de mezclas está dado para el concreto convencional así como para el concreto con el reemplazo de agregado grueso reciclado, esto quiere decir que se va sustituir en 30, 45, y 60% de agregado reciclado por un agregado grueso natural, las proporciones se han realizado en dos tandas para 6 probetas cada tanda para el agregado natural, para el reemplazo de agregado reciclado se ha realizado en 2 tandas cada una para 6 probetas y una para 8 probetas, quedando especificado en el (Anexo 13).

Tabla 24

Diseño de mezcla del concreto para un volumen de 0.380 m³ - 72 probetas.

Material	Peso (kg)		Total (kg)
Cemento	131.48		144.63
Agua Efectiva	53.58 lts	Adicionamos 10% de desperdicio	58.94 lts
Agregado Fino Húmedo	318.82		350.70
Agregado Grueso Húmedo	394.44		433.88

Nota. Las cantidades están dadas en proporciones de kg, para una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 25

Diseño de mezclas de concreto convencional - 100% agregados naturales, volumen de 0.060 m³ – 12 probetas.

Material	Peso (kg)		Total (kg)
Cemento	20.76		22.84
Agua Efectiva	8.46 lts	Adicionamos 10% de desperdicio	9.31 lts
Agregado Fino Húmedo	50.16		55.18
Agregado Grueso Húmedo	62.28		68.51

Nota. Las cantidades que se han considerado son con el reemplazo del 10% en proporciones de kg, realizadas en dos tandas de 6 probetas.

Tabla 26

Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 30% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m³ -20 probetas.

Material	Peso (kg)	Reemplazo con 30% de A.G.R.		Total (kg)
Cemento	38.06	-----	Adicionamos	41.87
Agua Efectiva	15.51 lts	-----	10% de desperdicio	17.06 lts
Agregado Fino Húmedo	91.96	-----		101.16
Agregado Grueso Húmedo	87.92	37.68		125.60

Nota. Se reemplazó el agregado grueso reciclado, 30% de agregado reciclado y 70% de agregado natural.

Tabla 27

Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 45% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m^3 - 20 probetas.

Material	Peso (kg)	Reemplazo con 45% de A.G.R.		Total (kg)
Cemento	38.06	----		41.87
Agua Efectiva	15.51 lts	----		17.06 lts
Agregado Fino Húmedo	91.96	----	Adicionamos 10% de desperdicio	101.16
Agregado Grueso Húmedo	69.08	56.52		125.60

Nota. Se muestra que el reemplazo del agregado reciclado aumenta en 45%, para ello se tiene que disgregar el agregado grueso en 45% de agregado reciclado y 55% de agregado natural.

Tabla 28

Diseño de mezcla de concreto con el reemplazo del 60% de agregado reciclado para un volumen de 0.110 m^3 - 20 probetas.

Material	Peso (kg)	Reemplazo con 60% de A.G.R.		Total (kg)
Cemento	38.06	----		41.87
Agua Efectiva	15.51 lts	----	Adicionamos 10% de desperdicio	17.06 lts
Agregado Fino Húmedo	91.96	----		101.16
Agregado Grueso Húmedo	50.24	75.36		125.60

Nota. En la tabla vemos que la sustitución de agregado grueso reciclado es de 60% la cual representa más de la mitad en conformación del agregado grueso y solo teniendo un 40% de agregado natural.

El objetivo específico tres consiste en comparar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional según días de curado. Pero esa comparación no se está

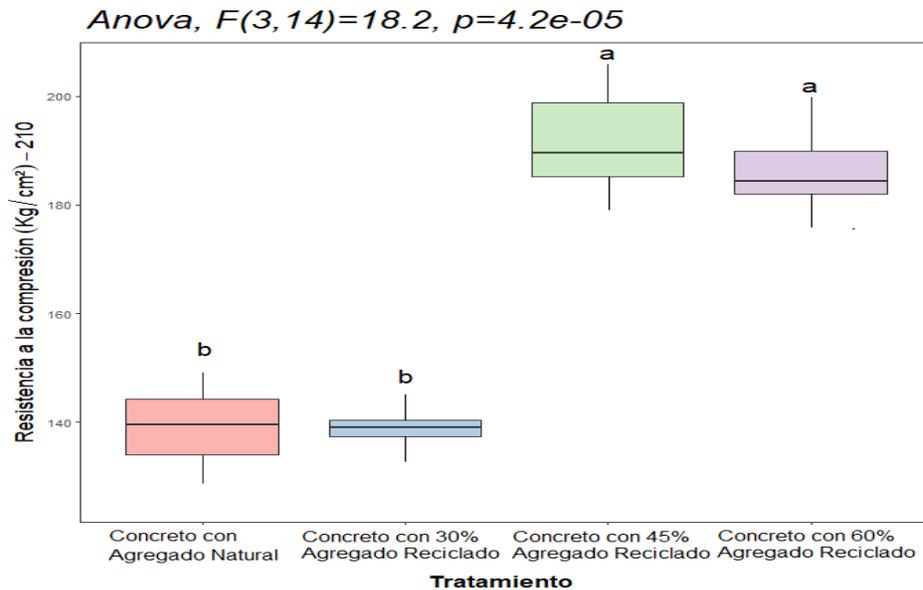
realizando solamente en promedios muestrales, sino que hay una comparación estadística, para ello se ha trabajado con una prueba general que se denomina análisis de varianza unifactorial (ANOVA), con este análisis se busca conocer si la resistencia a la compresión del primer tratamiento con concreto natural es igual estadísticamente a la resistencia a la compresión del segundo tratamiento y así sucesivamente ($\mu T1=\mu T2=\mu T3=\mu T4$), este tipo de tratamiento se denomina hipótesis nula (H_0) y para ser aceptada debe ser mayor a 0.05 (P-valor de significancia) y el otro tratamiento consiste en ver si dos tratamientos difieren entre sí y a esto en estadística se llama decisión que consiste en aceptar o rechazar la hipótesis nula, pero si la hipótesis nula es rechazada entonces se estaría aceptando la hipótesis alternativa (H_1) la cual para ser aceptada debe ser mayor o igual a 0.05 (P-valor de significancia).

Adicionalmente se tiene que evaluar la prueba de comparaciones múltiples (Prueba de Tukey) y esta toma relevancia cuando se logra determinar que la resistencia no es la misma en todos los ensayos y Tukey lo que hace es asignar letras encima de los diagramas de caja, esto quiere decir que si las letras son iguales entonces esos tratamientos estadísticamente no difieren, por el contrario cuando las letras son diferentes entonces estadísticamente sí difieren, también puede ocurrir que entre dos tratamientos haya una letra en común, entonces estadísticamente esos dos tratamientos no difieren, pero también hay que diferenciar que algunos ensayos tengan un promedio muestral más alto pero estadísticamente es el mismo.

Figura 14

Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la

compresión del concreto $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ con la Reemplazo de 30%. 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 7 días de curado.

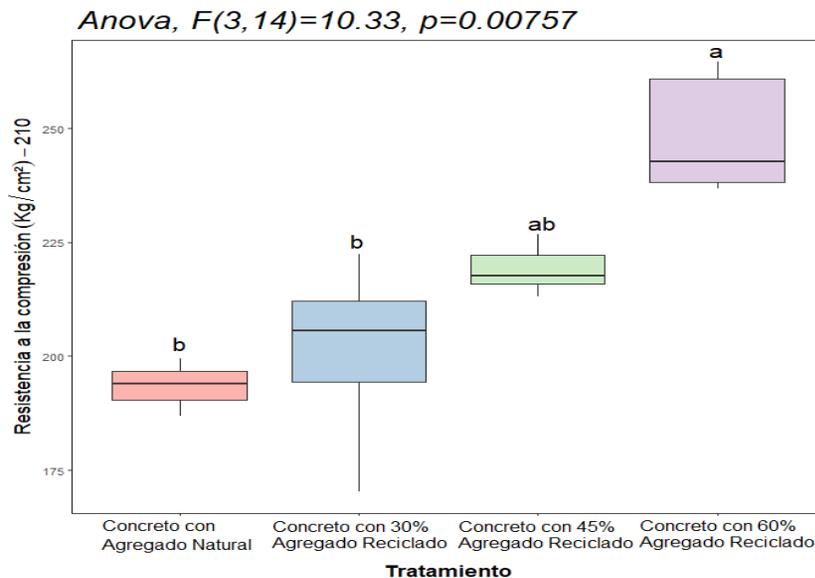


Nota. Se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad ($p=0.219>0.05$) con la prueba de Shapiro Wilk. así como de la prueba de homogeneidad con el test de Bartlett ($p=0.735>0.05$).

Basados en los resultados de la figura 14, el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultó ser menor que 0.05 ($p=4.2\text{ e-}05<0.05$) por lo que se rechaza la hipótesis de igual de medias, dando a conocer que existe diferencia significativa entre al menos dos tratamientos respecto a la variable Resistencia a la compresión a los 7 días de curado, además, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey identificó que los tratamientos que lograron maximizar la variable Resistencia a la compresión y no presentaron diferencia significativa (presentaron letras iguales encima de los diagramas de cajas) fueron los tratamientos de Concreto con 45.0% agregado reciclado y Concreto con 60.0% agregado reciclado cuyas resistencias promedios muestrales fueron de $186.7\text{ kg}/\text{cm}^2$ y $184.5\text{ kg}/\text{cm}^2$ respectivamente.

Figura 15

Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 14 días de curado.

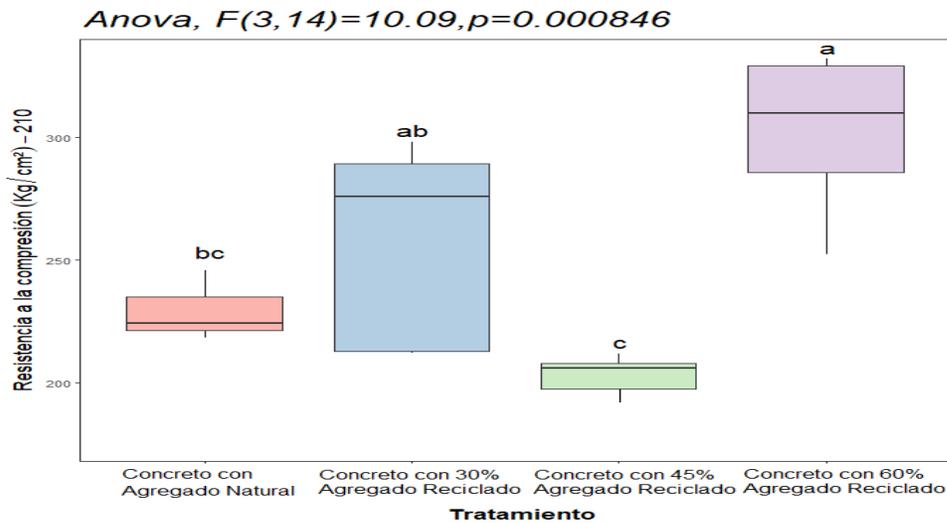


Nota: Se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad ($p=0.591>0.05$) con la prueba de Shapiro Wilk, así como de la prueba de homogeneidad con el test de Bartlett ($p=0.135>0.05$)

En consideración con la figura 15 el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial registró un valor menor que 0.05 ($p=0.00757<0.05$) por lo que existe diferencia significativa en al menos dos tratamientos basados en la Resistencia a la compresión a los 14 días de curado; además, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey dio a conocer que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos Concreto con 45.0% agregado reciclado y Concreto con 60.0% agregado reciclado (las cajas de ambos tratamientos compartieron la letra “a” como letra común), siendo el tratamiento Concreto con 60.0% agregado reciclado quien presentó la resistencia a la compresión promedio muestral más alto con un valor de 248.7 kg/cm^2 .

Figura 16

Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 21 días de curado.

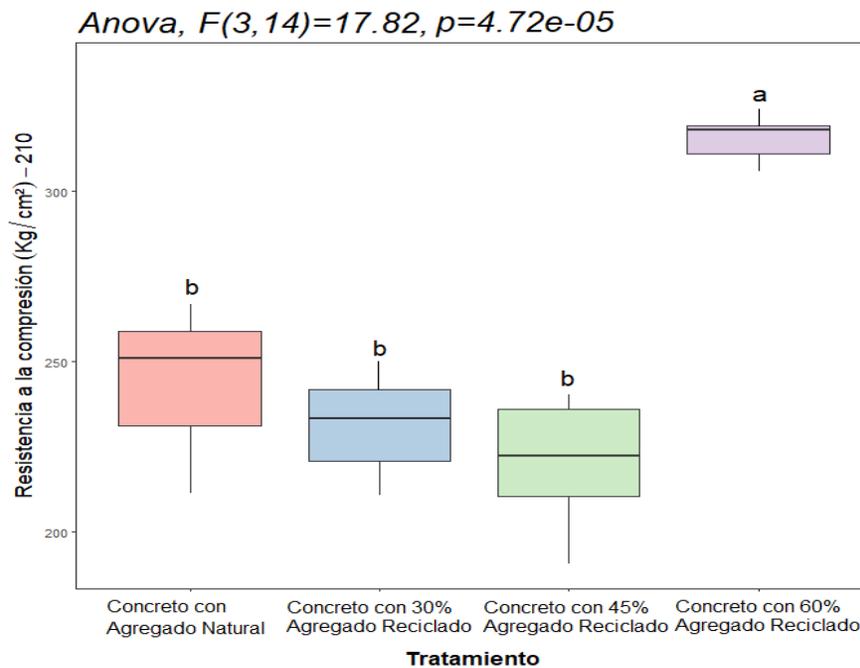


Nota: Se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad ($p=0.271>0.05$) con la prueba de Shapiro Wilk. así como de la prueba de homogeneidad con el test de Bartlett ($p=0.256>0.05$)

Según la figura 16 el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial resultó ser menor que 0.05 ($p=0.000846<0.05$) por lo que se rechaza la hipótesis nula; es decir, existe diferencia significativa entre al menos dos tratamientos, además, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey dio a conocer que no existió diferencia entre los tratamientos Concreto con 30% agregado reciclado y Concreto con 60% agregado reciclado, donde fue el tratamiento Concreto con 60% agregado reciclado el que presentó la mayor Resistencia a la compresión promedio muestral de $301.9\text{ kg}/\text{cm}^2$ a los 21 días de curado.

Figura 17

Prueba de Anova unifactorial y diagrama de cajas y bigotes (boxplot) de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional. a los 28 días de curado.



Nota: Se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad ($p=0.731>0.05$) con la prueba de Shapiro Wilk. así como de la prueba de homogeneidad con el test de Bartlett ($p=0.678>0.05$)

Considerando los resultados de la figura 17 el p-valor de significancia de la prueba de ANOVA unifactorial alcanzó un valor menor que 0.05 ($p=4.72 \text{ e-}05<0.05$) es decir, existe diferencia significativa entre al menos dos tratamientos; además, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey dio a conocer que el tratamiento que maximizó la variable resistencia a la compresión fue el Concreto con 60.0% agregado reciclado cuya resistencia a la compresión promedio muestral registrado fue de $318.2 \text{ kg}/\text{cm}^2$, así que, podemos concluir que el tratamiento

que logró maximizar la variable respuesta de resistencia a la compresión a los 28 días fue el concreto con 60% agregado reciclado a los 28 días de curado.

Dando respuesta al **objetivo general**, que consiste en **determinar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado, como alternativa de agregado grueso**. Dado que el trabajo es experimental lo que se trata de mostrar haciendo uso la comparación estadística es la resistencia promedio muestral de cada uno de los tratamientos según días de curado y para poder elegir el mejor tratamiento se debe someter a una prueba estadística de análisis de varianza, estimación interválica y luego la mejor selección de tratamiento con la prueba de comparaciones múltiples. A continuación, se muestra el cuadro para determinar la calificación estadística del presente trabajo el cual contiene el coeficiente de variabilidad en porcentajes y la calificación según rangos. Además, se muestra también la siguiente tabla con valores promedios de acuerdo a días de curado y tratamiento y valores estadísticos obtenidos según datos.

Tabla 29

Calificación de una distribución de datos, según el grado de dispersión

Coeficiente de variabilidad (%)	Calificación
0	Completamente homogénea
$0 < CV < 10$	Muy homogénea
$10 < CV < 15$	Regularmente homogénea
$15 < CV < 20$	Regularmente variable
$20 < CV < 25$	Variable
$CV > 25$	Muy variable

Nota: Elaboración a partir de Luis Alvarado Pintado y Hugo Agurto Mejía (2009)

Tabla 30

Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional, según día de curado y tratamiento.

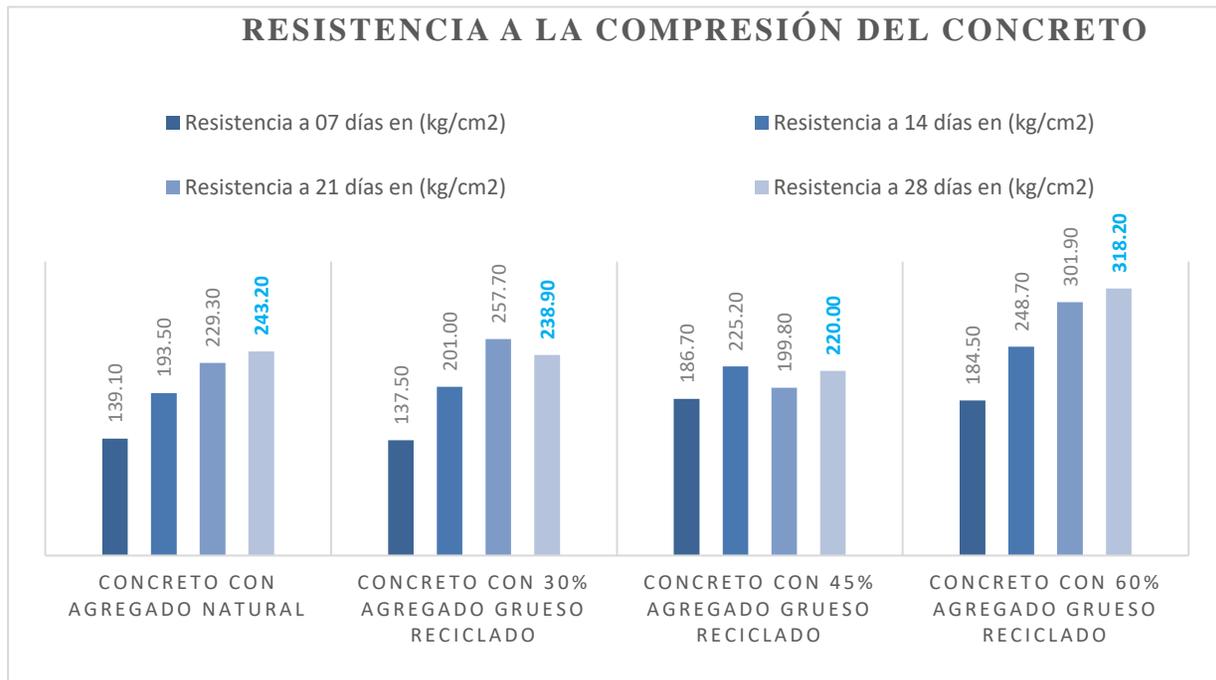
Día de curado	Tratamiento	Resistencia a la compresión promedio (IC al 95.0%)	Des. Est.	CV (%)
7 días	Concreto con Agregado Natural	139.1 (113.6;164.6)	10.3	7.4
	Concreto con 30% Agregado Reciclado	137.5 (128.6;146.3)	7.1	5.2
	Concreto con 45% Agregado Reciclado	186.7 (162.0;211.3)	19.9	10.6
	Concreto con 60% Agregado Reciclado	184.5 (169.5;199.5)	12.1	6.5
14 días	Concreto con Agregado Natural	193.5 (177.5;209.4)	6.4	3.3
	Concreto con 30% Agregado Reciclado	201.0 (176.2;225.7)	20.0	9.9
	Concreto con 45% Agregado Reciclado	225.2 (202.7;247.8)	18.2	8.1
	Concreto con 60% Agregado Reciclado	248.7 (232.3;265.0)	13.2	5.3
21 días	Concreto con Agregado Natural	229.3 (193.5;265.2)	14.4	6.3
	Concreto con 30% Agregado Reciclado	257.7 (205.4;309.9)	42.1	16.3
	Concreto con 45% Agregado Reciclado	199.8 (181.9;217.7)	14.4	7.2
	Concreto con 60% Agregado Reciclado	301.9 (260.4;343.3)	33.4	11.1
	Concreto con Agregado Natural	243.2 (172.5;313.9)	28.5	11.7

28 días	Concreto con 30% Agregado Reciclado	238.9 (202.2;275.6)	29.5	12.4
	Concreto con 45% Agregado Reciclado	220.0 (195.0;245.0)	20.1	9.2
	Concreto con 60% Agregado Reciclado	318.2 (303.8;332.5)	11.6	3.6

Nota. Des. Est. (Desviación estándar); CV (Coeficiente de variación); IC: Estimación interválica.

Figura 18

Comparación de la resistencia del concreto a 7, 14, 21 y 28 días

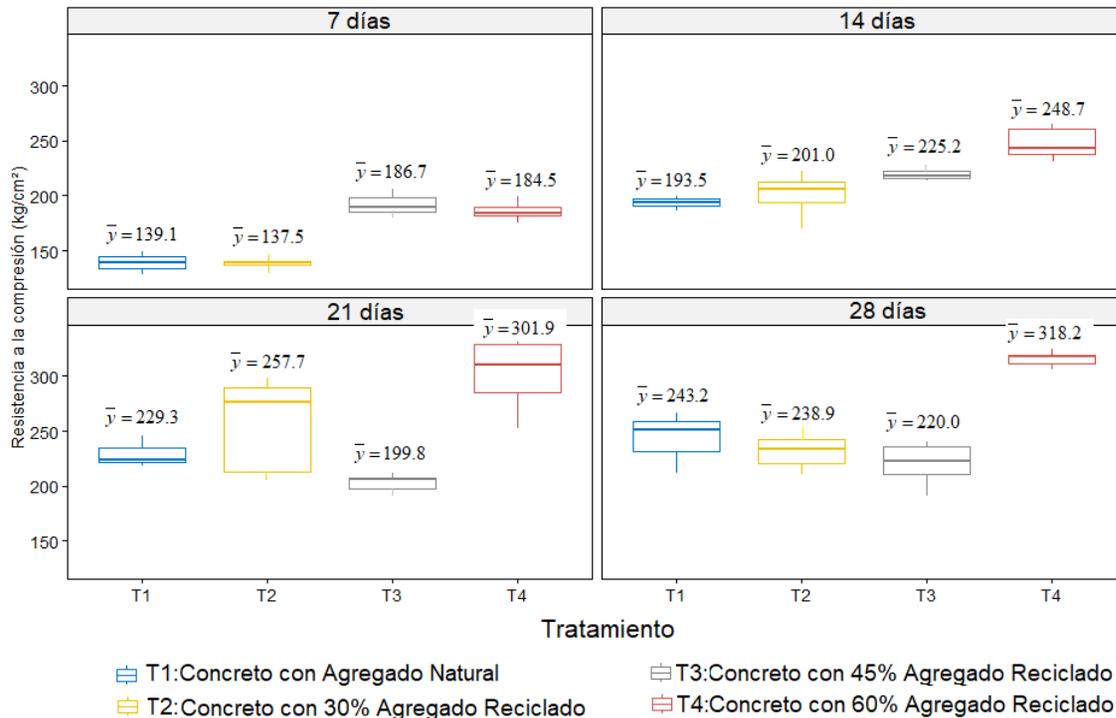


Nota: Los resultados del concreto con agregado grueso reciclado, presentan incremento en la resistencia a la compresión a los 28 días.

El comportamiento del agregado natural supera en 2% respecto al tratamiento con 30% de agregado reciclado, mientras que con el 45% supera en 10%, finalmente el tratamiento con 60% de agregado reciclado incrementa en 31%

Figura 19

Diagramas de cajas y bigotes (boxplot) de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con el reemplazo de 30%, 45% y 60% de cerámicos y concreto reciclado con un concreto convencional, según día de curado y tratamiento.



Considerando los resultados visualizados en la tabla 29 y figura 19, a los 7 días de curado, se visualiza que la mayor resistencia a la compresión promedio muestral se registró en el tratamiento de Concreto con 45% agregado reciclado, con un valor promedio de $186.7\text{ kg}/\text{cm}^2$ con IC95.0 % (162.0;211.3) kg/cm^2 , cuya distribución presentó un coeficiente de variación entre 10% y 15% ($CV\%=10.6\%$), indicando que los datos mostraron una distribución regularmente homogénea, a los 14 días de curado, se encontró que la mayor resistencia promedio muestral, se visibilizó en el tratamiento concreto con 60% agregado reciclado, cuyo valor fue de $248.7\text{ kg}/\text{cm}^2$

con IC95.0 % (232.3;265.0) kg/cm^2 , además el valor del coeficiente de variación entre 0% y 10% (CV%=5.3%), dan a conocer que la distribución de los datos fueron muy homogéneos, a los 21 días de curado, fue el tratamiento concreto con 60% agregado reciclado, quién mostró la resistencia a la compresión muestral más alto, cuyo valor fue de $301.9 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con IC95.0 % (260.4;343;3) kg/cm^2 , el coeficiente de variación presentó un valor entre 10% y 15% (CV%=11.1%), es decir, la distribución de los datos fue regularmente homogénea, finalmente a los 28 días de curado, la mayor resistencia promedio muestral de $318.2 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con IC 95.0 % (303.8;332.5), se encontró en el tratamiento concreto con 60% agregado reciclado, cuyos datos presentaron un coeficiente de variación entre 0% y 10.0% (CV%=3.6%), es decir la distribución de los datos fue muy homogénea.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión:

En este estudio se ha verificado que los agregados gruesos reciclados han tenido mayores absorciones de 6.82% en comparación con el agregado natural que obtuvo 1.22%, para ello se tuvo que saturar un día antes de su uso, la absorción es debido a que tiene un mortero el cual absorbe mayores cantidades de agua afectando a la relación agua cemento.

Respecto al diseño de mezclas siguiendo el procedimiento con el método ACI 211. Requiere de los diferentes ensayos y como resultados tenemos que para el agregado fino natural su peso específico es de 2.60g/cm³, absorción 2.10%, contenido de humedad 7.78% y un módulo de finura de 2.99. Así mismo, para los resultados del agregado grueso reciclado y del agregado grueso natural se ha trabajado con resultados promedios para el diseño de mezclas quedando el tamaño máximo nominal de 1”, peso específico de 2.57g/cm³, peso seco compactado de 1521.51 kg/cm³, absorción de 4.02% y el contenido de humedad de 4.84%. De esta manera para el diseño experimental según las propiedades de los agregados reciclados, fino natural y grueso natural se ha seguido los lineamientos de las Normas Técnicas Peruanas 400.037:2021, 400.022:2021, 400.019:2020, 400.018:2020, 400.017:2020 y 400.012:2021.

En los resultados de la elaboración del Cono de Abrams, se verificó que el concreto con 30% de agregado grueso reciclado tiene un asentamiento (slump) de 3.95” que según diseño es de 3” a 4” considerando un valor mínimo de tolerancia de ± 1 ” según la norma ASTM C 143 / NTP 339.035:2022, de igual manera se ha obtenido con el concreto de 45% de agregado grueso reciclado un asentamiento de 4” y finalmente para el concreto de 60% de agregado grueso reciclado un asentamiento de 3”. Para ello se ha seguido el procedimiento bajo el lineamiento de

las normas mencionadas, donde el llenado del cono se realizó en tres capas cada una de 1/3 del volumen del cono y el apisonado con 25 golpes, la medición se ha realizó de lo más alto de la muestra con el arco del molde, como se observa en la foto No 33 y 34.

En cuanto al ensayo de abrasión los Ángeles que sirve para determinar el desgaste de los agregados de tamaños mayores de 19 mm, podemos encontrar alguna diferencia, por decir en el caso del agregado grueso natural llegamos a un 27.60% de desgaste, mientras que el desgaste del agregado gruesos reciclado tenemos un valor de 39.28% con ello podemos indicar que el agregado grueso natural resiste más al desgaste.

En este estudio se ha demostrado el incremento de la resistencia con el reemplazo de porcentajes de 30%, 45% y 60% de agregado grueso reciclado para un concreto estructural, que va desde 5%, 14% y 51% respectivamente en relación a la resistencia de diseño propuesto de $210\text{kg}/\text{cm}^2$ y para fines de usos de concreto en pavimentos de bajo tránsito como también para obras de concreto.

La verificación de los resultados se realizó considerando 03 probetas para el concreto con agregado natural y 05 probetas para el concreto con agregado grueso reciclado por cada tiempo de curado, considerando que un ensayo promedio de la resistencia mínimamente se realiza con 02 probetas de 150mm de diámetro y 300mm de altura tal cual establece la Norma E.060 de concreto armado; además, en el presente estudio no solo se verificó los datos con el resultado promedio, sino que también fue necesario el apoyo estadístico donde se reveló el índice de confiabilidad a 95% y coeficiente de variación entre 0 a 15%, donde los datos han demostrado una distribución homogénea.

En los resultados, el concreto convencional, como el concreto de agregado grueso reciclado son aptos para su uso y cumple con los requisitos mínimos de resistencia de la norma ASTM C39 / NTP 339.034:2021, de esta manera se refleja los valores de resistencia obtenidos en los ensayos a los 28 días de curado para una resistencia de diseño de $210\text{kg}/\text{cm}^2$, demostrando la mayor resistencia muestral de $318\text{ kg}/\text{cm}^2$ con un IC 95.0% (303.8;332.5) el concreto con 60% de agregado grueso reciclado cuya variación es de 0 % y 10% ($\text{CV}\% = 3.6\%$) indicando que la distribución de los resultados es muy homogénea.

Limitaciones.

- ❖ En el entorno local no se encuentra precedentes de estudios parecidos de utilización de agregados reciclados de cerámica y concreto que se haya utilizado para la elaboración de estructuras de concreto y para usos de pavimentos de bajo tránsito.
- ❖ La trituración del agregado reciclado no se realizó mediante una chancadora de quijada o cónica por ser una cantidad mínima para su proceso, estos equipos trabajan a partir de 4 cubos en adelante, por tanto, tuvo que hacerse manualmente.
- ❖ Otra limitante es no contar con procesadora de imágenes, el cual hubiera permitido ver cuánto aporta el agregado grueso reciclado en la adherencia del concreto.
- ❖ En los resultados de la resistencia a la compresión, no se presenta limitaciones en los porcentajes 30% y 45% por lo que puede hacer uso en las obras de concreto y pavimento de bajo de tránsito; sin embargo, para 60% a pesar que la resistencia es mayor se debe limitar el uso porque en el ensayo de desgaste de la máquina de los ángeles el material reciclado presenta mayor desgaste que el agregado natural.

Interpretación comparativa

Resistencia del concreto con agregado reciclado.

- ❖ En el estudio de Gutiérrez y Ortiz (2020), para obtener una resistencia de $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ reemplazando al 100% con concreto reciclado para pavimento rígido de bajo tránsito, estableció los ensayos de rotura a los 7, 14 y 28 días, dando con el diseño de volumen de agua 2161, $a/c=0.56$, esto permitió reemplazar los agregados y obtener una resistencia de $234\text{ kg}/\text{cm}^2$. La resistencia esperada se mide a los 28 días, así que podemos decir que esta investigación tiene un resultado positivo que guarda relación con nuestro estudio en el reemplazo de 30% de agregado grueso reciclado que ha llegado a $238.91\text{ kg}/\text{cm}^2$.
- ❖ En la tesis de Rodríguez Castro (2016), se utiliza material cerámico reciclado para obtener una resistencia de $210\text{kg}/\text{cm}^2$. Este autor determinó que, si agregamos 25% de cerámica reciclada a un curado de 28 días, podemos obtener una resistencia de $189\text{ kg}/\text{cm}^2$, mientras que, si agregamos 50% de cerámica reciclada, podemos lograr una resistencia de $182.60\text{ kg}/\text{cm}^2$. En este estudio se ha demostrado que el uso de este tipo de concreto es válido para una serie de proyectos no estructurales donde se puede evidenciar que al aumentar el porcentaje de cerámico reciclado baja la resistencia, lo que demuestra lo contrario a nuestra investigación.
- ❖ El estudio de Bejar Gizado (2018) muestra que la resistencia de diseño es de $210\text{ kg}/\text{cm}^2$. Se usa concreto reciclado como agregado grueso en pavimentos rígidos para llegar a obtener como resultado a los 28 días de curado $216\text{ kg}/\text{cm}^2$, este agregado fue extraído de testigos de laboratorio; mientras que con los agregados reciclados extraídos de pavimento en desuso alcanza a una resistencia de $228.88\text{ kg}/\text{cm}^2$. De acuerdo con los resultados

obtenidos en el presente estudio, se ha demostrado que la resistencia obtenida es adecuada para satisfacer las expectativas planteadas.

- ❖ En su estudio de Asencio Sangay (2014), reemplaza agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión de un $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$, obteniendo como resultado a los 28 días de curado con agregado reciclado de $240.188\text{ kg}/\text{cm}^2$, y con agregado natural a $284.217\text{ kg}/\text{cm}^2$. Una vez más apreciamos que al usar agregado reciclado se alcanza la resistencia requerida, lo cual indica que si es factible el uso de agregado reciclado procedente de concreto en desuso.
- ❖ En el estudio de Bayona y Berrospi (2021), donde incorpora cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión de un $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$, obtiene como resultado al sustituir el 3% de cerámica reciclada en reemplazo de cemento una resistencia de $215.987\text{ kg}/\text{cm}^2$, esto indica que la cerámica reciclada no influye significativamente en las propiedades mecánicas de un concreto. En consecuencia, en este estudio se ha demostrado que la viabilidad del uso de cerámica reciclada en el reemplazo de cemento alcanza una resistencia de diseño elevada, lo que permite su utilización sin afectaciones significativas.

Implicancias.

- ❖ Al determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto y cerámica y comparar con el concreto convencional, encontramos que no pierden sus propiedades al 100%; por lo tanto, vemos que es factible su reutilización en la elaboración de concreto para diferentes estructuras de concreto. A futuro debido a la importancia que cada vez se le da al cuidado del medio ambiente, en Cajamarca se

pueden construir obras civiles con el reúso de agregados reciclados reemplazando al agregado natural en ciertos porcentajes tal como se ha desarrollado en el presente estudio de investigación.

- ❖ Hemos podido comprobar cómo los agregados reciclados se usan en concreto evaluado en 62 probetas. Estos porcentajes muestran que los agregados reciclados tienen una resistencia significativa a la compresión. Según los resultados de ensayos de compresión axial, los agregados reciclados podrían brindar una resistencia.

Conclusiones.

- ❖ La hipótesis planteada en el estudio se cumple, dado que, al medir la resistencia del concreto con agregado reciclado, estos se incrementan conforme se sustituye por determinados porcentajes; es decir, para un reemplazo del 30% la resistencia se incrementa en 14% en referencia a la resistencia de diseño, para 45% la resistencia aumenta en 5%, mientras que para 60% la resistencia se incrementa en 51%.
- ❖ Se determinó que la variación de la resistencia a la compresión con el tratamiento de 30% de agregado reciclado aumenta en un 14% respecto a la resistencia de diseño ($210\text{kg}/\text{cm}^2$), alcanzando una resistencia promedio de $238.91\text{ kg}/\text{cm}^2$. El 45% de agregado reciclado incrementa en 5%, lo que a su vez produce $220.01\text{ kg}/\text{cm}^2$ de resistencia promedio. Finalmente, con el tratamiento de 60% de agregado reciclado se llega a incrementar 51% respecto a la resistencia de diseño con un valor de $318.15\text{ kg}/\text{cm}^2$ de resistencia en promedio.
- ❖ Se concluye que las propiedades de los agregados reciclados se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037:2021, lo que demuestra que la curva

granulométrica tiene partículas en diferentes dimensiones que permiten acomodarse en la pasta del concreto. Podemos apreciar todas las propiedades en los anexos del 1 al 12.

- ❖ Se puede concluir que el diseño de mezclas utilizando el método ACI 211.1 fue satisfactorio debido a que este método no distingue las distintas formas en las que se presentan los agregados (redondeados, chancados, angulares, alargados, etc.) producto de la trituración; además, el objetivo de este método es garantizar que el concreto sea resistente, duradero y adecuado para su aplicación en proyectos de construcción.
- ❖ Al comparar la resistencia de los tratamientos de un curado de 28 días se ha comprobado que el concreto convencional llega a $243.2\text{ kg}/\text{cm}^2$ en promedio respecto a la resistencia de diseño con IC 95% (172.5;313.9) kg/cm^2 y un coeficiente de variación de 11.7%, el tratamiento de 30% llega a $238.91\text{ kg}/\text{cm}^2$, IC 95% (202.2;275.6) kg/cm^2 y su coeficiente de variación de 12.4%, con una diferencia negativa de $4.25\text{ kg}/\text{cm}^2$ de la resistencia del concreto convencional. El tratamiento de 45% de agregado reciclado tiene una resistencia de $220.01\text{ kg}/\text{cm}^2$ en promedio y un IC 95% (195.0;245.0) kg/cm^2 claro con un coeficiente de variación de 9.2%, diferenciándose con una resistencia menor de $23.15\text{ kg}/\text{cm}^2$ del concreto natural y finalmente el tratamiento con 60% de agregado reciclado llega a una resistencia de $318.15\text{ kg}/\text{cm}^2$ en promedio a un IC 95% (303.8;332.5) kg/cm^2 y un coeficiente de variación de 3.6% , este último supera a todos los resultados respecto a la resistencia de diseño y superando al concreto patrón con una diferencia positiva de $74.99\text{ kg}/\text{cm}^2$, por lo tanto, todos los valores obtenidos con agregado grueso reciclado superan a la resistencia de diseño,

REFERENCIAS

- Adolfo, R. C. (2018). “Resistencia de un concreto con sustitución de agregado pétreo en 25% y 50% por. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5463>.
- Alejos, J. C. (2019). “Viabilidad del uso de agregado reciclado para la elaboración de concreto de $f'c$. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21266>.
- Arana, M. A. (2016). Importancia del concreto. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/agosto2016/experto.pdf>
- Asencio Sangay, A. R. (2014). A. Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión. <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/493>.
- Baena Paz, G. (2017). Metodología de la Investigación. (*Grupo Editorial Patria (ed.); Tercera ed, Issue 2017*). <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>.
- Bayona Panta, I., & Berrospi Mori, C. A. (2021). Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Lima 2021. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83963>
- Bejar Guizado, M. C. (2018). Utilización de concreto reciclado como agregado grueso en pavimentos rígidos en. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/8057>.
- Calderón, Á. N. (2014). “hormigón estructural como oportuna Uso y fomento del árido reciclado en d de mejora medioambiental y económica”. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/43246.pdf>

Ceballos Arana, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura.

Construcción y Tecnología en concreto, 24.

Correa Saldaña, Jorge;. (2019). Concreto en obra, material fundamental para la construcción.

Perú Construye, 5.

De Santos, D. M. (2011). Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición.

Obtenido de <http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/GestionResiduos2.pdf>

Eco, R. C. (2012). Reciclaje. Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2012/08/21/que-es-el-reciclaje/>

Enzo Pigueiras Aleaga, H. C. (2013). Evaluación de Morteros Estructurales Elaborados con

Áridos Reciclados. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/284654596_Evaluacion_de_Morteros_Estructurales_Elaborados_con_Aridos_Reciclados

Estefany, C. C. (2016). Evaluación del porcentaje de desperdicios de materiales de construcción

civil, medición y método de control. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9979>

flavio, A. (2018). Tecnología del concreto. Obtenido de

http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=263&controller=product

Guarín, C. P. (2014). Gestión Logística y operacional de la unidad de reciclaje de residuos de

construcción y demolición. Obtenido de

<https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/89>

Gusman, S. d. (2011). Tecnología del concreto y del mortero. Obtenido de

<https://books.google.com.co/books?id=EWq-PJhsRAC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Hernández, R. F. (2015). Metodología de la Investigación (Vol. 3, Issue 2). Obtenido de

<http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>

Indecopi, N. . (2017). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

https://kupdf.net/download/ntp-400-017-2011-agregados-m-eacute-todo-de-ensayo-para-determinar-el-peso-unitario-del-agregado_59138d9edc0d608a32959e7e_pdf.

Indecopi, N. 3. (2013). Hormigón (Concreto). Elaboración, curado acelerado y ensayo a compresión de especímenes de concreto, Método de ensayo para, (ASTM C 684).

<https://studylib.es/doc/8456723/cat%C3%A1logo-de-ntps-concreto-y-agregados>.

Indecopi, N. 3. (2013). Método de Ensayo Normalizado Para La Determinación de La Resistencia a La Compresión Del Concreto en Muestras Cilíndricas.

<https://pdfcoffee.com/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas-2-pdf-free.html>.

Indecopi, N. 3. (2013). Tema: Contenido de humedad total de agregado por secado, Método de ensayo para, (ASTM C 566). <https://kupdf.net/download/ntp-3391852013-agregados-me>.

Indecopi, N. 3. (2020). Cementos. Cemento Pórtlad requisitos. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/524266779/NTP-334-009-2020-CEMENTOS-Cementos-Portland-Requisitos-1>

Indecopi, N. 4. (2020). Tema: Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Obtenido de

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>

Indecopi, N. 4. (2021). Agregados para concreto. Especificaciones.

<https://www.coursehero.com/file/91293444/25099-NTP-400037-AGREGADOS-PARA-CONCRETOpdf/>.

Indecopi, N. 4. (2021). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

Método de ensayo. <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>.

Indecopi, N. 4. (2021). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado.

https://www.academia.edu/26938679/NORMA_T%C3%89CNICA_NTP_400_021_PERU

Indecopi, N. 4. (2022). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf.

- Indecopi, N. 4. (2022). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. <https://es.scribd.com/document/413798334/NTP-400-019>.
- Ismael, H. U. (2018). residuos generados en la construcción de viviendas. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/45992>
- Marco, G. M. (2011). Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/888>
- Mendoza, R. E., & Zoloaga, C. N. (2020). “Comportamiento mecánico del concreto $f'c = 210$ kg/cm² según el método de. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25069>.
- NTP 400.050. (2017). Manejo de residuos de la actividad de la construcción. generalidades. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/ntp-400050.html?page=1>
- Oscar, B. G. (2018). Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso). Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10189>
- Porrero et al, J. (2014). Manual del concreto estructural. *Manual del concreto estructural*, 31.
- Porrero, J. (2014). Manual del concreto estructural. Obtenido de <https://www.libreriaingeniero.com/2017/09/manual-del-concreto-estructural-joaquin-porrero.html>
- Ricardo, R. P. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6441>

- Rivera, J., Paredes, N. C., Paredes, & Poletth, Y. (2020). Mejoramiento de la permeabilidad de un concreto incorporando diferentes materiales. revisión sistemática. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27288/Cabrera%20Paredes%2C%20Jessica%20Norelva%20-%20Paredes%20Rivera%2C%20Yesenia%20Poletth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rondinel, H., Rony, J., Coral, D., & Erick, J. (2018). Evaluación de resistencia al esfuerzo de compresión en concreto de $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con adición de fibras de rafia de polipropileno, san juan de Lurigancho, 2018. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2939904>
- Saldaña, J. C. (2019). Material fundamental para la construcción. Obtenido de <http://www.peruconstruye.net/Ediciones/ED61/temas/Mercado%20Concreto%20de%20Obra%2050-53.pdf>
- Saldaña, J., & Caballero, J. C. (2014). Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra. Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2084>
- Sencico. (2019). Norma E.060 Concreto Armado. *chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf*.
- USA, A. C.-F.-9. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-19) y Comentario (ACI 318SR-19). *chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/ACI_318_2005.pdf*.

ANEXOS

ANEXO No 1. Contenido de humedad agregado fino.

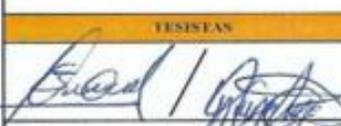
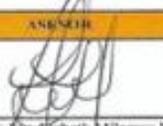
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FORMATO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CHAEN-UPNC-01					
	ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO						
	NORMA	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127						
	TESIS	“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”						
CANTERA:	Bazán		TIPO DE MATERIAL:			Agregado Fino Natural		
LUBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:					
FECHA DE MUESTREO:	08/03/2022		RESPONSABLES:			Bach. José Campos A. / Fredy Reyes F.		
FECHA DE ENSAYO:	09/03/2022		REVISADO POR:			Ing. Cesar Valdera Chávez		

Temperatura de secado: 110 °C Método: Horno 110 ± 5°C

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO NATURAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o tara	-	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6
B	Peso del recipiente	gr	163.80	99.60	76.50	26.70	-	-
C	Recipiente + Material Natural	gr	1361.20	776.90	630.40	260.70	-	-
D	Recipiente + Material Seco	gr	1271.70	734.60	592.60	241.30	-	-
E	Peso del Material Húmedo (wmh) = C - B	gr	1197.40	677.30	553.90	234.00	-	-
F	Peso del material Seco (ws) = D - B	gr	1107.90	635.00	516.10	214.60	-	-
w%	Porcentaje de Humedad (E - F/F)* 100	%	8.08	6.66	7.32	9.04	-	-
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	7.78					

$$(W\%) = \frac{Wmh - ws}{ws} * 100$$

NOTA: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados grueso como fino

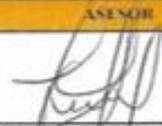
OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ANALISTA
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Mg. Elizabeth Milagros Merino Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 2. Contenido de humedad del agregado grueso natural.

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
	FORMATO							
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CHAGN-UPNC- 02	
	NORMA	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127						
	TESIS	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"						
CANTERA:		Bazán		TIPO DE MATERIAL:		Agregado Grueso Natural		
UBICACIÓN:		Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:				
FECHA DE MUESTREO:		08/03/2022		RESPONSABLES:		Bach. José Campos A. / Fredy Reyes F.		
FECHA DE ENSAYO:		09/03/2022		REVISADO POR:		Ing. Cesar Valdera Chávez		
Temperatura de secado: 110 °C				Método: Horno 110 ± 5°C				
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FRUESO NATURAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o tara	-	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
B	Peso del recipiente	gr	26.90	26.90	26.90	26.90	-	-
C	Recipiente + Material Natural	gr	259.40	275.20	281.80	285.90	-	-
D	Recipiente + Material Seco	gr	251.80	267.40	278.80	280.60	-	-
E	Peso del Material Húmedo (wmh) = C - B	gr	232.50	248.30	254.90	259.00	-	-
F	Peso del material Seco (ws) = D - B	gr	224.90	240.50	251.90	253.70	-	-
w%	Porcentaje de Humedad (E - F/F)*100	%	3.38	3.24	1.19	2.09	-	-
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	2.48					

$$(w\%) = \frac{Wmh - ws}{ws} * 100$$

NOTA: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados grueso como fino

OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Lilibeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 4. Análisis granulométrico del agregado fino natural.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
FORMATO									
ENSAYO		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGAFN-UPNC: 00		
NORMA		MTC E204 / ASTM C136 - NTP 400.012							
TESIS		“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”							
CANTERA:		Bazán			TM:		4.75		
UBICACIÓN:		Cajamarca			TMN:				
FECHA DE MUESTREO:		07/03/2023			M.F.		2.99		
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2023			HUSO A UTILIZAR:				
RESPONSABLES:		Bch. José Campos / Fredy Reyes			REVISADO POR:		Ing. Cesar Valdeira Chávez		

AGREGADO FINO NATURAL

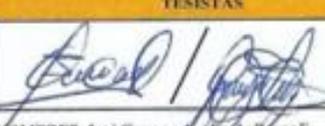
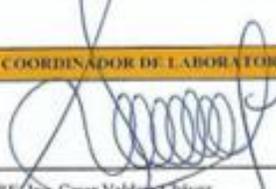
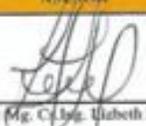
MATERIAL: DEPENDE DE TM			2500g				Husos Granulométrico (Según norma ASTM C33)	
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Límite Inferior	Límite Superior
	(pulg)	(mm)						
1	N° 4	4.75	24.40	1.63	1.63	98.37	95.00	100.00
2	N° 8	2.36	207.00	13.83	15.46	84.54	80.00	100.00
3	N° 16	1.18	364.50	24.35	39.81	60.19	50.00	85.00
4	N° 30	0.60	384.20	25.67	65.48	34.52	25.00	60.00
5	N° 50	0.30	260.10	17.38	82.86	17.14	10.00	30.00
6	N° 100	0.15	166.30	11.11	93.97	6.03	2.00	10.00
7	N° 200	0.08	74.70	4.99	98.96	1.04	0.00	3.00
	Bandeja	-	15.50	1.04	100.00		0.00	0.00
Peso Total (gr)			1496.70	100.00				

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO FINO NATURAL



Nota: Para calcular la granulometría utilizar todas las mallas, para el caso del módulo de finos no usar la malla N° 10 y N° 200. Con la siguiente fórmula podemos determinar.

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{Retenido acumulado en las mallas, N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100}{100}$$

OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos J. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdeira Chávez	NOMBRE: Mg. C. Ing. Elizabeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 5. Análisis granulométrico del agregado grueso natural.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	FORMATO		
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGAGN-UPNC-05
	NORMA	MTC E204 / ASTM C136 - NTP 400.012	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS		"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"
CANTERA:	Bazán	TM:	1"
UBICACION:	Cajamarca	TMN:	1"
FECHA DE MUESTREO:	06/03/2022	M.F.:	7.20
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2022	HUSO A UTILIZAR:	56
RESPONSABLES:	Bch. José Campos / Fredy Reyes	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez

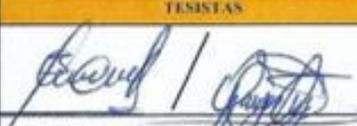
AGREGADO GRUESO NATURAL

MATERIAL: DEPENDE DE TM		5000 g				Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar ASTM C33)		
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Limite Inferior	Limite Superior
	(pulg)	(mm)						
1	2"	50.8	-	-	-	100.00	100.00	100.00
2	1 1/2"	37.5	-	-	-	100.00	100.00	100.00
3	1"	25	195.00	3.90	3.90	96.10	90.00	100.00
4	3/4"	19	1164.00	23.31	27.21	72.79	40.00	85.00
5	1/2"	12.5	2439.00	48.84	76.05	23.95	10.00	40.00
6	3/8"	9.5	852.00	17.06	93.11	6.89	0.00	15.00
7	N° 4	4.75	332.00	6.65	99.76	0.24	0.00	5.00
	Bandeja	-	12.00	0.24	100.00	0.00	0.00	0.00
Peso Total (gr)			4994.00					

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO GRUESO NATURAL



Nota: El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. Norma ASTM C33.

OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Ing. Cs. Ing. Lirbeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

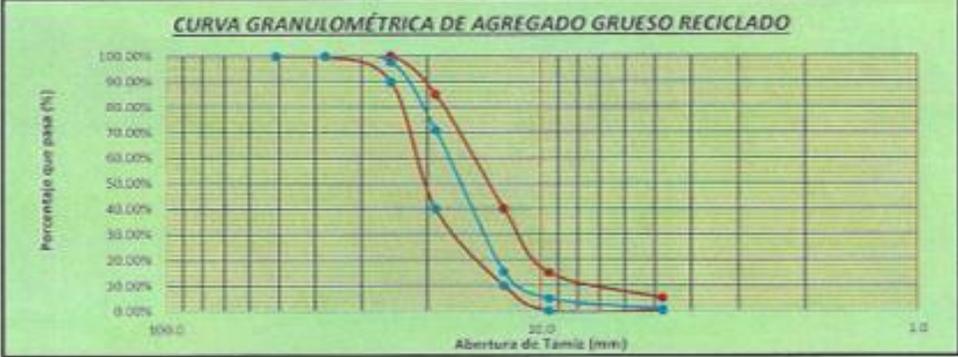
ANEXO No 6. Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	FORMATO		
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGAGR-UPNC: 04
NORMA:	MTC E204 / ASTM C136 - NTP 400.012		
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS:		“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”
CANTERA:	Bazán	TM:	1”
UBICACIÓN:	Cajamarca	TMN:	1”
FECHA DE MUESTREO:	06/03/2022	M.F.:	7.24
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2022	HUSO A UTILIZAR:	S6
RESPONSABLES:	Bch. José Campos / Freddy Reyes	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez

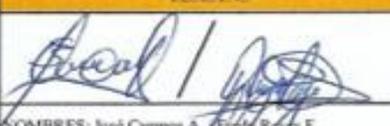
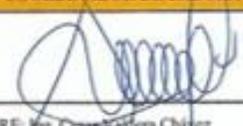
AGREGADO GRUESO RECICLADO

MATERIAL: DEPENDE DE TM		5000 g				Husos Granulométricos (Depende TMN, Revisar ASTM C33)		
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Limite Inferior	Limite Superior
	(pulg)	(mm)						
1	2”	50.8	-	-	-	100.00	100.00	100.00
2	1 1/2”	37.5	-	-	-	100.00	100.00	100.00
3	1”	25	113.00	2.26	2.26	97.74	90.00	100.00
4	3/4”	19	1341.00	26.85	29.11	70.89	40.00	85.00
5	1/2”	12.5	2767.00	55.41	84.52	15.48	10.00	40.00
6	3/8”	9.5	526.00	10.53	95.05	4.95	0.00	15.00
7	N° 4	4.75	218.00	4.37	99.42	0.58	0.00	5.00
	Bandeja	-	29.00	0.58	100.00	0.00	0.00	0.00
Peso Total (gr)			4994.00	100.00				

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO GRUESO RECICLADO



Nota: El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. Norma ASTM C33.

OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRES: José Campos A. / Freddy Reyes F.	 NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	 NOMBRE: Mg. Ca. Ing. Lisseth Milagros Merina Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 7. Abrasión los ángeles al desgaste de agregados de tamaños mayores de 19 mm, agregado grueso natural.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FORMATO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19mm (3/4")	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ADAGN-UPNC: 07
	NORMA	MTC E207 / ASTM C131 - NTP 400.020	
	TESIS	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"	
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Canto rodado
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Gravilla / Concreto y Cerámico Reciclado
FECHA DE MUESTREO:	07/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Fredy Reyes
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez
MUESTREO:			

ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE - AGREGADO GRUESO NATURAL	
GRADACIÓN	"A"
CARGA ABRASIVA (Nº de esferas de acero)	11.00

TAMAÑO DEL TAMIZ		PESO Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (G)		
Pasa	Retiene	E	F	G
75mm (3")	63mm (2 1/2")	2500 ± 50	-	-
63mm (2 1/2")	50mm (2")	2501 ± 50	-	-
50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	2502 ± 50	-	-
37.5mm (1 1/2")	25mm (1")		2500 ± 50	5000 ± 25
25mm (1")	19mm (3/4")		2500 ± 25	5000 ± 25
TOTALES			10000 ± 50	10000 ± 50

DESGASTE A LA ABRASIÓN			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1
A	Peso muestra total	gr	5000.00
B	Peso retenido tamiz Nº 12	gr	3620.00
D	Desgaste a la abrasión Los Ángeles $D = (A-B) * 100 / A$	%	27.60

OBSERVACIONES:		
TESTISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Lizabeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

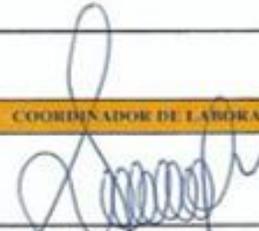
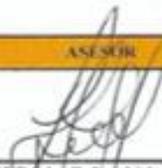
ANEXO No 8. Abrasión los ángeles al desgaste de agregados de tamaños mayores de 19 mm, agregado grueso reciclado.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FORMATO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19mm (3/4")	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ADAQR-UPNC-08
	NORMA	MTC E207 / ASTM C131 - NTP 400.020	
	TESIS	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023	
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Material Reciclado
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Gravilla
FECHA DE MUESTREO:	07/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Fredy Reyes
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez
MUESTREO:			

ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL DESGASTE - AGREGADO GRUESO RECICLADO	
GRADACIÓN	"A"
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	11.00

TAMAÑO DEL TAMIZ		PESO Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO (G)		
Pasa	Retiene	E	F	G
75mm (3")	63mm (2 1/2")	2500 ± 50	-	-
63mm (2 1/2")	50mm (2")	2501 ± 50	-	-
50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	2502 ± 50	-	-
37.5mm (1 1/2")	25mm (1")		2500 ± 50	5000 ± 25
25mm (1")	19mm (3/4")		2500 ± 25	5000 ± 25
TOTALES			10000 ± 50	10000 ± 50

DESGASTE A LA ABRASIÓN			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	I
A	Peso muestra total	gr	5000.00
B	Peso retenido tamiz N° 12	gr	3035.78
D	Desgaste a la abrasión Los Angeles $D = (A-B) * 100 / A$	%	39.28

OBSERVACIONES:		
TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chavez	NOMBRE: Mg. Cx. Ing. Lizbeth Milagros Merino Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 9. Peso unitario de los agregados fino natural, grueso natural y grueso reciclado.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
FORMATO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO	PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: PUCA-UPNC-01	
	NORMA	MTC E203 / ASTM C29 - NTP 400.017			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"			
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Canto Rodado / Concreto y Cerámico Reciclado		
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Arena / Gravilla / Concreto y Cerámico Reciclado		
FECHA DE MUESTREO:	08/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Freddy Reyes		
FECHA DE ENSAYO:	09/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valderr Chávez		

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO NATURAL						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	4.75mm	VOLUMEN MOLDE		0.0093
ID	AGREGADO FINO	UND	1	2	RESULTADO	
A	Peso del molde + AF Compactado	kg	22.74	22.84	22.79	
B	Peso del molde	kg	4.78	4.78	4.78	
C	Peso del AF Compactado $C = A - B$		17.96	18.06	18.01	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / V$, Molde		1931.18	1941.94	1936.56	
E	Peso Del Molde + AF Suelto	kg	21.08	21.40	21.24	
F	Peso del AF Suelto $F = E - B$		16.30	16.62	16.46	
G	PESO UNITARIO SUELTO $D = F / V$, Molde		1752.69	1787.10	1769.89	

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO						
AGREGADO GRUESO RECICLADO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	1"	VOLUMEN MOLDE (m³)		0.0093
ID	AGREGADO GRUESO RECICLADO	UND	1	2	RESULTADO	
A	Peso del molde + AG Compactado	kg	17.24	17.50	34.74	
B	Peso del molde	kg	4.78	4.78	9.56	
C	Peso del AG Compactado $C = A - B$		12.46	12.72	25.18	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / V$, Molde		1339.78	1367.74	2707.53	
E	Peso Del Molde + AG Suelto	kg	16.02	15.92	31.94	
F	Peso del AG Suelto $F = E - B$		11.24	11.14	22.38	
G	PESO UNITARIO SUELTO $D = F / V$, Molde		1208.60	1197.85	2406.45	

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO NATURAL						
AGREGADO GRUESO NATURAL		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	4.75mm	VOLUMEN MOLDE		0.0093
ID	AGREGADO GRUESO NATURAL	UND	1	2	RESULTADO	
A	Peso del molde + AGR Compactado	kg	18.88	18.98	18.93	
B	Peso del molde	kg	4.78	4.78	9.56	
C	Peso del AGR Compactado $C = A - B$		14.1	14.2	28.3	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / V$, Molde		1516.13	1526.88	3043.01	
E	Peso Del Molde + AGR Suelto	kg	17.30	17.50	17.40	
F	Peso del AGR Suelto $F = E - B$		12.52	12.72	25.24	
G	PESO UNITARIO SUELTO $D = F / V$, Molde		1346.24	1367.74	2713.98	
Peso unitario y compactado del agregado natural y reciclado (PROMEDIO)					2114.52	

OBSERVACIONES:		
TENIENTES	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Freddy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valderr Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Elizabeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 10. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz No 200 por lavado.

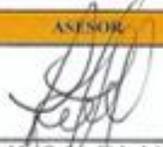
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
FORMATO				
	ENSAYO	CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 POR LAVADO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMFT200-UPNC- 10
	NORMA	MTC E202 / ASTM C117 - NTP 400.018		
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"		
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Canto Rodado	
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Arena Gruesa	
FECHA DE MUESTREO:	08/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Fredy Reyes	
FECHA DE ENSAYO:	09/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez	
MUESTREO:				

TMN DEL AGREGADO: 4.75mm
 NOTA: El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. Norma ASTM C33.

MUESTRA MÍNIMA REQUERIDA SEGÚN TAMAÑO DE AGREGADO		
Tamaño nominal máximo de tamices		Peso mínimo aproximado de la muestra (gr)
4.75mm	N° 4 o menor	300
9.5mm	3/8"	1000
19.00mm	3/4"	2500
35.5mm	1 1/2" o mayor	5000

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 POR LAVADO				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Peso de la muestra original	gr	500.00	500.00
B	Peso de la muestra lavada y seca	gr	470.80	471.30
C	Material que pasa por el tamiz N° 200 C= A-B	gr	29.20	28.70
D	% que pasa por el tamiz N° 200 por lavado D = (C/A)*100	%	5.84	5.74
E	% que pasa por el tamiz N° 200 por lavado (PROMEDIO)	%	2.03	

OBSERVACIONES:

TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg./Cs. Ing. Elizabeth Milagros Merma Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 11. Gravedad específica y absorción de agregado fino natural.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
FORMATO					
ENSAYO	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: PEAAFN-UPNC: 12	
NORMA	MTC E205 / ASTM C128 - NTP 400.022				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"			
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Canto Rodado		
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Arena Gruesa		
FECHA DE MUESTREO:	08/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Freddy Reyes		
FECHA DE ENSAYO:	09/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez		

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS NATURALES					
ID	Descripción	Und	1	2	Promedio
A	Peso al aire de la muestra desecada	gr	245.70	244.00	NA
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua	gr	1287.30	1295.80	NA
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	1438.80	1447.10	NA
S	Peso de la muestra saturada superficie seca	gr	250.00	250.00	NA
E	Peso específico aparente (seco) $p.e.a(seco) = \frac{A}{B+S-C}$	gr/cm ³	2.49	2.47	2.48
F	Peso específico aparente (SSS) $p.e.a(seco) = \frac{S}{B+S-C}$	gr/cm ³	2.54	2.53	2.54
G	Peso específico nominal seco $p.e.a(seco) = \frac{A}{B+A-C}$	gr/cm ³	2.61	2.63	2.62
H	Absorción $Abs(\%) = \frac{s-A}{A} * 100\%$	%	1.75	2.46	2.10

NA= NO APLICA

OBSERVACIONES:

TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Freddy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Erbeith Milagros Merna Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 12. Gravedad específica y absorción de los agregados grueso natural y grueso reciclado.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
FORMATO			
	ENSAYO	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: PEAAG-UPNC- 11
	NORMA	MTC E206 / ASTM C127 - NTP 400.021	
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS	“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”	
CANTERA:	Bazán	TIPO DE CANTERA:	Canto Rodado / Concreto y Cerámico Reciclado
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Gravilla
FECHA DE MUESTREO:	07/03/2023	RESPONSABLES:	José Campos / Fredy Reyes
FECHA DE ENSAYO :	08/03/2023	REVISADO POR:	Ing. Cesar Valdera Chávez
MUESTREO:			

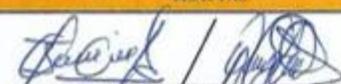
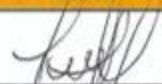
PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO GRUESO NATURAL					
ID	Descripción	Und	1	2	Promedio
A	Peso de la muestra seca	gr	3282.1	1689.20	NA
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	gr	3321.60	1710.00	NA
C	Peso Sumergido de la muestra saturada (utilizar canasta)	gr	2051.90	1057.60	NA
D	Peso específico aparente seco $p.e.a(seco) = \frac{A}{B-C}$	gr/cm³	2.58	2.59	2.59
E	Peso específico aparente SSS $p.e.a(seco) = \frac{B}{B-C}$	gr/cm³	2.62	2.62	2.62
F	Peso específico nominal $p.e.a(seco) = \frac{A}{A-C}$	gr/cm³	2.67	2.67	2.67
H	Absorción $Abs (\%) = \frac{B-A}{A} * 100\%$	%	1.20	1.23	1.22

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO GRUESO RECICLADO					
ID	Descripción	Und	1	2	Promedio
A	Peso de la muestra seca	gr	2254.6	2512.40	NA
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	gr	2513.2	2566.80	NA
C	Peso Sumergido de la muestra saturada (utilizar canasta)	gr	1433.1	1464.20	NA
D	Peso específico aparente seco $p.e.a(seco) = \frac{A}{B-C}$	gr/cm³	2.09	2.28	2.18
E	Peso específico aparente SSS $p.e.a(seco) = \frac{B}{B-C}$	gr/cm³	2.33	2.33	2.33
F	Peso específico nominal $p.e.a(seco) = \frac{A}{A-C}$	gr/cm³	2.74	2.40	2.57
H	Absorción $Abs (\%) = \frac{B-A}{A} * 100\%$	%	11.47	2.17	6.82

SE CALCULO LA ABSORCION EL PROMEDIO ENTRE EL AGREGADO RECICLADO Y EL AGREGADO NATURAL	4.02
---	------

NA= NO APLICA

OBSERVACIONES:

TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRES: José Campos A. / Fredy Reyes F.	NOMBRE: Ing. Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Libeth Milagros Menna Gallardo
FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023	FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 13. Diseño de mezclas método ACI 211.1.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	FORMATO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO DMMACI-UPNC-13
	ENSAYO	DISEÑO DE MEZCLAS	
	MÉTODO	ACI	
	TESIS	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO. CAJAMARCA 2022	
CANTERA:	Bazán	MÉTODO DE DISEÑO:	ACI
RUBRICACION:	Cajamarca	COLOR DE MATERIAL:	
FECHA DE DISEÑO:	08/03/2022	RESPONSABLES:	Bach. José Campos A. / Frody Reyes F.
FECHA DE ENSAYO:	15/03/2022	REVISADO POR:	Ing. César Valderrá Chávez
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - METODO ACI			
I) REQUERIMIENTOS			
Resistencia Especificada (f'_{cs})	210 kg/cm ²	Desviación Estándar (S)	
Uso (Tipo de Estructura)	Lomas y Pavimentos	Asestamiento (Uso)	3 a 4 Pulgadas
Consistencia	Plástica	Asestamiento (Consistencia)	3 a 4 Pulgadas
Condición de Exposición	Sin Aire Incorporado		
Condiciones Específicas de Exposición	Sin Condición Especial		
Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos	No		
II) MATERIALES			
○ CEMENTO	Pacasmayo Tipo 1	Peso Específico	3.12 g/cm ³
○ AGUA	Potable		
○ AGREGADO FINO			
Peso Específico	2.620 g/cm ³		
Absorción	2.100%		
Contenido de Humedad	7.780%		
Módulo de Finura	2.99		
○ AGREGADO GRUESO (Natural y Reciclado)			
Tamaño Máximo Nominal	1"		
Peso Específico	2.570 g/cm ³		
Peso Seco Compactado	1521.51 kg/m ³		
Absorción (Promedio)	4.020%		
Contenido de Humedad	4.840%		
III) DESARROLLO			
1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO			
f_{cr}	=	294.00 kg/cm ²	
2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			
TMN	=	1"	
3. SELECCIÓN DEL ASESTAMIENTO			
Slamp	=	3 a 4 Pulgadas	
4. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA			
	=	193 L/m ³	
5. CONTENIDO DE AIRE			
	=	1.5 %	
6. RELACIÓN AGUA / CEMENTO			
a/c Por Resistencia	=	0.558	
a/c Por Durabilidad	=		
A/C de diseño es	=	0.558	
7. FACTOR CEMENTO			
	=	345.878 kg/m ³	
	=	8.138 bl/m ³	
8. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO			
Vol. A.G. Seco Compactado	=	0.651	
Peso Agr. Grueso Seco	=	990.503 kg/m ³	
9. CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS			
Cemento	=	0.111 m ³	
Agua	=	0.193 m ³	
Aire	=	0.015 m ³	
Agr. Grueso	=	0.385 m ³	
∑ Volúmenes Absolutos	=	0.704 m ³	
10. CONTENIDO DE AGREGADO FINO			
Vol. Absoluto Agr. Fino	=	0.296 m ³	
Peso Agr. Fino Seco	=	775.520 kg/m ³	



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - MÉTODO ACI					
11 VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA					
Cemento	345.878	kg/m ³			
Agua de Diseño	193.000	L/m ³			
Agregado Fino Seco	775.520	kg/m ³			
Agregado Grueso Seco	990.503	kg/m ³			
12 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO					
AGREGADO FINO					
Contenido de Humedad	7.780%				
Peso Húmedo A.F.	835.855	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO					
Contenido de Humedad	4.840%				
Peso Húmedo A.G.	1038.443	kg/m ³			
HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS					
H.S. Agregado Fino	5.680%				
H.S. Agregado Grueso	0.820%				
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
A.H. Agregado Fino	44.050	L/m ³			
A.H. Agregado Grueso	8.122	L/m ³			
	52.172	L/m³			
Agua Efectiva	140.828	L/m³			
PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO					
Cemento	345.878	kg/m ³	=	346	kg/m ³
Agua Efectiva	140.828	L/m ³	=	141	L/m ³
Agregado Fino Húmedo	835.855	kg/m ³	=	836	kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	1038.443	kg/m ³	=	1038	kg/m ³
13 PROPORCIÓN EN PESO					
CEMENTO	1				
AGREGADO FINO	2.417				
AGREGADO GRUESO	3.002				
AGUA	17.305				
DOSIFICACIÓN 1 : 2.417 : 3.002 : 17.305 Litros/Bolsa					
Relación Agua/Cemento de Diseño	0.558				
Relación Agua/Cemento Efectiva	0.407		Corregida		
14 PESO POR TANDA DE UN SACO O BOLSA					
Peso de 1 bolsa de Cemento	42.50	kg			
Cemento	42.500	kg/bolsa			
Agua Efectiva	17.305	L/bolsa			
Agregado Fino Húmedo	102.723	kg/bolsa			
Agregado Grueso Húmedo	127.585	kg/bolsa			
IV) APLICACIÓN					
1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA UN DETERMINADO VOLUMEN					
DIMENSIONES					VOLUMEN m ³ Considerar Volumen...
LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	AREA / DIÁMETRO	Nº VECES	
		0.30	0.15	6	0.03 CILÍNDRICO (diámetro)
					0.00 CÚBICO
					0.00 CÚBICO
					0.00 CÚBICO
					0.00 CÚBICO
TOTAL					0.03 m³
▷ Cemento	10.38	kg	Adicionamos	11.42	kg
▷ Agua	4.23	Li	10%	4.65	Lt
▷ Agregado Fino	25.08	kg		27.59	kg
▷ Agregado Grueso	31.14	kg	de Desperdicios	34.25	kg
OBSERVACIONES:					
TESISTAS		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
NOMBRES: José Campos Acuña. / Freddy Reyes Farje.		NOMBRE: Ing. César Vándera Chávez		NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo	
FECHA: 13/03/2023		FECHA: 13/03/2023		FECHA: 13/03/2023	

ANEXO No 14. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 7 días.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA														
FORMATO														
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS								CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
		NORMA	MTC E704 / ASTM C39 - NTP 339.034								RCTC-UPNC: 14			
		TESIS	“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023”											
		ID. PROBETA:	B,A,D y G					DIÁMETRO DE PROBETA (cm):			15.000			
		FECHA DE ELABORACIÓN:	15 y 16/03/2023					ÁREA (cm ²):			176.715			
		FECHA DE ENSAYO:	23 y 24/03/2023					RESPONSABLES:			José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje			
		EDAD DE LA PROBETA:	7 Días					REVISADO POR:			Ing. César Valdera Chávez			
Nº	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	EDAD (Días)	FECHA DE ROTURA	CARGA MÁXIMA (Kg)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA PROMEDIO
1	Concreto con Agregado Natural	1B	15/03/2023	7	23/03/2023	22882	15.05	177.90	128.63	210	61%	2	139.10	66%
2	Concreto con Agregado Natural	2B	15/03/2023	7	23/03/2023	26533	15.05	177.90	149.15	210	71%	6		
3	Concreto con Agregado Natural	3B	15/03/2023	7	23/03/2023	24490	14.95	175.54	139.51	210	66%	3		
4	Concreto con 30% Agregado Reciclado	1A	15/03/2023	7	23/03/2023	25076	14.85	173.20	144.78	210	69%	2	137.45	65%
5	Concreto con 30% Agregado Reciclado	3A	15/03/2023	7	23/03/2023	26082	15.45	187.48	139.12	210	66%	1		
6	Concreto con 30% Agregado Reciclado	2A	15/03/2023	7	23/03/2023	23794	14.85	173.20	137.38	210	65%	6		
7	Concreto con 30% Agregado Reciclado	4A	15/03/2023	7	23/03/2023	21762	14.85	173.20	125.65	210	60%	6		
8	Concreto con 30% Agregado Reciclado	5A	15/03/2023	7	23/03/2023	25130	15.10	179.08	140.33	210	67%	2		
9	Concreto con 45% Agregado Reciclado	1D	16/03/2023	7	24/03/2023	33940	15.10	179.08	189.53	210	90%	5	186.68	89%
10	Concreto con 45% Agregado Reciclado	2D	16/03/2023	7	24/03/2023	35834	15.15	180.27	198.78	210	95%	5		
11	Concreto con 45% Agregado Reciclado	3D	16/03/2023	7	24/03/2023	28163	15.25	182.65	154.19	210	73%	2		
12	Concreto con 45% Agregado Reciclado	4D	16/03/2023	7	24/03/2023	33811	15.25	182.65	185.11	210	88%	2		
13	Concreto con 45% Agregado Reciclado	5D	16/03/2023	7	24/03/2023	37590	15.25	182.65	205.80	210	98%	2		
14	Concreto con 60% Agregado Reciclado	1G	16/03/2023	7	24/03/2023	35810	15.50	188.69	189.78	210	90%	5	184.47	88%
15	Concreto con 60% Agregado Reciclado	2G	16/03/2023	7	24/03/2023	30441	15.25	182.65	166.66	210	79%	5		
16	Concreto con 60% Agregado Reciclado	3G	16/03/2023	7	24/03/2023	33892	15.40	186.27	181.96	210	87%	5		
17	Concreto con 60% Agregado Reciclado	4G	16/03/2023	7	24/03/2023	37683	15.50	188.69	199.71	210	95%	5		
18	Concreto con 60% Agregado Reciclado	5G	16/03/2023	7	24/03/2023	34545	15.45	187.48	184.26	210	88%	5		

TIPO DE ROTURA - NORMA ASTM C39 / NTP 339.034	
Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas entre capas.	
Tipo 2: Conos bien formados sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base.	
Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.	
Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.	
Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de empujadas.	
Tipo 6: Similar al tipo 5 pero terminal del cilindro es acenado.	

RESISTENCIA EN FUNCIÓN A LA EDAD DE CURADO Fórmula ASTM C1074 -19 - NJ -	
EDAD	PARÁMETRO
1 DÍA	18% a 39%
3 DÍAS	41% a 64%
7 DÍAS	66% a 84%
14 DÍAS	85% a 94%
21 DÍAS	95% a 100%
28 DÍAS	100% a 120%

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPO DE ROTURA NORMA ASTM C39 / NTP 339.034	

OBSERVACIONES:		
<p>TESISTAS: </p> <p>NOMBRES: José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje</p> <p>FECHA: 13/03/2023</p>		
<p>COORDINADOR DE LABORATORIO: </p> <p>NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez</p> <p>FECHA: 13/03/2023</p>		
<p>ASESOR: </p> <p>NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo</p> <p>FECHA: 13/03/2023</p>		

ANEXO No 15. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 14 días.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																
FORMATO																
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS								CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCTC-UPNC- 15						
ENSAYO		MTC E704 / ASTM C39 - NTP 339.034														
NORMA																
TESIS		"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUOSO, CAJAMARCA 2023"														
ID. PROBETA:		B,A,D y G						DIÁMETRO DE PROBETA (cm):		15.000						
FECHA DE ELABORACIÓN:		15 y 16/03/2023						ÁREA (cm²):		176.72						
FECHA DE ENSAYO:		30 y 31/03/2023						RESPONSABLES:		José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje						
EDAD DE LA PROBETA:		14 Días						REVISADO POR:		Ing. César Valdera Chávez						
N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	EDAD (Días)	FECHA DE ROTURA	CARGA MÁXIMA (Kg)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	% RESISTENCIA	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)	% RESISTENCIA PROMEDIO		
19	Concreto con Agregado Natural	4B	15/03/2023	14.00	30/03/2023	33010.00	15.00	176.72	186.80	210	89%	2	193.46	92%		
20	Concreto con Agregado Natural	5B	15/03/2023	14.00	30/03/2023	35268.00	15.00	176.72	199.58	210	95%	3				
21	Concreto con Agregado Natural	6B	15/03/2023	14.00	30/03/2023	34283.00	15.00	176.72	194.00	210	92%	1				
22	Concreto con 30% Agregado Reciclado	6A	15/03/2023	14.00	30/03/2023	30899.00	15.20	181.46	170.28	210	81%	2	200.95	96%		
23	Concreto con 30% Agregado Reciclado	7A	15/03/2023	14.00	30/03/2023	41700.00	15.45	187.48	222.43	210	106%	1				
24	Concreto con 30% Agregado Reciclado	8A	15/03/2023	14.00	30/03/2023	35953.00	15.35	185.06	194.28	210	93%	3				
25	Concreto con 30% Agregado Reciclado	9A	15/03/2023	14.00	30/03/2023	39012.00	15.30	183.85	212.19	210	101%	1				
26	Concreto con 30% Agregado Reciclado	10A	15/03/2023	14.00	30/03/2023	38046.00	15.35	185.06	205.59	210	98%	1				
27	Concreto con 45% Agregado Reciclado	6D	16/03/2023	14.00	31/03/2023	41092.00	15.50	188.69	217.77	210	104%	1			225.23	107%
28	Concreto con 45% Agregado Reciclado	7D	16/03/2023	14.00	31/03/2023	39452.00	15.25	182.65	215.99	210	103%	3				
29	Concreto con 45% Agregado Reciclado	8D	16/03/2023	14.00	31/03/2023	47900.00	15.40	186.27	257.16	210	122%	5				
30	Concreto con 45% Agregado Reciclado	9D	16/03/2023	14.00	31/03/2023	38916.00	15.25	182.65	213.06	210	101%	5				
31	Concreto con 45% Agregado Reciclado	10D	16/03/2023	14.00	31/03/2023	40577.00	15.25	182.65	222.15	210	106%	3				
32	Concreto con 60% Agregado Reciclado	6G	16/03/2023	14.00	31/03/2023	44912.00	15.35	185.06	242.69	210	116%	5	248.66	118%		
33	Concreto con 60% Agregado Reciclado	7G	16/03/2023	14.00	31/03/2023	43498.00	15.25	182.65	238.14	210	113%	3				
34	Concreto con 60% Agregado Reciclado	8G	16/03/2023	14.00	31/03/2023	47665.00	15.25	182.65	260.96	210	124%	3				
35	Concreto con 60% Agregado Reciclado	9G	16/03/2023	14.00	31/03/2023	48351.00	15.25	182.65	264.71	210	126%	1				
36	Concreto con 60% Agregado Reciclado	10G	16/03/2023	14.00	31/03/2023	42972.00	15.20	181.46	236.81	210	113%	1				

TIPO DE ROTURA		RESISTENCIA EN FUNCIÓN A LA EDAD DE CURADO Fórmula ASTM C1074-19 $X(t) = (0.476 + 0.83t)^{1.00}$		ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPO DE ROTURA NTP 339.034	
TIPO	DESCRIPCIÓN	EDAD	PARÁMETRO	ESQUEMA 1	ESQUEMA 2
Tipo 1:	Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas entre capas.	1 DÍA	18% a 39%		
Tipo 2:	Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.	3 DÍAS	41% a 64%		
Tipo 3:	Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.	7 DÍAS	66% a 84%		
Tipo 4:	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.	14 DÍAS	85% a 94%		
Tipo 5:	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.	21 DÍAS	95% a 100%		
Tipo 6:	Similar al tipo 3 pero terminal del cilindro es acentuado.	28 DÍAS	100% a 120%		

OBSERVACIONES:		
TESTISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRES: José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje FECHA: 13/03/2023	NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez FECHA: 13/03/2023	NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Libeth Milagros Merma Gallardo FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 16. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 21 días.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA														
FORMATO														
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS								CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCTG-UPNC- 16				
ENSAYO		MTC E704 / ASTM C39 - NTP 339.034												
NORMA														
TESIS		"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210KG/CM ² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"												
ID. PROBETA:		B _A ,D y G						DIÁMETRO DE PROBETA (cm):		15.000				
FECHA DE ELABORACIÓN:		15 y 16/03/2023						ÁREA (cm ²):		176.715				
FECHA DE ENSAYO:		06 y 07/04/2023						RESPONSABLES:		José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje				
EDAD DE LA PROBETA:		7 Días						REVISADO POR:		Ing. César Valdera Chávez				
N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	EDAD (Días)	FECHA DE ROTURA	CARGA MÁXIMA (Kg)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA PROMEDIO
37	Concreto con Agregado Natural	7B	15/03/2023	21	06/04/2023	39600.00	15.00	176.72	224.09	210	106.71%	1	229.34	109%
38	Concreto con Agregado Natural	8B	15/03/2023	21	06/04/2023	39344.00	15.15	180.27	218.25	210	103.93%	2		
39	Concreto con Agregado Natural	9B	15/03/2023	21	06/04/2023	41979.00	14.75	170.87	245.67	210	116.99%	6		
40	Concreto con 30% Agregado Reciclado	11A	15/03/2023	21	06/04/2023	50431.00	15.25	182.65	276.10	210	131.48%	1	257.66	123%
41	Concreto con 30% Agregado Reciclado	12A	15/03/2023	21	06/04/2023	53183.00	15.30	183.85	289.27	210	137.75%	2		
42	Concreto con 30% Agregado Reciclado	13A	15/03/2023	21	06/04/2023	39520.00	15.40	186.27	212.17	210	101.03%	5		
43	Concreto con 30% Agregado Reciclado	14A	15/03/2023	21	06/04/2023	54101.00	15.20	181.46	298.14	210	141.97%	3		
44	Concreto con 30% Agregado Reciclado	15A	15/03/2023	21	06/04/2023	38331.00	15.15	180.27	212.63	210	101.25%	6		
45	Concreto con 45% Agregado Reciclado	11D	16/03/2023	21	07/04/2023	31488.00	15.1	179.08	175.83	210	83.73%	2	199.78	95%
46	Concreto con 45% Agregado Reciclado	12D	16/03/2023	21	07/04/2023	37180.00	14.95	175.54	211.80	210	100.86%	5		
47	Concreto con 45% Agregado Reciclado	13D	16/03/2023	21	07/04/2023	37232.00	15.1	179.08	207.91	210	99.00%	3		
48	Concreto con 45% Agregado Reciclado	14D	16/03/2023	21	07/04/2023	34173.00	14.85	173.20	197.31	210	93.96%	5		
49	Concreto con 45% Agregado Reciclado	15D	16/03/2023	21	07/04/2023	38127.00	15.35	185.06	206.03	210	98.11%	6		
50	Concreto con 60% Agregado Reciclado	11G	16/03/2023	21	07/04/2023	46381.00	15.3	183.85	252.27	210	120.13%	6	301.88	144%
51	Concreto con 60% Agregado Reciclado	12G	16/03/2023	21	07/04/2023	62289.00	15.45	187.48	332.25	210	158.21%	6		
52	Concreto con 60% Agregado Reciclado	13G	16/03/2023	21	07/04/2023	51843.00	15.2	181.46	285.70	210	136.05%	2		
53	Concreto con 60% Agregado Reciclado	14G	16/03/2023	21	07/04/2023	57349.00	15.35	185.06	309.90	210	147.57%	5		
54	Concreto con 60% Agregado Reciclado	15G	16/03/2023	21	07/04/2023	62133.00	15.5	188.69	329.28	210	156.80%	5		

RESISTENCIA EN FUNCIÓN A LA EDAD DE CURADO		ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPO DE ROTURA NTP 339.034	
Fórmula ASTM C1074-19 $X(t) = (1.476 + 0.83t)^{-1} * 100$			
EDAD	PARÁMETRO		
1 DÍA	18% a 39%		
3 DÍAS	41% a 64%		
7 DÍAS	65% a 84%		
14 DÍAS	85% a 94%		
21 DÍAS	95% a 100%		
28 DÍAS	100% a 120%		

OBSERVACIONES:

TESISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASISOR
NOMBRES: José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje FECHA: 13/03/2023	NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez FECHA: 13/03/2023	NOMBRE: Mg. Cyara Elizabeth Milagros Merma Gollardo FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 17. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a un curado húmedo de 28 días.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA														
FORMATO														
ENSAYO		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS								CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RGTC-UPN-17				
NORMA		MTC E704 / ASTM C39 - NTP 339.034												
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS								"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210KG/CM² CON EL REEMPLAZO DE 30%, 45% Y 60% DE CERÁMICO Y CONCRETO RECICLADO, COMO ALTERNATIVA DE AGREGADO GRUESO, CAJAMARCA 2023"				
ID. PROBETA:		B,A,D y G						DIÁMETRO DE PROBETA (cm):		150.000				
FECHA DE ELABORACIÓN:		15 y 16/03/2023						ÁREA (cm²):		176.715				
FECHA DE ENSAYO:		13 y 14/04/2023						RESPONSABLES:		José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje				
EDAD DE LA PROBETA:		28 Días						REVISADO POR:		Ing. César Valdera Chávez				
N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	EDAD (Días)	FECHA DE ROTURA	CARGA MÁXIMA (Kg)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	% RESISTENCIA	TIPO DE ROTURA	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm²)	% RESISTENCIA PROMEDIO
55	Concreto con Agregado Natural	10B	15/03/2023	28	13/04/2023	44679	15.05	177.90	251.35	210	119.60%	1	243.16	116%
56	Concreto con Agregado Natural	11B	15/03/2023	28	13/04/2023	37386	15.00	176.72	211.56	210	100.74%	5		
57	Concreto con Agregado Natural	12B	15/03/2023	28	13/04/2023	48409	15.20	181.46	266.78	210	127.04%	3		
58	Concreto con 30% Agregado Reciclado	16A	15/03/2023	28	13/04/2023	41786	15.10	179.08	233.34	210	111.13%	1	238.91	114%
59	Concreto con 30% Agregado Reciclado	17A	15/03/2023	28	13/04/2023	37778	15.10	179.08	210.96	210	100.46%	6		
60	Concreto con 30% Agregado Reciclado	18A	15/03/2023	28	13/04/2023	43921	15.20	181.46	242.04	210	115.26%	1		
61	Concreto con 30% Agregado Reciclado	19A	15/03/2023	28	13/04/2023	39560	15.10	179.08	220.91	210	105.19%	6		
62	Concreto con 30% Agregado Reciclado	20A	15/03/2023	28	13/04/2023	51452	15.10	179.08	287.31	210	136.82%	5		
63	Concreto con 45% Agregado Reciclado	16D	16/03/2023	28	14/04/2023	34382	15.15	180.27	190.73	210	90.82%	1	220.01	105%
64	Concreto con 45% Agregado Reciclado	17D	16/03/2023	28	14/04/2023	37461	15.05	177.90	210.58	210	100.28%	3		
65	Concreto con 45% Agregado Reciclado	18D	16/03/2023	28	14/04/2023	43331	15.15	180.27	240.37	210	114.46%	2		
66	Concreto con 45% Agregado Reciclado	19D	16/03/2023	28	14/04/2023	41991	15.05	177.90	236.04	210	112.40%	3		
67	Concreto con 45% Agregado Reciclado	20D	16/03/2023	28	14/04/2023	39815	15.1	179.08	222.33	210	105.87%	3		
68	Concreto con 60% Agregado Reciclado	16G	16/03/2023	28	14/04/2023	59888	15.45	187.48	319.44	210	152.12%	3	318.15	151%
69	Concreto con 60% Agregado Reciclado	17G	16/03/2023	28	14/04/2023	58535	15.31	184.09	317.96	210	151.41%	4		
70	Concreto con 60% Agregado Reciclado	18G	16/03/2023	28	14/04/2023	50976	15.4	186.27	305.89	210	145.66%	2		
71	Concreto con 60% Agregado Reciclado	19G	16/03/2023	28	14/04/2023	61040	15.2	181.46	336.38	210	160.18%	2		
72	Concreto con 60% Agregado Reciclado	20G	16/03/2023	28	14/04/2023	57567	15.35	185.06	311.08	210	148.13%	3		

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 23mm de grietas entre copas.

Tipo 2: Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las copas, cono no bien definido en la otra base.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las copas de embudo.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero terminal del cilindro es acuchado.

RESISTENCIA EN FUNCIÓN A LA EDAD DE CURADO
Fórmula ASTM C1074-19: $N(J) = (0.9478 + 0.0177J)^{1.2} f'_{ci}$

EDAD	PARÁMETRO
1 DÍA	18% a 39%
3 DÍAS	47% a 64%
7 DÍAS	66% a 94%
14 DÍAS	83% a 94%
21 DÍAS	95% a 100%
28 DÍAS	100% a 120%

ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPO DE ROTURA NTP 339.034

Figura 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 23mm de grietas entre copas.

Figura 2: Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las copas, cono no bien definido en la otra base.

Figura 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Figura 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.

Figura 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las copas de embudo.

Figura 6: Similar al tipo 5 pero terminal del cilindro es acuchado.

OBSERVACIONES:

TESTISTAS	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRES: José Campos Acuña / Fredy Reyes Farje FECHA: 13/03/2023	 NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez FECHA: 13/03/2023	 NOMBRE: Mg. Cs. Ing. Ildefonso Blázquez Morúa Gallardo FECHA: 13/03/2023

ANEXO No 18: Panel Fotográfico.

FOTO 01: Obtención del agregado reciclado proveniente de la demolición de una vivienda multifamiliar.



FOTO 02: Probetas de diferentes resistencias proveniente del laboratorio Kaolyn Ingenieros SAC.



FOTO 03: Trituración de cerámico y concreto para obtener agregado reciclado.



FOTO 04: Proceso de trituración mecánica de agregado reciclado.



FOTO 05: Procedimiento de rotura de probetas para obtener agregado reciclado.



FOTO 06: Agregado reciclado después del proceso de trituración, proveniente de cerámica y concreto.



FOTO 07: Obtención de agregado natural grueso y fino de la cantera Bazán.



FOTO 08: Obtención de agregado natural grueso y fino natural de la cantera Bazán.



FOTO 09: Contenido de humedad agregado
fino húmedo.

FOTO 10: Contenido de humedad agregado
fino, seco al horno.



FOTO 11: Contenido de humedad agregado
grosso natural húmedo.

FOTO 12: Contenido de humedad agregado
grosso natural, seco al horno.



FOTO 13: Contenido de humedad agregado grueso reciclado húmedo.



FOTO 14: Contenido de humedad agregado grueso reciclado, seco al horno.



FOTO 15: Cuarteo del material para la granulometría.



FOTO 16: Tamizado de los agregados.



FOTO 17: Abrasión los ángeles, desgaste de los materiales agregados gruesos.



FOTO 18: Tamizado después de la abrasión los ángeles por el tamiz N° 12.



FOTO 19: Peso unitario suelto del agregado fino natural.



FOTO 20: Peso unitario compactado del agregado fino natural.



FOTO 21: Peso unitario suelto del
agregado grueso reciclado.



FOTO 22: Peso unitario compactado del
agregado grueso reciclado.



FOTO 23: Peso unitario suelto del
agregado grueso natural.



FOTO 24: Peso unitario compactado del
agregado grueso natural.



FOTO 25: Peso de la muestra para el material fino.



FOTO 26. Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 por lavado.



FOTO 27: Prueba de cono de Abrams para determinar si el material está saturado superficialmente seco.



FOTO 28: ingreso del material a la fiola/picnómetro.



FOTO 29: Peso específico de la muestra
del agregado grueso natural.



FOTO 30: Peso sumergido del agregado
grueso natural.



FOTO 31: Peso específico saturado del
agregado grueso reciclado.



FOTO 32: Peso sumergido del agregado
grueso reciclado.



FOTO 33: Procedimiento de la prueba del SLUMP, concreto con agregado natural.



FOTO 34: Procedimiento de la prueba del SLUMP, concreto con 30% agregado reciclado.



FOTO 35: Procedimiento de la prueba del SLUMP, concreto con 45% de agregado reciclado.



FOTO 36: Procedimiento de la prueba del SLUMP, concreto con 60% de agregado reciclado.



FOTO 37: Vaciado de concreto y chuseado en 3 capas con 25 golpes con la varilla.



FOTO 38: Proceso de los 11 golpes con martillo de goma.



FOTO 39: Curado húmedo de las probetas a los 7, 14, 21 y 28 días.



FOTO 40: Medición de diámetro de las probetas.



FOTO 41: Medición de la altura de las
probetas.



FOTO 42: Rotura de probetas.



FOTO 43: Tipo de rotura de probetas de
100% de agregado natural a los 7 días.



FOTO 44: Tipo de rotura de probetas de
30% agregado reciclado a los 7 días.



FOTO 45: Rotura de probetas con 45% de agregado reciclado a los 7 días.



FOTO 46 Rotura de probetas con 60% agregado reciclado a los 7 días.



FOTO 47: Rotura de probeta con 100% agregado natural a los 14 días de curado.



FOTO 48: Rotura de probeta con 30% agregado natural a los 14 días de curado.



FOTO 49: Rotura de probeta con 45%
agregado natural a los 14 días de curado.



FOTO 50: Rotura de probeta con 60%
agregado natural a los 14 días de curado.



FOTO 51: Rotura de probeta con 100%
agregado natural a los 21 días de curado.



FOTO 52: Rotura de probeta con 30%
agregado natural a los 21 días de curado.





FOTO 53: Rotura de probeta con 45% agregado natural a los 21 días de curado.



FOTO 54: Rotura de probeta con 60% agregado natural a los 21 días de curado.

FOTO 55: Rotura de probeta con 100% agregado natural a los 28 días de curado.



FOTO 56: Rotura de probeta con 30% agregado natural a los 28 días de curado.



FOTO 57: Rotura de probeta con 45%
agregado natural a los 28 días de curado.



FOTO 58: Rotura de probeta con 60%
agregado natural a los 28 días de curado.



FOTO 59: Final de ensayos en laboratorio
de concreto de la Universidad Privada del
Norte.



Anexo No 19: Ficha técnica de cemento Portland tipo I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000

G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICo
Conforme a la NTP 334.090
Piura, 21 de septiembre del 2023

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	1.3	Máximo 6.0
SO3	%	1.99	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	6	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.065	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5020	NO ESPECÍFICA
Retenido M325	%	3.2	NO ESPECÍFICA
Densidad	g/cm ³	3.00	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	24.1 (245)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	28.3 (288)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (Kg/cm ²)	32.4 (330)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	111	Mínimo 45
Fraguado Final	min	260	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.



Ing. Ysabel Burneo Miranda
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.