



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Sanchez Nuñez, Johan Jefferson

Asesor:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

(ORCID: 0000-0002-0684-5114)

Jurado:

Garcia Urrutia-Olavarria, Roque Jesus Leonardo

Arevalo Vidal, Samir Augusto

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Lima - Perú

2024

CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS PARA LA
SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Sanchez Nuñez, Johan Jefferson

Asesor(a)

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado

Garcia Urrutia-Olavarria, Roque Jesus Leonardo

Arevalo Vidal, Samir Augusto

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Lima – Perú

2024

DEDICATORIA

A todos los interesados con lograr la sostenibilidad en la construcción.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema	3
1.2. Antecedentes	5
1.3. Objetivos	9
1.4. Justificación.....	10
1.5. Hipótesis.....	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	12
2.2. Marco conceptual sobre el tema de investigación.....	17
2.3. Definición de términos	30
III. MÉTODO	32
3.1. Tipo de investigación	32
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	32
3.3. Variables.....	33
3.4. Población y muestra	36
3.5. Técnicas e instrumentos	38
3.6. Procedimientos	39
3.7. Análisis de datos.....	59
3.8. Consideraciones éticas	59
IV. RESULTADOS	60
4.1. Propiedades físicas del concreto	60
4.2. Propiedades mecánicas del concreto	68

4.3. Diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	82
4.4. Porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados utilizando agregados reciclados	84
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
5.1. Propiedades físicas del concreto	89
5.2. Propiedades mecánicas del concreto	91
5.3. Diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	94
5.4. Porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados utilizando agregados reciclados	95
4.5. Contrastación de hipótesis.....	97
VI. CONCLUSIONES	101
VII. RECOMENDACIONES	102
VIII. REFERENCIAS.....	103
IX. ANEXOS	111
9.1. Anexo A. Matriz de consistencia	111
9.2. Anexo B. Análisis de costo unitario para la producción de concreto	112
9.3. Anexo C. Fotografías	116
9.4. Anexo D. Ensayos de laboratorio.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución de la Teoría del Desarrollo Sostenible	12
Figura 2 Diagrama esquemático de los diferentes tipos de sostenibilidad	14
Figura 3 Dimensiones del Desarrollo Sostenible.....	15
Figura 4 Categorización de los Residuos de Construcción.....	18
Figura 5 Flujograma de una Planta de Tratamiento - RCD	20
Figura 6 Clasificación del Agregado Reciclado	22
Figura 7 Áridos reciclados gruesos (a), medios (b) y finos (c).....	22
Figura 8 Procedimiento de preparación de agregados reciclados.....	23
Figura 9 Comparación de la Morfología de los Agregado Finos y Gruesos Utilizados en el Concreto.....	24
Figura 10 Componentes del Concreto	27
Figura 11 Asentamientos Referenciales	29
Figura 12 Características Mecánicas del Concreto.....	30
Figura 13 Mapa de Ubicación de la Ciudad de Bambamarca.....	33
Figura 14 Recolección de concreto de demolición para producción de agregados reciclados	40
Figura 15 Ubicación de la Cantera de Agregados Naturales	41
Figura 16 Ensayo físico mecánicos del agregado natural.....	45
Figura 17 Ensayo físico mecánicos del agregado reciclado	45
Figura 18 Elaboración de probetas con agregados naturales.....	49
Figura 19 Elaboración de probetas con agregados reciclados	49
Figura 20 Proceso: Prueba de peso unitario.....	51
Figura 21 Procedimiento para contenido de aire	52

Figura 22 Procedimiento de la prueba Slump.....	53
Figura 23 Procedimiento para determinar la temperatura del concreto.....	54
Figura 24 Prueba a compresión de concreto natural.....	55
Figura 25 Prueba a compresión de concreto en agregados reciclados.....	55
Figura 26 Ensayo a flexión de concreto en agregados naturales.....	56
Figura 27 Ensayo a flexión de concreto en agregados reciclados.....	57
Figura 28 Ensayo de tracción de concreto en agregados naturales.....	58
Figura 29 Ensayo de tracción de concreto en agregados reciclados.....	58
Figura 30. Asentamiento (pulg) del concreto.....	61
Figura 31. Temperatura (°c) de la mezcla de concreto.....	61
Figura 32. Contenido de aire (%) del concreto.....	62
Figura 33. Densidad (gr/cm ³) del concreto.....	62
Figura 34. Asentamiento de la mezcla de agregados reciclados.....	64
Figura 35. Temperatura de la mezcla de agregados reciclados.....	64
Figura 36. Contenido de aire de la mezcla de agregados reciclados.....	65
Figura 37. Densidad de la mezcla de agregados reciclados.....	65
Figura 38 Comparación de propiedades físicas de mezclas en estado fresco.....	67
Figura 39. Promedio de la resistencia a la compresión del concreto natural.....	69
Figura 40. Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con agregados naturales	69
Figura 41 Promedio de la resistencia a tracción del concreto con agregado natural.....	70
Figura 42 Resistencia a tracción a los 28 días del concreto con agregados naturales.....	71
Figura 43 Promedio de la resistencia a flexión del concreto con agregados naturales.....	72
Figura 44 Resistencia a flexión a los 28 días del concreto con agregados naturales.....	72
Figura 45 Promedio de la resistencia a compresión del concreto reciclado.....	74

Figura 46 Resistencia a los 28 días del concreto con agregado reciclado	74
Figura 47 Promedio de la resistencia a tracción del concreto reciclado	75
Figura 48 Resistencia a los 28 días del concreto con agregado reciclado	76
Figura 49 Promedio de la resistencia del concreto reciclado endurecido	77
Figura 50 Resistencia a los 28 días del concreto reciclado endurecido	77
Figura 51 Comparación de resistencia a compresión de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado	79
Figura 52 Comparación de resistencia a tracción de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado	80
Figura 53 Comparación de resistencia a flexión del concreto natural y con agregado reciclado	81
Figura 54 Diagrama lineal a compresión de acuerdo al porcentaje de agregados reciclados	85
Figura 55 Costo de materiales para 1 m ³ de concreto según porcentaje de agregados	87
Figura 56 Relación costo de materiales / resistencia a compresión de acuerdo a agregados reciclados	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Opciones de Aplicación de los Residuos de Concreto de Demolición.....	19
Tabla 2	Categorización de los Agregados.....	21
Tabla 3	Máximo porcentaje de finos.....	25
Tabla 4	Matriz de Operacionalización de Variables.....	35
Tabla 5	Especímenes para Ensayos a Compresión.....	36
Tabla 6	Especímenes para Ensayos a Flexión.....	37
Tabla 7	Especímenes para Ensayos a Tracción.....	37
Tabla 8	Total, de Especímenes.....	37
Tabla 9	Volumen unitario del agua para concreto sin aire incorporado.....	46
Tabla 10	Relación A/C por resistencia.....	46
Tabla 11	Volumen de agregado grueso.....	47
Tabla 12	Propiedades del concreto fresco.....	60
Tabla 13	Ensayos al concreto con agregado reciclado en estado fresco.....	63
Tabla 14.	Comparación de propiedades físicas de mezclas.....	67
Tabla 15.	Resistencia a la compresión del concreto con agregados naturales.....	68
Tabla 16.	Resistencia a tracción en concreto con agregados naturales.....	70
Tabla 17.	Resistencia a flexión en concreto con agregados naturales.....	71
Tabla 18.	Resistencia a compresión en concreto con agregado reciclado.....	73
Tabla 19.	Resistencia a tracción en concreto con agregado reciclado.....	75
Tabla 20.	Resistencia a flexión en concreto reciclado endurecido.....	76
Tabla 21.	Comparación de resistencia a compresión de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.....	78

Tabla 22. Comparación de resistencia a tracción del concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.	80
Tabla 23. Comparación de resistencia a flexión del concreto natural y concreto con agregado reciclado.....	81
Tabla 24 Propiedades físicas de los agregados naturales.....	82
Tabla 25 Diseños de mezclas concreto con agregados naturales.....	82
Tabla 26 Propiedades físicas de los agregados reciclados.....	83
Tabla 27 Diseños de mezclas concreto con agregados reciclados.....	83
Tabla 28 Simulación de la resistencia a compresión según porcentaje de agregados reciclados en la mezcla.....	86
Tabla 29 Dosificación de mezcla de agregados reciclados y agregados naturales para la producción de concreto.....	86
Tabla 30 Costo de materiales para 1 m ³ de concreto con agregados naturales y reciclados.	87
Tabla 31 Disminución del costo de materiales.....	88
Tabla 32 Resumen del análisis t-student de dos muestras para las propiedades del concreto.....	98
Tabla 33 Resumen del análisis t-student de dos muestras para las propiedades del concreto.....	99
Tabla 34 Resumen del análisis t-student pareada para la dosificación de mezcla.....	100
Tabla 35 Costo del agregado fino reciclado.....	112
Tabla 36 Costo del agregado grueso reciclado.....	112
Tabla 37 Proporción de materiales para concreto reciclado.....	113
Tabla 38 Precio de materiales para concreto con agregados naturales.....	114
Tabla 39 Precio de materiales para concreto con 60% de agregados naturales y 40% de agregados reciclados.....	114

Tabla 40 Precio de materiales para concreto con 50% de agregados naturales y 50% de agregados reciclados	114
Tabla 41 Precio de materiales para concreto con 40% de agregados naturales y 60% de agregados reciclados	115
Tabla 42 Precio de materiales para concreto con agregados reciclados	115
Tabla 43 Resumen del costo unitario de materiales para la producción de concreto	115

RESUMEN

El uso del concreto con agregados reciclados surge como una alternativa sostenible y responsable con el medio ambiente. El objetivo de la investigación fue analizar el diseño de un concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca. En la investigación aplicada se tuvo como muestra a 54 especímenes de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con agregados naturales y agregados reciclados para ensayos a compresión, tracción y flexión a los 7, 14 y 28 días. Determinando que, utilizando agregados reciclados la trabajabilidad y temperatura se reducen levemente, mientras que la densidad se reduce de 2.38 gr/cm³ a 2.13 gr/cm³, obteniendo un concreto más liviano. Las propiedades mecánicas del concreto con agregados reciclados son menores respecto al concreto con agregados naturales, a compresión, tracción y flexión la resistencia disminuye en promedio a los 28 días 21.24%, 19.45% y 0.08% respectivamente, por lo que, se puede sustituir los agregados naturales por agregados gruesos hasta 40% para concreto estructural ($f'c$ 210 kg/cm²) y hasta 100% para concreto no estructural ($f'c$ 175 kg/cm²). Se concluye que, el concreto con agregados reciclados se puede utilizar para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca, como: aceras, bordillos, pisos industriales, rellenos y terraplenes, estabilización de suelos, paneles de separación e incluso para fines estructurales ($f'c$ 210 kg/cm²) si se utiliza en combinación con los agregados naturales o con aditivos.

Palabras clave: resistencia a compresión, tracción, flexión, asentamiento.

ABSTRACT

The use of concrete with recycled aggregates emerges as a sustainable and environmentally responsible alternative. The objective of the research was to analyze concrete with recycled aggregates for the sustainability of building projects in the department of Cajamarca. In the applied research, 54 specimens of concrete f_c 210 kg/cm² with natural aggregates and recycled aggregates were sampled for compression, tensile and flexural tests at 7, 14 and 28 days. It was determined that, by using recycled aggregates, the workability and temperature are slightly reduced, while the density is reduced from 2.38 gr/cm³ to 2.13 gr/cm³, obtaining a lighter concrete. The mechanical properties of concrete with recycled aggregates are lower with respect to concrete with natural aggregates; compression, tensile and flexural strength decreases on average at 28 days 21.24%, 19.45% and 0.08%, respectively, so that natural aggregates can be replaced by coarse aggregates up to 40% for structural concrete (f_c 210 kg/cm²) and up to 100% for non-structural concrete (f_c 175 kg/cm²). It is concluded that, concrete with recycled aggregates can be used for the sustainability of building projects in the department of Cajamarca, such as: sidewalks, curbs, industrial floors, fills and embankments, soil stabilization, separation panels and even for structural purposes (f_c 210 kg/cm²) if used in combination with natural aggregates or with additives.

Key words: compressive strength, tensile strength, flexural strength, slump.

I. INTRODUCCIÓN

El departamento de Cajamarca, ubicado en el norte de Perú, cuenta con una gran cantidad de proyectos de edificaciones en constante desarrollo. Sin embargo, el uso tradicional de materiales de construcción, como el concreto convencional, puede generar un impacto nocivo para el entorno y en la sostenibilidad a largo plazo de estas construcciones. En este sentido, el uso del concreto con agregados reciclados surge como una alternativa sostenible y responsable con el medio ambiente. Los agregados reciclados son aquellos resultantes de materiales demolidos, los cuales se procesan y trituran para obtener un material similar al agregado natural.

La incorporación de agregados reciclados en el concreto presenta múltiples ventajas. En primer lugar, reduce la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) que se generan en el departamento de Cajamarca, disminuyendo así la contaminación ambiental. Además, esta práctica contribuye a la conservación de los recursos naturales, ya que se reduce la necesidad de extraer y procesar agregados naturales, los cuales suelen ser limitados y no renovables. Por otro lado, el concreto con agregados reciclados presenta características similares a las del concreto convencional. Este material reciclado se ha utilizado con éxito en proyectos de construcción en todo el mundo, demostrando su resistencia y durabilidad a largo plazo.

El uso del concreto con agregados reciclados se presenta como una solución sostenible y responsable en el departamento de Cajamarca. Además de ser una alternativa amigable con el medio ambiente, este material ofrece las mismas garantías de calidad y resistencia que el concreto convencional, contribuyendo así a la sostenibilidad de los proyectos de edificaciones en esta región. Por ello, el objetivo fue analizar el concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de obras en el departamento de Cajamarca.

Para ello, la investigación se ha dividido en capítulos:

- En el capítulo I se encuentra la representación y formulación del problema, informes similares, finalidades, importancia e hipótesis.
- En el capítulo II se expresan las bases teóricas, marco conceptual y definición de términos.
- Capítulo III se describe el método seguido para la ejecución, tal como, el tipo de investigación, ámbito, variables, población y muestra, técnicas e instrumentos, procedimientos, análisis de datos y aspectos éticos.
- Capítulo IV, se presentan los resultados del diseño, producción y ensayos del concreto para la reducción del uso de canteras al utilizar agregados reciclados.
- Capítulo V, se han discutido los resultados, contrastando la información encontrada y presentada en los resultados con los antecedentes del estudio.
- Capítulo VI, se muestran las conclusiones que, ultiman y sintetizan los resultados por cada objetivo propuesto.
- Capítulo VII, se muestran las sugerencias finales que, han surgido con el desarrollo de la investigación.
- Capítulo VIII, referencias, se presentan los libros, tesis, papers, normas técnicas y otros que, han servido de referente teórico práctico.
- Capítulo IX se describen los anexos integrados por la matriz de consistencia, panel fotográfico y resultados de los ensayos de laboratorio en sus respectivos formatos.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El actual proceso de “construcción-demolición” impone una importante presión sobre los recursos naturales con especial énfasis en los áridos naturales y genera elevadas cantidades de residuos de construcción y demolición (RCD) (Robalo et al., 2021). El 70 a 80% del volumen del concreto, segundo material de mayor consumo después del agua, está ocupado por agregados (Pradhan et al., 2019). En el mundo se utiliza al menos 30,000 millones de toneladas de concreto cada año (Aquib y Ma, 2022; Sheheryar et al., 2021, Thomas et al., 2022). Solo, en 2015, se consumieron 48,300 millones de toneladas de agregados naturales, cuya demanda se ha pronosticado se duplicará, en el curso de las próximas décadas (Wang et al., 2021).

En los últimos años se ha incrementado la dilapidación de recursos naturales como la producción de residuos en la construcción (Santos et al., 2019). Por ejemplo, EE. UU. produce alrededor de 250 millones de toneladas (Lotfi y Al-Fayez., 2015), China produce casi dos mil millones de toneladas (Wang et al., 2019) y la Unión Europea es responsable de alrededor de 900 millones de toneladas de RCD (Hammoudi et al., 2019).

Pero, el uso de agregados reciclados para producir concreto parece ser una solución de alto potencial. Permite tanto solucionar los problemas relacionados con el almacenamiento; transporte y vertido de RCD y contribuir a un entorno potencialmente más sostenible, con un aumento del valor de esos residuos, reduciendo consecuentemente el consumo de agregados naturales (Wang et al., 2021). No obstante, los áridos reciclados afectan al concreto, aunque la información existente sobre el tema es menor a la que necesita la industria (Kandiri et al., 2021). Hasta la fecha existen pocos trabajos de revisión sobre el concreto con agregados reciclados (Rattanachu et al., 2020, Makul et al., 2021, Le & Bui, 2020, Siddika et al., 2021); según estos estudios, la tendencia general de utilizar áridos reciclados en el concreto es

satisfactorio, pero, existe una gran disparidad y contradicciones sobre la fuerza resultante del concreto con agregados reciclados.

En Perú, la norma E.060 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2009) indica las características que, debe cumplir el concreto para ser utilizado en proyectos de construcción, donde usualmente se requiere $f'c$ 210 kg/cm², por tanto, para definir dichas características se hacen convencionalmente pruebas de trabajabilidad y resistencia a compresión, normados por las NTP 339.034 y NTP 339.035.

En el distrito de Bambamarca, Hualgayoc - Cajamarca, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), de 19,982 viviendas, el 17.5% tienen como material predominante al concreto, mismo que, se construye con agregados (fino y grueso) de la cantera Jaime Lara Llaucan, pero su extracción representa impactos negativos en el entorno ambiental, por la disminución de materias primas no renovables, así mismo, en la ciudad hay gran cantidad de residuos sólidos, entre ellos RCD (Ortiz y Alegre, 2014), dando así, las materias primas “agregados reciclados”, de sustitución de los áridos naturales para concreto, no obstante, es necesario, confirmar su factibilidad técnica en comparación con el concreto normal, mismo que, según Malca (2018) puede mejorarse con la adición de otros materiales industriales o reciclados.

Investigadores como, Tan et al. (2020) y Thomas et al. (2022) han señalado que, el agregado reciclado podría utilizarse como sustituto de los agregados vírgenes para producir concreto. Según Behera et al. (2014), Limbachiya et al. (2012); Robayo-Salazar et al. (2017), se ha confirmado que su empleo es factible tanto comercial como técnicamente, pero su diseño requiere especial cuidado, para garantizar su competencia frente al concreto estructural convencional. Siendo así, Thomas et al. (2022) resaltan que, la variación a compresión para el concreto con agregados reciclados de diseño de mezcla similar se debe principalmente a la

variación en la fuente, edad y demás de los materiales, por lo que, se debe tener un especial control en sus características, por tanto, se requieren estudios locales, para su aplicación.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general.

Problema general: ¿De qué manera el uso de concreto con agregados reciclados permitirá ejecutar proyectos sostenibles en el departamento de Cajamarca?

1.1.2.2. Problemas específicos.

Problema específico 1: ¿De qué manera el diseño de concreto con agregados reciclados mejorará las propiedades físicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?

Problema específico 2: ¿De qué manera el diseño de concreto con agregados reciclados mejorará las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?

Problema específico 3: ¿Cuál será el diseño de mezclas del concreto con agregados reciclados?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Thomas et al. (2022) en “Geopolymer concrete incorporating recycled aggregates: A comprehensive review” tuvo por objetivo estudiar el concreto geo polímero con áridos reciclados, realizó la revisión bibliográfica. Determinando que, el asentamiento para concreto convencional oscilaba de 398 a 510 mm, mientras que, para concreto con agregados reciclados variaba de 473 a 697 mm. La densidad disminuye entre 4 a 8% (variando de 2165-2432 kg/m³). La absorción se acrecienta con la cantidad de agregados reciclados. La tracción del con agregados reciclados, alcanzó 0.92 a 1.24 MPA. A compresión aumenta al usar agregados reciclados en combinación de otros agregados, como escoria, carbonato de calcio, nano-SiO₂, entre otros, así mismo, a flexión también se acrecienta en 64% y 92% para las mezclas con

50% y 100% de agregados reciclados. Concluyó que, los agregados inciden de forma significativa en el concreto.

Makul et al. (2021) en “Use of recycled concrete aggregates in production of green cement-based concrete composites: A review” tuvieron como objetivo determinar si el uso de agregados reciclados puede producir compuestos de concreto de calidad, para ello realizaron una revisión bibliográfica, determinando que, la absorción del concreto con agregados naturales (NCA) es menor que, en el concreto con agregados reciclados (RCA) de 0.50 a 4% y de 3 a 12%, respectivamente, la densidad del NCA oscila de 1450 a 1750 kg/m³, mientras que del RCA de 1200 a 1425 kg/m³; así mismo, la trabajabilidad aumenta al usar agregados reciclados, pero la compresión disminuye en 30%, y a flexión decae en 10%. Concluyeron que, con el uso del 100% de agregados reciclados se puede producir un concreto de calidad estándar.

Kalinowska-Wichrowska & Suescum-Morales (2020) en su artículo científico tuvieron como objetivo, estudiar experimentalmente la aplicación de materiales reciclados procedentes de demolición. Utilizaron cemento portland CEM I 32.5R, agregado natural (NA) arena de 0 a 2 mm y grava de 2 a 16 mm; así agregados reciclados (RCA) de 4 a 16 mm, remplazando el 100% de los NA; a la relación a/c 0.45, para producir concreto que, fue ensayado a compresión a los 28 días de curado. Determinaron que, los agregados NA tenían menor absorción que, los RCA, con 1.30% y 2.50% respectivamente, la densidad es menor para RCA (2.53 g/cm³), que, para los NA (2.64 g/cm³). Concluyeron que, al usar RCA en su estado natural, la resistencia del concreto disminuye, pero al usar estos escombros reciclados calcinados a 600 °C por 50 min, la compresión se acrecienta en símil con el concreto convencional.

Hammoudi et al. (2019) tuvo por fin comparar la resistencia a compresión del concreto base y con agregados reciclados (RCA). Determinaron que, la compresión a los 7, 28 y 56 días se aminora de 22.62 a 18.56, 34.91 a 28.70 y 37.77 a 32.26 respectivamente al aumentar la RCA de 0 a 100% en niveles medios de contenido de cemento y revenimiento.

Lofty y Al-Fayez (2015) en su artículo científico “Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate” tuvieron por fin evaluar el concreto con árido grueso y fino reciclado de concreto (RCA). El contenido de PCA de la mezcla fue 10%, 20% y 30% (sustitución de agregado grueso por volumen) y 10% y 20% (reemplazo de agregado fino y grueso (granulado) por volumen). La totalidad de especímenes cumplieron con los requisitos de la Asociación Canadiense de Normas para condiciones no endurecidas y endurecidas; así mismo, las combinaciones RCA gruesas son superiores a las mezclas RCA granulares a flexión y a tracción.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Salas (2019) en el artículo “Sostenibilidad de los Residuos de Concreto Reciclado en la Construcción de Ingeniería Civil en la Producción de Concreto” publicado por la Universidad Nacional Federico Villarreal encontró que el concreto reciclado cumple con criterios de resistencia aceptables y no se agrieta a diferencia de los producidos con concreto convencional. Además, de acuerdo con los resultados más efectivos de las pruebas de compresión, se lograron reemplazando los agregados gruesos en el concreto ordinario a 15-20 % RCD.

El propósito de Mori (2019) en el artículo “Comparación de la compresibilidad e impermeabilidad del concreto reciclado con el concreto convencional” fue comparar la resistencia del concreto de material natural. Con concreto de 100% de agregado reciclado para determinar su uso. Después de pruebas y ensayos, se concluyó que el hormigón elaborado con residuos reciclados tiene una resistencia de 34.16% inferior al del concreto convencional.

El objetivo de Chumpitaz (2019) en su trabajo “Propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado a partir de agregado reciclado” fue determinar cómo afecta el agregado reciclado al concreto $F'c$ 280 kg. /cm², para ello se realizaron pruebas con 20%, 30% y 40% de residuos reciclados en lugar de gruesos, utilizando dos aditivos Plastiment y Sikament.

Llegaron a concluir que a compresión el concreto reciclado era igual o superior a la de las muestras estándar; sin embargo, destacaba un patrón cuya sustitución fue del 30 %.

Campos y Saenz (2020) en su tesis “Concreto Estructural de Agregados Reciclados para la Construcción de Viviendas” reemplazó los agregados por concreto reciclado provenientes de RCD para f_c 210 y 280 kg/cm^2 preparado a partir de una mezcla de 0%, 20%, 40%, 60% 80% y 100%. de agregado reciclado ensayado a compresión y tracción. Se concluyó que, a una relación A/C de 0.56 y una edad de 28 días, cuando se reemplazó el 40%RCD, la resistencia a compresión aumentó un 23.98%, a tracción aumentó un 114.39% y disminuyó un 28.48% a flexión; de manera similar, la resistencia a compresión al 80%RCD aumentó un 10.29%, a tracción aumentó un 100.76% y a flexión disminuyó un 16.90%.

Lozano y Sagastegui (2020) crearon 90 probetas usando 15%, 25%, 35% de reemplazo en su artículo “Efectos de reemplazar agregados naturales con concreto reciclado sobre las propiedades mecánicas del concreto en el diseño de edificios”. El 45% de los áridos naturales se utilizan en áridos reciclados (ACR). Se concluye que la sustitución del 25% ACR mejoró de forma significativa el concreto, adquiriendo 248 kg/cm^2 a compresión y 117 kg/cm^2 a flexión, en símil con el concreto base que tuvo correspondientemente a compresión y flexión 246 y 113 kg/cm^2 .

Martínez (2020) evaluó el agregado de concreto reciclado, como agregado grueso para producir concretos 210 y 280 kg/cm^2 . Se realizaron mezclas con 15%, 25% y 50%RCD. Se analizaron las peculiaridades del concreto reciclado, como trabajabilidad, densidad aparente, temperatura y resistencia a compresión, flexión y módulo elástico. Concluyó que el agregado grueso del concreto reciclado incide de forma positiva en el hormigón, por lo que, se puede sustituir hasta un 50% del árido natural.

1.2.3. Antecedentes regionales

Seminario (2021) en su tesis realizó una revisión bibliográfica para caracterizar la factibilidad del uso de RCD en la preparación del concreto y concluyó que los residuos más utilizados son: concreto 35.29%, ladrillos 20.59% y cerámica 11.76%. Las pruebas de los componentes fabricados a partir de residuos muestran una resistencia superior a la norma E.060 para hormigón estructural (17 MPa).

Fernández (2020) comparó la resistencia a compresión del concreto con agregados naturales y reciclados, determinado que, la firmeza del último se reduce en 1.45%, 7.07%, 17.13%, 20.24% y 19.15% al utilizar 10%, 25%, 50%, 75% y 100% de agregados reciclados, pero también, disminuye el costo unitario en 0.35%, 0.89%, 1.77% y 9.88%, respectivamente. Concluyó que, es viable la producción de concreto con agregado reciclado.

Dávila (2019) en su tesis “Determinación de las propiedades del concreto obtenido a partir de agregados gruesos obtenidos de la demolición de pavimentos duros en Baños del Inca Cajamarca” utilizó RCD provenientes de la demolición de pavimentos duros en Barrios del Inca para preparación de hormigón f_c 210 kg/cm², asegurando que alcanzó 223.65 kg/cm² con áridos reciclados y de 219.23 kg/cm² con áridos naturales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Objetivo general: Analizar un diseño de concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1:** Determinar las propiedades físicas del concreto $f_c = 210$ Kg/cm² con agregados reciclados.
- **Objetivo específico 2:** Determinar las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 210$ Kg/cm² con agregados reciclados.

- **Objetivo específico 3:** Determinar el diseño de mezcla de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² con agregados reciclados.

1.4. Justificación

Se ha realizado la investigación por (1) la disponibilidad de una cantera de agregados naturales dentro de la jurisdicción de Bambamarca, cuyo uso masivo, está generando un impacto ambiental irreversible, (2) la abundante cantidad de RCD depositados en vertederos en Bambamarca, (3) la búsqueda de un concreto sustentable para la construcción de edificaciones en el departamento de Cajamarca, en especial en el distrito de Bambamarca; no obstante el mismo, debe presentar características similares al concreto convencional para que, su uso sea viable, por lo que, el estudio es trascendental ya que, permite comparar técnicamente el concreto $f'c$ 210 kg/cm² con agregados reciclados de residuos de demolición y con agregados locales del distrito de Bambamarca, siendo socialmente favorecidos con el desarrollo de la investigación constructores, entes gubernamentales y la población bambamarquina, quienes contarán con concreto de agregados reciclados para su uso en proyectos sostenibles.

La contribución teórica que, se ha logrado con la realización de la investigación es (1) caracterizar los agregados locales y reciclados, (2) la dosificación de mezcla adecuada para producir concreto con agregados locales y reciclados, (3) la caracterización del concreto con agregados locales y reciclados de Bambamarca. Su desarrollo se ha apoyado en la norma E.060 (MVCS, 2009) y se sustenta en la teoría del desarrollo sostenible, y sus tres dimensiones, para la generación de nuevos materiales, en una economía circular. La investigación realizada enriquece la base teórica práctica y los conocimientos existentes sobre el tema. En otras palabras, con la investigación se ha incrementado el conocimiento científico, siendo pertinente, para poder confirmar que, el empleo de concreto con agregados reciclados sea factible.

Los enfoques de investigación son cuantitativos y se basan en la teoría de la sostenibilidad ambiental.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

Hipótesis principal: El uso de concreto con agregados reciclados permite la ejecución de proyectos sostenibles en el departamento de Cajamarca.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- **Hipótesis específica 1:** El diseño de concreto con agregados reciclados mejora las propiedades físicas (asentamiento, temperatura) del concreto $f'c$ 210 kg/cm².
- **Hipótesis específica 2:** El diseño de concreto con agregados reciclados mejora las propiedades mecánicas (resistencia compresión, resistencia a flexión, resistencia a tracción) del concreto.
- **Hipótesis específica 3:** La proporción de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² usando agregados reciclados es mayor que, para un concreto con agregados naturales.

II. MARCO TEÓRICO

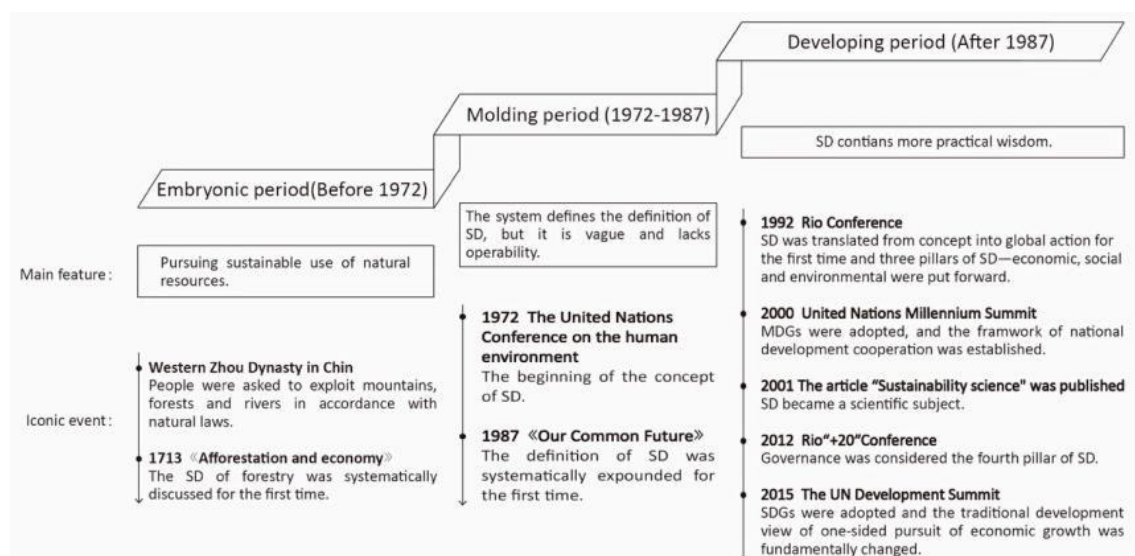
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Teoría del desarrollo sostenible (DS)

La teorización del desarrollo sostenible (DS) tiene implicaciones para la implementación de la sostenibilidad. Si bien la idea del desarrollo sostenible ha surgido en muchas culturas del mundo, la conceptualización del desarrollo sostenible como tal comenzó con Carlowitz en la Europa del siglo XVII (Enders y Remig, 2014). La teoría del DS se desarrolló a través de la práctica, y el estudio; ha experimentado la germinación de ideas, y luego una serie de prácticas de DS, muchos cambios han tenido lugar y el DS ha pasado de abordar cuestiones medio ambientales a ocuparse de la estratégica global. Basándose en el estudio de la evolución del pensamiento del DS y la formación de la teoría del DS por Lele (1991), Mebratu (1998), Zhang (2018) y otros académicos, se divide la evolución y el desarrollo de la teoría de la DS en el período embrionario (antes de 1972), el período de moldeado (1972-1987) y el período de desarrollo (desde 1987).

Figura 1

Evolución de la Teoría del Desarrollo Sostenible



Nota: Presentado en el artículo “The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects” de la revista Sustainability por (Shi et al., 2019).

Así mismo, el DS se puede dividir en Weak sustainability (sostenibilidad débil), Strong sustainability (sostenibilidad fuerte), Absurdly strong sustainability (sostenibilidad absurdamente fuerte). (Shi et al., 2019)

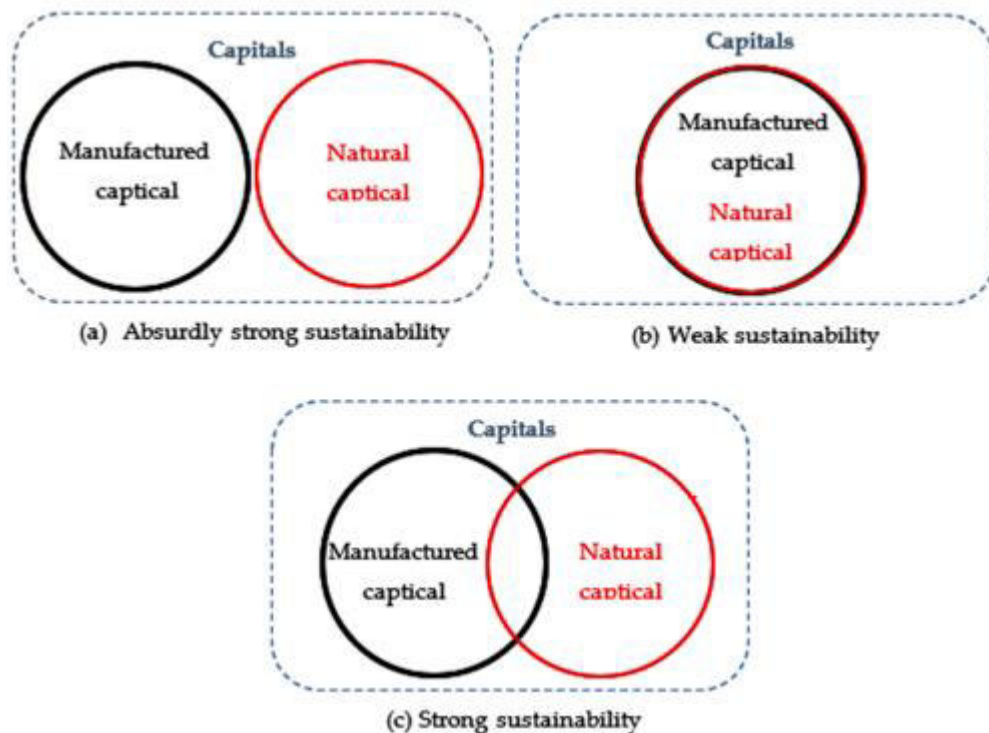
La ventaja de la sostenibilidad débil es que afirma el progreso de la tecnología, la sustituibilidad del capital natural y manufacturado está más en consonancia con las necesidades de desarrollo económico. La desventaja de la sostenibilidad débil es que es demasiado optimista sobre la capacidad del ser humano para controlar la naturaleza y el progreso tecnológico, y cree que la naturaleza no tiene capacidad de restricción y que todas las funciones del ecosistema pueden ser sustituidas. (Shi et al., 2019)

La ventaja de la sostenibilidad absurdamente fuerte es que el sistema económico es un subsistema de la naturaleza, en lugar de uno independiente. La desventaja de la sostenibilidad absurdamente fuerte es que se subestima el papel de la tecnología, y que todo el capital natural se piensa que es restrictivo, mientras que en realidad parte del capital natural puede ser sustituido. Por ejemplo, algunos recursos minerales pueden ser sustituidos por otros productos fabricados por el hombre. (Shi et al., 2019)

La ventaja de la sostenibilidad fuerte es que se opone a las dos visiones extremas anteriores, por lo que la sostenibilidad fuerte es el concepto que debemos aceptar (Nasrollahi et al., 2018). La desventaja de la sostenibilidad fuerte es que establece una serie de umbrales que no deben cruzarse, lo que puede obstaculizar el desarrollo económico, especialmente países en desarrollo. (Shi et al., 2019)

Figura 2

Diagrama esquemático de los diferentes tipos de sostenibilidad



Nota: Weak sustainability (sostenibilidad débil), Strong sustainability (sostenibilidad fuerte), Absurdly strong sustainability (sostenibilidad absurdamente fuerte). Presentado en el artículo “The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects” de la revista Sustainability por (Shi et al., 2019).

En la actualidad, hay relativamente pocos estudios en profundidad sobre los niveles fuertes y débiles del DS en diversos indicadores de evaluación y métodos de medición del DS. La mayoría de ellos se basan en la visión de sostenibilidad débil, es decir, la simple suma de tres sistemas (económico, social y medioambiental) para medir el nivel de DS. El PIB verde, que se calcula restando los costes de los daños medioambientales y ecológico del PIB convencional de un país, también tiene estas características. (Shi et al., 2019)

Asegurar la producción sostenible demanda medidas perentorias para abordar el cambio climático y sus impactos en consonancia con los “*Objetivos de Desarrollo Sostenible*” (Colangelo et al., 2021). En el marco de esta teórica, es que se propone la producción de

concreto con agregados reciclados como un medio para generar una economía circular, con sostenibilidad en el medio ambiente.

Figura 3

Dimensiones del Desarrollo Sostenible



Nota: Presentado en el artículo “The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects” de la revista Sustainability por (Shi et al., 2019).

2.1.2. Uso de áridos reciclados en el concreto para la construcción sostenible

La edificación sostenible representa la mejora de los estándares técnicos para optimizar y reducir su impacto en el uso de recursos tales como materias primas, agua y energía, así como su impacto ambiental en el entorno (Salas, 2019).

La construcción forja grandes cuantías de RCD, que generalmente se envían a vertederos. El uso de áridos reciclados en el concreto permite reciclar parte de estos RCD y reducir la cantidad de desechos que van a parar a los vertederos, contribuyendo así a la gestión sostenible de los residuos.

Así mismo, reduce la necesidad de extraer y utilizar nuevos recursos naturales, como grava y arena. Esto ayuda a conservar estos recursos finitos y reduce el impacto ecológico asociado con su extracción. El uso de áridos reciclados abre posibilidades completamente

nuevas para el reuso de materiales. La utilización de áridos reciclados es una buena solución del exceso de desechos, siempre que se alcance la calidad del producto final deseado. Los estudios sobre áridos reciclados se vienen realizando desde hace 50 años. De hecho, ninguno mostró que los agregados reciclados no sean aptos para uso estructural (Etxeberría et al., 2007).

La producción de áridos a partir de la extracción y procesamiento de materiales vírgenes requiere una gran cuantía de energía y, por lo tanto, emite una cuantía inmensa de gases de efecto invernadero (GEI). El uso de áridos reciclados en lugar de áridos naturales reduce la cantidad de emisiones de GEI asociadas con el concreto, lo que lo convierte en una alternativa sostenible del aspecto climático.

El uso de áridos reciclados promueve la economía circular, ya que se reconoce el valor de los materiales recuperados y se integran nuevamente en el ciclo de producción. Esto impulsa la mejora del reciclaje más robusto y contribuye a la generación de empleo en el sector.

Los áridos reciclados pueden tener propiedades y características ligeramente diferentes a las de los áridos naturales, lo que puede plantear desafíos en términos de calidad y durabilidad del concreto. Sin embargo, la tecnología en este campo ha permitido superar muchas de estas limitaciones y demostrar que el concreto con áridos reciclados puede tener desempeño similar al concreto convencional.

Investigaciones a nivel mundial han demostrado que existen claras diferencias entre los agregados reciclados y naturales, como porosidad, absorción de agua, baja densidad superficial, mayor valor de aplastamiento. De acuerdo con los requisitos de desempeño específicos del concreto, la mejor manera de superar las deficiencias de los métodos de diseño tradicionales es elegir las materias primas apropiadas y luego diseñar el concreto más económico y de alta calidad basado en los métodos de proporción de mezcla adecuados, y esto plantea nuevos pensamientos y método de diseño (Xiao, 2018). Así mismo, el uso de áridos reciclados en el concreto puede conducir a un ahorro económico, ya que los áridos reciclados suelen ser más

económicos que los áridos naturales. Esto puede beneficiar a los contratistas y a los propietarios de proyectos que buscan reducir los costos de construcción.

En resumen, la aplicación de áridos reciclados en el concreto para la construcción implica ventajas significativas en términos de sostenibilidad, gestión de residuos, reducción de GEI, impulso a la economía circular y calidad del concreto.

2.2. Marco conceptual sobre el tema de investigación

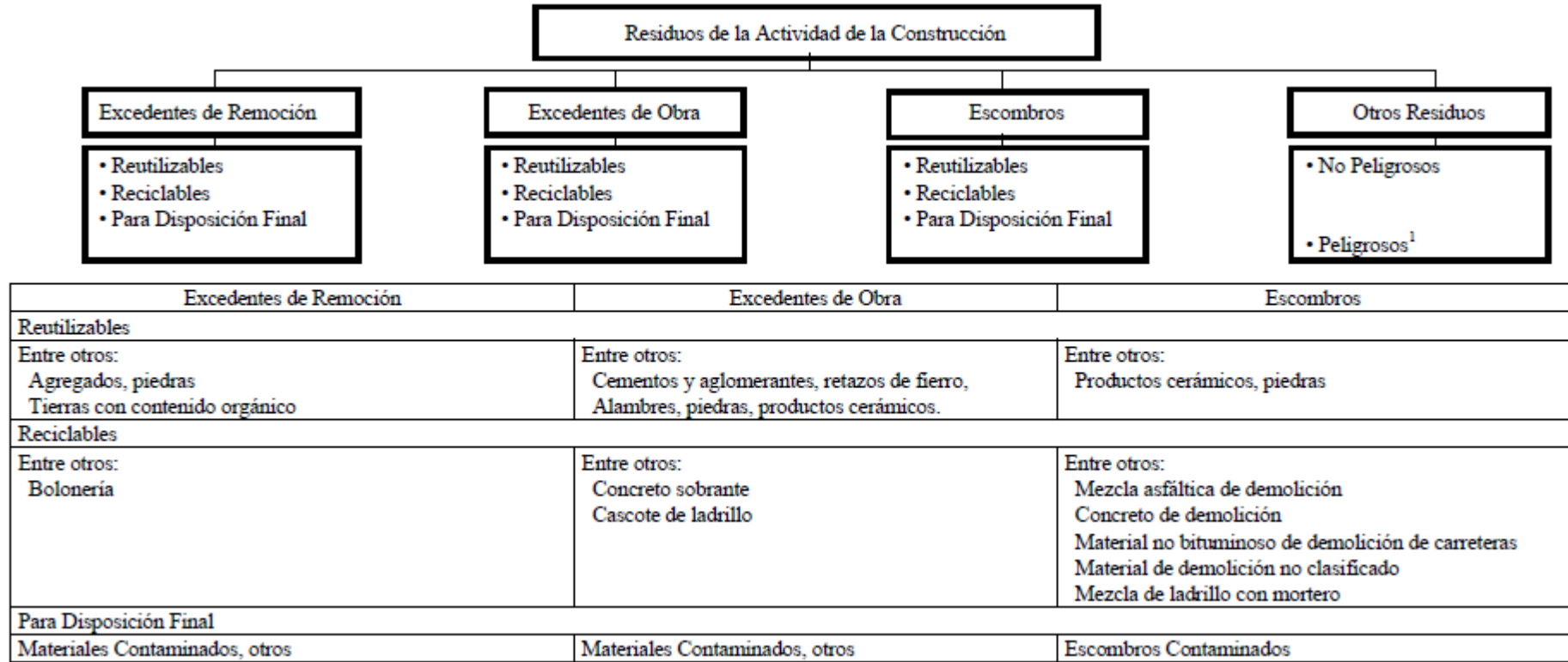
2.2.1. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Residuos inertes, que proceden de la demolición de edificaciones e infraestructura que han quedado obsoletas y/o de las construcciones nuevas (Mejía et al, 2013). Según el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL, 2017) en la NTP 400.050, los RCD se pueden clasificar según su procedencia en: excedentes de remoción, de obras, escombros y otros (Fig. 3), mientras que, según Pacheco et al. (2017) por su procedencia y posibilidad de manejo los RCD pueden ser aprovechables y no aprovechables.

El concreto de demolición (Tabla 1) puede tener diversos usos según la NTP 400.050 (INACAL, 2017), pero para el manejo se requieren procesos (Fig. 4) de recolección y transporte (Se realiza de forma selectiva, según la empleabilidad del residuo, utilizando para su traslado equipos y vehículos, en el tiempo, y por vías, según normas), aprovechamiento (Los residuos son tratados para obtener materiales secundarios que sean reciclables, según requerimientos técnicos); para la transformación de los RCD primero inspeccionan visualmente, pesan y determinan el tratamiento para el residuo, luego se separa de forma manual o mecánica los componentes, para posteriormente pasar por el proceso de trituración y separación por medio del cribado o tamizado, en el diámetro idóneo según fin de uso, sea para bases, subbases, o como agregados para mezclas de concreto (Castaño et al., 2013). Y la disposición final se realizará en lugares apropiados y regulados, previo tratamiento, que minimice los efectos nocivos a la salud y el entorno (INACAL, 2017).

Figura 4

Categorización de los Residuos de Construcción

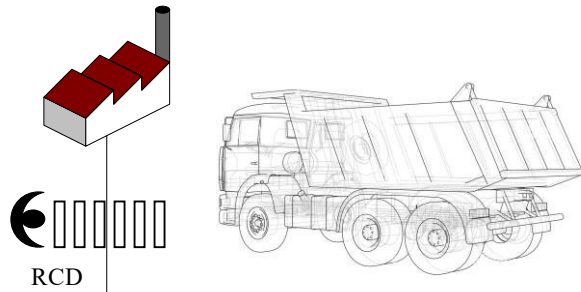


Nota: Presentado en la norma NTP 400.050 (INACAL, 2017).

Tabla 1*Opciones de Aplicación de los Residuos de Concreto de Demolición*

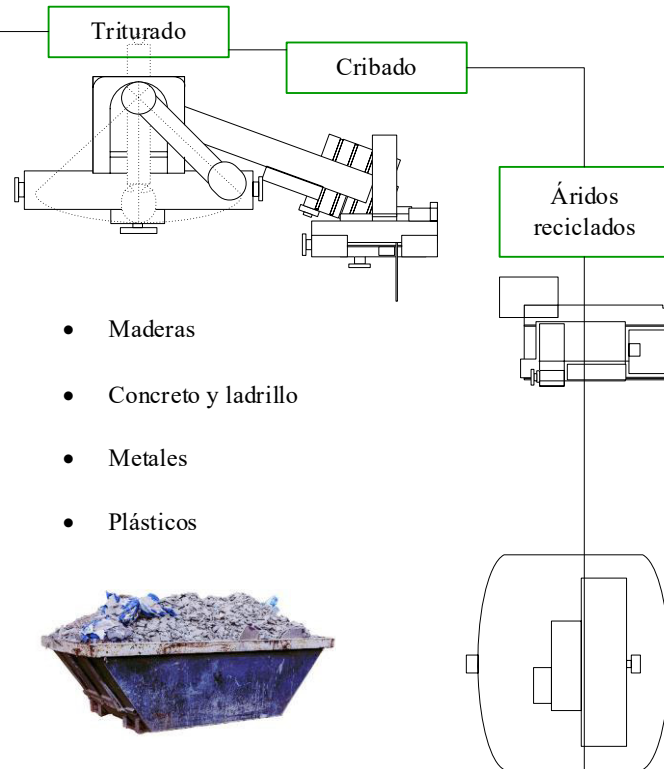
	Procedencia	Concreto de demolición	
		Losas de concreto	Edificaciones, carreteras, canales
Tipo I	Usos		
	Carpeta asfáltica		4
	Losas de concreto		1
	Morteros		1
	Concreto		1
	Ladrillos		1
Tipo II	Bases sin aglomerantes		2
	Sub base		2
	Capa sub rasante		2
Tipo III	Rellenos no portantes		3
	Taludes contra ruido		3
	Rellenos sanitarios		3

Nota: Usos: Tipo I: aplicaciones que utilizan ligantes (cemento y asfalto), tipo II: aplicaciones que no requieren ligantes, pero son técnicamente más complejas, tipo III: aplicaciones que no requieren ligantes y son las menos complejas técnicamente. Nivel de recomendación: 1: uso óptimo de acuerdo con los más estrictos estándares técnicos de uso de materiales, 2: uso posible siempre que el trabajo realizado con este consumible no sea reciclable, 3: opción menos recomendada, 4: no recomendado. Presentado en la norma NTP 400.050 (INACAL, 2017).

Figura 5*Flujograma de una Planta de Tratamiento - RCD***a) Recolección y transporte**

Control visual

Báscula

b) Aprovechamiento (reutilización y reciclaje de materiales)

Zona descarga

Vertedero

c) Disposición final

Nota: Adaptado del artículo "Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes" presentado en la revista *Tecnura* por (Castaño et al., 2013).

2.2.2. Agregados naturales

Los agregados son aquellos considerados como mecanismo dinámico en las mezclas de concreto (Chan, et al., 2003).

Tabla 2

Categorización de los Agregados

Criterio	Categorización	Descripción
Por su procedencia	Naturales	Gran disponibilidad en cantidad y calidad.
	Artificiales	Surgen como resultado del proceso de conversión de materiales naturales a través de la producción de productos secundarios.
Por su gradación o granulometría	Grueso	De acuerdo con la NTP 400.017, este es un material contenido en una malla estándar de 4.75 mm (No. 4).
	Fino	Es un material que pasa por un tamiz estándar de 9.5 mm (3/8”) según NTP 400.017.
Por su densidad (Gravedad específica gr/cm ³)	Pesados	≥ 2.75
	Normales	2.5 a 2.75
	Ligeros	< 2.5

Nota: Se presenta la categorización de los agregados de acuerdo a su procedencia gradación y densidad, donde SSS se refiere al estado saturado superficialmente seco en el que se mide la gravedad específica (Chávez, 2016).

Agregado fino. Material natural o artificial granular cuya textura puede influir en la adherencia del concreto (Rivva, 2011). La NTP 400.037 establece que es un agregado descompuesto natural o artificialmente que pasa a través de un tamiz de 9.5 mm (3/8”) y se retiene en tamiz de 74 micras (#200) (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], 2018, p. 6).

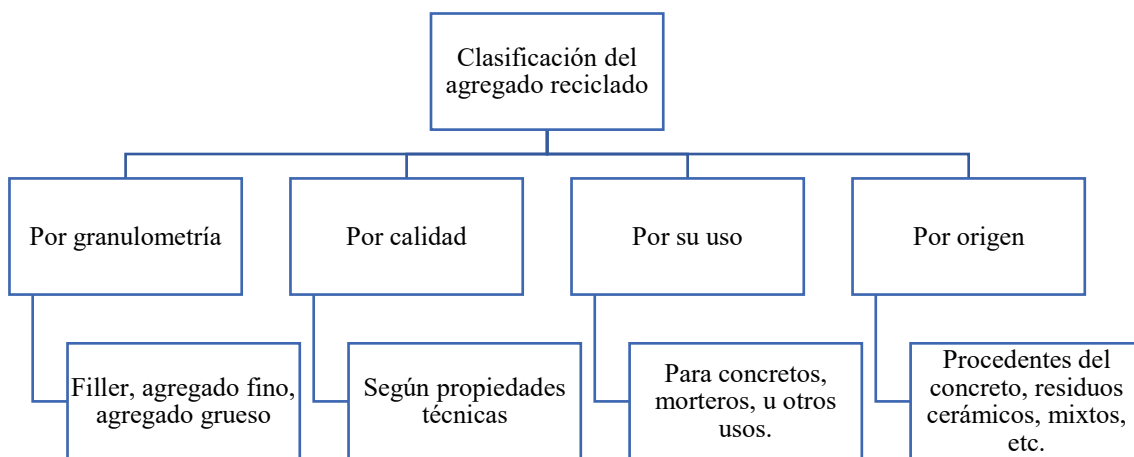
Agregado grueso. Materia prima para la producción de concreto. Por tanto, se debe usar el máximo número y tamaño (Gutiérrez, 2003). Es el material obtenido de la conversión de roca en piedra triturada, el cual debe cumplir los requerimientos de tamaño de partícula de la NTP 400.037 (INACAL, 2018).

2.2.3. Agregados reciclados

Actualmente, los RCD permiten elaborar agregados reciclados, que después pueden utilizarse en la producción de concreto y/o morteros, de tal forma que se reutilicen de forma directa en obras o por medio de la elaboración de otros elementos destinados a la construcción. Habitualmente el agregado reciclado se puede clasificar por su granulometría, calidad, uso y procedencia (Sáiz, 2015).

Figura 6

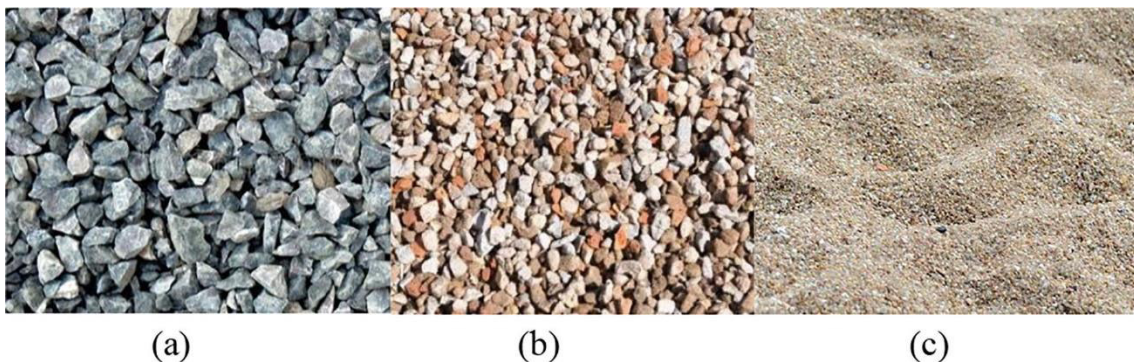
Clasificación del Agregado Reciclado



Nota: Representación de la clasificación del agregado reciclado, adaptado de (Sáiz, 2015).

Figura 7

Áridos reciclados gruesos (a), medios (b) y finos (c).



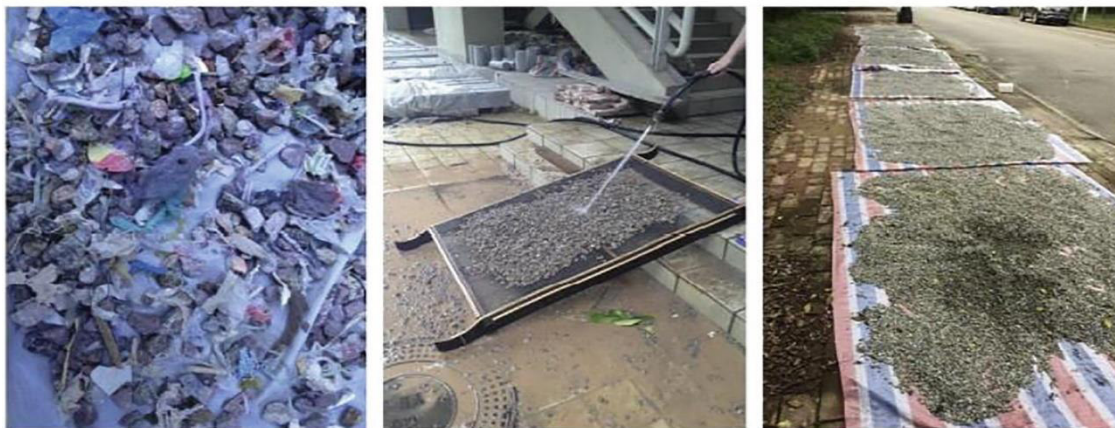
Nota: (a) Vista del agregado grueso compuesto generalmente por grava, (b) del agregado medio compuesto por la mezcla de agregado fino y grueso, (c) el agregado fino integrado por arena (Thomas et al., 2022).

Para obtener un agregado reciclado de mejor calidad, se puede realizar la demolición selectiva, que, si bien es más cara por los procesos previos, permite obtener un producto más limpio, que luego pasa por un proceso de transformación de escombros en áridos, mediante plantas móviles, semi móviles o fijas de manejo de RCD (Sáiz, 2015).

Existen varias técnicas para preparar áridos reciclados a partir del hormigón demolido: martilleo manual, motores mecánicos o técnicas de voladura (Siddika et al., 2021). Teniendo en cuenta la economía, menos problemas de clasificación y efectividad del tiempo, se recomienda el método mecánico para separar el agregado del concreto demolido. Sin embargo, los agregados recolectados deben ser pretratados para limpiar las contaminaciones, materiales sueltos y componentes orgánicos. Los pretratamientos comúnmente adoptados son trituración, tamizado y riego (Thomas et al., 2022).

Figura 8

Procedimiento de preparación de agregados reciclados



(a) Removing impurities

(b) Washing

(c) Drying

Nota: (a) remover impurezas, (b) lavar, (c) secar. (Thomas et al., 2022).

2.2.4. Propiedades de los agregados

Humedad (H). Agua dentro de la matriz del agregado natural (Cordova y Valverde, 2019).

$$H = \frac{\text{Peso}_{\text{agua muestra}}}{\text{Peso}_{\text{seco muestra}}} \times 100 \quad (1)$$

Gradación. Tamaño de gradación del árido (Sáiz, 2015).

$$\% \text{Que pasa} = \frac{\text{Peso que pasa}}{PT} \times 100 \quad (2)$$

Donde, peso total (PT).

$$\text{Peso que pasa} = PT - \text{Peso retenido acumulado} \quad (3)$$

Donde, el peso que pasa es la resta del peso total del agregado y el peso retenido acumulado en porcentaje (este es el cociente del peso retenido acumulado entre el peso total de la muestra).

Figura 9

Comparación de la Morfología de los Agregado Finos y Gruesos Utilizados en el Concreto



Nota: Se puede observar la morfología del agregado natural de tamaño: (a) 9.5 mm y (b) 19 mm, pero también la morfología del agregado reciclado: (c) de 9.5 mm y (d) de 19 mm (Hu et al., 2019)

Módulo de fineza. Mide que tan fino es el agregado, sin embargo, se recomienda su estimación para el agregado fino (Cordova y Valverde, 2019). La NTP 400.037 (Instituto

Nacional de la Calidad [INACAL], 2021), especifica que el módulo de finura del árido para concreto debe estar entre 2.30 a 3.10.

$$MF = \frac{\sum_{\text{tamiz } 6''}^{\text{tamiz } N^{\circ} 100} \text{Porcentaje retenido acumulado}}{100} \quad (4)$$

En la ecuación 4, es igual a la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, $\frac{3}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ", 3" y de 6".

Tamaño máximo. Según Torre (2004) es la rejilla más pequeña a través de la cual pasa todo el material.

Tamaño nominal máximo. Incluye al tamiz más pequeño que provoca el primer retenido (Torre, 2004).

Porcentaje de Finos (F). Materiales combinados en los agregados que destruyen el concreto

$$F = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \quad (5)$$

Donde: W_0 : Peso seco del agregado (gr), W_1 : Peso seco del agregado después de lavado (gr).

Tabla 3

Máximo porcentaje de finos

Agregados	% máximo pasante tamiz N° 200 para concreto	
	Expuesto a la abrasión	No expuesto a la abrasión
Arena triturada	5	7
Grava triturada	1.5	1.5
Arena natural	3	5
Grava natural	1	1

Nota: El agregado para concreto no debe exceder los límites de finos que pasan el tamiz N° 200 y que están dados en la norma NTP 400.037 (INACAL, 2019).

Peso específico. Correspondencia entre el peso y volumen del agregado. Para árido fino y grueso se utiliza la NTP 400.022 y 400.021.

$$Pem = \frac{Wo}{V-Va} \times 100 \quad (6)$$

$$Pesss = \frac{500}{V-Va} \times 100 \quad (7)$$

$$Pea = \frac{Wo}{(V-Va)-(500-Wo)} \times 100 \quad (8)$$

Donde, Pem es el peso específico de masa, Pea peso específico aparente, Pe SSS peso saturado superficialmente seco, Wo es peso en el aire de la muestra secada en el horno, V volumen del frasco, Va volumen de agua añadida al frasco.

Absorción. Capacidad para colmar los vacíos, al ser inmersos en agua (Infante y Castro, 2020). La prueba está regulada correspondientemente por la NTP 400.021 y 400.022 para gruesos y finos.

$$Ab = \frac{Wa}{Ws} \times 100 \quad (9)$$

Donde, se detalla la ecuación para estimar la absorción del agregado, donde Wa es el peso del agua, y Ws es el peso de la muestra secada en el horno.

Peso unitario. Puede ser suelto o compactado, suelto cuando está en estado de reposo; mientras que, en el peso unitario compactado, es sometido a vibración por lo que presenta una mayor masa (Cordova y Valverde, 2019)

$$PUS = \frac{Ws}{V} \quad (10)$$

$$PUC = \frac{Wc}{V} \quad (11)$$

Donde, PUS peso unitario suelto, PUC peso unitario compactado.

$$\% Vacios = \frac{(A \times Wa) - PU}{A \times Wa} \quad (12)$$

Donde A es el peso específico aparente, PU es el peso unitario de los agregados y Wa es la densidad del agua.

Abrasión. Fricción causada por el desplazamiento de material de una superficie sólida, partículas sólidas o protuberancias deslizando sobre una superficie (Figueroa y Mesta, 2018). Esto se realiza en la planta de Los Ángeles para probar el aguante a abrasión.

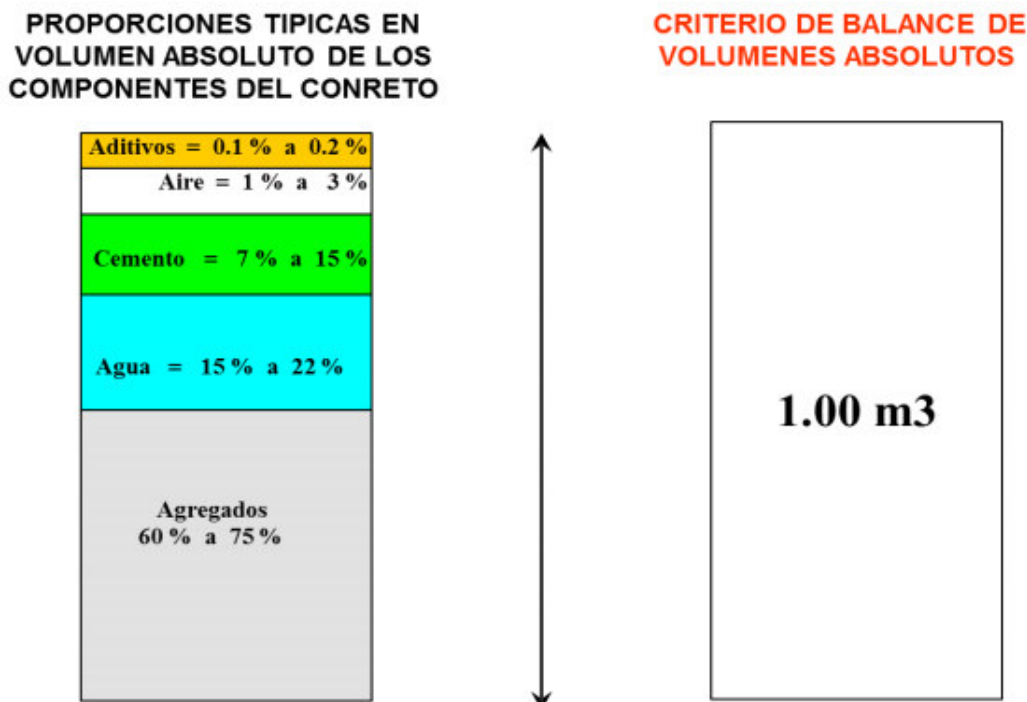
2.2.5. Concreto

Mezcla de aglutinante (cemento), agregados (reellenos o agregados), agua y aditivos individuales que se combinan para formar una unidad sólida capaz de soportar enormes cargas de compresión a lo largo del tiempo (Sanchez, 2001).

El concreto tiene que cumplir con propiedades en estado fresco y endurecido regidas por las NTP, no obstante, previo a la determinación de sus características se realiza el diseño de mezclas, método por el que, se asegura que el concreto cumpla con el $f'c$ de diseño, en otras palabras, se proporciona la cantidad de materiales que, aseguren su resistencia, no obstante, usualmente sus componentes varían en los siguientes porcentajes: (Ticlla, 2018)

Figura 10

Componentes del Concreto



Nota: (Ticlla, 2018).

2.2.6. Diseño de mezclas

Por el método del Comité American Concrete Institute (ACI) 211.1 se determina las proporciones de concreto simple, pesado y rígido, proporciona ejemplos para establecer las dosificaciones de concreto simple. Se basa en la medición de la masa y volumen de materiales y está destinado a mezclas frescas y endurecidas. Los pasos de la planificación para su diseño son: (Romero & Hernandez, 2014).

- Elección de la ubicación
- Control TMP
- Evaluación de agua de mezcla
- Medición de la firmeza
- Selección de la relación agua/cemento (a/c)
- Definición de la cuantía de cemento y aditivos
- Sistematización cuantitativa para cada agregado
- Cálculo de las dosificaciones iniciales
- Control de humedad total

2.2.7. Propiedades del concreto

2.2.7.1. En estado fresco

Mezcla semilíquida que se vuelve rígida por el proceso de hidratación (Giraldo, 2003).

En estado fresco tiene como propiedades:

Trabajabilidad. Según Pasquel (1993) es una condición o combinación de propiedades que hace que el concreto sea más o menos fácil de colocar en una estructura.

Consistencia. Esto está determinado por la humedad de la mezcla. La cohesión de las mezclas de hormigón se determina mediante el ensayo slump (Abanto, 2009). La prueba de asentamiento o ensayo del cono de Abrams tiene como objetivo principal medir la cohesión

del concreto, que, dependiendo del tipo de construcción, se evalúa durante el cálculo de la mezcla (Torre, 2004).

Figura 11

Asentamientos Referenciales



Nota: (NTP 339.035, 2015).

Peso unitario. Después de mezclar, el peso de todos los componentes del concreto facilita compararlos. Contenido específico con tres funciones: (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], 2019).

- *Concreto liviano = con peso unitario inferior a 1900 kg/m^3*
- *Concreto normal = con peso unitario entre 2200 y 2400 kg/m^3*
- *Concreto pesado = con peso unitario entre 2800 y 6000 kg/m^3*

Contenido de aire del concreto. Está diseñado para medir la cantidad de aire durante la preparación. Esta prueba no se aplica al concreto con agregados livianos, sino que se requiere un factor de corrección general para el concreto más pesado. (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], 2019)

Temperatura. Es el calor definido de la propia masa (American Society for Testing and Materials [ASTM C 1064], 2017).

2.2.7.2. En estado endurecido

Resistencia a flexión. Esfuerzo máximo que una viga puede aguantar en flexión previo a que aparezcan grietas (Pacheco, 2017).

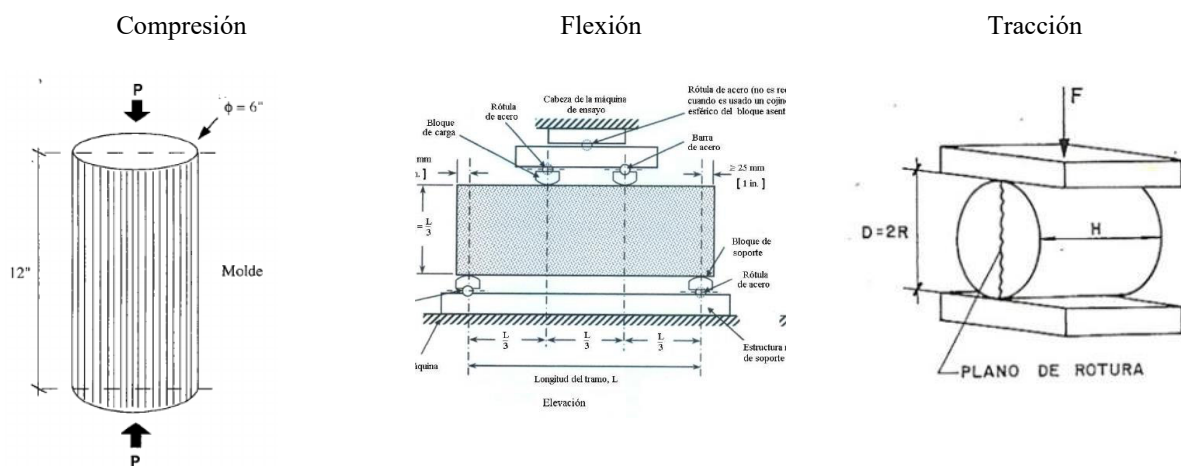
Resistencia a tracción. Esfuerzo máximo mecánico a tracción de una probeta.

Resistencia a compresión. Según Gutiérrez (2003) es la propiedad mecánica más sustancial del concreto y se usa a menudo para medir su calidad. La prueba se hace al aplicar compresión axial a una muestra cilíndrica a una velocidad estándar hasta que se abre el ensayo. La resistencia máxima se determina dividiendo:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga máxima alcanzada}}{\text{Área promedio de la sección}} \quad (13)$$

Figura 12

Características Mecánicas del Concreto



Nota: Adaptado de (Vásquez, 2020).

2.3. Definición de términos

Agregado fino. Granular que se utiliza en la fabricación de concreto y mortero. Suele tener un tamaño de partícula menor a 5 mm y se utiliza para llenar vacíos de la grava. El árido es el agregado que pasa por una malla de 3/8 de pulgada y sigue siendo de malla 200 (Torre, 2004).

Agregado grueso: Es un material granular utilizado en el concreto. Suele tener un tamaño de partícula mayor a 5 mm y se utiliza como componente estructural para brindar resistencia a la mezcla de concreto. Las piedras trituradas y la grava son ejemplos comunes de agregado grueso (Torre, 2004).

Agregados naturales: Son los agregados que se obtienen directamente de la naturaleza, como la arena de río, la piedra triturada, entre otros. Se utilizan en el concreto y otros materiales (Torre, 2004).

Agregados reciclados: Son los agregados que se obtienen de materiales de RCD. Pueden provenir de concreto, vidrio, cerámica, neumáticos, entre otros. Son utilizados para reemplazar parcial o totalmente los agregados naturales en la fabricación de concreto u otros materiales.

Arena. Es un pequeño conjunto de descomposición de roca natural. Es un tipo de agregado fino que se compone principalmente de partículas de rocas desgastadas. Suele ser utilizada en el concreto, mortero y en superficies granulares (Torre, 2004).

Concreto simple. Mezcla de agregados, cemento y agua. No cuenta con ningún tipo de aditivo ni refuerzo metálico, por lo que su resistencia a la tracción es baja (López, 2009).

Concreto de Demolición. Es el concreto resultante de la demolición de estructuras o elementos constructivos. Puede ser triturado y utilizado como grava o fino para nuevos elementos de concreto. Este es un término general para los fragmentos de concretos derivados por la demolición de obras civiles de hormigón (simple o armado). Además, incluye hormigón de trabajos redundantes (INACAL, 2017).

Residuos de construcción y demolición (RCD). Son los materiales derivados de la remodelación, construcción, o demolición de edificaciones. Pueden incluir concreto, ladrillos, madera, metal, plásticos, entre otros. Es importante gestionar adecuadamente estos residuos para minimizar su impacto ambiental y maximizar su potencial de reciclaje (Aldana y Serpell, 2012).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Enfoque cuantitativo, se cuantifican las características del concreto con agregados naturales y reciclados, a través de ensayos de laboratorio, que permiten determinar la variación de la dosificación y propiedades.

Es de tipo aplicado, se conoce el proceso de diseño de mezclas, y de realización de ensayos de laboratorio que, han servido para determinar los resultados que, permitan el símil entre el concreto con agregados naturales y reciclados.

El nivel es descriptivo causal simple, se han descrito los resultados, que tienen una causa (incorporación de agregados reciclados) que ha generado, un efecto en las propiedades del concreto.

El diseño es experimental de pre test y post test, es decir se tiene una muestra antes y después del experimento, en este caso se han elaborado el concreto sin y con agregados reciclados en remplazo del 100% de agregados naturales, cuya dosificación se ha determinado por el diseño de mezclas.

Diseño de un grupo o diseño secuencial o lineal con pretest y posttest. La aplicación de este diseño implica que el investigador debe realizar tres pasos: la medición previa (pretest) de la variable dependiente en estudio; introducción o aplicación independiente o experimental de la variable X a un grupo de sujetos. y sujeto a la nueva variable dependiente (post-test).

GE: $O_1 \quad X \quad O_2$ (14)

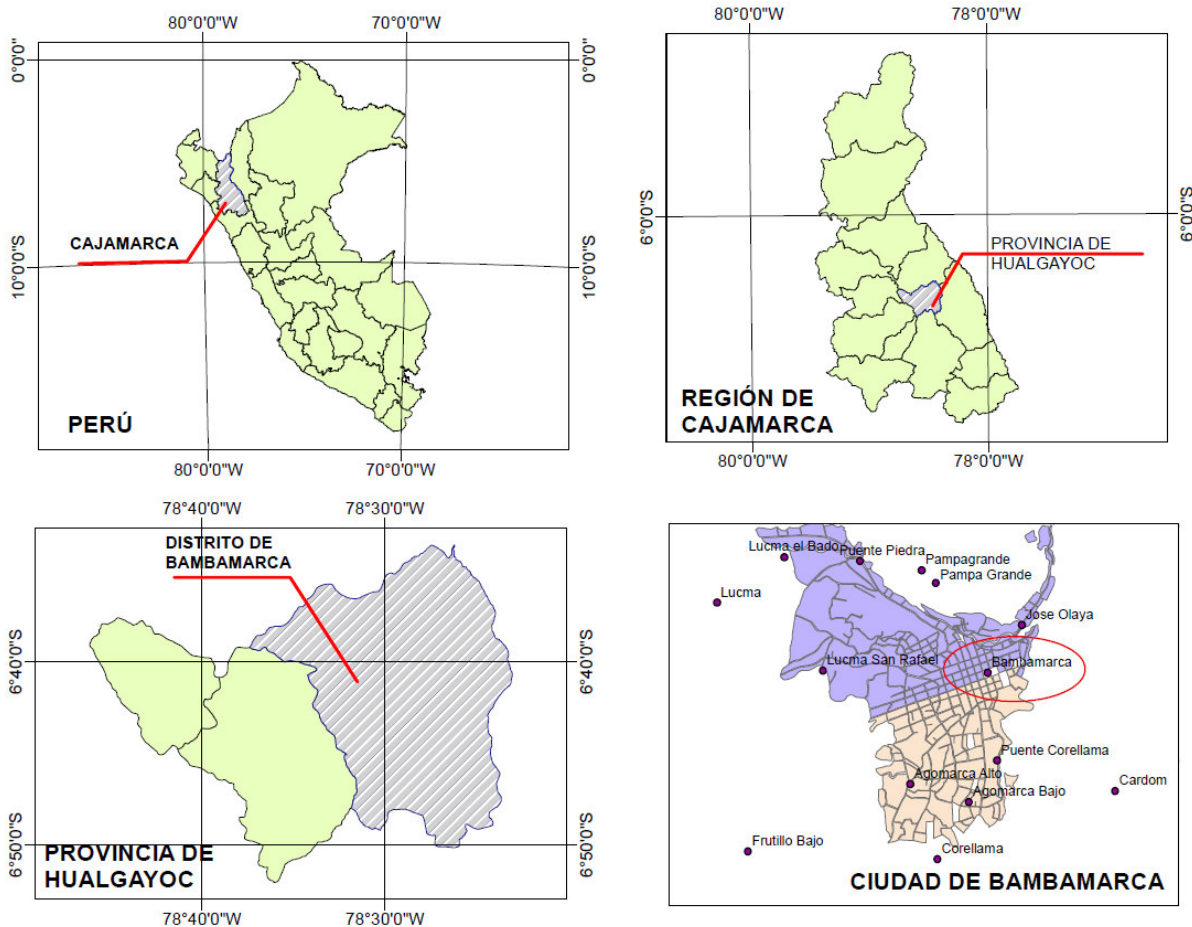
3.2. Ámbito temporal y espacial

El ámbito temporal se ha llevado a cabo en 5 meses, desde octubre del año 2022 a febrero del año 2023.

El ámbito espacial fue Bambamarca, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca

Figura 13

Mapa de Ubicación de la Ciudad de Bambamarca



Nota: se puede observar el mapa político de Perú donde se resalta la región de Cajamarca, luego el mapa de Cajamarca donde se resalta la provincia de Hualgayoc, después el mapa de la provincia de Hualgayoc donde se resalta el distrito de Bambamarca y finalmente la ciudad de Bambamarca.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

“Concreto con agregados reciclados”, el concreto es aquel material que en estado fresco es pastoso y fácil de trabajar, mientras que, en estado endurecido es fuerte como una roca siendo así se deben conocer sus propiedades, son aquellas características que posee el concreto, y que varían para cada diseño de mezcla. Tiene como dimensiones:

Agregados reciclados. Son los agregados que se obtienen a partir de la limpieza, selección y trituración de residuos de concreto de demolición, y que se usan como materia

prima en el concreto, los cuales para su uso en la producción se verifican de acuerdo a la NTP 400.037, por lo que, tienen como indicadores a sus propiedades.

Diseño de mezcla. Dosificación del concreto en cuanto a materiales.

Propiedades físicas del concreto. Características del concreto fresco, que definen su consistencia y trabajabilidad.

Propiedades mecánicas del concreto. Peculiaridades resistentes del concreto. Sus indicadores son las resistencias.

3.3.2. *Variable dependiente*

“Sostenibilidad de proyectos de edificación” hace mención al ahorro sustancial de materias primas durante la construcción de una edificación al utilizar agregados reciclados en el departamento de Cajamarca, por tanto, sus dimensiones de análisis son:

Social. Se han analizado los beneficios sociales del uso de agregados reciclados.

Económico. Se ha analizado el impacto económico de la producción.

Medioambiental. Se ha sustentado los beneficios ambientales.

Tabla 4*Matriz de Operacionalización de Variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítem	
Variable independiente Concreto con agregados reciclados	Material que en estado fresco es pastoso y fácil de trabajar, mientras que, en estado endurecido es fuerte como una roca siendo así se deben conocer sus propiedades físicas y mecánicas, son aquellas características que posee el concreto fresco y endurecido, y que varían para cada diseño de mezcla	Agregados reciclados	Humedad	%	
			Gradación	%	
			Peso específico	Kg/m ³	
			Absorción	%	
			Peso unitario	Kg/m ³	
			Abrasión	%	
		Diseño de mezcla	Cemento	bls	
			Agregados	m ³	
			Agua	lts	
			Aditivos	lts	
			Propiedades físicas	Asentamiento	“
				Aire	%
				Temperatura	°C
			Propiedades mecánicas	Densidad	Kg/m ³
Compresión	Kg/cm ²				
Flexión					
Variable dependiente Sostenibilidad de proyectos de edificación	Que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades futuras. Hace mención al ahorro sustancial de materias primas durante la construcción de una edificación al utilizar agregados reciclados en el departamento de Cajamarca.	Sostenibilidad social	Usos en la construcción		
			Mano de obra	S/.	
		Sostenibilidad económica	Materiales	S/.	
			Equipos y/o herramientas	S/.	
	Sostenibilidad medioambiental		Sostenibilidad medioambiental	Porcentaje de remplazo de material de cantera por agregados reciclados	%

Nota: se detalla las dimensiones e indicadores de cada una de las variables de estudio.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población son los especímenes de concreto elaborados con agregados reciclados, en el departamento de Cajamarca.

3.4.2. Muestreo

Se realizó en Minitab 19, por diseño de bloques completamente al azar (DOE) factorial, donde los factores fueron: tiempo de curado (7, 14 y 28 días), tipo de agregados (naturales y reciclados), y tipo de ensayo (compresión, flexión y tracción), con 3 repeticiones, dando un total de 54 especímenes.

3.4.3. Muestra

Especímenes de concreto elaborados con agregados reciclados en Bambamarca, Cajamarca.

18 especímenes de concreto con agregados locales y agregados reciclados, en el distrito de Bambamarca cilíndricos para compresión, 18 especímenes prismáticos para flexión y 18 especímenes cilíndricos para tracción, a los 7, 14 y 28 días. Dando un total, de 54 especímenes de concreto, 27 con agregados locales y 27 con reciclados.

Tabla 5

Especímenes para Ensayos a Compresión

Concreto	Tiempo de curado de los especímenes			Total
	7	14	28	
Con agregados reciclados	3	3	3	9
Con agregados locales	3	3	3	9
Total	6	6	6	18

Nota: Se presenta el detalle del número de probetas que se ensayaron a compresión de acuerdo al tiempo de curado de los especímenes.

Tabla 6*Especímenes para Ensayos a Flexión*

Concreto	Tiempo de curado de los especímenes			Total
	7	14	28	
Con agregados reciclados	3	3	3	9
Con agregados locales	3	3	3	9
Total	6	6	6	18

Nota: Se presenta el detalle del número de probetas que se ensayaron a flexión de acuerdo al tiempo de curado de los especímenes.

Tabla 7*Especímenes para Ensayos a Tracción*

Concreto	Tiempo de curado de los especímenes			Total
	7	14	28	
Con agregados reciclados	3	3	3	9
Con agregados locales	3	3	3	9
Total	6	6	6	18

Nota: Se presenta el detalle del número de probetas que se ensayaron a tracción de acuerdo al tiempo de curado de los especímenes.

Tabla 8*Total, de Especímenes*

Tipo de ensayo	Especímenes de concreto		Total
	Con agregados naturales	Con agregados reciclados	
Compresión	9	9	18
Flexión	9	9	18
Tracción	9	9	18
Total	27	27	54

Nota: Se presenta el detalle del número de probetas que se ensayaron a compresión, flexión y tracción de acuerdo al tiempo de curado de los especímenes.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnicas

Revisión documental. Se revisan investigaciones, documentos, tesis, artículos y más que tengan relación con el estudio para conocer los procedimientos a seguir.

Observación sistemática. Proceso por el que, se visualiza todos los pasos que se han ejecutado en la investigación, sobre todo la extracción y producción de agregados naturales y reciclados, respectivamente.

Análisis. Proceso de laboratorio en el que se analizan los agregados, se diseña la mezcla, y se analizan las propiedades del concreto.

Comparación. Medio de cotejo de los resultados técnicos alcanzados por el concreto.

3.5.2. Instrumentos

Fichas documentales. Pequeñas fichas resumen de la información recolectada, especialmente de las normas técnicas peruanas (NTP) que han guiado el estudio.

Cuaderno de campo. Es el medio de exploración de lo observado durante la extracción de agregados naturales, y el procesamiento de concreto de demolición para obtener agregados reciclados.

Formatos de ensayos de laboratorio. Describen todos aquellos resultados de las pruebas de laboratorio al agregado y concreto, según las normas técnicas peruanas.

Matriz de comparación. Medio donde se resumen los resultados alcanzados y se comparan para determinar la variabilidad en los mismos, y la factibilidad de la producción de concreto con agregados reciclados.

3.6. Procedimientos

3.6.1. *Recolección y trituración de residuos de concreto de demolición*

Equipos y materiales

- Residuos de concreto de demolición
- Brocha
- Comba
- Malla 4.75 mm
- Recipientes
- Carretilla
- Máquina trituradora de piedra
- Agua

Procedimiento

Se ha recolectado el concreto de demolición de pistas y veredas en Bambamarca.

Ubicación de las áreas donde se ubican los restos de materiales de demolición.

Recolección de residuos de concreto en carretillas.

Si es necesario, limpieza general con cepillo y agua. Si se lava con agua, dejar secar.

Utilice comba para separar los residuos en trozos pequeños.

Estos residuos se colocan por separado en una trituradora de piedra para obtener agregados con un diámetro cercano a los agregados finos.

Finalmente, el residuo se tamiza para obtener la granulometría deseada (árido fino y grueso).

Figura 14

Recolección de concreto de demolición para producción de agregados reciclados



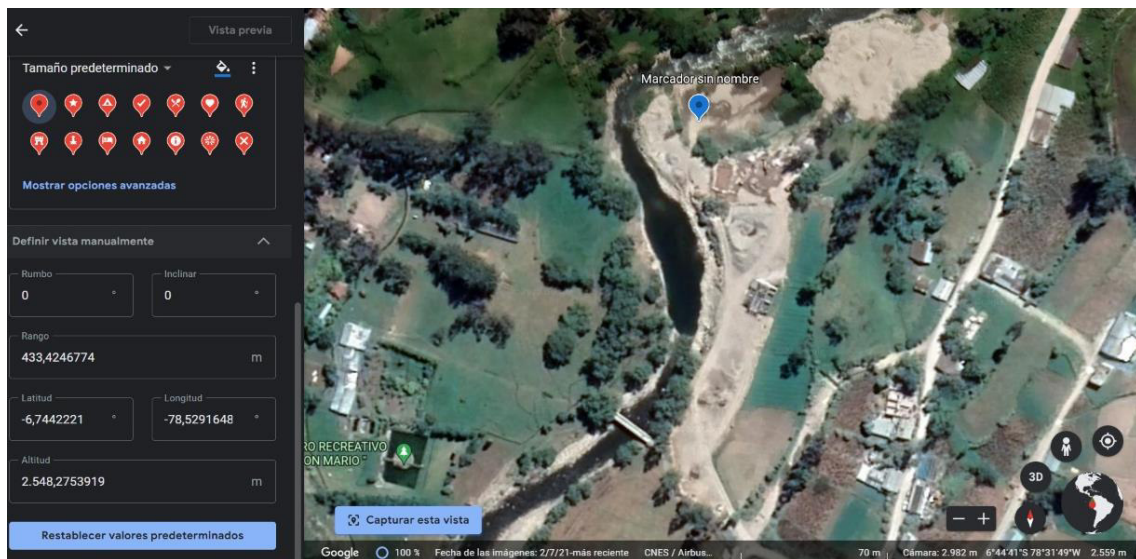
Nota: proceso de recolección del concreto de demolición obtenido a partir de la remoción de la capa de pavimento rígido de las avenidas de Bamabamarca.

3.6.2. Extracción de agregados naturales

Los agregados naturales se han extraído de la cantera JAIME LARA LLAUCAN, ubicada a orillas del río Llaucano en Bambamarca, Hualgayoc, Cajamarca, debido a que en esta se encuentran árido fino, y agregado grueso, siendo una de las canteras de mayor uso en el distrito. Al ser una cantera que ya está en proceso de extracción, solamente se ha tomado la muestra de agregado del acopio de material disponible para comercialización.

Figura 15

Ubicación de la Cantera de Agregados Naturales



Nota: Google earth, 2022.

3.6.3. *Ensayos en los agregados*

- a. Humedad del agregado según la NTP 339.185 (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL], 2018)

Materiales: Balanza, recipiente, horno.

Proceso

- Pesar el agregado húmedo antes de introducirla en el horno.
- Poner el depósito con el agregado en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Después de 24 horas, pesar la muestra seca.

- b. Granulometría según la NTP 400.012 (INACAL, 2018)

Equipos y materiales

- Balanza
- Tamices para agregado fino (AF): 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100.
- Agitador mecánico de tamices
- Tamices para agregado grueso (AG): 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4.

- Estufa

Proceso para AF

- La muestra se seca a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tomar el agregado con un peso mínimo de 1000 gramos a 300 gramos
- Tamiz para división AF.
- La muestra se vacía en el tamiz superior, que luego se coloca en un tamiz vibrador mecánico durante un tiempo suficiente.
- Se pesa y registra la cantidad de material retenido en el tamiz.

Proceso para AG

- La muestra a $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tomar una muestra de 10 kg.
- Los tamices AG son separados.
- Las muestras se preparan en proporciones tales que juntas constituyan la cuantía mínima solicitada para la prueba.
- La muestra se vierte en el tamiz superior, que luego se coloca en el dispositivo de tamizado mecánico durante un tiempo suficiente.
- Se procede a pesar la cantidad de agregado que se ha quedado en el tamiz.

c. Peso específico y absorción del agregado

Equipos y/o materiales

- Frasco volumétrico de 500 cm³
- Varilla de metal con extremo redondeado.
- Depósito de agua
- Cesta con malla de alambre
- Balanza
- Estufa

- Molde cónico, metálico.

Proceso para AG según la NTP 400.021 (INACAL, 2020)

- tres horas para luego determinar su peso.
- Limpiar unos 3 kg de árido grueso por despiece y desechar el material que ha pasado por un tamiz n° 4.
- Enjuague bien para eliminar los contaminantes de la superficie.
- La muestra se coloca en un horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Remoje en agua durante 24 horas, luego retire el agregado y seque para eliminar la humedad.
- La grava se determina en condiciones de saturación y sobre una superficie seca.
- Colocar el agregado en una cesta de alambre en agua y pesarla.
- Cocer en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 1 día.
- Transcurrido el tiempo, se saca el agregado del horno y se enfría durante 3h, para poder comprobar su peso posteriormente.

Proceso para AF según la NTP 400.022 (INACAL, 2020)

- Se colocan 1000 g de arena en un recipiente y luego se seca a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- La muestra se llena de agua y se deja durante 24 horas. Luego, la muestra se rompe por agitación para lograr un secado uniforme.
- Colocar el relleno en forma cónica batiendo aprox. Altura 5 cm con varilla metálica 25 veces. Se repite el procedimiento hasta que no quede humedad libre.
- Añadir 500 g del material preparado al vial.
- Llenar con agua hasta un nivel de 500 cm³ a 20 °C.
- Agite suavemente el vial hasta que desaparezcan las burbujas. El aglomerado se retira del matraz, se seca a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, se enfría y pesa.

d. Peso suelto y compactado del agregado según la NTP 400.017 (INACAL, 2020)

Equipos y materiales

- Balanza
- Recipiente
- Cucharón y varilla de apisonado

Proceso para PUC

- En el recipiente se embiste con la varilla provocando 25 golpes por cada tercio de agregado llenado.
- Pesar el depósito lleno y determinar el volumen del tanque.

Proceso para PUS

- El recipiente está seleccionado.
- Llene el recipiente 1/3, luego 2/3 y finalmente 3/3 del recipiente con agregado, dejando caer el agregado desde una altura de 5 cm o más por encima del borde superior del recipiente.
- Finalmente, determine el peso y el volumen del recipiente.

e. Resistencia a la abrasión según la NTP 400.019 (INACAL, 2020)

Equipos y/o materiales

- Máquina de los Ángeles y carga abrasiva
- Tamices
- Balanza
- Estufa

Proceso

- Tomar una muestra de 5000 gramos.
- Eliminar las impurezas, para ello se seca en un horno y luego se tamiza.

- Luego poner el relleno abrasivo en 12 bolas con 500 revoluciones usando la máquina ángel.
- Finalmente, descargamos el material, lo pasamos por el tamiz núm. 12, secar el material restante durante 24 horas a 110 °C y pesar la muestra.

Figura 16

Ensayo físico mecánicos del agregado natural



Figura 17

Ensayo físico mecánicos del agregado reciclado



3.6.4. Diseño de mezclas

Se ha seguido el procedimiento del ACI 211 (American Concrete Institute [ACI], 2002).

El procedimiento se inició con la selección de la resistencia promedio. Luego se seleccionó el TMN para el AG.

Selección del slump. Se ha elegido 3" a 4" trabajable (Rivva 2011).

Selección del volumen unitario del agua. Cuantía de agua por 1 m³ de concreto, para lograr el slump específico. Se ha elegido el volumen unitario de 193 lt/m³ (tabla 9).

Tabla 9

Volumen unitario del agua para concreto sin aire incorporado

<i>Asentamiento</i>	<i>Agua en m³, para TMN de AG y slump dado</i>							
	<i>3/8"</i>	<i>1/2"</i>	<i>3/4"</i>	<i>1"</i>	<i>1 1/2"</i>	<i>2"</i>	<i>3"</i>	<i>6"</i>
<i>3" a 4"</i>	228	216	205	193	181	169	145	124

Nota: (Comité del ACI 211, 2022)

Elección de la cuantía de aire. Las burbujas pueden ser como aire atrapado o atrapado. El volumen total de aire es la sumatoria del aire atrapado y el aire en la mezcla. Se ha elegido a 1.5%.

Elección de la relación A/C. En función de la resistencia y durabilidad. Es 0.58 y 0.55 para concreto con agregado natural y agregado reciclado (Tabla 10).

Tabla 10

Relación A/C por resistencia

Resistencia a compresión a los 28 días	A/C
	Concreto sin aire incorporado
300	0.55
250	0.62
200	0.70

Nota: (Comité del ACI 211, 2022)

Estimación de la cuantía de cemento. La relación de cemento se puede determinar dividiendo el volumen de agua (expresada en lt/m³) por la relación de agua a cemento para obtener kg/m³ (Rivva 2011, p. 109). Para estimar la relación de cemento (C), se ha usado la ecuación (15) determinando que el factor cemento para concreto con agregados naturales y reciclados es 7.89 bolsas y 8.19 bolsas, correspondientemente.

$$C = \frac{\text{Volumen Unitario del Agua}}{A/C} \quad (15)$$

Selección del agregado. Para ello se aplica:

Tabla 11

Volumen de agregado grueso

Tamaño máximo del agregado grueso (pulg)	Volumen de agregado grueso según MF del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70

Nota: (Comité del ACI 211)

Corrección de humedad

$$A.E. = \text{Agua Diseño} - AF_D \frac{(W\%_{AF} - Abs_{SAF})}{100} - AG_D \frac{(W\%_{AG} - Abs_{SAG})}{100} \quad (16)$$

$$AF_{efectivo} = AF_{diseño} \left(1 + \frac{w\%(\text{porcentaje de humedad})_{AF}}{100} \right) \quad (17)$$

$$AG_{efectivo} = AG_{diseño} \left(1 + \frac{w\%(\text{porcentaje de humedad})_{AG}}{100} \right) \quad (18)$$

En la ecuación (16) se detalla el cálculo del agua efectiva, en la (17) el cálculo del agregado fino efectivo, y en la (18) el cálculo del agregado grueso efectivo.

- Proporciones. Las proporciones se dan en peso y volumen.

3.6.5. Producción de especímenes

Equipos, materiales e instrumentos

- Agregados naturales

- Agregados reciclados
- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Mezcladora de concreto
- Planchas, guantes, cucharones, y tazones metálicos.
- Moldes cilíndricos
- Varilla de acero
- Mazo de goma

Proceso

El encofrado a utilizar se prepara recubriendo las superficies interior y exterior con derivados del petróleo.

Se pesa la cantidad de agregados naturales y reciclados según cálculo o diseño de mezcla.

Añadir agregado grueso con parte del agua de amasado antes de que la batidora empiece a girar.

Después de algunas revoluciones, parar la batidora y añadir el cemento y los agregados finos.

Todos los ingredientes se mezclan durante aproximadamente tres minutos, luego se reposan durante tres minutos y finalmente se mezclan durante dos minutos.

Humedecer las cucharas y tablas para enraizamiento.

Realizar pruebas slump, contenido de aire y temperatura.

A continuación, proceder a llenar probetas, según sea el caso, utilizando el cucharón y asegurándose de que esté siempre lleno para evitar roturas. Llenamos tres capas hasta un tercio de la altura de la forma y golpeamos cada capa uniformemente 25 veces y después de llenar cada capa golpeamos la superficie exterior con un mazo de goma 15 veces.

Se nivela la superficie con plancha, evitando retoques y descartando abolladuras o irregularidades.

Para el acopio inicial después de la finalización del trabajo, utilice bolsas de plástico para evitar que la humedad se evapore del hormigón fresco.

Figura 18

Elaboración de probetas con agregados naturales



Figura 19

Elaboración de probetas con agregados reciclados



3.6.6. Curación de especímenes

Equipos y/o instrumento

- Muestras moldeadas
- Depósito
- Agua

Procedimiento

Sacar la probeta del molde dentro de las 24 ± 4 horas posteriores al vaciado, evitando movimientos bruscos del soporte, luego desenroscar el molde y sacar la probeta verticalmente.

Luego anote la fecha de fabricación y el porcentaje agregado.

Trasladar inmediatamente la muestra a la zona de curado utilizando un baño proporcionado con agua potable.

Tiempos de curación 7, 14, 21 y 28 días.

3.6.7. Ensayos al concreto fresco

Peso unitario del concreto según la NTP 339.046 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud.
- Balanza
- Mazo de goma
- Placa de alisado, placa plana rectangular.
- Cucharón

Proceso

Pesar los moldes a utilizar y determinar sus volúmenes.

El concreto se coloca en el molde en tres capas de 1/3 de la altura total.

Después de 25 golpes en cada capa, use un mazo de goma para golpear cada capa 15 veces con fuerza suficiente para eliminar las burbujas.

Después de aplicar la tercera capa, lijar el borde superior, procurando que quede liso y completamente lleno.

Alise, limpie las paredes del recipiente y mida su masa.

Figura 20

Proceso: Prueba de peso unitario



Contenido de aire del concreto según la NTP 339.046 (INACAL, 2019)

Equipos y/o instrumentos

- Medidores de aire
- Medidor para agua.
- Olla Washington
- Embudo
- Cucharón

Procedimiento

Humedecer la parte inferior de la tapa y colóquela en la olla, ajustando los pestillos de dos en dos y en forma transversal.

Ambas válvulas de drenaje se abren.

La válvula de aire principal está cerrada, entre la cámara y el recipiente, y ambas válvulas están abiertas a través de la tapa.

Vierta agua de uno de los grifos hasta que salga agua del otro grifo.

La válvula de ventilación se cierra y se fuerza el aire a la cámara.

Abra la válvula principal entre la cámara de aire y el cilindro.

Leer el porcentaje de aire.

Figura 21

Procedimiento para contenido de aire



Asentamiento del concreto según la NTP 339.035 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Cono de Abrams.
- Herramientas pequeñas como badilejo, cucharón.
- Varilla de 60 cm acero liso de 5/8".
- Wincha

Proceso

Vierta el hormigón en el cono en tres capas, cada capa debe alcanzar 1/3 de su altura total, y golpee cada capa 25 veces con una varilla de acero lisa, sin golpear demasiado el fondo y sin dejar que la capa superior penetre muy profundamente sobre la primera capa de la capa anterior.

Luego se retira el cono y se mide la diferencia de alturas para determinar el asentamiento.

Figura 22 Procedimiento de la prueba Slump



Temperatura según la ASTM C 1064 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2017)

Equipos y/o materiales

- Módulo para control de temperatura ± 0.5 °C.
- Recipiente (bastante amplio)

Proceso

El termómetro se inserta de forma uniforme.

Presionar ligeramente la superficie del concreto alrededor del termómetro.

Dejar reposar termómetro por 2 minutos, cuando la temperatura se estabiliza se registran los datos obtenidos.

Figura 23

Procedimiento para determinar la temperatura del concreto



3.6.8. Ensayos al concreto endurecido

Resistencia a compresión del concreto según la NTP 339.184 (INACAL, 2018)

Equipos y/o instrumentos: Máquina de compresión, balanza.

Proceso

Se efectúa poco después de sacarlo del área de curado húmedo y también antes de probarlo para evitar la pérdida de humedad tanto como sea posible.

Se tienen en cuenta tolerancias temporales de 7 días (± 6 horas o 3,6%) y 28 días (± 20 horas o 3.0%).

Limpiar ambas superficies de contacto de la prueba y colocar la muestra sobre esta última.

Personalice el automóvil ingresando las dimensiones de prueba y la edad.

Aplique siempre presión. La tasa de carga está relacionada con la sección transversal de carga utilizada.

Cuando se detecta un mal funcionamiento, la máquina se detendrá automáticamente y se registrarán los datos recibidos.

Figura 24

Prueba a compresión de concreto natural



Figura 25

Prueba a compresión de concreto en agregados reciclados



Resistencia a flexión del concreto según la NTP 339.078 (INACAL, 2017)

Equipos y/o materiales

- Máquina de flexión
- Balanza

Procedimiento

Limpié ambas superficies de contacto de la probeta y colocar en los bloques de rotura.

La máquina se configura ingresando las dimensiones y la edad de prueba.

Se utiliza la carga perennemente y sin detenimiento.

Cuando el dispositivo detecta un mal funcionamiento, se detiene automáticamente y registra los datos recibidos.

Figura 26

Ensayo a flexión de concreto en agregados naturales



Figura 27

Ensayo a flexión de concreto en agregados reciclados



Resistencia a tracción del concreto según la NTP 339.084 (INACAL, 2017)

Equipos y/o materiales

- Máquina de carga
- Balanza
- Wincha

Procedimiento

Se utiliza probetas cilíndricas tal como en el ensayo de compresión, pero estas en vez de colocarse verticalmente, se colocan horizontalmente para medir el esfuerzo a tracción.

Se emplea la carga perennemente y sin detenerse.

La máquina se detiene cuando hay falla, y se registra la carga.

Figura 28

Ensayo de tracción de concreto en agregados naturales



Figura 29

Ensayo de tracción de concreto en agregados reciclados



3.7. Análisis de datos

El análisis descriptivo se ha realizado de acuerdo a las normas técnicas peruanas, y a la comparación en tablas y gráficos de los valores promedio de la resistencia del concreto.

Se ha realizado el análisis inferencial de datos en el programa Minitab 22, para determinar si se acepta la hipótesis nula (H_0), o alternativa (H_1).

3.8. Consideraciones éticas

La práctica científica requiere un comportamiento ético. Los criterios éticos son: (González, 2019)

Valor social o científico: La investigación debe tener un objetivo significativo desde el punto de vista científico y/o social. Debe contribuir a la construcción sostenible y aportar soluciones prácticas para reducir el impacto ambiental de las edificaciones.

Validez científica: La investigación debe seguir los estándares científicos y metodológicos establecidos para garantizar la validez de los resultados. Esto implica utilizar diseños de investigación adecuados, recopilar y analizar los datos de forma rigurosa y transparente, y presentar los resultados de manera objetiva y verificable.

Selección de especímenes: Esto implica que se deben evitar sesgos y asegurar que todos los grupos relevantes tengan la oportunidad de participar de forma voluntaria e informada.

Proporción favorable del riesgo-beneficio: La investigación debe evaluar cuidadosamente los posibles riesgos y beneficios para los participantes y para la comunidad en general. Los participantes deben ser informados de manera clara y comprensible sobre los posibles impactos y dar su consentimiento informado para participar.

Evaluación independiente: La investigación debe ser sometida a una evaluación ética independiente antes de su inicio. Esto puede implicar la revisión por parte de un comité de ética de investigación o de una entidad similar, que evalúe la adecuación ética del proyecto. Esta evaluación garantiza que se cumplan los principios éticos y legales aplicables.

IV. RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas del concreto

4.1.1. Concreto con agregados naturales

Se han detallado las propiedades del concreto fresco (Tabla 12), cuyos especímenes presentan regresión lineal negativa para las tres primeras propiedades y positiva para la densidad; eso indica que la temperatura, slump y contenido de aire disminuyen de una muestra o espécimen a otro por el contrario la densidad se incrementa (Fig. 30, Fig. 31, Fig. 32 y Fig.33). El asentamiento del concreto con agregados naturales en promedio es 3 ¾” por tanto tiene buena trabajabilidad cumpliendo con el slump de diseño (3”-4”), así mismo la temperatura promedio es 18.767° por tanto está en el rango de la temperatura ambiente, el contenido de aire promedio es de 2.67% coincidiendo con el rango de diseño (2-3%) y la densidad de la mezcla en promedio es de 2.383 gr/cm³ por lo que se encuentra dentro del rango de un concreto normal (2.24 a 2.4 gr/cm³); siendo así el concreto con agregados naturales presenta propiedades en estado fresco dentro del rango usual del concreto de peso normal.

Tabla 12

Propiedades del concreto fresco

Muestras	Slump (pulg)	Temperatura (°C)	C. de aire (%)	Densidad (gr/cm³)
M1	3 ¾	19.30	3.00	2.38
M2	3 ¾	18.10	3.00	2.38
M3	3	18.70	2.00	2.39
Media	3 ¾	18.767	2.67	2.383

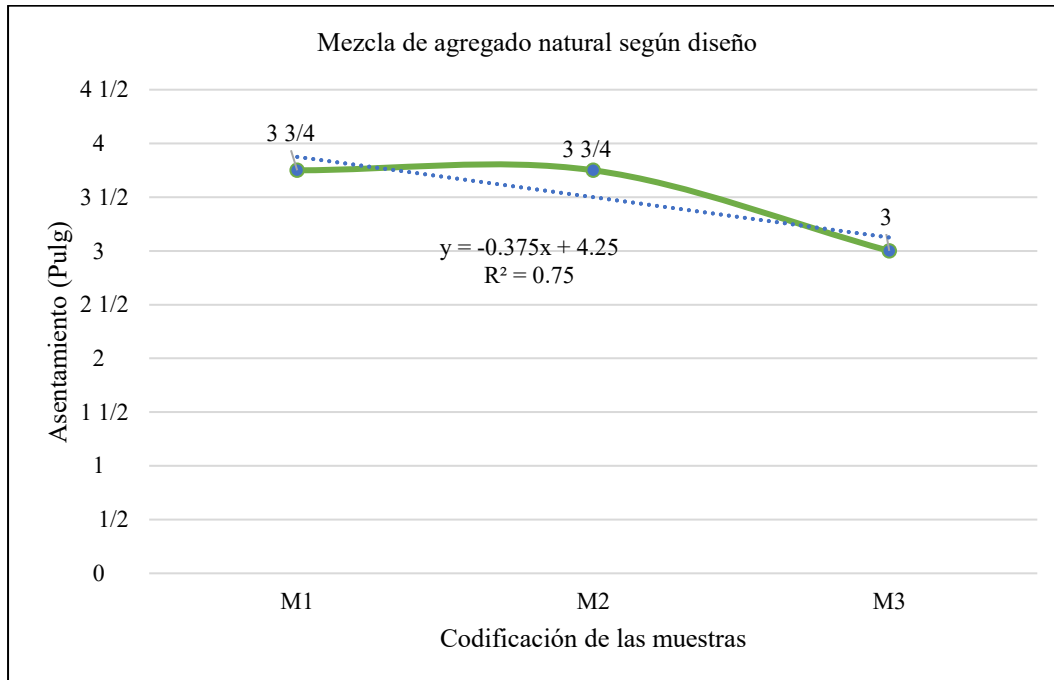
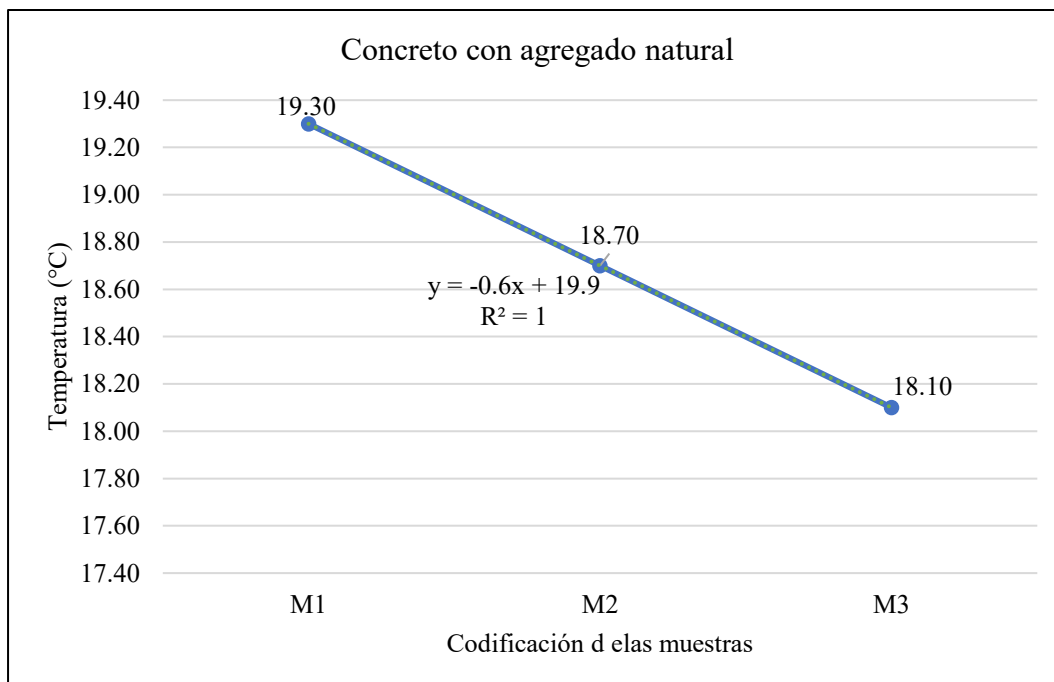
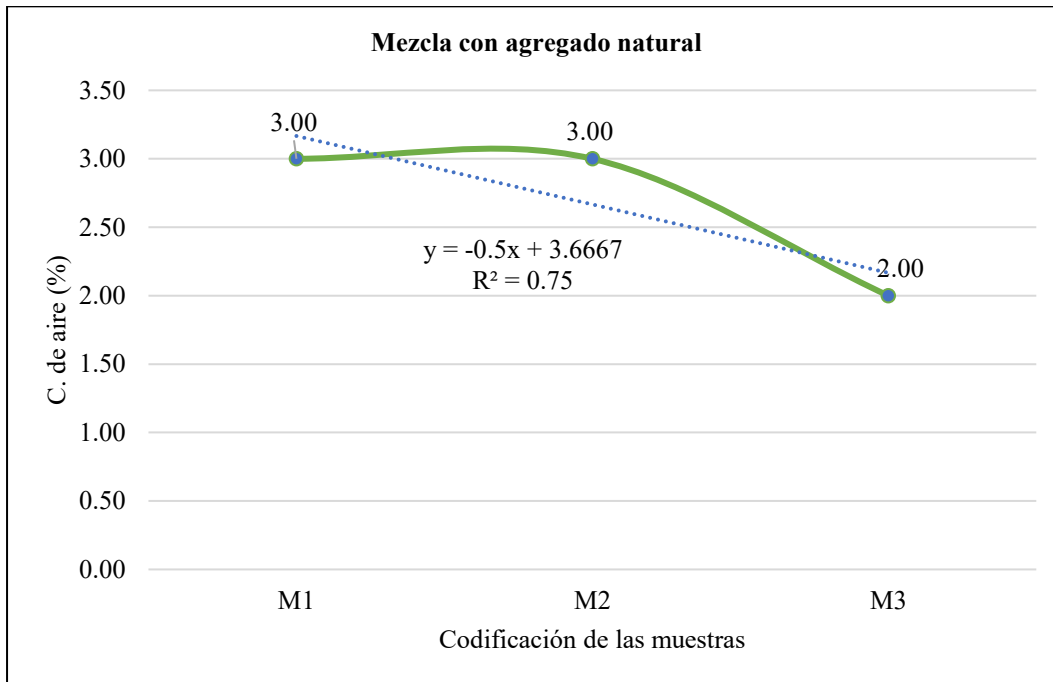
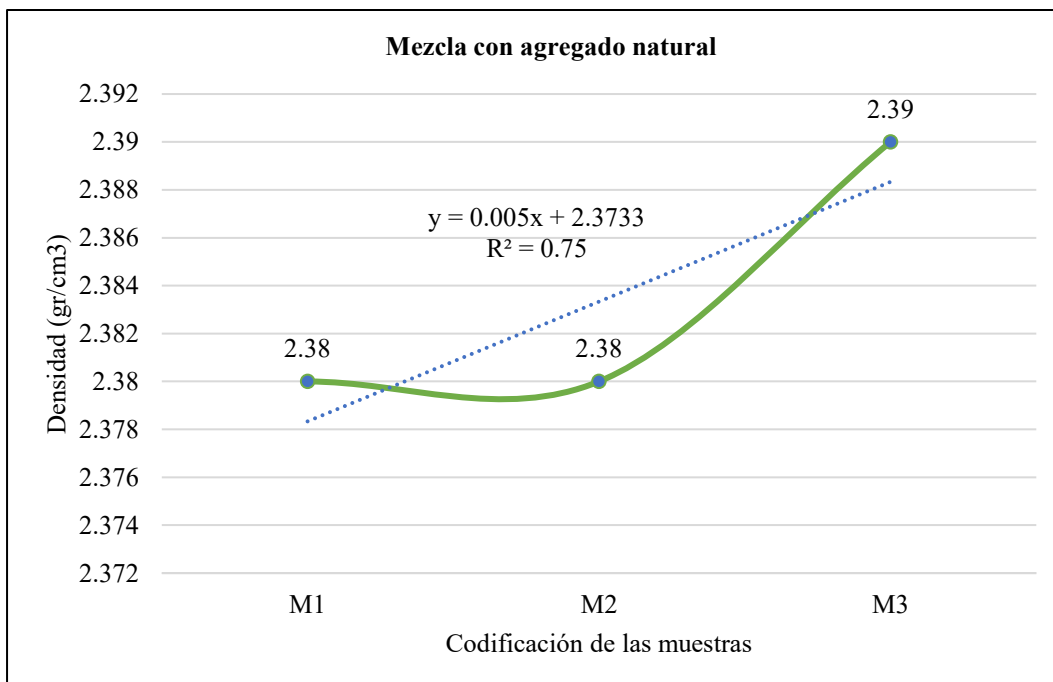
Figura 30.*Asentamiento (pulg) del concreto***Figura 31.***Temperatura (°c) de la mezcla de concreto*

Figura 32.*Contenido de aire (%) del concreto***Figura 33.***Densidad (gr/cm³) del concreto*

4.1.2. Concreto con agregados reciclados

Se han detallado las propiedades del concreto fresco con agregados reciclados (Tabla 13), cuyos especímenes presentan regresión lineal negativa para temperatura y contenido de aire (Fig. 35 y Fig. 36); eso indica ambas disminuyen de una muestra o espécimen a otro; por el contrario, la densidad y slump se incrementan (Fig. 34 y Fig.37). El asentamiento del concreto con agregados naturales en promedio es 3 ½” por tanto tiene buena trabajabilidad cumpliendo con el slump de diseño (3”-4”), así mismo la temperatura promedio es 17.90° por tanto está en el rango de la temperatura ambiente, el contenido de aire promedio es de 2.67% coincidiendo con el rango de diseño (2-3%) y la densidad de la mezcla en promedio es de 2.13 gr/cm³ por lo que se encuentra ligeramente por debajo del rango de un concreto normal (2.24 a 2.4 gr/cm³) pero no lo suficiente para estar dentro de la categoría de un concreto de peso liviano (1.440 a 1.840 g/cm³); siendo así el concreto con agregados naturales presenta propiedades en estado fresco dentro del rango usual del concreto de peso normal.

Tabla 13

Ensayos al concreto con agregado reciclado en estado fresco

Muestras	Slump (pulg)	Temperatura (°C)	C. de aire %	Densidad (gr/cm³)
M1	3 ½	19.00	3.00	2.13
M2	3	16.80	3.00	2.12
M3	3 ½	17.90	2.00	2.14
Media	3 ½	17.9	2.67	2.13

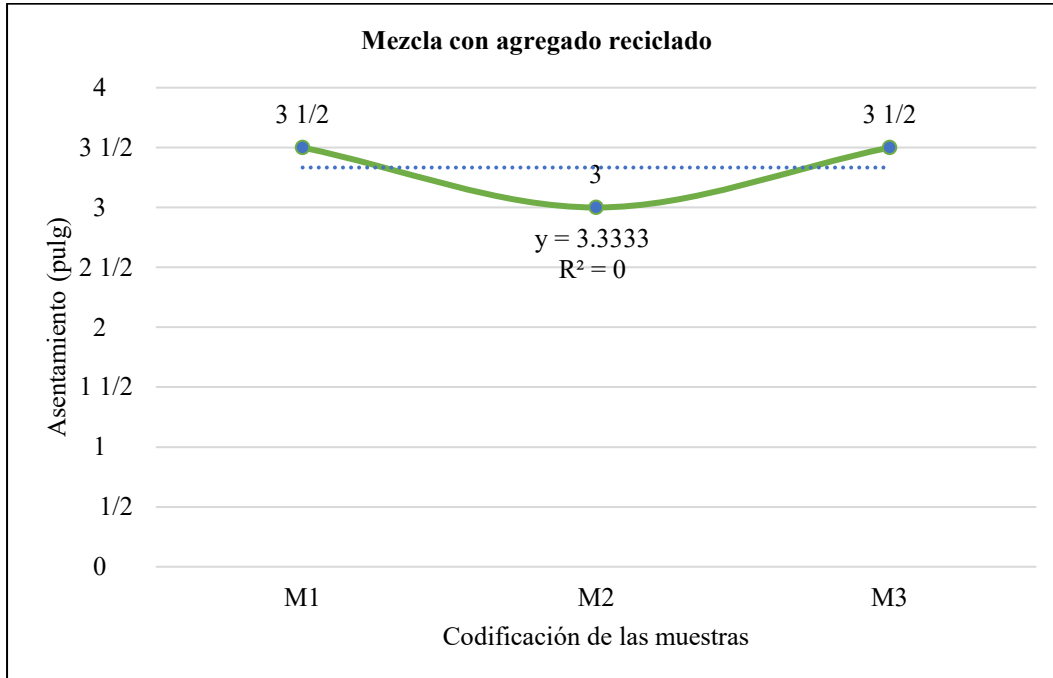
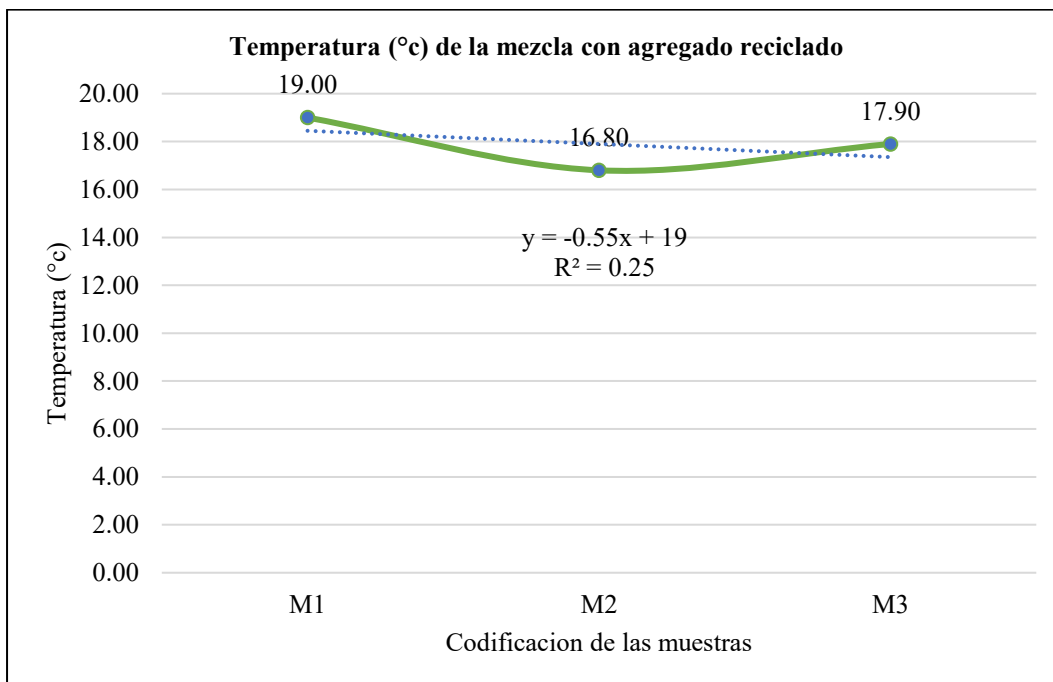
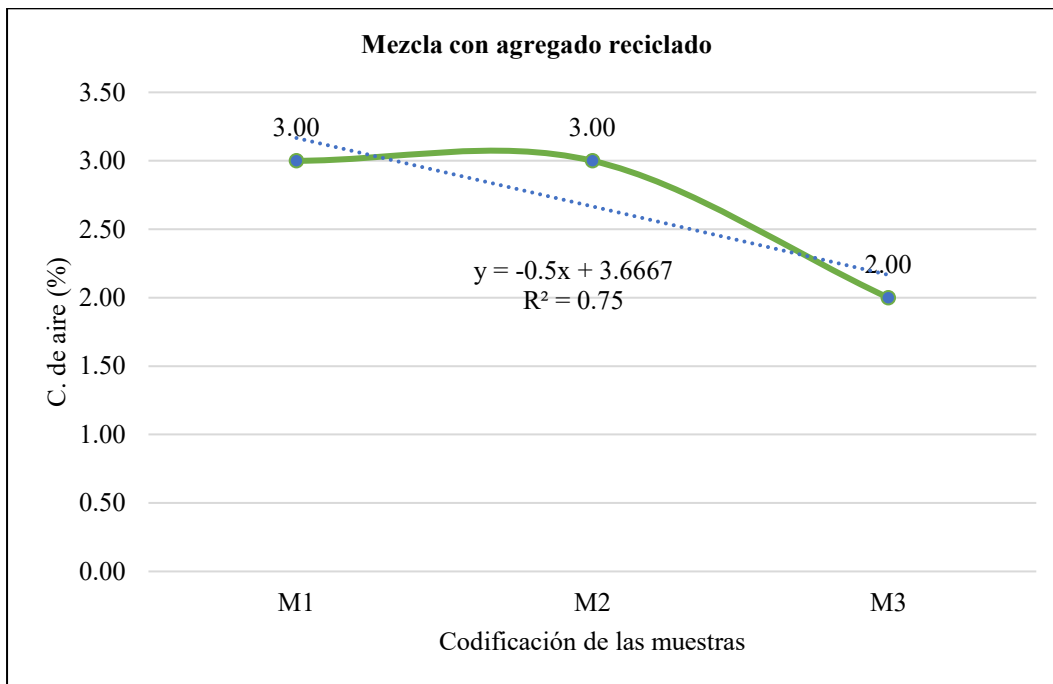
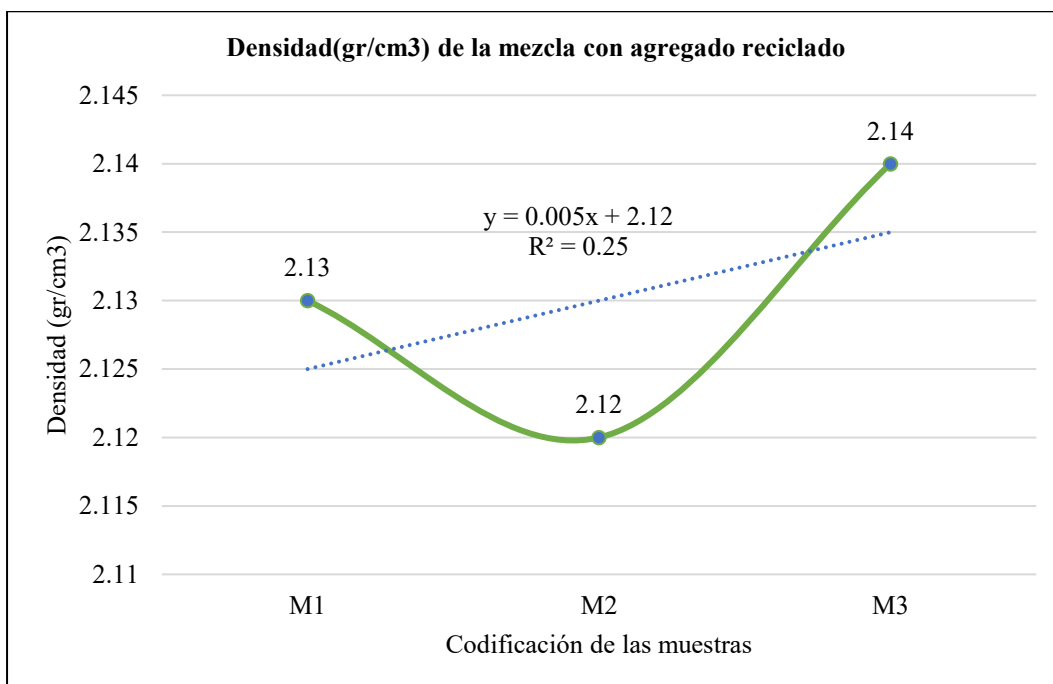
Figura 34.*Asentamiento de la mezcla de agregados reciclados***Figura 35.***Temperatura de la mezcla de agregados reciclados*

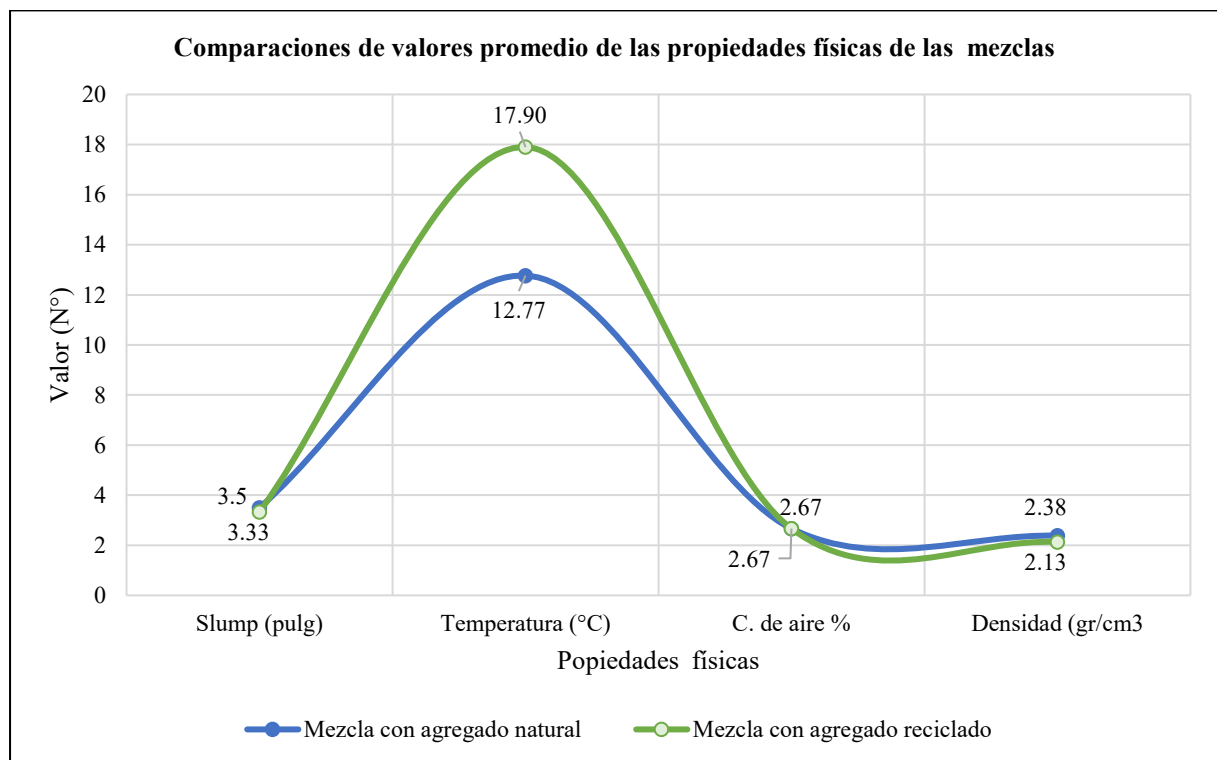
Figura 36.*Contenido de aire de la mezcla de agregados reciclados***Figura 37.***Densidad de la mezcla de agregados reciclados*

4.1.3. Comparación

En la tabla 14 y Fig. 38 se detalla que, al adicionar agregados reciclados, la densidad y el slump (asentamiento) disminuyen 0.25 gr/cm^3 y 0.17 pulg respectivamente, lo que significa que la mezcla con agregados reciclados es menos trabajable que, el concreto producido con agregados naturales, sin embargo en ambos casos están dentro del rango de asentamiento de diseño (3"-4"), mientras que, una menor densidad también significa un menor peso lo que, es favorable en el concreto con agregados reciclados aunque la densidad no es lo suficientemente menor para alcanzar la categoría de concreto liviano si es 10.50% menor que la densidad del concreto producido con agregados naturales. El contenido de aire de la mezcla es constante para ambos tipos de muestra, esto significa que sin importar el tipo de agregados que se utilice en la mezcla esta mantiene el contenido de aire planteado en el diseño de mezcla. Y finalmente, la temperatura disminuye de 18.70°C en promedio para concreto con agregado natural a 17.90°C para el concreto con agregados reciclados, pero en ambos casos se encuentran dentro del rango usual de la temperatura ambiental, considerando que según la NTP 339.034 como mínimo sería 5°C , siendo así ambas mezclas de concreto están acorde a los estándares normativos, pero al tener la mezcla de concreto con agregados reciclados una temperatura más fría tendrá también menor calor de hidratación lo que, podría significar menores resistencias a compresión, pero podría ser beneficiosa en otros contextos como por ejemplo en climas cálidos donde el calor puede llevar a que, el concreto fragüe demasiado rápido, siendo así en esos casos el uso del concreto con agregados reciclados significa mayores tiempos de fraguado para garantizar la resistencia esperada.

Tabla 14.*Comparación de propiedades físicas de mezclas*

Mezclas		Slump (pulg)	Temperatura (°C)	C. de aire %	Densidad (gr/cm ³)
Mezcla con agregado natural	M1	3.75	19.3	3	2.38
	M2	3.75	18.1	3	2.38
	M3	3	18.70	2	2.39
	Promedio	3.5	18.70	2.67	2.38
Mezcla con agregado reciclado	M1	3.5	19	3	2.13
	M2	3	16.8	3	2.12
	M3	3.5	17.9	2	2.14
	Promedio	3.33	17.90	2.67	2.13

Figura 38*Comparación de propiedades físicas de mezclas en estado fresco*

4.2. Propiedades mecánicas del concreto

4.2.1. Concreto con agregados naturales

Se ensayaron muestras de concreto patrón. Cuyos valores promedios de las resistencias obtenidas mantienen coeficientes de variación dentro de lo sugerido en la NTP 339.034 (Tabla 15, 16, 17), así mismo, a los 28 días todas las muestras aumentan su resistencia a flexión, compresión y tracción respecto a los especímenes con menores tiempos de curado (7 y 14 días) según se muestra en las Fig. 39, Fig. 41 y Fig.43 respectivamente, no obstante, la variación de la resistencia a tracción y flexión no es significativa debido a que, solo se incrementa en 6.72% y 4.69% respecto a la resistencia a tracción y flexión del concreto a los 14 días correspondientemente, en cambio a compresión el incremento en la resistencia es de 19.39% si se contrasta con las probetas ensayadas a los 14 días. Además de que, el concreto producido con agregados naturales a los 28 días supera la resistencia a compresión de diseño alcanzando 120.32% del f'_c esperado 210 kg/cm^2 y alcanzando loables características mecánicas a tracción y flexión (Fig. 40, Fig. 42 y Fig.44).

Tabla 15.

Resistencia a la compresión del concreto con agregados naturales

	Compresión (kg/cm ²)		
	7	14	28
M1	180	202.0	253
M2	177	204.0	255
M3	179	205.0	250
Promedio	178.67	203.67	252.67
Desviación estándar	1.53	1.53	2.52
Coeficiente de variación (CV)	0.85%	0.75%	1.00%

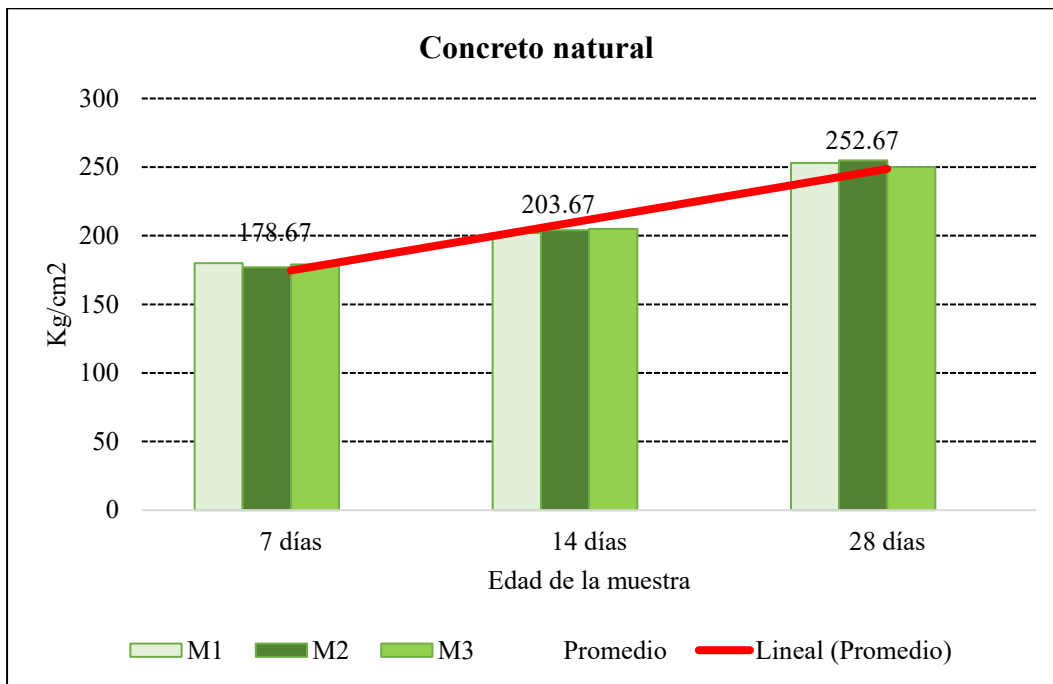
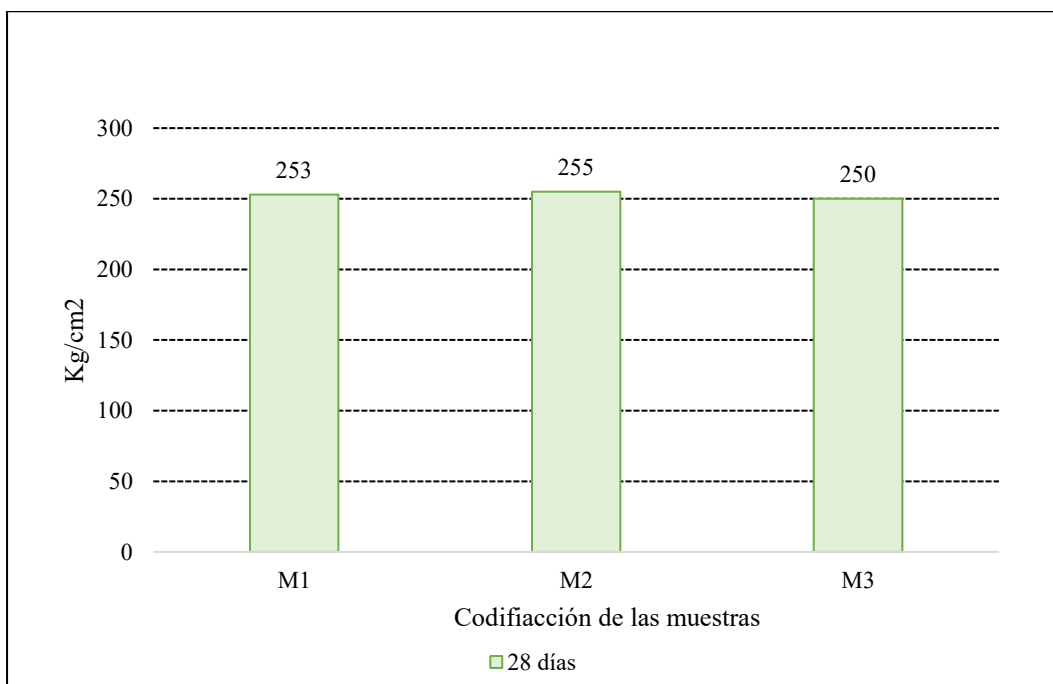
Figura 39.*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto natural***Figura 40.***Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con agregados naturales*

Tabla 16.*Resistencia a tracción en concreto con agregados naturales*

Resistencia a tracción(kg/cm ²)	Días		
	7	14	28
M1	27.6	27.4	29.6
M2	28.1	26.7	29.8
M3	28.1	27.4	28.00
Promedio	27.93	27.17	29.13
Desviación estándar	0.29	0.40	0.99
C.V.	1.03%	1.49%	3.39%

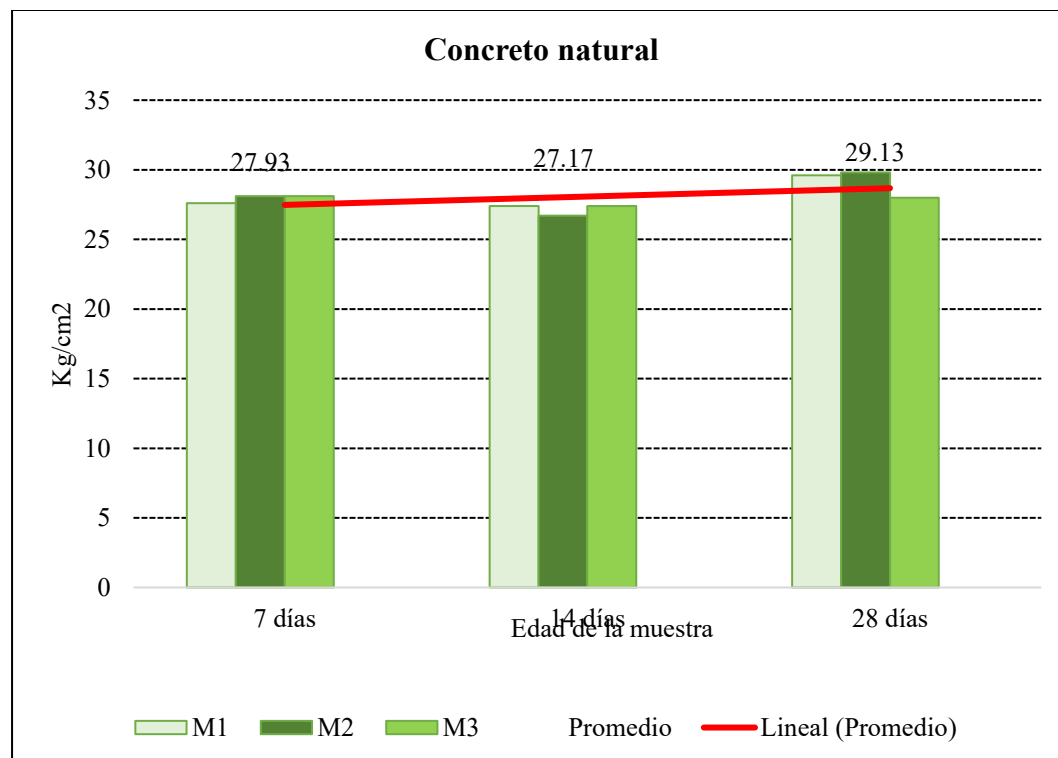
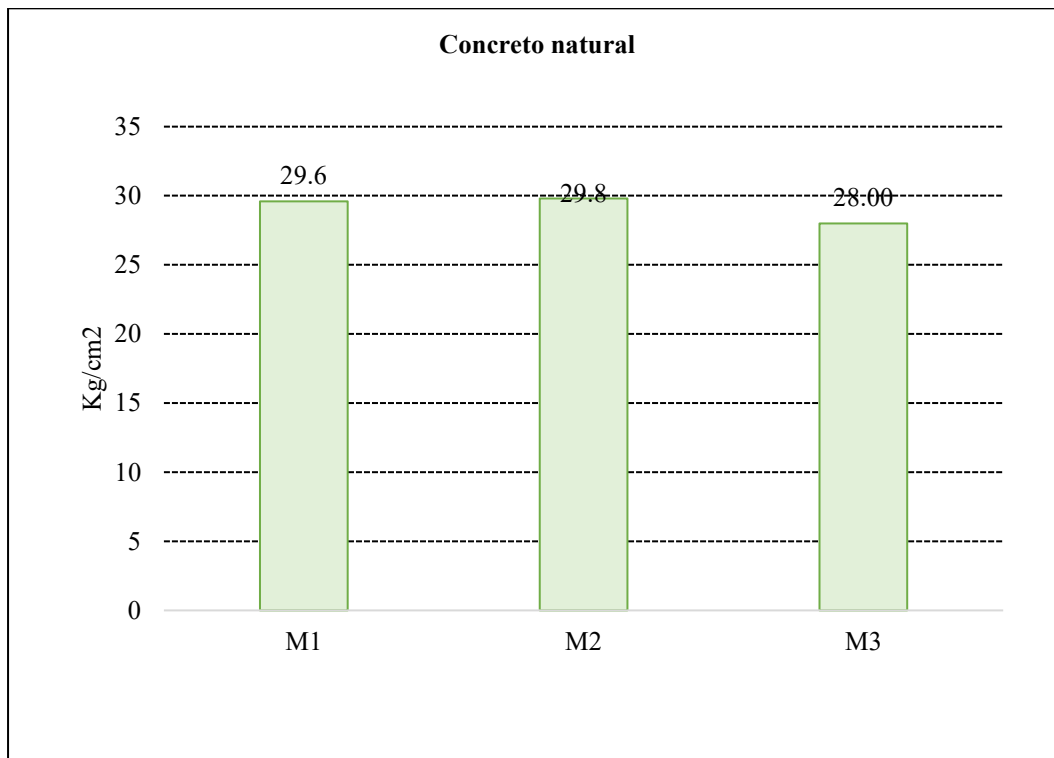
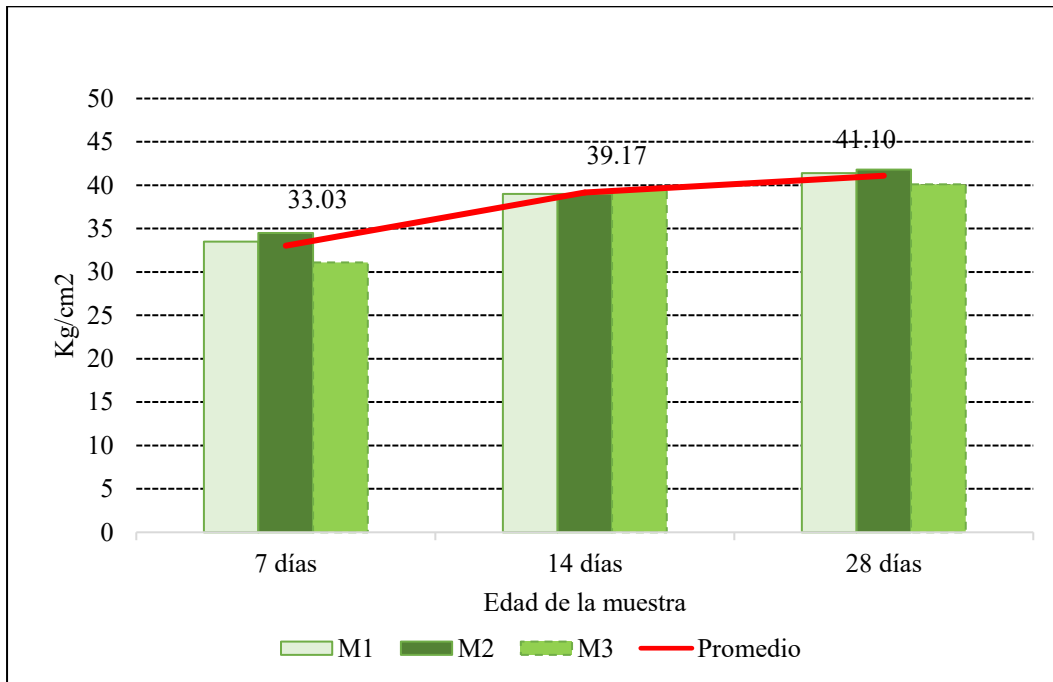
Figura 41*Promedio de la resistencia a tracción del concreto con agregado natural*

Figura 42*Resistencia a tracción a los 28 días del concreto con agregados naturales***Tabla 17.***Resistencia a flexión en concreto con agregados naturales*

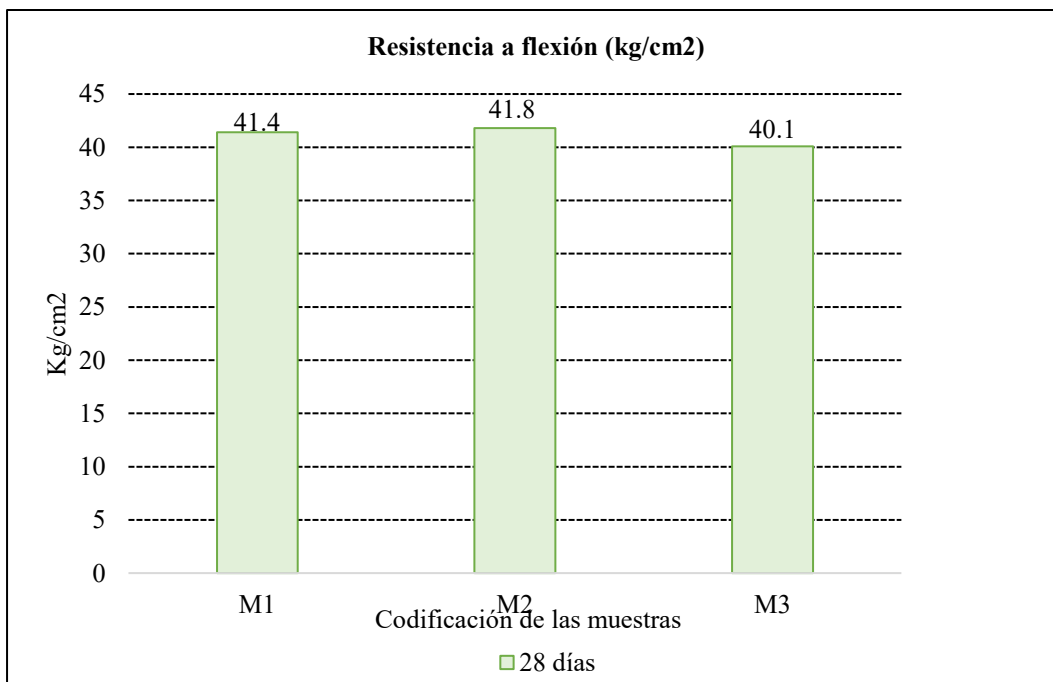
Resistencia a flexión (kg/cm²)	7 días	14 días	28 días
M1	33.5	39.0	41.4
M2	34.5	39.0	41.8
M3	31.1	39.5	40.1
Promedio	33.03	39.17	41.10
Desviación estándar	1.75	0.29	0.89
Coeficiente de variación	5.29%	0.74%	2.16%

Figura 43

Promedio de la resistencia a flexión del concreto con agregados naturales

**Figura 44**

Resistencia a flexión a los 28 días del concreto con agregados naturales



4.2.2. Concreto con agregados reciclados

Se ensayaron muestras de concreto con agregado reciclado. Cuyos valores promedios de las resistencias obtenidas mantienen los coeficientes de variación dentro del rango sugerido en la NTP 339.034 (Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20), así mismo, a los 28 días todos los especímenes aumentan su resistencia a flexión, compresión y tracción respecto a los especímenes con menores tiempos de curado (7 y 14 días) según se muestra en las Fig. 45, Fig. 47 y Fig.49 respectivamente, no obstante, la variación de la resistencia a tracción y flexión no es significativa debido a que, solo se incrementa en 6.39% y 9.24% respecto a la resistencia a tracción y flexión del concreto a los 14 días correspondientemente, en cambio a compresión el incremento en la resistencia es de 13.57% si se contrasta con las probetas ensayadas a los 14 días. Pero, el concreto producido con agregados naturales a los 28 días no supera la resistencia a compresión de diseño alcanzando el 94.76% del $f'c$ esperado 210 kg/cm^2 por lo que, puede utilizarse como un concreto $f'c$ 175 kg/cm^2 más no como un concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 , aunque se debe rescatar que ha alcanzado loables características mecánicas a tracción y flexión (Fig. 46, Fig. 48 y Fig.50).

Tabla 18.

Resistencia a compresión en concreto con agregado reciclado

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Días		
	7	14	28
M1	162	173	200
M2	158	173	198
M3	156	170	199
Promedio	158.67	172.00	199.00
Desviación estándar	3.06	1.73	1.00
Coefficiente de variación	1.93%	1.01%	0.50%

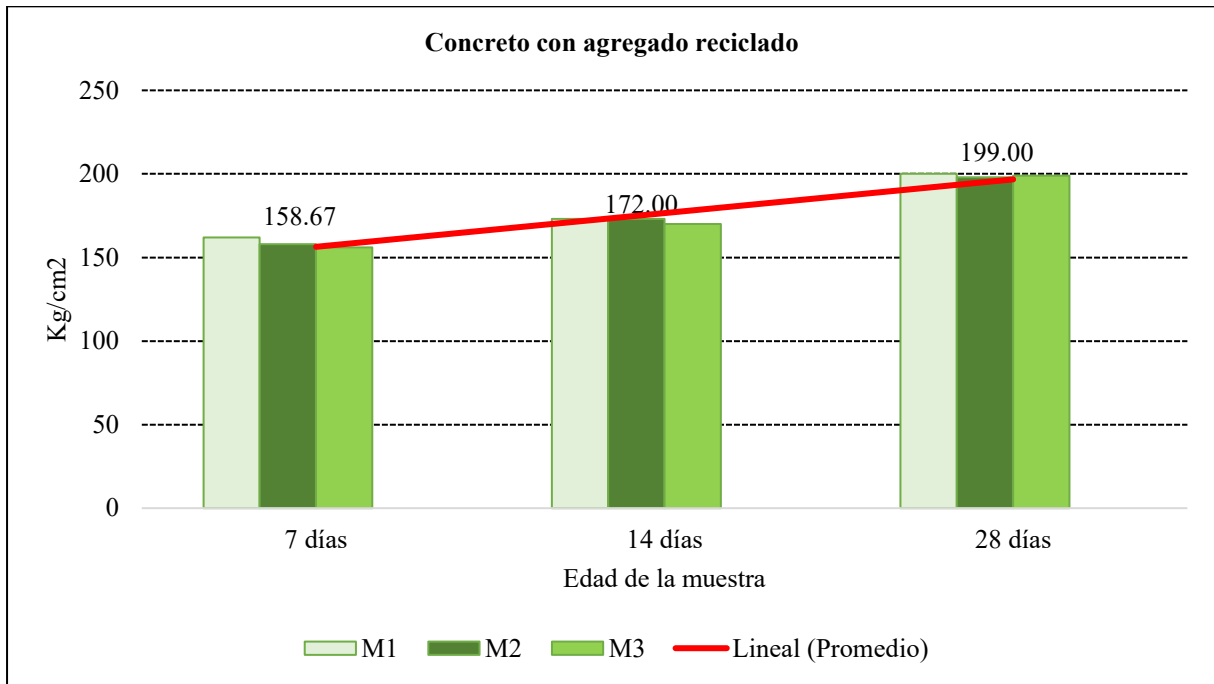
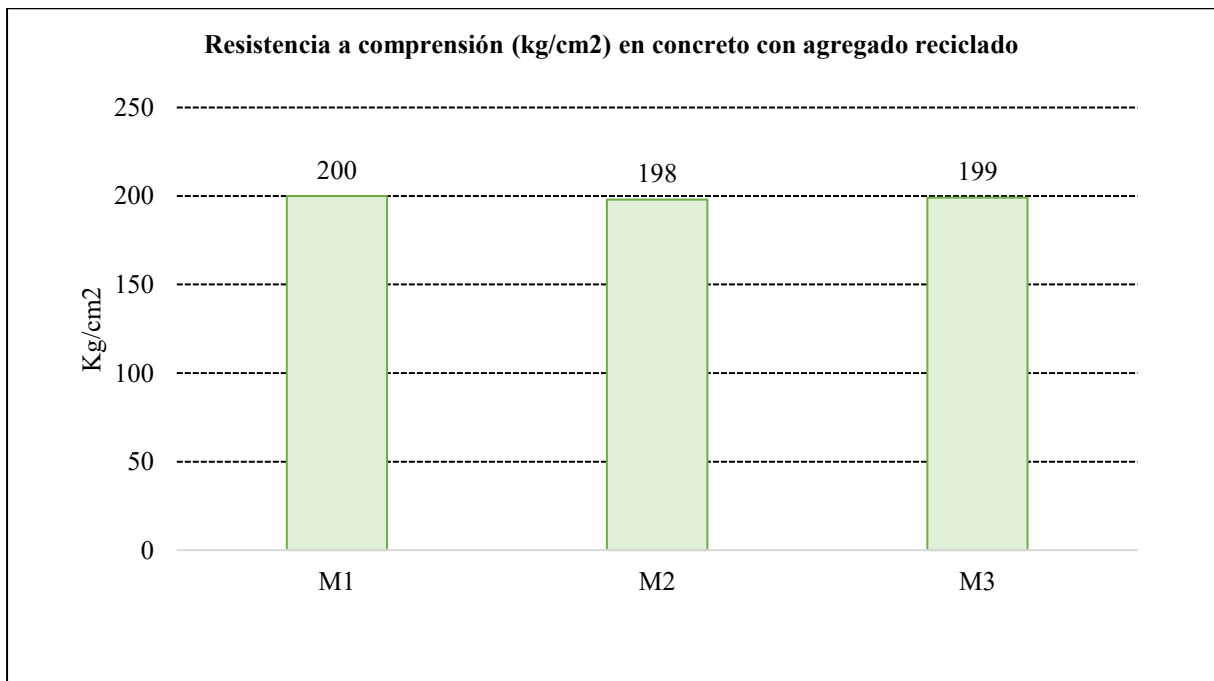
Figura 45*Promedio de la resistencia a compresión del concreto reciclado***Figura 46***Resistencia a los 28 días del concreto con agregado reciclado*

Tabla 19.*Resistencia a tracción en concreto con agregado reciclado.*

	Resistencia a tracción (kg/cm ²)		
	7	14	28
M1	20.1	21.6	23.0
M2	20.6	22.4	23.7
M3	20.1	21.9	23.7
Promedio	20.27	21.97	23.47
Desviación estándar	0.29	0.40	0.40
C.V.	1.42%	1.84%	1.72%

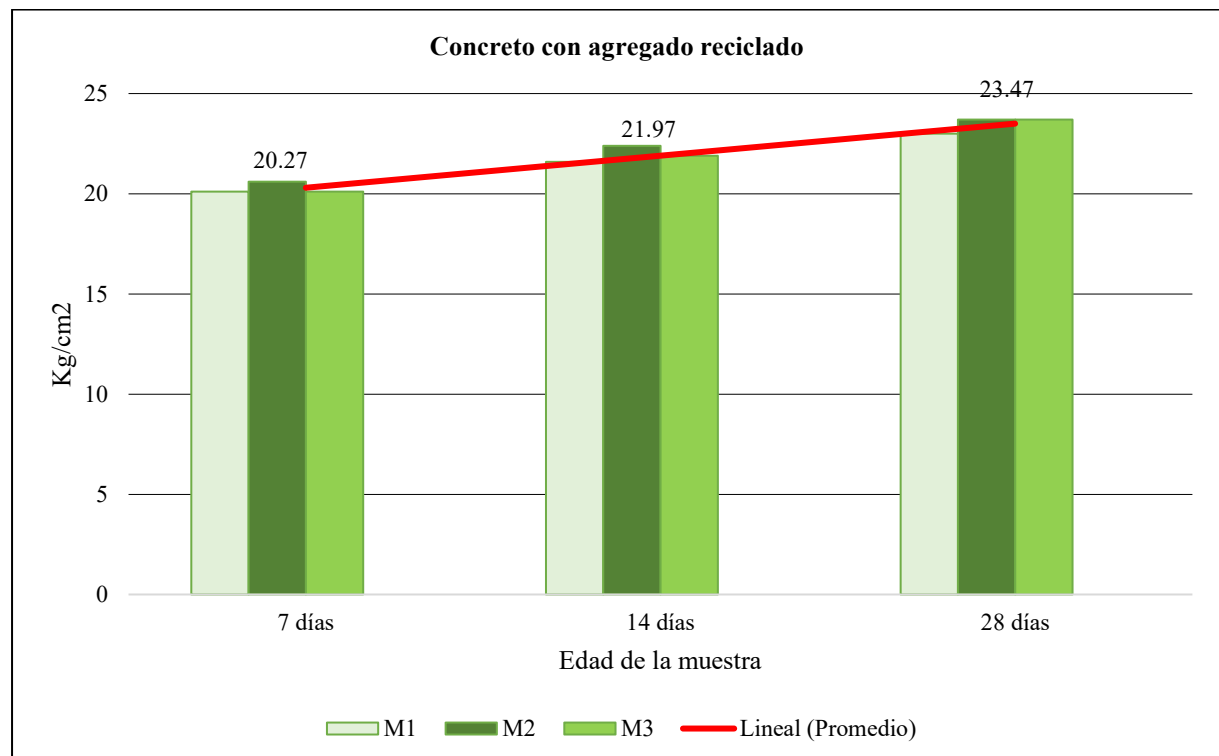
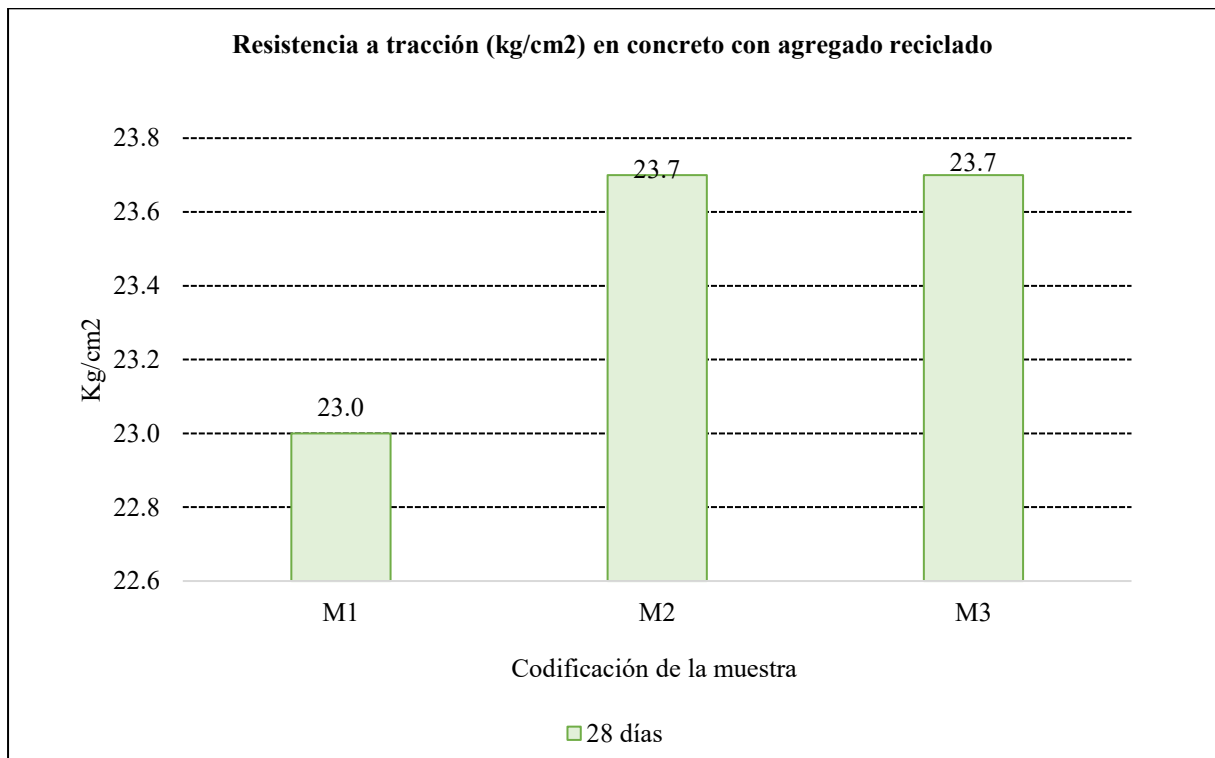
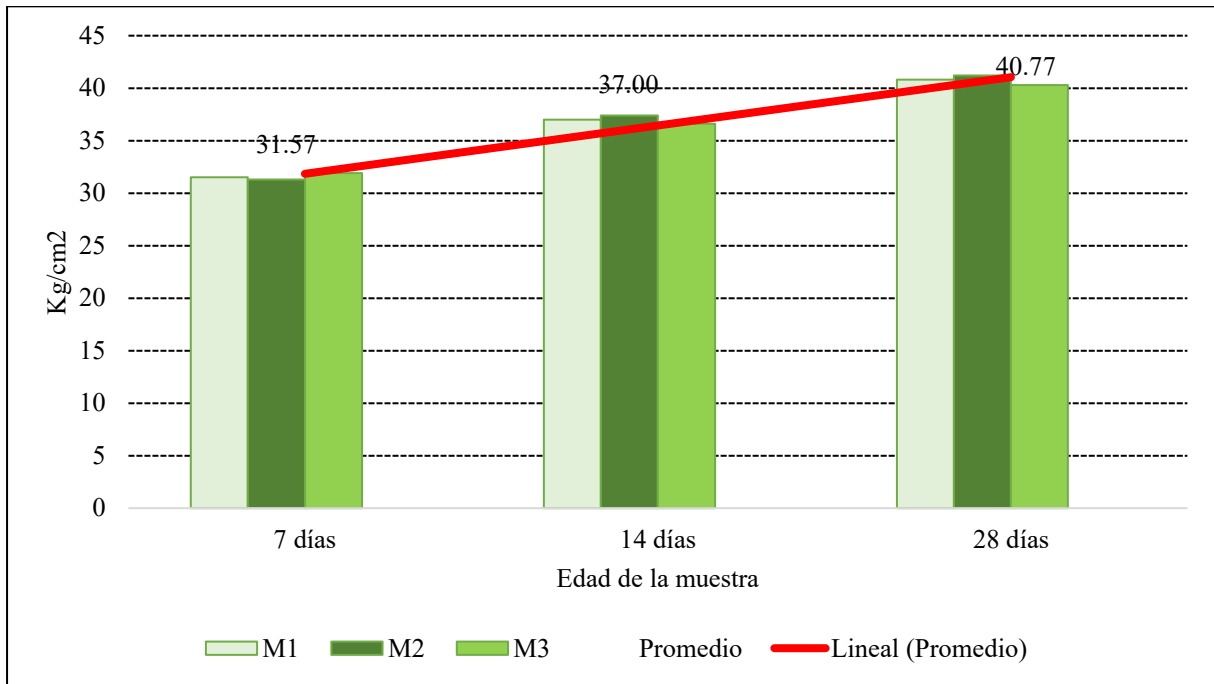
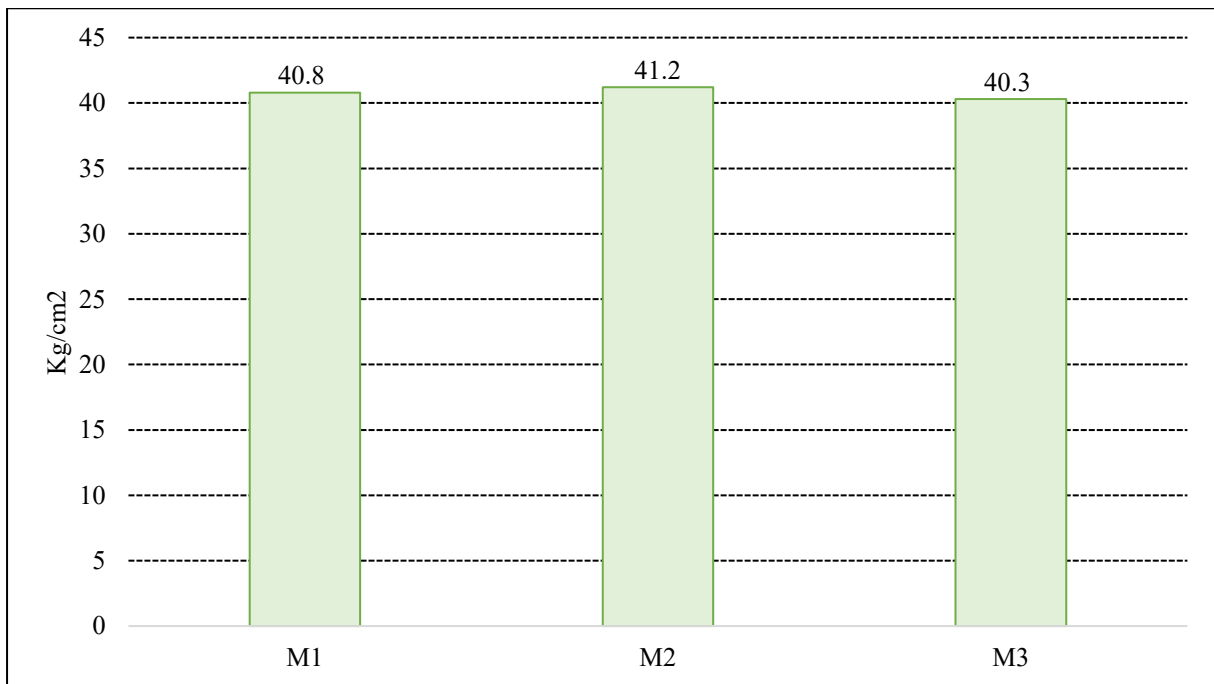
Figura 47*Promedio de la resistencia a tracción del concreto reciclado*

Figura 48*Resistencia a los 28 días del concreto con agregado reciclado***Tabla 20.***Resistencia a flexión en concreto reciclado endurecido*

	Resistencia a flexión (kg/cm ²)		
	7	14	28
M1	31.5	37.0	40.8
M2	31.3	37.4	41.2
M3	31.9	36.6	40.3
Promedio	31.57	37.00	40.77
Desviación estándar	0.31	0.40	0.45
C.V.	0.97%	1.08%	1.11%

Figura 49*Promedio de la resistencia del concreto reciclado endurecido***Figura 50***Resistencia a los 28 días del concreto reciclado endurecido*

4.2.3. Comparación

En la tabla 21 y Fig. 51 se detalla que, el promedio de la resistencia a la compresión a los 7 días para ambos es mayor para el concreto producido con agregados naturales mientras que, el agregado reciclado solo alcanza el 88.81% de la resistencia alcanzada por el concreto natural (178.67 kg/cm²), no obstante, representa el 79% de la resistencia alcanzada a los 28 días, mientras que, el concreto con agregado natural solo representa el 69.98% de la resistencia. A los 14 días la resistencia aumenta en la muestra base a 206.67 kg/cm² y en la muestra con agregados reciclados a 172 kg/cm², ambas muestras de concreto tienden a incrementar su resistencia con el paso de los días, sin embargo, el concreto producido con agregados reciclados tan solo representa el 84.45% de la resistencia del concreto con agregados naturales (203.67 kg/cm²). A los 28 días la muestra patrón (concreto con agregado natural) aumenta y supera al $f'c=210$ kg/cm² con 252.67 kg/cm², siendo el 120.32% del $f'c$ esperado; sin embargo, la muestra con agregado reciclado a pesar que se acrecienta, no supera el $f'c$ de diseño, dado a que alcanzó 199 kg/cm² menor a 210 kg/cm², representando solamente el 94.76% del $f'c$ esperado, por tanto, el concreto con agregados naturales requiere de aditivos para acrecentar su resistencia, o puede ser utilizado como una opción sustentable sobre el concreto $f'c$ 175 kg/cm², debido a que, representa el 113.71%.

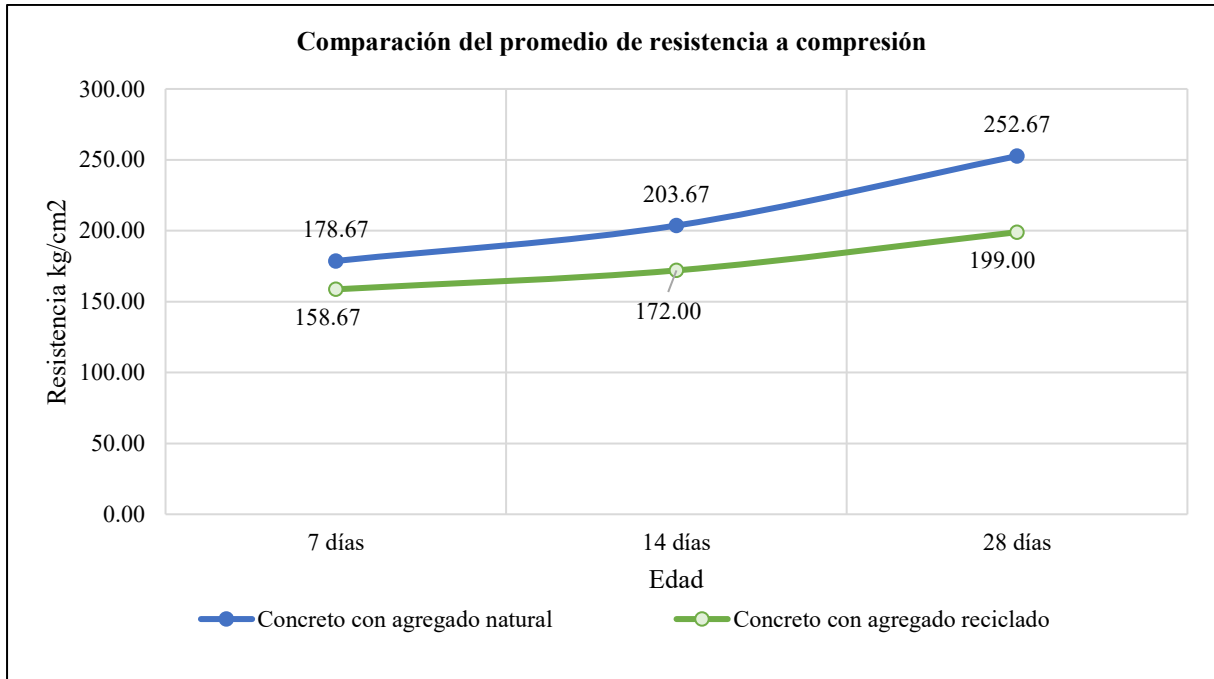
Tabla 21.

Comparación de resistencia a compresión de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.

Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Días		
	7	14	28
Con agregado natural	178.67	203.67	252.67
Con agregado reciclado	158.67	172.00	199.00

Figura 51

Comparación de resistencia a compresión de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.



En la tabla 22 y Fig. 52 se detalla que, el promedio de la resistencia a tracción a los 7 días para para la muestra patrón es de 27.93 y 20.27 kg/cm² para la muestra con agregado reciclado; a los 14 días disminuye la resistencia en la muestra base a 27.17 kg/cm² (este es un comportamiento anómalo) y aumenta en la muestra con agregados reciclados a 21.97 kg/cm²; a los 28 días ambas muestras aumentan respectivamente a 29.13 y 23.47 kg/cm². Por ende, para las 3 edades las resistencias promedio de la muestra base es mayor que la resistencia de las muestras con agregado reciclado, sin embargo, esta diferencia a los 28 días solo representa el 19.43%.

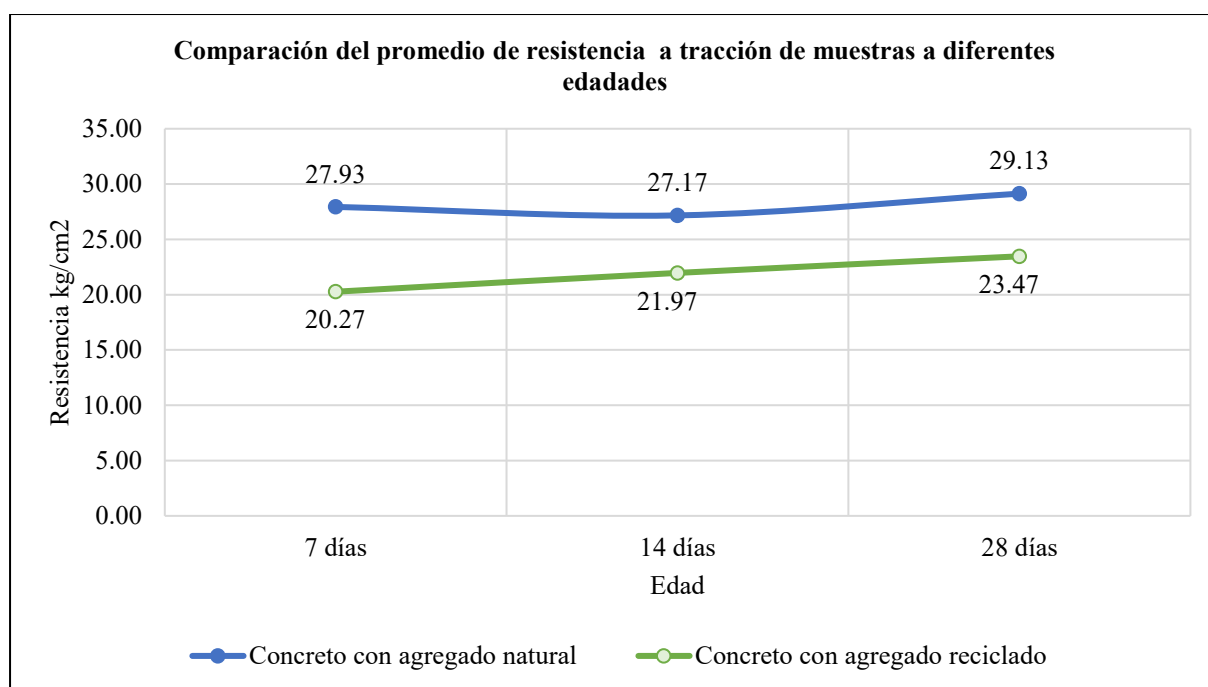
Tabla 22.

Comparación de resistencia a tracción del concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.

Resistencia a tracción(kg/cm ²)	Días		
	7	14	28
Del concreto			
Con agregado natural	27.93	27.17	29.13
Con agregado reciclado	20.27	21.97	23.47

Figura 52

Comparación de resistencia a tracción de muestras de concreto natural y muestras de concreto con agregado reciclado.



En la tabla 23 y Fig. 53 se detalla que, la media de la resistencia a flexión a los 14 días la resistencia aumenta para ambas muestras a 39.17 kg/cm² y 37 kg/cm² correspondientemente; a los 28 días también aumentan a 41.10 kg/cm² y 40.77 kg/cm² correspondientemente. Por ende, para las 3 edades las resistencias a flexión promedio del concreto patrón (concreto con agregados naturales) son mayores que el promedio de la

resistencia a flexión de las muestras con agregado reciclado, sin embargo, esta diferencia a los 28 días solo representa el 0.80%.

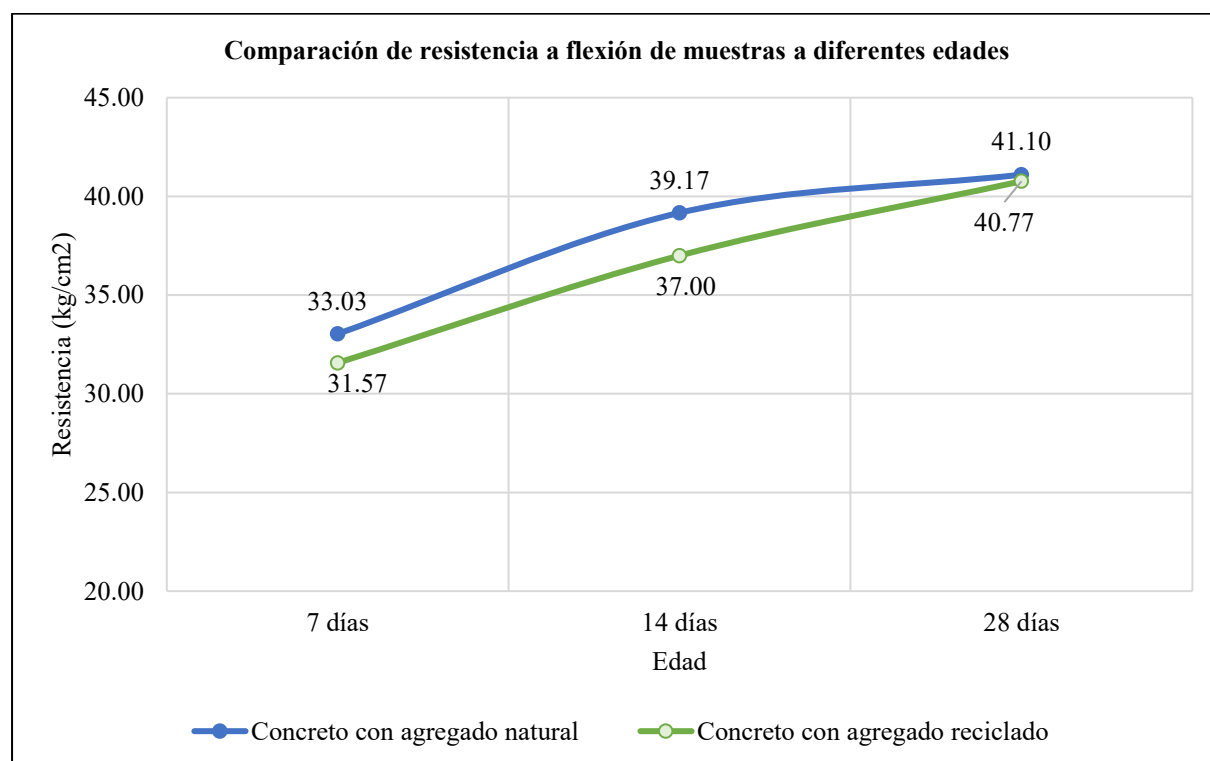
Tabla 23.

Comparación de resistencia a flexión del concreto natural y concreto con agregado reciclado.

Resistencia a la flexión(kg/cm ²)	Días		
	7	14	28
Del concreto			
Con agregado natural	33.03	39.17	41.10
Con agregado reciclado	31.57	37.00	40.77

Figura 53

Comparación de resistencia a flexión del concreto natural y con agregado reciclado



4.3. Diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm²

4.3.1. Concreto con agregados naturales

Utilizando las propiedades de los agregados naturales (Tabla 24), se desarrolló una mezcla estándar según el método ACI-211. En este caso se obtuvieron las relaciones que se exponen en la Tabla 25.

Tabla 24

Propiedades físicas de los agregados naturales

Propiedades físicas del material de la cantera Río	Agregado fino	Agregado grueso
	(A.F.)	(A.G.)
Llaucano		
Humedad (%)	5.4	0.25
TM (pulg)		1 1/2
TMN (pulg)		N° 4
MF	3	8.42
Pem (g/cm ³)	2.535	2.585
Pe SSS (g/cm ³)	2.611	2.597
Pea (g/cm ³)	2.6	2.616
Absorción (%)	3	0.5
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1702	1452
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1847	1602
Abrasión (%)		28
Uniformidad		0.3

Nota: Peso específico de masa Pem, aparente Pea, saturado superficialmente seco SSS.

Tabla 25

Diseños de mezclas concreto con agregados naturales

	Proporción de materiales			
	Cemento	A. F	A. G	Agua
Dosificación en peso	335 kg	783 kg	1044 kg	177 lts
Proporciones del diseño	1	2.06	3.22	22.4 lts

Nota: A.F. agregado fino, A.G. agregado grueso.

4.3.2. Concreto con agregados reciclados

Utilizando las propiedades de los agregados reciclados (Tabla 26), se desarrolló una mezcla estándar según el método ACI-211. En este caso se obtuvieron las relaciones (Tabla 27).

Tabla 26

Propiedades físicas de los agregados reciclados

Propiedades físicas del material de la demolición de pistas y veredas	Agregado fino (A.F.)	Agregado grueso (A.G.)
Humedad (%)	2.13	0.05
TM (pulg)		1 1/2
TMN (pulg)		N° 1
MF	4.55	8.22
Pem (g/cm ³)	2.134	2.156
Pe SSS (g/cm ³)	2.263	2.342
Pea (g/cm ³)	2.6	2.647
Absorción (%)	6.1	8.6
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1383	1346
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1604	1514
Abrasión (%)		39
Uniformidad		0.22

Tabla 27

Diseños de mezclas concreto con agregados reciclados

	Proporción de materiales			
	Cemento	A. F	A. G	Agua
Dosificación en peso	348 kg	604 kg	985 kg	301 lts
Proporciones del diseño	1	1.88	3.16	36.7 lts

Nota: A.F. agregado fino, A.G. agregado grueso.

4.4. Porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados utilizando agregados reciclados

El porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados al utilizar agregados reciclados puede variar según diversos factores, como la cantidad de agregados reciclados utilizados y el tipo de proyecto o industria en la que se aplique. Sin embargo, autores han justificado que el uso de agregados reciclados puede reducir la necesidad de extraer agregados naturales de canteras. En el caso del estudio se ha determinado que, al remplazar totalmente los agregados naturales por reciclados al 100%, no se logra alcanzar la resistencia a compresión esperada ($f'c$ 210 kg/cm²), por tanto, se debe sustituir menos porcentaje, para definir ello, se ha elaborado el diagrama de correlación de la Fig. 54, donde se ha determinado la ecuación de correlación que, permite determinar la resistencia a compresión según el porcentaje de agregados reciclados en la mezcla, estimando tal como específica Neville y Brooks (1998) que, para asegurar el cumplimiento del $f'c$ de diseño + 10% por seguridad (es decir con un $f'c$ de 231 kg/cm²) se tendría que, sustituir solamente el 40% de los agregados naturales por agregados reciclados (Tabla 28), por tanto se ha planteado dicha mezcla para conocer la proporción de materiales a utilizar (Tabla 29). Así mismo, si se estima el costo de producción del concreto con agregados reciclados (Tabla 30) se muestra como el costo es menor mientras mayor sea el remplazo de agregados naturales por reciclados (Fig. 55), llegando a disminuir el 0.89% de costos por m³ cuando se trabaja con el 100% de agregados reciclados (Tabla 31), sin embargo la relación resistencia/costo no es favorable debido a que, disminuye considerablemente al trabajar con agregados reciclados, no obstante, tal como se detalla en la Fig. 56 el rango de remplazo de agregados naturales por reciclados que, permite garantizar las propiedades mecánicas y un costo favorable es de 40% a 60% de agregados reciclados, lo que a la vez también representa un favorable impacto ambiental debido a que se reduciría el 40% del consumo de agregados naturales en las canteras sirviendo así no solo para apoyar la

reducción de la explotación de materias primas, sino todos los trabajos que, esta extracción involucra como el uso de maquinaria pesada que emite CO2 al ambiente, además de reducir el porcentaje de escombros que se acumulan a las afueras de Bambamarca.

Finalmente, se puede concluir que, el porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados utilizando agregados reciclados en Bambamarca sería del 40%.

Figura 54

Diagrama lineal a compresión de acuerdo al porcentaje de agregados reciclados

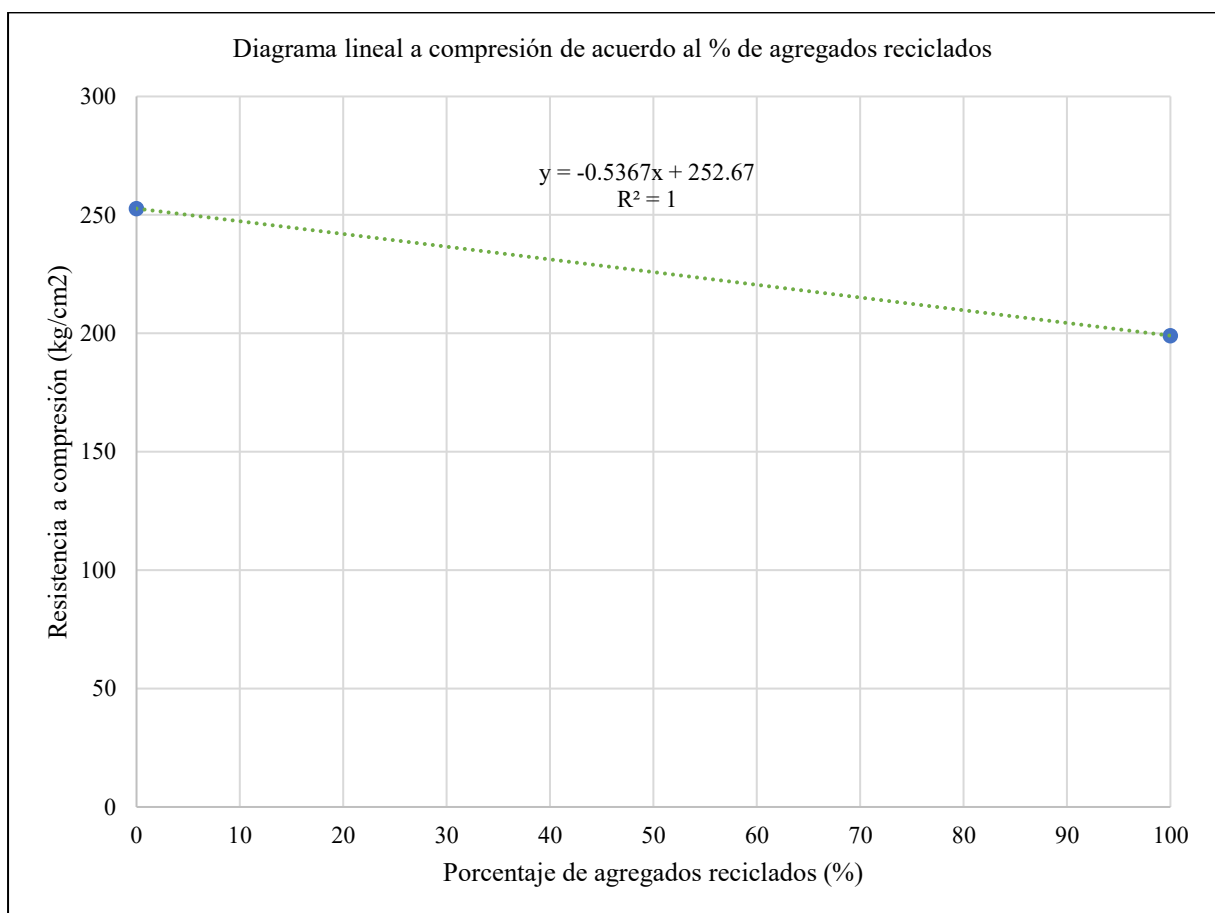


Tabla 28

Simulación de la resistencia a compresión según porcentaje de agregados reciclados en la mezcla

Porcentaje de agregado reciclado (X)	Compresión (Y)
0	252.67
10	247.30
20	241.94
30	236.57
40	231.20
50	225.84
60	220.47
70	215.10
80	209.73
90	204.37
100	199.00

Tabla 29

Dosificación de mezcla de agregados reciclados y agregados naturales para la producción de concreto

Concreto con agregados	Proporción de materiales			
	Cemento (bolsas)	A. F (m3)	A. G (m3)	Agua (m3)
Naturales	7.88	0.300	0.402	0.177
Reciclados	8.19	0.267	0.409	0.301
60% naturales + 40% reciclados	340.200	0.287	0.405	0.227

Tabla 30

Costo de materiales para 1 m3 de concreto con agregados naturales y reciclados

Descripción	Porcentaje de agregados reciclados (%)	Costo de los materiales para 1 m3 de concreto	Resistencia a compresión (kg/cm2)	Resistencia/costo
Concreto con agregados naturales	0	238.08	252.67	1.061
60%-40%	40	237.24	231.20	0.975
50%-50%	50	237.02	225.84	0.953
40%-60%	60	236.798	220.47	0.931
Concreto con agregados reciclados	100	235.957	199.00	0.843

Nota: En anexos se detalla el proceso de estimación de los costos de los materiales para la producción de 1 m3 de concreto.

Figura 55

Costo de materiales para 1 m3 de concreto según porcentaje de agregados

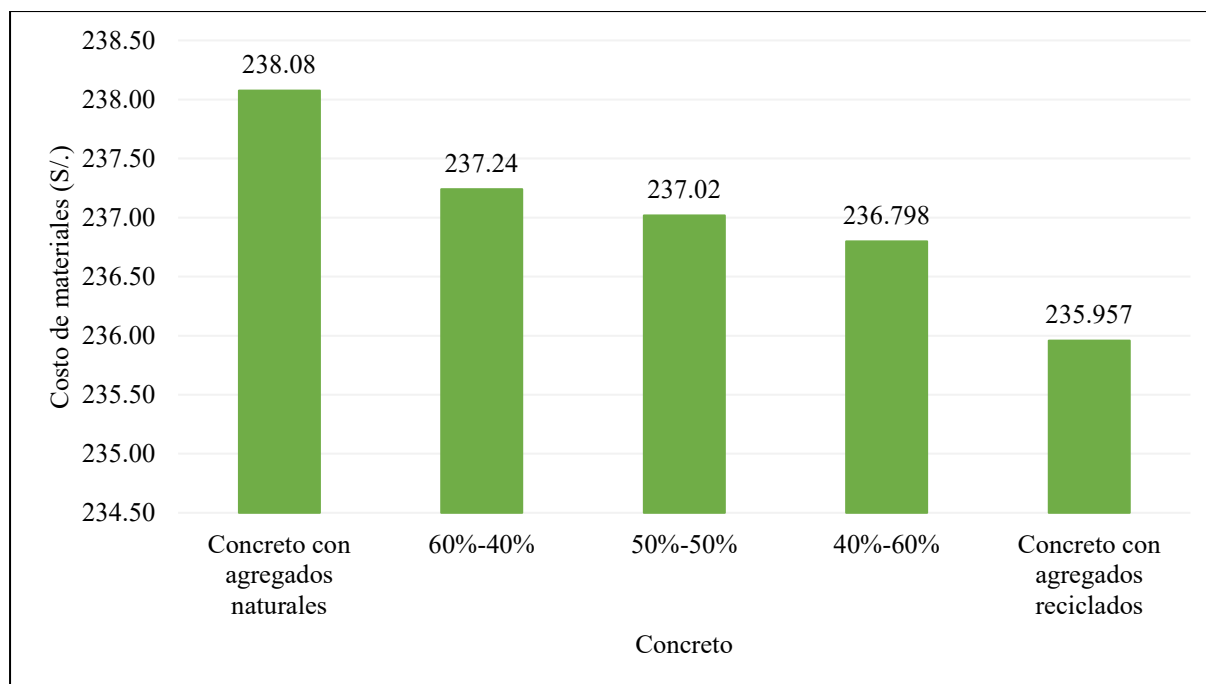
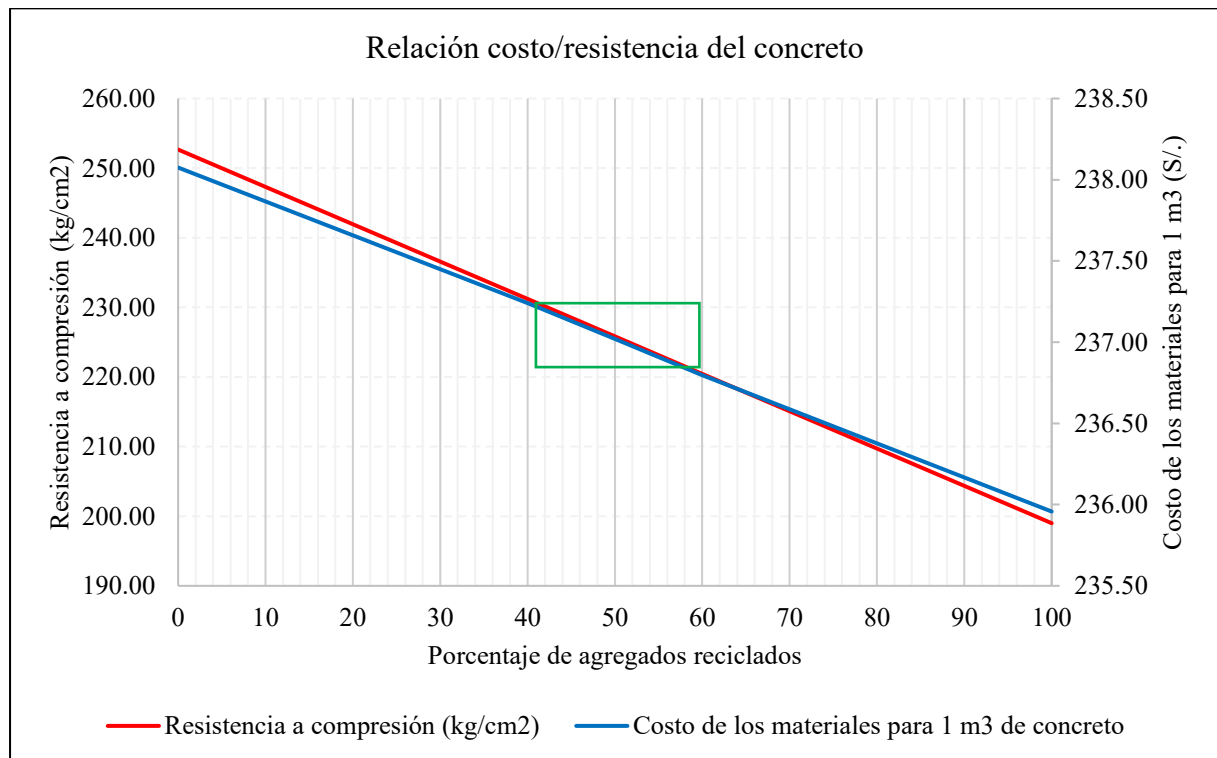


Tabla 31*Disminución del costo de materiales*

Descripción del concreto	Costo de los materiales para 1 m ³ de concreto (S/.)	% de costo respecto al concreto normal	% disminución de costo (S/.)
Concreto con agregados naturales			
naturales	238.08	100.00%	0.00%
60%-40%	237.24	99.65%	0.35%
50%-50%	237.02	99.56%	0.44%
40%-60%	236.80	99.46%	0.54%
Concreto con agregados reciclados			
reciclados	235.96	99.11%	0.89%

Figura 56*Relación costo de materiales / resistencia a compresión de acuerdo a agregados reciclados*

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Propiedades físicas del concreto

El concreto con agregados naturales generalmente tiene un mayor asentamiento en cotejo con el concreto con agregados reciclados. El asentamiento se refiere a la capacidad del concreto fresco para fluir y extenderse bajo su propio peso. El concreto con agregados naturales tiende a tener una mayor capacidad para extenderse, lo que resulta en un mayor asentamiento o trabajabilidad frente al concreto con agregados reciclados, sin embargo, esto difiere del estudio de Thomas et al. (2022) donde el asentamiento del concreto reciclado es mayor al del concreto natural, esta diferencia se debe al tipo de concreto producido mientras que, en el presente estudio se ha elaborado concreto con agregados naturales, Thomas et al. (2022) han elaborado concreto geo polimérico, siendo así han utilizado aditivos para su producción. Makul et al. (2021) también verificaron una mayor trabajabilidad al usar agregados reciclados, ya que, generalmente se espera que, mientras el concreto tenga menor asentamiento la mezcla sea más pastosa y a la vez adquiera mayor resistencia, pero en el estudio la diferencia en la trabajabilidad se debe a que, no se han aplicado aditivos de adherencia para mejorar la relación entre el cemento – agregados, como si se ha hecho en otros estudios.

En cuanto a la temperatura, el concreto reciclado tiende a tener una temperatura más baja que el concreto natural. Esto se debe a que los agregados reciclados suelen tener menos cantidad de materia orgánica que los agregados naturales, lo que reduce la generación de calor durante el fraguado del concreto. La temperatura más baja del concreto con agregados reciclados puede ser beneficiosa en ciertas aplicaciones donde se busca controlar la generación de calor, como en estructuras masivas de concreto, tal como, expresa Martínez (2020) quien argumenta que, los agregados reciclados en la mezcla logran mejorar las características físicas del concreto.

En términos de densidad, el concreto reciclado suele tener una menor densidad que el concreto con agregados naturales. Esto se debe a la presencia de porosidad en los agregados reciclados, lo que reduce la densidad del concreto tal como, argumentan Thomas et al. (2022), quienes consideran que, la densidad disminuye de 4% a 8% respecto al concreto natural al producir concreto reciclado, en el caso del estudio la densidad del concreto con agregados reciclados es 10.63% menor que, el concreto natural; así mismo, en el análisis de Makul et al. (2021) el concreto con agregados reciclados presentaba densidad de 1200 a 1425 kg/m³ siendo menor al concreto con agregados naturales, pero también llegando a clasificar algunas de sus muestras como concreto ligero, mientras que, en la investigación se ha observado la disminución de la densidad pero a pesar de ser menor al concreto con agregados naturales no se cataloga como concreto liviano. Por tanto, esta diferencia en la densidad puede ser insignificante en algunas aplicaciones, dependiendo de los requerimientos estructurales y de resistencia.

En cuanto al contenido de aire este se refiere al volumen de aire atrapado, que puede mejorarse mediante la adición de aditivos específicos. Tanto el concreto con agregados naturales como con agregados reciclados pueden alcanzar niveles similares de contenido de aire, lo que influirá en las propiedades del concreto, tal como argumenta Martínez (2020) cuyo concreto con agregados reciclados cumplía con el contenido de aire del diseño de mezclas y por ende presentaba las propiedades físicas idóneas.

En resumen, el concreto elaborado con agregados naturales tiende a tener un mayor asentamiento, una temperatura más alta y una mayor densidad en comparación con el concreto elaborado con agregados reciclados. Sin embargo, ambos tipos de concreto pueden tener un contenido similar de aire, que se puede controlar mediante el uso de aditivos. Estas diferencias en las propiedades en estado no endurecido pueden influir en el flujo y compacidad del concreto, así como en su resistencia y durabilidad final.

5.2. Propiedades mecánicas del concreto

La resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto con agregados reciclados suele ser inferior a la del concreto natural debido a la calidad y propiedad de los agregados reciclados, así como a la compatibilidad de los materiales. La calidad y propiedad de los agregados, los agregados reciclados generalmente provienen de la trituración y clasificación de materiales de construcción y demolición, como concreto viejo y escombros. Estos agregados pueden contener impurezas o estar contaminados con sustancias no deseadas, lo que puede afectar negativamente sus propiedades físicas y químicas. Además, debido a su naturaleza reciclada, los agregados pueden tener una menor resistencia y durabilidad en cotejo con los agregados naturales, lo que afecta directamente la resistencia del concreto en general. La compatibilidad de los materiales, los agregados reciclados pueden tener diferentes tamaños, formas y texturas en cotejo con los agregados naturales. Esto puede afectar la mezcla y la cohesión entre los materiales, lo que resulta en una menor resistencia a la tracción y flexión del concreto. Además, la interacción entre los agregados y la pasta de cemento puede ser menos efectiva en el concreto con agregados reciclados, lo que disminuye aún más la resistencia del concreto.

Sin embargo, a pesar de estas diferencias, la resistencia a flexión del concreto con agregado natural y reciclado no muestra una diferencia significativa, siendo casi similar a los 28 días tal como, argumentan Thomas et al. (2022). Esto se debe a que la resistencia a flexión del concreto no solo depende de los agregados, sino también de la calidad y proporción de la mezcla, el contenido de cemento, la relación agua-cemento y el curado adecuado del concreto. En este sentido, si se controlan y optimizan adecuadamente estos factores, la resistencia a flexión del concreto reciclado puede ser comparable a la del concreto con agregado natural. En cambio, Makul et al. (2021) determinaron una variación del 10% entre la resistencia a flexión

del concreto con agregados reciclados y el concreto con agregados naturales, mientras que, en el presente estudio esta diferencia a los 28 días solo representa el 0.80%.

Así mismo, pesar de que, el concreto reciclado presenta menor resistencia a tracción que, el concreto natural de Bambamarca, los esfuerzos determinados (2.37 MPa) son superiores a los alcanzados por el concreto con agregados reciclados (0.92 a 1.24 MPa) producido por Thomas et al. (2022).

Respecto a la resistencia a compresión del concreto con agregados naturales, generalmente se considera que estos agregados tienen una mayor dureza y resistencia en comparación con los agregados reciclados. Por otro lado, el concreto con agregados reciclados tiende a tener una resistencia a compresión ligeramente inferior tal como, Makul et al. (2021) quienes determinaron que a compresión el concreto con agregados reciclados es 30% menor que, el concreto base, Dávila (2019) quién utilizó RCD de pavimentos de Barrios del Inca, asegurando que alcanzó 223.65 kg/cm² con áridos reciclados y de 219.23 kg/cm² con áridos naturales y Hammoudi et al. (2019) quienes comprobaron que a más remplazo del agregado natural por reciclados menor resistencia alcanza a pesar del paso del tiempo alcanzando su mayor firmeza a los 28 días. Esto se debe principalmente a la presencia de impurezas y la posible degradación de las partículas de agregado durante el proceso de reciclaje. Además, los agregados reciclados pueden tener una mayor variabilidad en su tamaño y forma, lo que dificulta su compactación y reduce la resistencia final del concreto. Sin embargo, también se ha demostrado que se pueden lograr altos niveles de resistencia a compresión en el concreto con agregados reciclados, siempre y cuando se realice un proceso adecuado de selección, clasificación y limpieza de los agregados reciclados. Además, el uso de aditivos especiales y un diseño de mezcla optimizado puede mejorar aún más la resistencia. Tal es el caso, donde Thomas et al. (2022) determinaron que, a compresión acrecienta al utilizar agregados reciclados en combinación con otros agregados como escoria, carbonato de calcio, nano-SiO₂,

entre otros; así mismo, Campos y Saenz (2020) también determinaron un acrecentamiento a compresión al sustituir el agregado natural por reciclados debido al tratamiento adecuado de la mezcla en la producción de concreto.

Para aumentar la resistencia del concreto con agregado reciclado, se pueden considerar la adición de aditivos y modificadores específicos que pueden mejorar la resistencia y características del concreto con agregado reciclado tal como argumenta Chumpitaz (2019). Estos productos pueden ayudar a mejorar la cohesión, reducir la porosidad y aumentar la resistencia a la compresión. Así mismo, se pueden implementar medidas para mejorar la calidad y consistencia de los agregados reciclados durante su tratamiento y producción; esto puede incluir la eliminación de impurezas, la trituración adecuada y el cribado para obtener tamaños de partícula consistentes.

En caso de que el concreto con agregado reciclado no alcance la resistencia deseada como en el presente estudio, existen diversas alternativas para su uso en construcción, como: Elementos no estructurales, el concreto con agregado reciclado puede ser usado en elementos no estructurales, como aceras, bordillos, pisos industriales, entre otros; rellenos y terraplenes, el concreto con agregado reciclado también puede ser utilizado en rellenos y terraplenes, donde no se requieran características de resistencia extremas; estabilización de suelos, puede usarse en la estabilización de suelos para mejorar sus propiedades mecánicas y proporcionar una mayor resistencia. Las aplicaciones pueden ser útiles en proyectos de infraestructura vial, por ejemplo. No obstante, si se desea que, el concreto siga manteniendo la resistencia de diseño para uso estructural una medida pertinente es disminuir el porcentaje de adietamiento o sustitución para así generar un concreto con menor porcentaje de agregados reciclados y mayor porcentaje de agregados naturales, tal como se ha verificado en el acápite 4.3.

En resumen, aunque el concreto con agregados naturales tiende a tener una mayor resistencia a compresión debido a su mayor dureza y uniformidad, el concreto con agregados

reciclados también puede lograr niveles de resistencia aceptables si se aplican los procesos y técnicas adecuadas durante su producción. En cualquier caso, es importante evaluar cuidadosamente las propiedades y características de los agregados reciclados antes de utilizarlos en la fabricación de concreto.

5.3. Diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm²

Se ha determinado que cuando se usan agregados reciclados, generalmente se requiere una proporción menor de agregados en cotejo con los agregados naturales. Esto se debe a que los agregados reciclados tienden a ser más porosos y menos densos que los agregados naturales, lo que significa que ocupan más volumen en la mezcla. Por lo tanto, se necesita una proporción menor de agregados reciclados para alcanzar la misma resistencia y consistencia que se lograría con los agregados naturales.

Así mismo, el agua utilizada en el concreto reciclado es generalmente mayor que en el concreto con agregados naturales. Esto se debe a que los agregados reciclados suelen ser menos absorbentes que los naturales, lo que significa que retienen menos agua. Para compensar esta menor retención de agua, se requiere una mayor cuantía de agua en la mezcla reciclado para mantener una trabajabilidad adecuada y asegurar una correcta hidratación del cemento.

En resumen, la mezcla $f'c$ 210 kg/cm² del concreto con agregados reciclados requerirá una proporción menor de agregados, pero una mayor cantidad de agua en cotejo con el concreto con agregados naturales. Estas diferencias se deben a las características porosas y la menor retención de agua de los agregados reciclados. Es transcendental tener en cuenta estas diferencias al usar agregados reciclados en la construcción de concreto, ya que pueden afectar las propiedades y el rendimiento del material final.

5.4. Porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados utilizando agregados reciclados

El porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados al utilizar agregados reciclados puede cambiar de acuerdo a factores, como la cantidad de agregados reciclados utilizados y el tipo de proyecto o industria en la que se aplique. Sin embargo, en el estudio se ha comprobado que, la aplicación de agregados reciclados puede reducir la necesidad de extraer agregados naturales de canteras hasta un 40%, mientras que, en el estudio de Thomas et al. (2022) han logrado remplazar los agregados naturales por agregados reciclados al 50% y 100%, no obstante, estos autores han adicionado otros agregados combinados como escoria, carbonato de calcio, nano-SiO₂, entre otros; así mismo, cuando se sustituye el 100% del agregado natural por agregados reciclados el concreto sigue cumpliendo características estándar para su uso, solo que, para un f'c de 175 kg/cm² siendo como argumenta Makul et al. (2021) concreto de calidad estándar moderada tal como; por lo que, su uso cambiaría de uso estructural a la formación de paneles, falso piso, mejoramiento y estabilización de suelos, entre otros usos funcionales en proyectos de ingeniería civil que, garanticen su sostenibilidad, considerando que, Seminario (2021) expresa que, un concreto con agregados reciclados cumple con los lineamientos normativos cuando supera la resistencia de la norma E.060 para concreto estructural (17 MPa) siendo este el caso del estudio.

Hammoudi et al. (2019) y Mori (2019) analizaron el concreto con 0% y 100% de residuos de concreto armado (agregados reciclados), verificando que la resistencia a compresión disminuía hasta en 34.16% por lo que, estos recomiendan el uso de una proporción combinada de agregados reciclados y naturales, tal como se ha definido en el presente estudio con 60% de agregados naturales y 40% de agregados reciclados, tal como en el análisis de Chumpitaz (2019) y Lozano & Sagastegui (2020), así mismo, Campos & Saenz (2020) también plantearon la mezcla de agregado natural con reciclado, no obstante, estos lograron mayores

porcentajes de sustitución siendo este hasta un 80% diferencia que, se debe a la forma como se ha producido el concreto sostenible, tal como, Martínez (2020) quien argumenta que, es viable la sustitución de agregados naturales por reciclados en 50%, garantizando que, el concreto sostenible tendrá propiedades dentro del rango estándar para su uso en la industria de la construcción sostenible.

Según Kalinowska-Wichrowska & Suescum-Morales (2020) el uso de agregados reciclados puede disminuir la cuantía total de agregados naturales en aproximadamente el 100% es decir se puede reemplazar totalmente los agregados naturales por reciclados, pero debido a que, el concreto con 100% de agregados reciclados generalmente no cumple con las características mecánicas, por lo que, los autores para evitar ello, utilizaron los escombros de demolición reciclados calcinados a 600 °C por 50 min, lo que, podría ser una solución viable para aumentar la resistencia a compresión del concreto y no tener que, reducir la proporción de agregados reciclados en la mezcla, sino que, se siga utilizando la totalidad del mismo, pero manteniendo las propiedades.

En cambio, Lofty & Al-Fayez (2015) determinaron como porcentaje de remplazo máximo de agregados naturales por reciclados a 30% para la producción de concreto sostenible y Salas (2019) tan solo lograron reemplazar el 20% de los agregados naturales por reciclados para producir concreto con buenas características mecánicas, siendo así en el caso de estudio con agregados naturales de Bambamarca y reciclados del concreto de demolición de pistas y veredas locales, se ha encontrado mayor porcentaje de sustitución, siendo más favorable para el sostenimiento ambiental.

Es importante destacar que, cuanto mayor sea el porcentaje de agregados reciclados utilizados, mayor será la reducción del uso de canteras de agregados. Además, el uso de agregados reciclados también puede tener otros beneficios, como la reducción de la demanda de energía y agua en la producción de materiales de construcción. Así mismo, Fernández

(2020) determinó que el uso de agregados reciclados en el concreto como sustituto de los agregados naturales al 25%, 50%, 75% y 100%, disminuye el costo unitario en 0.35%, 0.89%, 1.77% y 9.88% del concreto con agregados naturales, respectivamente. En conclusión, el porcentaje de reducción del uso de canteras de agregados al utilizar agregados reciclados puede variar, pero en el presente estudio se sugiere que puede ser de alrededor del 40% a 60%.

4.5. Contrastación de hipótesis

La hipótesis general está orientada a verificar si el uso de concreto con agregados reciclados permite la ejecución de proyectos sostenibles en el departamento de Cajamarca, para ello, se han planteado hipótesis específicas nulas (H_0) y alternativas (H_1), que se han analizado en Minitab 21 para verificar si se aceptan o rechazan, se acepta H_0 cuando el valor p (probabilidad) es mayor a 0.05 (nivel de significancia), para un nivel de confianza del 95%; en cambio, cuando el valor p es menor a 0.05 se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

a) Hipótesis específica 1

Después de comprobar la normalidad, para la hipótesis específica 1 se hizo la prueba t-student de dos muestras contrastando las medias de las diferentes propiedades físicas del concreto con agregados naturales y reciclados, donde se ha determinado que, el valor p para asentamiento, temperatura, contenido de aire es mayor a 0.05, por tanto, se acepta la hipótesis nula no hay diferencia significativa entre el promedio obtenido para estas propiedades, es decir el concreto con agregados reciclados presenta similar temperatura, contenido de aire, densidad que, el concreto con agregados naturales, pero para densidad el valor p es 0.000, por tanto, en este caso el concreto con agregados reciclados tiene una diferencia significativa de densidad con el concreto natural, esto se debe a que, el concreto con agregados reciclados favorablemente presenta menor peso que, el concreto natural, siendo más liviano, lo que, incrementa sus posibilidades de uso en la construcción.

H0b: El diseño de concreto con agregados reciclados no mejora las propiedades físicas (asentamiento, temperatura, contenido de aire, densidad) del concreto f'c 210 kg/cm2.

H1b: El diseño de concreto con agregados reciclados mejora las propiedades físicas (asentamiento, temperatura, contenido de aire, densidad) del concreto f'c 210 kg/cm2.

Tabla 32

Resumen del análisis t-student de dos muestras para las propiedades del concreto

Propiedad	Prueba de hipótesis	Valor T	GL	Valor p
Asentamiento (")	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	0.55	3	0.309
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			
Temperatura (°C)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	1.11	3	0.175
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			
Contenido de aire (°)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	0.00	4	0.500
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			
Densidad (gr/cm ³)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	38.00	3	0.000
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			

Nota: μ_1 : media para agregados naturales, μ_2 : media para agregados reciclados, diferencia: $\mu_1 - \mu_2$.

b) Hipótesis específica 2

Después de comprobar la normalidad, para la hipótesis específica 2 se hizo la prueba t-student de dos muestras contrastando las medias de las diferentes propiedades mecánicas del concreto con agregados naturales y con agregados reciclados, donde se ha determinado que, el valor p para resistencia a tracción y flexión es mayor a 0.05, por tanto, se acepta H₀ no hay diferencia significativa entre el promedio obtenido para estas propiedades, es decir el concreto reciclado tiene similar resistencia a tracción y flexión que, el concreto natural, pero para

compresión el valor p es 0.000, por lo que, hay una diferencia significativa entre la resistencia a compresión del concreto base y con agregados reciclados, siendo en este caso, mayor la resistencia a compresión del concreto base, lo que limita el uso del 100% de agregados reciclados a usos no estructurales.

Hob: El diseño de concreto con agregados reciclados mejora la resistencia a compresión, resistencia a flexión, resistencia a tracción) del concreto.

H1b: El diseño de concreto con agregados reciclados no mejora la resistencia a compresión, resistencia a flexión, resistencia a tracción) del concreto.

Tabla 33

Resumen del análisis t-student de dos muestras para las propiedades del concreto

Propiedad	Prueba de hipótesis	Valor T	GL	Valor p
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	34.33	2	0.000
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			
Resistencia a tracción (kg/cm ²)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	9.21	2	0.06
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			
Resistencia a flexión (kg/cm ²)	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	0.58	2	0.310
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$			

Nota: μ_1 : media para agregados naturales, μ_2 : media para agregados reciclados, diferencia: $\mu_1 - \mu_2$.

c) Hipótesis específica 3

Después de comprobar la normalidad, para la hipótesis específica 3 se realizó la prueba t-student pareada contrastando las medias del diseño de mezcla del concreto con agregados naturales y con agregados reciclados, donde se ha determinado que, el valor p es 0.865, por tanto, se acepta H₀ no hay diferencia en la dosificación de mezcla, a pesar de que,

aparentemente la dosificación de mezcla con agregado reciclado requiere mayor cuantía de cemento y agua está diferencia no es significativa estadísticamente.

Ho: La proporción de materiales de un concreto f'c 210 kg/cm² usando agregados reciclados es igual que, para un concreto con agregados naturales.

H1a: La proporción de materiales de un concreto f'c 210 kg/cm² usando agregados reciclados es mayor que, para un concreto con agregados naturales.

Tabla 34

Resumen del análisis t-student pareada para la dosificación de mezcla

	Prueba de hipótesis	Valor T	Valor p
Proporción de la mezcla	Ho: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ H1: $\mu_1 - \mu_2 > 0$	-1.35	0.865

Nota: μ_1 : media para agregados naturales, μ_2 : media para agregados reciclados, diferencia: $\mu_1 - \mu_2$.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Conclusión general: El concreto con agregados reciclados se puede utilizar para la sostenibilidad de obras en el departamento de Cajamarca, sin embargo, solo supera la resistencia a compresión $f'c$ 175 kg/cm², por lo que, se puede utilizar para diversas alternativas, como: aceras, bordillos, pisos industriales, entre otros; rellenos y terraplenes, donde no se requieran características de resistencia extremas; estabilización de suelos, el concreto con agregado reciclado puede usarse en la estabilización de suelos para mejorar sus propiedades mecánicas y proporcionar una mayor resistencia; paneles de separación, entre otros; e incluso puede utilizarse para fines estructurales ($f'c$ 210 kg/cm²) si se utiliza en combinación con los agregados naturales.
- 6.2. Conclusión específica 1: Las propiedades físicas del concreto utilizando agregados reciclados son mejores en símil con el concreto convencional, la trabajabilidad se reduce levemente de 3.5" a 3.33", la temperatura también disminuye levemente de 18.7° a 17.9° lo que significa mayor tiempo de fraguado, el contenido de aire se mantiene constante (2.67%) y la densidad se reduce de 2.38 a 2.13 gr/cm³, obteniendo un concreto más liviano.
- 6.3. Conclusión específica 2: Las propiedades mecánicas del concreto con agregados reciclados son menores respecto al concreto con agregados naturales, a compresión, tracción y flexión la resistencia disminuye en media a los 28 días 21.24%, 19.45% y 0.08% respectivamente.
- 6.4. Conclusión específica 3: La mezcla de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con agregados reciclados requiere mayor contenido de cemento (8.19 bolsas) que, la mezcla con agregados naturales (7.88 bolsas) para alcanzar la resistencia esperada, así mismo, también necesita mayor proporción de agua (301 lts), pero en comparación con el concreto natural, requiere menor proporción de agregados (0.267 m³ de agregado fino y 0.409 m³ de agregado grueso).

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Recomendación general: Se recomienda usar el concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de obras en el departamento de Cajamarca relacionados con aceras, bordillos, pisos industriales, entre otros; rellenos y terraplenes; estabilización de suelos; paneles de separación, entre otros.
- 7.2. Recomendación específica 1: Se recomienda medir las propiedades físicas al momento de realizar mezclas de concreto porque, estas características influyen en el concreto endurecido, así mismo, el parámetro más importante a tener en cuenta es el Slump porque define la trabajabilidad de la muestra.
- 7.3. Recomendación específica 2: Se recomienda para aumentar la resistencia del concreto con agregado reciclado, se pueden considerar la adición de aditivos y modificadores específicos que pueden mejorar la resistencia y características del concreto con agregado reciclado, considerando que, este concreto ya presenta buenas características físicas.
- 7.4. Recomendación específica 3: Para producir la mezcla $f'c$ 210 kg/cm² con agregados reciclados se recomienda desarrollar previamente un proceso adecuado de selección, clasificación y limpieza de los agregados reciclados. Así mismo, se recomienda sustituir el agregado natural por agregados reciclados hasta 40% para la producción de concreto estructural ($f'c$ 210 kg/cm²) y hasta 100% para concreto no estructural ($f'c$ 175 kg/cm²).

VIII. REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)*. Editorial San Marcos E.I.R.L.
- ACI 211. (2002). *Standard Practice for Selecting Normal, Heavy and Mass Weight Concrete Proportion*. American Concrete Institute.
- Aldana, J. y Serpell, A. (2012). Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis. *Revista de la construcción*, 11(2), 4-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200002>
- Aqib, S. M, y Ma, Z.J. (2022). A Review on Carbon Emissions of Ultra-High-Performance Fiber Reinforced Concrete as a Building Construction Material. *International High Performance Buildings Conference*. 426. <https://docs.lib.purdue.edu/ihpbc/426>
- Behera, M., Bhattacharyya, S. K., Minocha, A. K., Deoliya, R., & Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and building materials*, 68, 501-516. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>
- Campos, E.N., y Saenz, J.E. (2020). *Hormigón estructural con agregados reciclados para la construcción de viviendas*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3716>
- Castaño, J.O., Rodríguez, R.M., Lasso, L.A., Gómez, A., Ocampo, M.S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura – Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 17(38), 121-129. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.4.a09>
- Chan, J.L. Carcaño R.S., y Moreno, E.I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Redalyc*, 10(1), 39-46.
- Chávez, L. (2016). *Evaluación geoeconómica del área costera de la región Piura orientada al estudio de agregados para concreto*. [Tesis de grado, Universidad de Piura].
- Chumpitaz, G.N. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de un concreto elaborado con agregado grueso proveniente del concreto reciclado*. [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6960>
- Colangelo, F., Navarro, T. G., Farina, I., & Petrillo, A. (2020). Comparative LCA of concrete with recycled aggregates: A circular economy mindset in Europe. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(9), 1790-1804. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149250>

- Cordova, E.D. y Valverde, R. T. (2019). *Modelamiento y evaluación comparativa de la resistencia característica de la albañilería y módulo de elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, modificado con acero y polipropileno frente a albañilería tradicional, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3360>
- Davila, F. (2019). *Determinación de las propiedades del concreto obtenido con agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos en el distrito Baños del Inca – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3405>
- Enders, J. C., & Remig, M. (2014). Theories of sustainable development: An introduction. In *Theories of sustainable development* (pp. 1-5). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315757926-1/theories-sustainable-development-judith-enders-moritz-remig>
- Etxeberria, M., Marí, A. R., & Vázquez, E. (2007). Recycled aggregate concrete as structural material. *Materials and structures*, 40(5), 529-541. <https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-006-9161-5>
- Fernández, N. (2020). *Evaluación del concreto elaborado con residuos de construcción y demolición, Chota, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/158>
- Figuroa, A.J. y Mesta, G. (2018). *Análisis de la resistencia a la abrasión del concreto con el uso de encofrado metálico en comparación al encofrado tradicional de madera*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].
- Giraldo, G. (2003). *Manual de agregados para el hormigón*, 2ª Ed. Universidad Nacional De Colombia.
- González Ávila M. (2019). *Aspectos éticos de la investigación cualitativa*, Universidad de San Carlos Guatemala, Organización de los estados Iberoamericanos (OEI). <https://www.oei.es/historico/salactsi/mgonzalez5.htm>
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 958-9322-82-4. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9302>
- Hammoudi, A., Moussaceb, K., Belebchouche, C., & Dahmoune, F. (2019). Comparison of artificial neural network (ANN) and response surface methodology (RSM) prediction in compressive strength of recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 209, 425-436.

- Hu, Y., Tang, Z., Li, W., Li, Y., & Tam, V. W. (2019). Physical-mechanical properties of fly ash/GGBFS geopolymer composites with recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, 226, 139-151. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.211>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (INEI, 2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Censo Nacional 2017*. INEI.
- Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2017, 24 de mayo). *NTP 400.050 Manejo de residuos de la construcción. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades. 2ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad [INACAL].
- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 339.183. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 3ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 399.185 Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo, 3ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2018). *NTP 400.011. Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos) 2ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 400.012 Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2020). *NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.* INACAL.
- INACAL. (2020). *NTP 400.018. Agregados. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (No. 200) por lavado en agregados. Método de ensayo. 4ª Ed.* INACAL.
- INACAL. (2020). *NTP 400.019. Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo.* INACAL.
- INACAL. (2020). *NTP 400.020. Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo.* INACAL.
- INACAL. (2020). *NTP 400.021. Agregados. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.* INACAL.
- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 400.022 Agregados. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4ª ed.* INACAL.

- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 400.037 Agregados. Agregados para concreto. Especificaciones. 5ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2021, 15 de noviembre). *NTP 339.034. Concreto. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5a Ed.* INACAL.
- INACAL. (2015). *NTP 339.035. Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. 4a Ed.* INACAL.
- INACAL. (2019). *NTP 339.046. Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3a Ed.* INACAL.
- INACAL. (2017). *NTP 339.078. Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, 3ª ed.* INACAL.
- INACAL. (2017). *NTP 339.084. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.* INACAL.
- INACAL. (2018). *NTP 339.184. Concreto. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. 2a Ed.* INACAL.
- Kalinowska-Wichrowska, K., & Suescum-Morales, D. (2020). The experimental study of the utilization of recycling aggregate from the demolition of elements of a reinforced concrete hall. *Sustainability*, *12*(12), 5182.
- Kandiri, A., Sartipi, F., & Kioumars, M. (2021). Predicting compressive strength of concrete containing recycled aggregate using modified ANN with different optimization algorithms. *Applied Sciences*, *11*(2), 485. <https://doi.org/10.3390/app11020485>
- Le, H. B., & Bui, Q. B. (2020). Recycled aggregate concretes—a state-of-the-art from the microstructure to the structural performance. *Construction and Building Materials*, *257*, 119522. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119522>
- Lele, S.M. (1991). Sustainable development: A critical review. *World Dev.* *1*(1991), 19, 607–621.
- Limbachiya, M., Meddah, M. S., & Ouchagour, Y. (2012). Performance of Portland/Silica Fume Cement Concrete Produced with Recycled Concrete Aggregate. *ACI Materials Journal*, *109*(1).

- Lotfy, A., & Al-Fayez, M. (2015). Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate. *Cement and concrete composites*, 61, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.02.009>
- López, G. A. 2009. *Concreto Simple*. Universidad del Cauca.
- Lozano, F.C., y Sagastegui, W.E. (2020). *Influencia del reemplazo de agregado natural por agregado de concreto reciclado, sobre las propiedades mecánicas del concreto, para el diseño de edificaciones*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16070>
- Makul, N., Fediuk, R., Amran, M., Zeyad, A. M., Murali, G., Vatin, N., ... & Vasilev, Y. (2021). Use of recycled concrete aggregates in production of green cement-based concrete composites: A review. *Crystals*, 11(3), 232.
- Malca, E.M. (2018). *Efecto de la incorporación de cal en la resistencia a la compresión del concreto, Cajamarca – 2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28507>
- Martínez, E.J. (2020). *Desempeño de las propiedades físicas – mecánicas del concreto, utilizando agregado de concreto reciclado, Lambayeque 2020*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/9009 D>
- Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environ. Impact Assess. Rev.* 1(18), 493–520
- Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista CINTEX*, 18(1), 105-130. <https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/52>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2009). *Norma E.060 Concreto Armado. D.S. N° 010-2009-VIVIENDA*. MVCS. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Instituto de Construcción y Gerencia (ICG).
- Mori, H. (2019). *La resistencia a la compresión e impermeabilidad de concretos con agregados reciclados en comparación de concretos tradicionales*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/3392>
- Nasrollahi, Z.; Hashemi, M.; Bameri, S.; Mohamad Taghvaei, V. (2018). Environmental pollution, economic growth, population, industrialization, and technology in weak and strong sustainability: Using STIRPAT model. *Environ. Dev. Sustain.* 1(2018), 1–18
- Neville, A.M. y Brooks, J.J. (1998). *Tecnología del Concreto*. Editorial Trillas.
- Ortiz, J.C. y Alegre, S.Z. (2014). *Mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos de la ciudad de Bambamarca, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc -*

- Bambamarca, región Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3349>
- Pacheco, C.A., Fuentes, L.G., Sánchez, E.H., Rondón, H. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2), 534-555. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0122-34612017000200533
- Pacheco, L.M. (2017). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido*. [Tesis de grado, Universidad José Carlos Mariátegui]
- Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 2da ed.* Colección de Ingenieros del Perú. <https://afly.co/vns4>
- Pradhan, S., Tiwari, B. R., Kumar, S., & Barai, S. V. (2019). Comparative LCA of recycled and natural aggregate concrete using Particle Packing Method and conventional method of design mix. *Journal of Cleaner Production*, 228, 679-691. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.328>
- Rattanachu, P., Toolkasikorn, P., Tangchirapat, W., Chindaprasirt, P., & Jaturapitakkul, C. (2020). Performance of recycled aggregate concrete with rice husk ash as cement binder. *Cement and Concrete Composites*, 108, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103533>
- Rivva, E. (2011). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Editorial Universitaria.
- Robalo, K., Costa, H., do Carmo, R., & Julio, E. (2021). Experimental development of low cement content and recycled construction and demolition waste aggregates concrete. *Construction and Building Materials*, 273, 121680. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121680>
- Robayo-Salazar, R. A., Rivera, J. F., & de Gutiérrez, R. M. (2017). Alkali-activated building materials made with recycled construction and demolition wastes. *Construction and building materials*, 149, 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.122>
- Romero, A.F. y Hernández, J.C. (2014). *Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión*. [Tesis de grado, Universidad de Santo Tomás de Bogotá D.S.].
- Sáiz, P. (2015). *Utilización de arenas procedentes de Residuos de Construcción y Demolición, RCD, en la fabricación de morteros de albañilería*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/39585/>

- Salas, V.H. (2019). *Sostenibilidad de los agregados reciclados de residuos de concreto para obras civiles en la elaboración de concretos*. [Tesis de grado, Universidad Federico Villareal]. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3856>
- Sanchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y el mortero*. Bhandar Editores Ltda.
- Santos, S., Da Silva, P. R., & De Brito, J. (2019). Self-compacting concrete with recycled aggregates—a literature review. *Journal of Building Engineering*, 22, 349-371. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.01.001>
- Seminario, J. C. (2021). *Caracterización de residuos de construcción y demolición para su uso en la construcción, Cajamarca 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/28624>
- Sheheryar, M., Rehan, R., & Nehdi, M. L. (2021). Estimating CO2 Emission Savings from Ultrahigh Performance Concrete: A System Dynamics Approach. *Materials* 2021, 14, 995. <https://doi.org/10.3390/ma14040995>
- Shi, L., Han, L., Yang, F., & Gao, L. (2019). The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects. *Sustainability*, 11(24), 7158. <https://doi.org/10.3390/su11247158>
- Siddika, A., Amin, M. R., Rayhan, M. A., Islam, M. S., Al Mamun, M. A., Alyousef, R., & Amran, Y. M. (2021). Performance of sustainable green concrete incorporated with fly ash, rice husk ash, and stone dust. *Acta Polytechnica*, 61(1), 279-291. <https://doi.org/10.14311/AP.2021.61.0279>
- Tan, J., Cai, J., Li, X., Pan, J., & Li, J. (2020). Development of eco-friendly geopolymers with ground mixed recycled aggregates and slag. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120369. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120369>
- Thomas, B. S., Yang, J., Bahurudeen, A., Chinnu, S. N., Abdalla, J. A., Hawileh, R. A., ... & Hamada, H. M. (2022). Geopolymer concrete incorporating recycled aggregates: A comprehensive review. *Cleaner Materials*, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100056>
- Ticlla, J. (2018). *Tecnología del concreto, Diseño de mezclas de concreto – I Parte*. <https://afly.co/5g74>
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles*. Universidad Nacional de Ingeniería.

- Vásquez, C. (2020). *Evaluación del concreto adicionando fibras de acero con agregado fino de la cantera Conchán y piedra chancada de la cantera la Cangana, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Wang, B., Yan, L., Fu, Q., & Kasal, B. (2021). A comprehensive review on recycled aggregate and recycled aggregate concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 171, 105565. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105565>
- Wang, J., Wu, H., Tam, V. W., & Zuo, J. (2019). Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: An empirical study of China. *Journal of cleaner production*, 206, 1004-1014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118010>
- Xiao, J. (2018). Recycled aggregate concrete. In *Recycled aggregate concrete structures* (pp. 65-98). Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-53987-3_4
- Zhang, X. (2018). Theory of sustainable development: Concept evolution, dimension and prospect. *Bull. Chin. Acad. Sci.* 33(1), 10–19.

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: Concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca

Tesista: Johan Jefferson Sanchez Nuñez

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿De qué manera el uso de concreto con agregados reciclados permitirá ejecutar proyectos sostenibles en el departamento de Cajamarca?</p> <p>Problemas específicos ¿De qué manera el diseño de concreto con agregados reciclados mejorará las propiedades físicas del concreto $f'c=210$ Kg/cm²? ¿De qué manera el diseño de concreto con agregados reciclados mejorará las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ Kg/cm²? ¿Cuál será el diseño de mezclas del concreto con agregados reciclados?</p>	<p>Objetivo general Analizar un diseño de concreto con agregados reciclados para la sostenibilidad de proyectos de edificación en el departamento de Cajamarca.</p> <p>Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none"> └ Determinar las propiedades físicas del concreto $f'c=210$ Kg/cm² con agregados reciclados. └ Determinar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ Kg/cm² con agregados reciclados. └ Determinar el diseño de mezcla de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con agregados reciclados. </p>	El uso de concreto con agregados reciclados permite la ejecución de proyectos sostenibles en el departamento de Cajamarca.	<p>Variable independiente</p> <p>Concreto $f'c=210$ kg/cm²</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Sostenibilidad</p>	<p>Agregados reciclados</p> <p>Diseño de mezcla</p> <p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades mecánicas</p> <p>Sostenibilidad social</p> <p>Sostenibilidad económica</p> <p>Sostenibilidad medioambiental</p>	<p>Humedad</p> <p>Gradación</p> <p>Peso específico</p> <p>Absorción</p> <p>Peso unitario</p> <p>Abrasión</p> <p>Cemento</p> <p>Agregados</p> <p>Agua</p> <p>Aditivos</p> <p>Asentamiento</p> <p>Contenido de aire</p> <p>Temperatura</p> <p>Densidad</p> <p>Resistencia a compresión</p> <p>Resistencia a flexión</p> <p>Resistencia a tracción</p> <p>Usos en la construcción</p> <p>Mano de obra</p> <p>Materiales</p> <p>Equipos y/o herramientas</p> <p>Porcentaje de remplazo de material de cantera por agregados reciclados</p>	<p>Enfoque: cuantitativo</p> <p>Diseño: experimental</p> <p>Población: Especímenes de concreto elaborados con agregados reciclados en el departamento de Cajamarca.</p> <p>Muestra: Especímenes de concreto elaborados con agregados reciclados, en el distrito de Bambamarca.</p>

9.2. Anexo B. Análisis de costo unitario para la producción de concreto

Anexo B.1. Estimación del costo de agregados reciclados

Para estimar el costo de agregados reciclados se ha utilizado precios locales de la región de Cajamarca, para calcular un costo del proceso de transformación de los residuos de demolición de concreto recolectados para convertirlos en agregado fino y grueso.

Tabla 35

Costo del agregado fino reciclado

Rendimiento	m3/día	50.00	EQ 75.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	1.000	0.160	20.190	3.230
Peón	hh	4.000	0.640	14.910	9.542
					12.773
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.000	12.773	0.383
Chancadora	hm	1.000	0.107	50.000	5.333
Cargador frontal	hm	1.000	0.107	180.000	19.200
Transporte de material volquete 10 m3	hm	1.000	0.107	70.000	7.467
					32.383
Costo unitario directo:					45.16

Tabla 36

Costo del agregado grueso reciclado

Rendimiento	m3/día	50.00	EQ 60.00		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Operario	hh	1.000	0.160	20.190	3.230
Peón	hh	4.000	0.640	14.910	9.542
					12.773
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.000	12.773	0.383
Chancadora	hm	1.000	0.133	50.000	6.667
Cargador frontal	hm	1.000	0.133	180.000	24.000
Transporte de material volquete 10 m3	hm	1.000	0.133	70.000	9.333
					40.383
Costo unitario directo:					53.16

Anexo B.2. Proporción de materiales a utilizar para cada mezcla

En base a las proporciones del concreto con agregados naturales y reciclados se ha estimado las proporciones de agregado fino y grueso natural y reciclado según proporción de mezcla.

Tabla 37

Proporción de materiales para concreto reciclado

Concreto con agregados	Cemento (kg)	AF natural	AG natural	AF reciclado	AG reciclado	Agua (m3)
Naturales	7.88	0.300	0.402			0.177
60%-40%	8.005	0.180	0.241	0.107	0.164	0.227
50%-50%	8.035	0.150	0.201	0.133	0.205	0.239
40%-60%	8.066	0.120	0.161	0.160	0.245	0.251
Reciclados	8.188			0.267	0.409	0.301

Anexo B.3. Costo unitario de materiales a utilizar para cada mezcla

Al momento de producir el concreto los costos de mano de obra y equipos se van a mantener constantes pero el costo de los materiales variará según la proporción de mezcla que, se tome en cuenta, por ello, se ha modificado el costo de los materiales y se ha obtenido así, los costos unitarios de materiales.

Tabla 38*Precio de materiales para concreto con agregados naturales*

Para 1 m3	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bol	7.880	24.5	193.060
AF - cantera	m3	0.300	60.0	18.000
AG - cantera	m3	0.402	65.0	26.130
AF- reciclado	m3	0.000	45.16	0.000
AG- reciclado	m3	0.000	53.17	0.000
Agua	m3	0.177	5.0	0.885
Costo, concreto con agregados naturales				238.075

Tabla 39*Precio de materiales para concreto con 60% de agregados naturales y 40% de agregados reciclados*

Para 1 m3	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bol	8.005	24.5	196.115
AF - cantera	m3	0.180	60.0	10.796
AG - cantera	m3	0.241	65.0	15.678
AF- reciclado	m3	0.107	45.16	4.821
AG- reciclado	m3	0.164	53.17	8.697
Agua	m3	0.227	5.0	1.133
Costo, 60% de agregados naturales + 40% agregados reciclados				237.241

Tabla 40*Precio de materiales para concreto con 50% de agregados naturales y 50% de agregados reciclados*

Para 1 m3	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bol	8.035	24.5	196.865
AF - cantera	m3	0.150	60.0	8.997
AG - cantera	m3	0.201	65.0	13.065
AF- reciclado	m3	0.133	45.16	6.026
AG- reciclado	m3	0.205	53.17	10.872
Agua	m3	0.239	5.0	1.195
Costo, 50% de agregados naturales + 50% agregados reciclados				237.019

Tabla 41

Precio de materiales para concreto con 40% de agregados naturales y 60% de agregados reciclados

Para 1 m3	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bol	8.066	24.5	197.614
AF - cantera	m3	0.120	60.0	7.197
AG - cantera	m3	0.161	65.0	10.452
AF- reciclado	m3	0.160	45.16	7.231
AG- reciclado	m3	0.245	53.17	13.046
Agua	m3	0.251	5.0	1.257
Costo, 40% de agregados naturales + 60% agregados reciclados				236.798

Tabla 42

Precio de materiales para concreto con agregados reciclados

Para 1 m3	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bol	8.190	24.5	200.655
AF - cantera	m3	0.000	60.0	0.000
AG - cantera	m3	0.000	65.0	0.000
AF- reciclado	m3	0.267	45.16	12.057
AG- reciclado	m3	0.409	53.17	21.741
Agua	m3	0.301	5.0	1.505
Costo, concreto con agregados reciclados				235.957

Anexo N° 2.4. Resumen del costo unitario de materiales a utilizar para cada mezcla

Tabla 43

Resumen del costo unitario de materiales para la producción de concreto

Descripción del concreto	Costo de los materiales para 1 m3 de concreto (S/.)	% de costo respecto al concreto normal	% disminución de costo (S/.)
Concreto con agregados naturales	238.08	100.00%	0.00%
60%-40%	237.24	99.65%	0.35%
50%-50%	237.02	99.56%	0.44%
40%-60%	236.80	99.46%	0.54%
Concreto con agregados reciclados	235.96	99.11%	0.89%

9.3. Anexo C. Fotografías

Fotografía 1. Obtención del concreto de demolición



Fotografía 2. Selección del concreto de demolición



Fotografía 3. Trituración mecánica del concreto de demolición para producir agregados reciclados



Fotografía 6. Prueba de peso específico del agregado natural grueso



Fotografía 7. Prueba de peso específico del agregado natural fino



Fotografía 8. Prueba de peso unitario suelto del agregado natural



Fotografía 9. Prueba de peso unitario compactado del agregado natural



Fotografía 10. Ensayos físico mecánicos en el agregado reciclado



Fotografía 11. Producción concreto con agregados naturales



Fotografía 12. Medida del asentamiento del concreto con agregados naturales



Fotografía 13. Medida de la temperatura del concreto con agregados naturales



Fotografía 14. Medida del contenido de aire del concreto con agregados naturales



Fotografía 15. Medida de la densidad del concreto con agregados naturales



Fotografía 16. Elaboración de probetas de concreto con agregados naturales



Fotografía 17. Elaboración de mezcla de concreto con agregados reciclados



Fotografía 18. Medición del asentamiento del concreto con agregados reciclados



Fotografía 19. Medición de la temperatura del concreto con agregados reciclados



Fotografía 20. Medición del contenido de aire del concreto con agregados reciclados



Fotografía 21. Medición de la densidad del concreto con agregados reciclados



Fotografía 22. Producción de probetas de concreto con agregados reciclados



Fotografía 23. Probetas de concreto con agregados reciclados luego del curado



Fotografía 24. Curado de probetas de concreto



Fotografía 25. Vista de las probetas de concreto curadas



Fotografía 26. Pesado de probetas de concreto endurecido



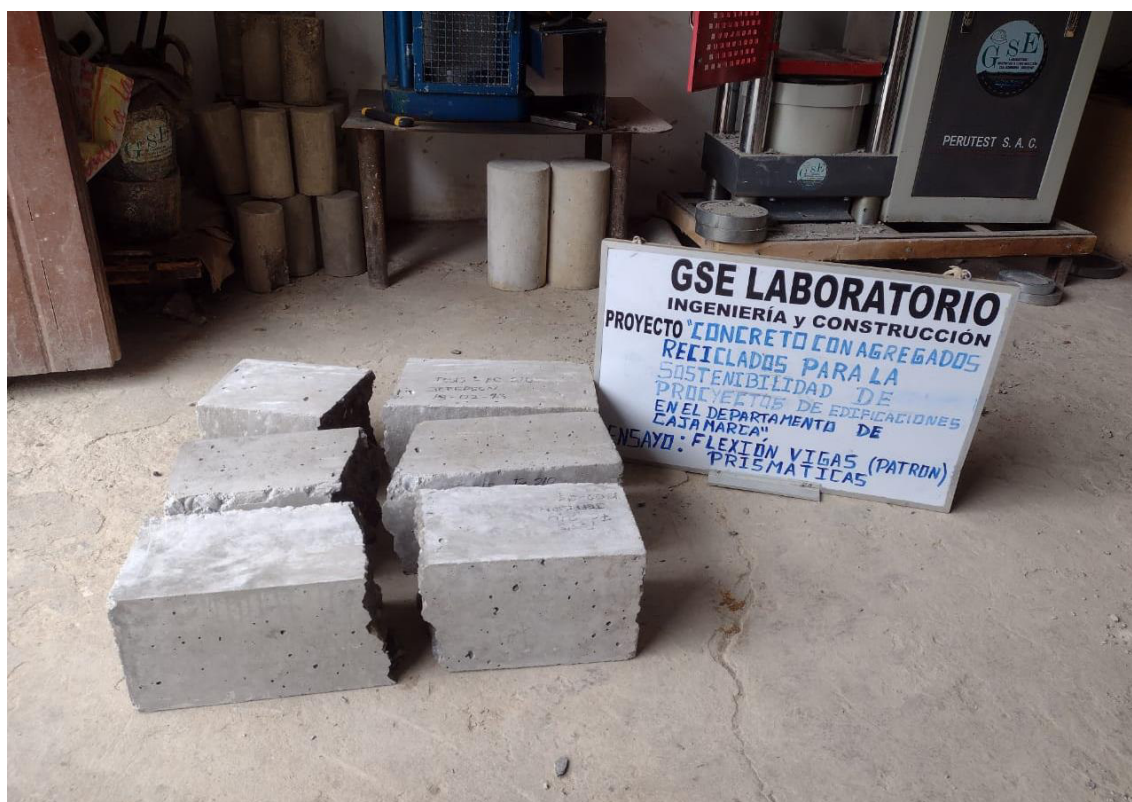
Fotografía 27. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados naturales, compresión



Fotografía 28. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados naturales, tracción



Fotografía 29. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados naturales, flexión



Fotografía 30. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados naturales, compresión



Fotografía 31. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados naturales, tracción



Fotografía 32. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados naturales, flexión



Fotografía 33. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados naturales, compresión



Fotografía 34. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados naturales, tracción



Fotografía 35. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados naturales, flexión



Fotografía 36. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados reciclados, compresión



Fotografía 37. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados reciclados, tracción



Fotografía 38. Ensayo a los 7 días en concreto con agregados reciclados, flexión



Fotografía 39. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados reciclados



Fotografía 40. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados reciclados, tracción



Fotografía 41. Ensayo a los 14 días en concreto con agregados reciclados, flexión



Fotografía 42. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados reciclados, compresión




Fotografía 43. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados reciclados, tracción




Fotografía 44. Ensayo a los 28 días en concreto con agregados reciclados, flexión



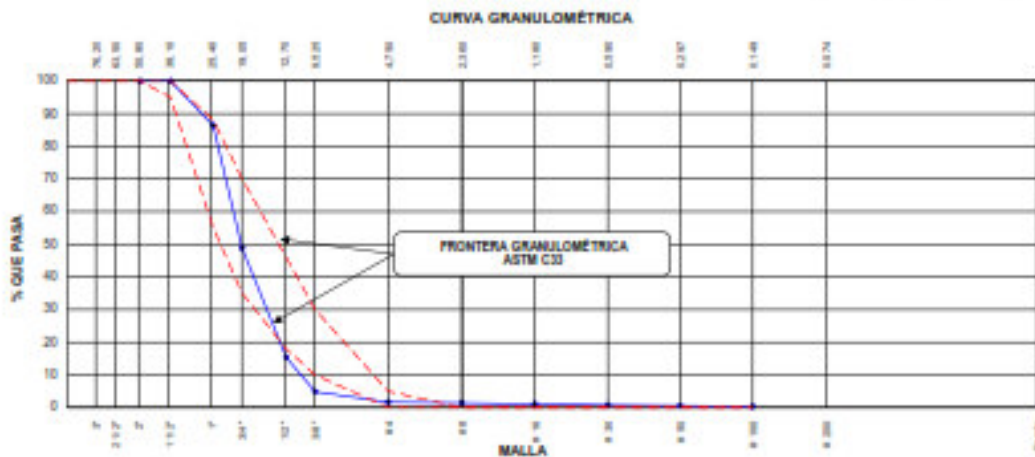
9.4. Anexo D. Ensayos de laboratorio

	INFORME DE MATERIALES			
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS <small>(ASTM D 2216, MTC E 108-2000)</small>				
PROYECTO : "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Realizado Por : S.C.R.			
Cantera : RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA	Ing. Responsable : G.P.R.			
Muestra : M-1	Fecha : 13-02-23			
Ubicación del Proyecto DISTRITO DE BAMBAMARCA				
DATOS DE LA MUESTRA				
Material : ARENA NATURAL	Uso: Agregado para concreto			
Ubicación de la Muestra: RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA				
Tamaño Máximo: N° 3/4				
HUMEDAD NATURAL AGREGADO FINO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	1600.00			
TARRO + SUELO SECO	1518.00			
AGUA	82.00			
PESO DEL TARRO	0.00			
PESO DEL SUELO SECO	1518.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.40			5.40
Cantera: RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA		Uso: Agregado para concreto		
N°Muestra: M-1				
Material: Piedra Chancada (agregado grueso)				
Ubicación de la Muestra: RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA				
Tamaño Máximo: 1 1/2"				
HUMEDAD NATURAL AGREGADO GRUESO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	2000.00			
TARRO + SUELO SECO	1995.00			
AGUA	5.00			
PESO DEL TARRO	0.00			
PESO DEL SUELO SECO	1995.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.250			0.25
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE				
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC				
TECNICO LEM	GERENTE	CQC - LEM		
Nombre y firma	Nombre y firma:	Nombre y firma		

	INFORME	Código	AE-PD-03
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por :	R.C.R.
Ubicación de Proyecto	DISTRITO DE BAMBAMARCA	Fecha de Ensayo:	13/02/2023
Material	: AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	Turno:	Día
Tamaño Máximo	1 1/2"		
Cantera:	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA		
N° de Muestra	: --		
Progresiva	: --		

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 467							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	95.00	100.00
1"	25.00 mm	4911.0	13.71	13.71	86.29	85.00	88.00
3/4"	19.00 mm	13437.0	37.52	51.23	48.77	35.00	70.00
1/2"	12.50 mm	11957.0	33.39	84.62	15.38	18.00	46.00
3/8"	9.50 mm	3767.0	10.52	95.13	4.87	10.00	30.00
# 4	4.75 mm	1158.0	3.23	98.37	1.63	0.00	5.00
# 8	2.36 mm	81.0	0.23	98.59	1.41	0.00	0.00
# 16	1.18 mm	108.0	0.30	98.89	1.11	0.00	0.00
# 30	600 µm	113.0	0.32	99.21	0.79	0.00	0.00
# 50	300 µm	85.0	0.24	99.45	0.55	0.00	0.00
# 100	150 µm	92.0	0.26	99.70	0.30	0.00	0.00
Fondo	-	106.0	0.30	100.00	0.00	-	-
						MP	6.42
						TMN	N° 4



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME	Código	AE-FO-78
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C 127-15	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1


Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACION EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por :	R.C.R
Ubicación de Proyecto	DISTRITO DE BAMBAMARCA	Fecha de Ensayo:	13/02/2023
Material	: AGREGADO GRUESO	Turno:	Diurno
Tamaño Maestro	1'12"		
Carrera	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA		
N° de Muestra	: --		
Progresiva	: --		

DATOS		A	
1	Peso de la muestra seca	2005.0	
2	Peso de la muestra seca sumergida	1233.0	
3	Peso de la muestra secada al horno	1996.0	

RESULTADOS	1		PROMEDIO
RESO ESPECIFICO DE MASA	2.565		2.565
RESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.597		2.597
RESO ESPECIFICO APARENTE	2.616		2.616
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.5		0.5


OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E203)					
Obra :	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante:	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Realizado Por :	R.C.R		
Cantera:	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA	Ing. Responsable :	G.R.R		
Muestra:	M-1	Fecha :	13-02-23		
Ubicación del Proyecto	DISTRITO DE BAMBAMARCA				
DATOS DE LA MUESTRA					
Material:	Piedra Chancada (agregado grueso)		Uso:	Agregado para concreto	
Ubicación de la Muestra :	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA				
Tamaño Máximo:	1 1/2"				
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	26990	27010	26971
PESO DEL MOLDE		gr.	6624	6624	6624
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	20366	20386	20347
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	14022	14022	14022
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1.452	1.454	1.451
PROMEDIO			1.452 Kg/M³		
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	29080	29067	29099
PESO DEL MOLDE		gr.	6624	6624	6624
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	22456	22443	22475
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	14022	14022	14022
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1601	1601	1603
PROMEDIO			1.602 Kg/M³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CQC - LEM
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E203)					
Obra :	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante:	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Realizado Por :	R.C.R		
Cantera:	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA	Ing. Responsable :	G.R.R		
Muestra:	M-1	Fecha :	13-02-23		
Ubicación del Proyecto	DISTRITO DE BAMBAMARCA				
DATOS DE LA MUESTRA					
Material:	Piedra Chancada (agregado grueso)		Uso:	Agregado para concreto	
Ubicación de la Muestra :	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA				
Tamaño Máximo:	1.12"				
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO					
	DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
	NUMERO DE ENSAYOS		01	02	03
	PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	26990	27010	26971
	PESO DEL MOLDE	gr.	6624	6624	6624
	PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	20366	20386	20347
	VOLUMEN DE MOLDE	cm3	14022	14022	14022
	PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1.452	1.454	1.451
	PROMEDIO		1.452 Kg/M³		
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO					
	DESCRIPCION	UND.	ENSAYOS		
	NUMERO DE ENSAYOS		01	02	
	PESO DEL MATERIAL + MOLDE	gr.	29080	29067	29099
	PESO DEL MOLDE	gr.	6624	6624	6624
	PESO DEL MATERIAL SUELTO	gr.	22456	22443	22475
	VOLUMEN DE MOLDE	cm3	14022	14022	14022
	PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1601	1601	1603
	PROMEDIO		1,602 Kg/M³		
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE					
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC					
TECNICO LEM	GERENTE		COC - LEM		
Nombre y firma	Nombre y firma:		Nombre y firma:		

	INFORME	Código	AE-PO-03
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

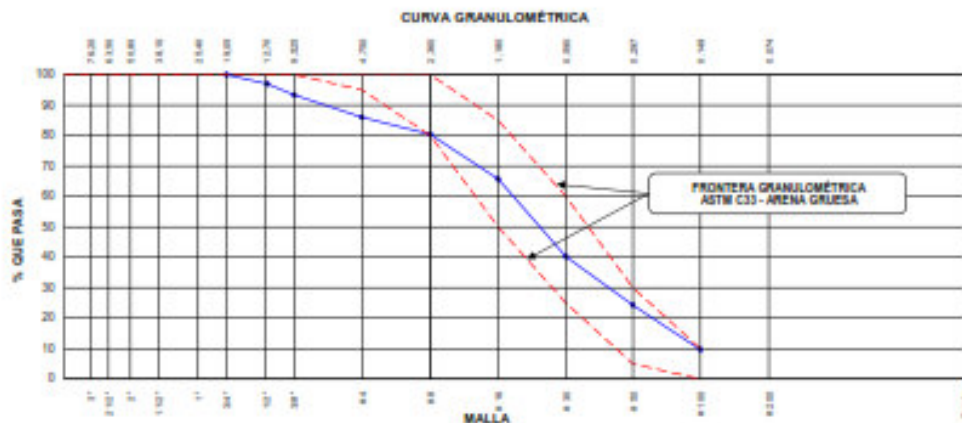
Proyecto : "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".

Solicitante : JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
 Atención : JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
 Ubicación de Proyecto : DISTRITO DE BAMBAMARCA
 Material : AGREGADO FINO PARA CONCRETO

Muestreado por : SOLICITANTE
 Ensayado por : R.C.R.
 Fecha de Ensayo : 13/02/2023
 Turno : Día


Tamaño Máximo : N° 3/4
 Procedencia : RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA
 N° de Muestra : ---
 Progresiva : ---

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm			100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50 mm	34.9	3.01	96.99	100.00	100.00
3/8"	9.50 mm	42.0	3.63	93.36	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	65.0	7.34	86.02	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	65.0	5.61	80.41	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	170.2	14.70	34.29	50.00	85.00
# 30	600 µm	295.0	25.47	59.76	40.24	25.00
# 50	300 µm	185.0	15.97	75.74	24.26	5.00
# 100	150 µm	169.0	14.59	90.33	9.67	10.00
Fondo	-	112.0	9.67	100.00	0.00	-
					MP	3.00
					TMN	---



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:


	INFORME	Código	AE-PO-67
	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO REICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestrado por :	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por :	R.C.R
Ubicación del Proyecto	DISTRITO DE BAMBAMARCA	Fecha de Ensayo:	13/02/2023
Material	: RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA	Turno:	Diurno
Tamaño Máximo	N° 3/4		
Cartera :	RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

IDENTIFICACIÓN		1		
A	Peso Mat. Sol. Sep. Seca (SSS)	300.0		
B	Peso Frasco + agua	637.9		
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	693.6		
D	Peso del Mat. Seco	97.1		
P _s Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		2.535		2.535
P _s Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2.611		2.611
P _a Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2.600		2.600
% Absorción = 100*((A-D)/D)		3.0		3.0


OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	DOC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E203)					
Obra : "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".					
Solicitante: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ		Realizado Por : R.C.R			
Cantera: RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA		Ing. Responsable : G.R.R			
Muestra: M-1		Fecha : 13-02-23			
Ubicación del Proyecto : DISTRITO DE BAMBAMARCA					
DATOS DE LA MUESTRA					
Material: ARENA NATURAL		Uso: Agregado para concreto			
Ubicación de la Muestra : RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA					
Tamaño Máximo: N° 3/4					
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	7396	7363	7382
PESO DEL MOLDE		gr.	2539	2539	2539
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	4857	4824	4843
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1708	1696	1703
PROMEDIO			1,702 Kg/M³		
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	7793	7772	7809
PESO DEL MOLDE		gr.	2539	2539	2539
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	5254	5233	5270
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1847	1840	1853
PROMEDIO			1,847 Kg/M³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO																
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																		
Obra: Solicitante: Cantera A. Fino Cantera A. Grueso Material: Estructura: Tam. Max :	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA". JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA RIO LLAUCANO - BAMBAMARCA ARENA ZARANDADA Y PIEDRA CHANCADA TESIS 1 1/2"																	
		Realizado Por : P.C.R. Ing. Responsable: G.R.R. Fecha: 13/02/2023																
Método de Diseño ACI - (Comité 211)																		
DISEÑO DE CONCRETO F'c 210 Kg/cm²																		
DATOS CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO		VOLUMENES ABSOLUTOS																
F'c (Diseño)	210	Kg/cm ²																
Seguridad		Kg/cm ²																
Resistencia Requerida F _r		Kg/cm ²																
CEMENTO PORTLAND		<table border="1"> <tr> <td>Cemento</td> <td>0.156</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>0.193</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>0.015</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0.401</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Sub-Total</td> <td>0.715</td> <td>m³</td> </tr> </table>		Cemento	0.156	m ³	Agua	0.193	m ³	Aire	0.015	m ³	E	0.401	m ³	Sub-Total	0.715	m ³
Cemento	0.156	m ³																
Agua	0.193	m ³																
Aire	0.015	m ³																
E	0.401	m ³																
Sub-Total	0.715	m ³																
TIPO I Peso Especifico		CONTENIDO DE AGREGADO FINO																
PACASMAYO 3.15		<table border="1"> <tr> <td>Volumen Absoluto Fino</td> <td>0.285</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>Peso Fino Seco</td> <td>743</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </table>		Volumen Absoluto Fino	0.285	m ³	Peso Fino Seco	743	Kg/m ³									
Volumen Absoluto Fino	0.285	m ³																
Peso Fino Seco	743	Kg/m ³																
AGREGADO FINO		VALORES DE DISEÑO																
Peso Especifico	2.611	T/m ³																
Peso Unitario Compactado	1.947	T/m ³																
Peso Unitario Suelto	1.702	T/m ³																
Absorción	2.39	%																
Humedad	3.40	%																
Modulo de Pesar	3.00																	
AGREGADO GRUESO CHANCADO		<table border="1"> <tr> <td>Cemento</td> <td>335</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>193</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Agregado Fino Seco</td> <td>743</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso Seco</td> <td>1041</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso Total</td> <td>2.313</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </table>		Cemento	335	Kg/m ³	Agua	193	Litros	Agregado Fino Seco	743	Kg/m ³	Agregado Grueso Seco	1041	Kg/m ³	Peso Total	2.313	Kg/m ³
Cemento	335	Kg/m ³																
Agua	193	Litros																
Agregado Fino Seco	743	Kg/m ³																
Agregado Grueso Seco	1041	Kg/m ³																
Peso Total	2.313	Kg/m ³																
Tam. Máx. Nominal 1" 25-40 mm Peso Especifico 2.597 T/m ³ Peso Unitario Compactado 1.602 T/m ³ Peso Unitario Suelto 1.452 T/m ³ Absorción 0.5 % Humedad 0.25 %		CORRECCION POR HUMEDAD																
ADITIVO PLASTIMET TM 12 Aporte de Aditivo Plastimet TM 12 % Peso Especifico g/m ³		<table border="1"> <tr> <td>Agregado Fino Húmedo</td> <td>783</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso Húmedo</td> <td>1044</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </table>		Agregado Fino Húmedo	783	Kg/m ³	Agregado Grueso Húmedo	1044	Kg/m ³									
Agregado Fino Húmedo	783	Kg/m ³																
Agregado Grueso Húmedo	1044	Kg/m ³																
PROGRAMAMIENTO		HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS																
Cuarentena	3"-4"	culg.																
Volumen Unitario de Agua	193.0	Litros																
Contenido de Aire	1.50	%																
Relación a/c Resistencia	0.58	a/c																
Factor Cemento	335	Kg/m ³																
Factor Cemento	7.59	Bolsa																
Contenido Agregado Grueso	0.65	Peso/m ³																
Peso Agregado Grueso	1041	Kg/m ³																
		<table border="1"> <tr> <td>Agregado Fino</td> <td>17.9</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso</td> <td>-2.1</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Aporte de Humedad</td> <td>15.8</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Agua efectiva</td> <td>177</td> <td>Litros</td> </tr> </table>		Agregado Fino	17.9	Litros	Agregado Grueso	-2.1	Litros	Aporte de Humedad	15.8	Litros	Agua efectiva	177	Litros			
Agregado Fino	17.9	Litros																
Agregado Grueso	-2.1	Litros																
Aporte de Humedad	15.8	Litros																
Agua efectiva	177	Litros																
		PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD																
		<table border="1"> <tr> <td>Cemento</td> <td>335</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Agua Efectiva</td> <td>177</td> <td>Litros</td> </tr> <tr> <td>Agregado Fino Húmedo</td> <td>783</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso Húmedo</td> <td>1044</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Peso Total</td> <td>2340</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </table>		Cemento	335	Kg/m ³	Agua Efectiva	177	Litros	Agregado Fino Húmedo	783	Kg/m ³	Agregado Grueso Húmedo	1044	Kg/m ³	Peso Total	2340	Kg/m ³
Cemento	335	Kg/m ³																
Agua Efectiva	177	Litros																
Agregado Fino Húmedo	783	Kg/m ³																
Agregado Grueso Húmedo	1044	Kg/m ³																
Peso Total	2340	Kg/m ³																
RESULTADOS FINALES																		
PROPORCIÓN EN PESO POR PIE CUBICO																		
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua															
1.00	2.34	3.11	0.53															
PROPORCIONES EN VOLUMEN POR PIE CUBICO																		
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua															
1.00	2.06	3.22	22.4															
		PESO POR TANDA																
Cemento	42.5	Kg./Bolsa																
Agua Efectiva	22.4	Litros																
Agregado Fino	99.7	Kg./Bolsa																
Agregado Grueso	132.2	Kg./Bolsa																
OBSERVACIONES:																		
Los Cálculos de Diseño están Basados a las Ventajas de este Producto; por lo que su Uso es Obligatorio. En caso que las Características Físicas y Mecánicas de los Agregados, presente alguna variación o distorsión Extraños En las Canteras Usadas, El Contratista deberá volver Rediseñar o realizar el ajuste del Diseño de Mezcla																		

	INFORME DE MATERIALES			
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS <small>(ASTM D 2216, MTC E 106-2000)</small>				
PROYECTO : "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Realizado Por : S.C.R			
Cantera : DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS	Ing. Responsable : G.P.L.R			
Muestra : M-1	Fecha : 04-03-12			
Ubicación del Proyecto : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA				
DATOS DE LA MUESTRA				
Materia : ARENA FINA (DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS)	Uso: Agregado para concreto			
Ubicación de la Muestra: LABORATORIO G.S.E				
Tamaño Máximo: N° 3/8				
HUMEDAD NATURAL AGREGADO FINO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	1200			
TARRO + SUELO SECO	1175			
AGUA	25			
PESO DEL TARRO	0			
PESO DEL SUELO SECO	1175			
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.13			2.13
Cantera: GRAVA (DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS)		Uso: Agregado para concreto		
N°Muestra: M-1				
Materia: AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO				
Ubicación de la Muestra: LABORATORIO G.S.E				
Tamaño Máximo: 1 1/2"				
HUMEDAD NATURAL AGREGADO GRUESO				
TARRO				PROMEDIO
TARRO + SUELO HUMEDO	1900			
TARRO + SUELO SECO	1899			
AGUA	1			
PESO DEL TARRO	0			
PESO DEL SUELO SECO	1899			
CONTENIDO DE HUMEDAD	0			0.05
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE				
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC				
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM		
:Nombre y firma	Nombre y firma:	:Nombre y firma		

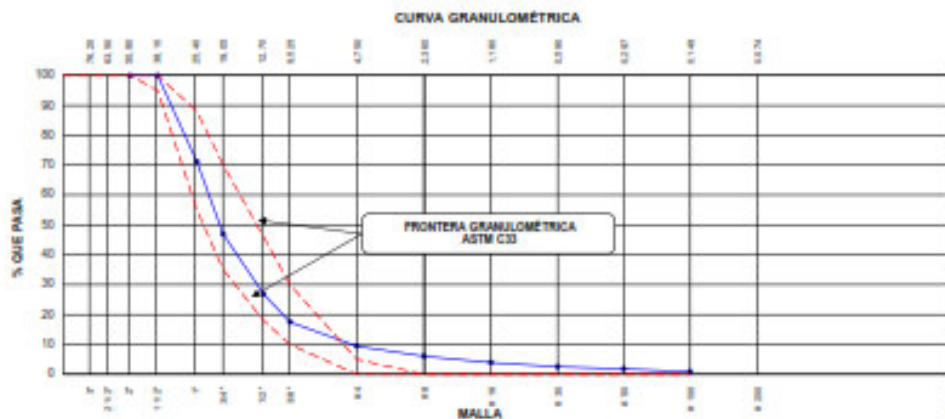
	INFORME	Código	AE-PD-43
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto: "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACION EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".
Solicitante: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
Atención: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
Ubicación de Proyecto: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
Material: AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

Muestreado por: SOLICITANTE
Ensayado por: R.C.R.
Fecha de Ensayo: 4/03/2023
Turno: Diurno


Tamaño Máximo: 11.2"
Carriera: ARENA FINA (DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS)
N° de Muestra: ---
Progresiva: ---

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - MISO # 467						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm			100.00	95.00	100.00
1"	25.00 mm	5664.0	28.80	71.20	55.00	95.00
3/4"	19.00 mm	4951.0	24.31	46.89	35.00	70.00
1/2"	12.50 mm	4071.0	19.99	26.90	18.00	46.00
3/8"	9.50 mm	1919.0	9.42	17.47	10.00	30.00
# 4	4.75 mm	1636.0	8.03	9.44	0.00	5.00
# 8	2.36 mm	890.0	3.39	6.05	0.00	0.00
# 16	1.18 mm	426.0	2.09	3.96	0.00	0.00
# 30	600 µm	285.0	1.40	2.56	0.00	0.00
# 50	300 µm	151.0	0.74	1.82	0.00	0.00
# 100	150 µm	190.0	0.93	0.88	0.00	0.00
Fondo	-	180.0	0.88	0.00	-	-
					MP	8.22
					TMN	N° 1



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME	Código	AE-PO-78
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C 127-15	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestreado por	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por	R.C.R
Ubicación de Proyecto	: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	Fecha de Ensayo	4/03/2012
Material	: AGREGADO GRUESO	Tiempo	Dúmo


Tamaño Máximo	11.2"
Cámbra	LABORATORIO G.S.E
N° de Muestra	---
Progresiva	---

DATOS		A	
1	Peso de la muestra ssa	2070.0	
2	Peso de la muestra ssa sumergida	1186.0	
3	Peso de la muestra secada al horno	1906.0	

RESULTADOS	1		PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.156		2.156
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.342		2.342
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.647		2.647
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	8.6		8.6


OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E203)					
Obra :	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante:	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Realizado Por :	R.C.R		
Cantera:	LABORATORIO G.S.E	Ing. Responsable :	G.R.R		
Muestra:	M-1	Fecha :	04-03-12		
Ubicación del Proyecto : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA					
DATOS DE LA MUESTRA					
Material:	Piedra Chancada (agregado grueso)		Uso:	Agregado para concreto	
Ubicación de la Muestra :	LABORATORIO G.S.E				
Tamaño Máximo:	11.75"				
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	25520	25435	25520
PESO DEL MOLDE		gr.	6624	6624	6624
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	18896	18811	18896
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	14022	14022	14022
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1.348	1.342	1.348
PROMEDIO			1.346 Kg/M³		
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	27845	27945	27780
PESO DEL MOLDE		gr.	6624	6624	6624
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	21221	21321	21156
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	14022	14022	14022
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1513	1521	1509
PROMEDIO			1,514 Kg/M³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CGC - LEM
Nombre y firma	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME	Código	AE-FO-56
	DESGASTE POR ABRASIÓN ASTM C131/C131M-14	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto: "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACION EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".
Solicitante: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
Atención: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ
Ubicación Proyecto: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
Materia: Agregado Grueso - Piedra chancada huso #67

Muestreado por: SOLICITANTE
Ensayado por: R.C.R.
Fecha de Ensayo: 4/03/2012
Turno: Diurno

Tamaño Máximo: 1 1/2"	Profundidad: ---
Cartera: LABORATORIO G.S.E	Norte: ---
N° de Muestra: ---	Este: ---
Progresiva: ---	Oeste: ---

DATOS

PI	P100	P400	U	ABRASION
5867.8	4585	3052	0.22	39

DETALLE	RESULTADO
Uniformidad	0.22
Abrasión	39%

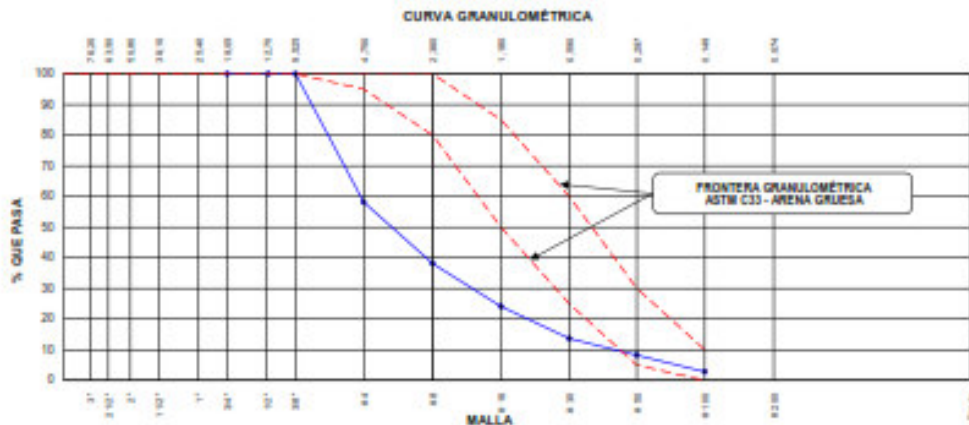
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME	Código	AZ-PO-43
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136	Verión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1


Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por :	R.C.R
Ubicación de Proyecto	: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	Fecha de Ensayo:	4/03/2012
Material	: AGREGADO FINO PARA CONCRETO	Turno:	Diurno
Tamaño Máximo:	N° 3/5		
Procedencia	DEMOLICIÓN ES DE CUNETAS Y VEREDAS		
N° de Muestra	---		
Progresiva	---		

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm			100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50 mm			100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	224.0	41.57	58.43	95.00	100.00
# 5	2.36 mm	107.0	20.00	78.43	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	75.0	14.02	92.41	50.00	85.00
# 30	600 µm	56.0	10.47	97.54	25.00	60.00
# 50	300 µm	29.0	5.42	99.58	5.00	30.00
# 100	150 µm	29.0	5.42	99.58	0.00	10.00
Fondo	-	15.0	2.80	100.00	-	-
					MP	4.55
					TMN	---



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:


	INFORME	Código	AE-PO-07
	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C-128-15	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto	"CONCRETO CON AGREGADO REICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".		
Solicitante	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	Ensayado por :	R.C.R
Ubicación del Proyecto	: DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	Fecha de Ensayo:	4/03/2012
Material	: DEMOLICIÓN ES DE CUNETAS Y VEREDAS.	Turno:	Diurno
Tamaño Máximo:	N° 3/5		
Centros:	DEMOLICIÓN ES DE CUNETAS Y VEREDAS		
N° de Muestra	: --		
Progresiva	: --		

IDENTIFICACIÓN		1		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	110.0		
B	Peso Frasco + agua	635.2		
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	693.7		
D	Peso del Mat. Seco	933.7		
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		2.134		2.134
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2.263		2.263
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2.600		2.600
% Absorción = 100*(A-D)/D)		6.1		6.1


OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE


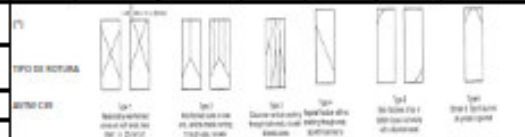
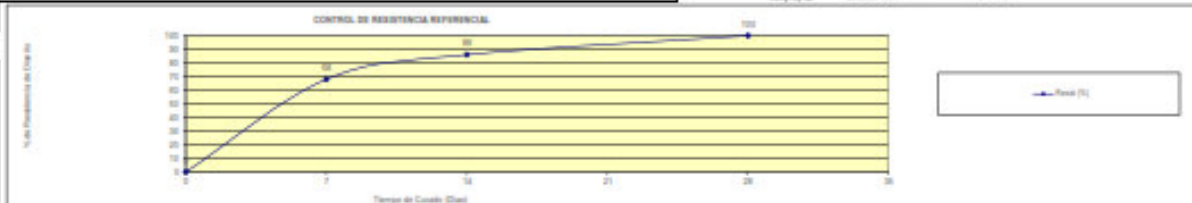
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	CCC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:


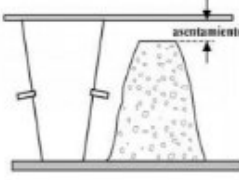

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E203)					
Obra :	"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".				
Solicitante:	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ		Realizado Por : R.C.R		
Cantera:	DEMOLICIÓN ES DE CUNETAS Y VEREDAS		Ing. Responsable : G.R.R		
Muestra:	M-1		Fecha : 04-03-12		
Ubicación del Proyecto : DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA					
DATOS DE LA MUESTRA					
Material:	ARENA FINA (DEMOLICIÓN ES DE CUNETAS Y VEREDAS)			Uso: Agregado para concreto	
Ubicación de la Muestra : LABORATORIO G.S.E					
Tamaño Máximo: N° 3/8					
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	6420	6495	6505
PESO DEL MOLDE		gr.	2539	2539	2539
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	3881	3956	3966
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1365	1391	1395
PROMEDIO			1,383 Kg/M³		
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO					
DESCRIPCION		UND.	ENSAYOS		
NUMERO DE ENSAYOS			01	02	03
PESO DEL MATERIAL + MOLDE		gr.	7045	7165	7095
PESO DEL MOLDE		gr.	2539	2539	2539
PESO DEL MATERIAL SUELTO		gr.	4506	4626	4556
VOLUMEN DE MOLDE		cm3	2844	2844	2844
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1584	1627	1602
PROMEDIO			1,604 Kg/M³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE, POSTERIORMENTE TRANSPORTADAS A LABORATORIO GSE

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		
TECNICO LEM	GERENTE	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
Obra:	*CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*.		
Solicitante:	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ		
Cantera A.Fino	DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS		
Cantera A. Grueso	DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS		
Material:	DEMOLICION ES DE CUNETAS Y VEREDAS		
Estructura:	-		
Tam. Max :	1 1/2"		
		Realizado Por : R.C.R	
		Ing.Responsable: G.R.R	
		Fecha: 13/02/2023	
Método de Diseño ACI - (Comité 211)			
DISEÑO DE CONCRETO F'c 210 Kg/cm²			
DATOS			
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO			
F'c (Diseño)	210	Kg/cm ²	
Seguridad		Kg/cm ²	
Resistencia Requerida F'cr		Kg/cm ²	
CEMENTO PORTLAND			
TIPO I	PACASMAYO		
Peso Especifico	3.15		
AGREGADO FINO			
Peso Especifico	2.263	T/m ³	
Peso Unitario Compactado	1.604	T/m ³	
Peso Unitario Suelto	1.383	T/m ³	
Absorción	6.06	%	
Humedad	2.13	%	
Modulo de Pinesa	3.80		
AGREGADO GRUESO CHANCADO			
Tam. Máx. Nominal	1"	25.40 mm	
Peso Especifico	2.342	T/m ³	
Peso Unitario Compactado	1.514	T/m ³	
Peso Unitario Suelto	1.346	T/m ³	
Absorción	6.6	%	
Humedad	0.05	%	
ADITIVO PLASTIMENT TM 12			
Aporte de Aditivo Plastiment TM 12		%	
Peso Especifico		g/ml	
EMPAQUE			
Asentamiento	3"- 4"	in/gp	
Volumen Unitario de Agua	193.0	L/m ³	
Contenido de Aire	1.30	%	
Relación at. Resistencia	0.55	at/c	
Factor Cemento	348	Kg/m ³	
Factor Cemento	6.19	Bolsa	
Contenido Agregado Grueso	0.65	Peso/m ³	
Peso Agregado Grueso	984	Kg/m ³	
VOLUMENES ABSOLUTOS			
Cemento	0.111	m ³	
Agua	0.193	m ³	
Aire	0.015	m ³	
E	0.420	m ³	
Sub-Total	0.739	m ³	
CONTENIDO DE AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto Fino	0.281	m ³	
Peso Fino Seco	591	Kg/m ³	
VALORES DE DISEÑO			
Cemento	348	Kg/m ³	
Agua	193	L/m ³	
Agregado Fino Seco	591	Kg/m ³	
Agregado Grueso Seco	984	Kg/m ³	
Peso Total	2.116	Kg/m ³	
CORRECCION POR HUMEDAD			
Agregado Fino Humedo	604	Kg/m ³	
Agregado Grueso Humedo	985	Kg/m ³	
HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS			
Agregado Fino	-3.95	%	
Agregado Grueso	-6.6	%	
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Agregado Fino	-23.3	L/m ³	
Agregado Grueso	-64.2	L/m ³	
Aporte de Humedad	-107.5	L/m ³	
Agua efectiva	301	L/m ³	
PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD			
Cemento	348	Kg/m ³	
Agua Efectiva	301	L/m ³	
Agregado Fino Humedo	604	Kg/m ³	
Agregado Grueso Humedo	985	Kg/m ³	
Peso Total	2237	Kg/m ³	
RESULTADOS FINALES			
PROPORCIÓN EN PESO POR PIE CUBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1.00	1.73	2.03	0.66
PROPORCIONES EN VOLUMEN POR PIE CUBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1.00	1.66	3.16	36.7
PESO POR TANDA			
Cemento	42.5	Kg/Bolsa	
Agua Efectiva	36.7	L/Bolsa	
Agregado Fino	73.7	Kg/Bolsa	
Agregado Grueso	120.2	Kg/Bolsa	
OBSERVACIONES:	Los Cálculos de Diseño están Basados a las Ventajas de este Producto; por lo que su Uso es Obligatorio. En caso que las Características Físicas y Mecánicas de los Agregados, presente alguna variación o distintos Estratos En las Canteras Usadas, El Contratista deberá volver Rediseñar o realizar el ajuste del Diseño de Mezcla		

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO												
		RESISTENCIA A LA COMPRESION TESTIGOS CILINDRICOS												
SOLICITANTE		NORMA ASTM C39 - MITC E708												
JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ		"CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".												
11-mar-23														
CEMENTO (s)		DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL			DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2			TIPO DE MEZCLA		210 Kg/cm2.				
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	Diámetro (mm)	ALTURA (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	ÁREA (mm2)	RESISTENCIA (kg/Cm2)	F _c (kg/cm2)	F _c (%)
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(Días)											
1	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	7	11-mar-23	151.90	300.36	11579	3	250.38	26145	38372	144	210	68.7%
2	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	7	11-mar-23	151.38	300.34	11507	5	250.29	25522	17868	142	210	67.5%
3	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	14	16-mar-23	151.59	300.34	11538	5	306.44	31248	38048	175	210	82.4%
4	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	14	16-mar-23	151.78	300.34	11640	5	312.08	31825	38393	176	210	83.8%
5	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	28	1-abr-23	152.49	300.34	11578	4	330.11	33661	38263	184	210	87.6%
6	DISEÑO DE MEZCLAS 210 Kg/Cm2	4-mar-23	28	1-abr-23	153.22	300.34	11589	5	326.44	33287	38438	181	210	86.0%
														
														

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																		
	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (NTP 339.035)																																																																																		
	TEMPERATURA DEL CONCRETO (NTP 339.184)																																																																																		
TESIS : "CONCRETO CON AGRÉGADO RECIKLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACION EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA". SOLICITANTE : JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ			HECHO POR : G.R.B INDI RESP. : H.C.B FECHA : Especificado en Tabla																																																																																
CONCRETO : Especificado en Tabla		F _c : 210.0 Kg/cm ²		USO :																																																																															
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concreto</th> <th>Fecha de Mezclado</th> <th>F_c Diseño (Kg/cm²)</th> <th>Relación A/C</th> <th>Slump de Diseño (Pulg)</th> <th>Slump de Mezcla (Pulg)</th> </tr> <tr> <th>Mezcla</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>A.O + A.F</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>3" - 4"</td> <td>3 3/4</td> </tr> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>3" - 4"</td> <td>3 3/4</td> </tr> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>3" - 4"</td> <td>3</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Slump de Diseño (Pulg)	Slump de Mezcla (Pulg)	Mezcla						A.O + A.F						RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3 3/4	RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3 3/4	RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3																																														
Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Slump de Diseño (Pulg)	Slump de Mezcla (Pulg)																																																																														
Mezcla																																																																																			
A.O + A.F																																																																																			
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3 3/4																																																																														
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3 3/4																																																																														
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	3" - 4"	3																																																																														
TEMPERATURA DEL CONCRETO																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concreto</th> <th>Fecha de Mezclado</th> <th>F_c Diseño (Kg/cm²)</th> <th>Relación A/C</th> <th>Temperatura Ambiente °C</th> <th>Temperatura del Concreto °C</th> </tr> <tr> <th>Mezcla</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>A.O + A.F</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>19.0</td> <td>19.3</td> </tr> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>17.9</td> <td>18.1</td> </tr> <tr> <td>RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO</td> <td>15/04/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.575</td> <td>18.5</td> <td>18.7</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Temperatura Ambiente °C	Temperatura del Concreto °C	Mezcla						A.O + A.F						RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	19.0	19.3	RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	17.9	18.1	RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	18.5	18.7																																														
Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Temperatura Ambiente °C	Temperatura del Concreto °C																																																																														
Mezcla																																																																																			
A.O + A.F																																																																																			
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	19.0	19.3																																																																														
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	17.9	18.1																																																																														
RIO LLAUCANO + RIO LLAUCANO	15/04/2023	210.00	0.575	18.5	18.7																																																																														

OBSERVACIONES:

--	--	--

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																																																																								
	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (NTP 339.035)																																																																																																																																								
	TEMPERATURA DEL CONCRETO (NTP 339.184)																																																																																																																																								
TESIS : "CONCRETO CON AGREGADO REICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACION EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA". SOLICITANTE : JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ			HECHO POR : G.R.B INVO RESP. : H.C.B FECHA : Especificado en Tabla																																																																																																																																						
CONCRETO : Especificado en Tabla		F _c : 210.0 Kg/cm ²		USO :																																																																																																																																					
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concreto</th> <th>Fecha de Mezclado</th> <th>F_c Diseño (Kg/cm²)</th> <th>Relación A/C</th> <th>Slump de Diseño (Pulg)</th> <th>Slump de Mezcla (Pulg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A.O + A.F</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>3" - 4"</td> <td>3 1/2</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>3" - 4"</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>3" - 4"</td> <td>3 1/2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Slump de Diseño (Pulg)	Slump de Mezcla (Pulg)	A.O + A.F						CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3 1/2	CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3	CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3 1/2																																																																																																										
Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Slump de Diseño (Pulg)	Slump de Mezcla (Pulg)																																																																																																																																				
A.O + A.F																																																																																																																																									
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3 1/2																																																																																																																																				
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3																																																																																																																																				
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	3" - 4"	3 1/2																																																																																																																																				
TEMPERATURA DEL CONCRETO																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concreto</th> <th>Fecha de Mezclado</th> <th>F_c Diseño (Kg/cm²)</th> <th>Relación A/C</th> <th>Temperatura Ambiente °C</th> <th>Temperatura del Concreto °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A.O + A.F</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>18.8</td> <td>19.0</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>15.5</td> <td>16.8</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO REICLADO</td> <td>4/03/2023</td> <td>210.00</td> <td>0.554</td> <td>17.6</td> <td>17.9</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Temperatura Ambiente °C	Temperatura del Concreto °C	A.O + A.F						CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	18.8	19.0	CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	15.5	16.8	CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	17.6	17.9																																																																																																										
Concreto	Fecha de Mezclado	F _c Diseño (Kg/cm ²)	Relación A/C	Temperatura Ambiente °C	Temperatura del Concreto °C																																																																																																																																				
A.O + A.F																																																																																																																																									
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	18.8	19.0																																																																																																																																				
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	15.5	16.8																																																																																																																																				
CONCRETO REICLADO	4/03/2023	210.00	0.554	17.6	17.9																																																																																																																																				

OBSERVACIONES:

--	--	--

GSE		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			GSE	
PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
NORMA: ASTM C138 MTC E714						
PROYECTO: "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".						
SOLICITANTE :	JOHAN EFFRSON SANCHEZ NUÑEZ			REALIZADO :	J.C.B	
UBICACION :	CHOTA			FECHA :	13/02/2023	
DISEÑO :	FC-210 kg/cm ²			ING. RESPONSABLE :	J.C.B	
IDENTIFICACION :	CONCRETO CONVENCIONAL - PATRON			ING. RESPONSABLE :	J.C.B	
PESO UNITARIO						
DESCRIPCION	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		13/02/2023	13/02/2023	14/02/2023		
Peso del recipiente + Muestra	(Kg)	20306	20351	20396		
Peso del recipiente	(Kg)	3535	3535	3535		
Peso de la muestra	(Kg)	16771	16816	16861		
Volumen de recipiente	(m ³)	7060	7060	7060		
Peso unitario real	(kg/m ³)	2.38	2.38	2.39		
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
DESCRIPCION	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		13/02/2023	13/02/2023	14/02/2023		
Hora de muestreo	H.	15:50	16:42	17:36		
Slump	(pulg)	3 3/4"	3 3/4"	3"		
Temperatura ambiente	(°C)	19.00	17.90	18.50		
Temperatura de concreto	(°C)	19.30	18.10	18.70		
CONTENIDO DE AIRE		1.10	0.90	1.00		
Observaciones:						
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC						
TECNICO GSE			GSE - JEF			

GSE		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			GSE	
PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
NORMA: ASTM C138 MTC E714						
SOLICITANTE :	JOHAN EFFRSON SANCHEZ NUÑEZ			REALIZADO :	J.C.B	
UBICACION :	CHOTA			FECHA :	4/01/2023	
DISEÑO :	FC-210 kg/cm ²			ING. RESPONSABLE :	J.C.B	
IDENTIFICACION :	CONCRETO RECICLADO					
PESO UNITARIO						
DESCRIPCION	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		4/01/2023	4/01/2023	4/01/2023		
Peso del recipiente + Muestra	(Kg)	18008	18523	18677		
Peso del recipiente	(Kg)	3535	3535	3535		
Peso de la muestra	(Kg)	15073	14988	15142		
Volumen de recipiente	(m ³)	7000	7000	7000		
Peso unitario real	(Kg/m ³)	2.15	2.12	2.14		
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
DESCRIPCION	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		4/01/2023	4/01/2023	4/01/2023		
Hora de muestreo	H.	15:35	16:30	17:15		
Slump	(pulg)	3 1/2"	3"	3 1/2"		
Temperatura ambiente	(°C)	18.80	15.50	17.60		
Temperatura de concreto	(°C)	19.00	16.80	17.90		
CONTENIDO DE AIRE		3.00	3.00	2.00		
Observaciones:						
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC						
TECNICO GSE			GSE - JEF			

GSE		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			GSE	
PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
NORMA: ASTM C138 MTC 0314						
PROYECTO: "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".						
ELABORANTE :	IDRIAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ			REALIZADO :	I. D.	
UBICACION :	CNOTA			FECHA :	13/02/2023	
DISEÑO :	F C-229 (kg)/cm ³			ING. RESPONSABLE :	S.S.R	
PESO UNITARIO						
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		13/02/2023	13/02/2023	14/02/2023		
Peso del recipiente + Muestra	(Kg)	20306	20351	20396		
Peso del recipiente	(Kg)	3535	3535	3535		
Peso de la muestra	(Kg)	16771	16816	16861		
Volumen de recipiente	(m ³)	7060	7060	7060		
Peso unitario real	(Kg/m ³)	2.38	2.38	2.39		
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO						
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3		
		FECHA	FECHA	FECHA		
		13/02/2023	13/02/2023	14/02/2023		
Hora de muestreo	H.	15:50	16:42	17:36		
Slump	(in/g)	3 3/4"	3 3/4"	3"		
Temperatura ambiente	(°C)	19.00	17.90	18.50		
Temperatura de concreto	(°C)	19.30	18.10	18.70		
CONTENIDO DE AIRE		1.10	0.90	1.00		
Observaciones:						
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC						
TECNICO GSE			GSE - JEF			

GSE		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				GSE	
GSE		PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO				GSE	
GSE		NORMA ASTM C138 MTC 0314				GSE	
ELABORANTE :	IDRIAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ			REALIZADO :	I. D.		
UBICACION :	CNDTA			FECHA :	4/03/2023		
DISEÑO :	F C-229 (g)/cm ³			ING. RESPONSABLE :	S.S.R		
PESO UNITARIO							
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3			
		FECHA	FECHA	FECHA			
		4/03/2023	4/03/2023	4/03/2023			
Peso del recipiente + Muestra	(Kg)	18908	18523	18677			
Peso del recipiente	(Kg)	3535	3535	3535			
Peso de la muestra	(Kg)	15073	14988	15142			
Volumen de recipiente	(m ³)	7060	7060	7060			
Peso unitario real	(Kg/m ³)	2.13	2.12	2.14			
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO							
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3			
		FECHA	FECHA	FECHA			
		4/03/2023	4/03/2023	4/03/2023			
Hora de muestreo	H.	15:35	16:50	17:15			
Slump	(in/g)	3 1/2"	3"	3 1/2"			
Temperatura ambiente	(°C)	18.80	15.50	17.60			
Temperatura de concreto	(°C)	19.00	16.80	17.90			
CONTENIDO DE AIRE		5.00	5.00	2.00			
Observaciones:							
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC							
TECNICO GSE				GSE - JEF			

ELEMENTO (s)		DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL	PATRON CILINDRICAS	TIPO DE MEZCLA	210 Kg/cm2.									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (días)	FECHA DE ROTURA	DÍAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (%)	CARGA (kg)	CARGA (kg)	ÁREA (mm ²)	CARGA (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c (%)
1	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	7	20-Abr-23	101.71	302.02	1252	5	318.68	32487	18077	180	210	85.6%
2	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	7	20-Abr-23	101.40	302.57	1258	5	313.12	32829	18083	177	210	84.5%
3	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	7	20-Abr-23	101.64	302.18	1261	4	318.78	32362	18080	179	210	85.2%
4	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	14	29-Abr-23	100.78	302.92	12472	4	334.20	36138	17851	202	210	96.5%
5	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	14	29-Abr-23	101.33	302.24	12559	5	338.53	38861	17886	204	210	97.2%
6	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	14	29-Abr-23	100.18	302.64	12523	3	336.58	36361	17754	205	210	97.7%
7	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	28	12-May-23	101.70	302.51	12400	3	448.18	43689	18074	233	210	130.4%
8	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	28	12-May-23	100.28	302.28	12510	5	443.70	45344	17737	235	210	121.5%
9	PATRON CILINDRICA	18-Abr-23	28	12-May-23	100.63	302.38	12532	5	438.63	44727	17884	250	210	139.2%

Observaciones y sugerencias: El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas; solo se limitó a realizar la rotura del testigo.

La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

El moldeo y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante.

TIPO DE ROTURA

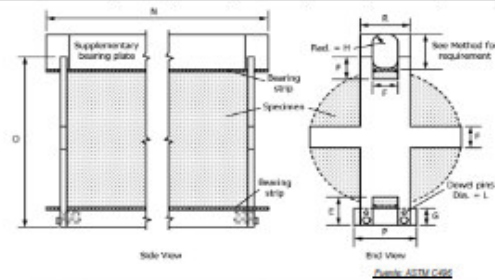
TIPO DE ROTURA

CONTROL DE RESISTENCIA REFERENCIAL

LABORATORIO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO		
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO		
SOLICITANTE: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑES	PROYECTO DE TESIS: "CONCRETO CON AGRÉGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".	06/01/2023
Tipo de muestra : DISEÑO PATRÓN F* C=210 Kg/Cm ²		
Presentación : Especímenes cilíndricos 6" x 12"		

**ENSAYO DE TRACCIÓN DE DISEÑO PATRÓN
ASTM C39**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA EN KN	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	21/02/2023	7 días	300.51	151.01	192.94	1904.09	27.6 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	21/02/2023	7 días	300.28	150.67	195.7	1929.53	28.1 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	21/02/2023	7 días	301.47	151.09	197.22	2010.52	28.1 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	29/02/2023	14 días	300.57	150.92	191.35	1901.96	27.4 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	29/02/2023	14 días	300.34	150.48	185.61	1826.65	26.7 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	29/02/2023	14 días	300.61	150.36	190.67	1942.62	27.4 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	14/03/2023	28 días	301.16	150.91	207.04	2111.87	29.0 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	14/03/2023	28 días	300.78	151.12	206.80	2129.34	29.8 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO	14/02/2023	14/03/2023	28 días	300.5	150.86	195.33	1917.80	28.0 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

ELEMENTO (s)		CONCRETO RECICLADO											TIPO DE MEZCLA		210 Kg/cm ²	
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (días)	FECHA DE ROTURA	Diámetro (mm)	ALTURA (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (%)	CARGA (kg)	CARGA (kg)	ÁREA (mm ²)	CARGA (kg/cm ²)	f _c (kg/cm ²)	f _c (%)		
1	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	7	18-mar-20	100.30	300.00	11584	5	281.24	286.70	17750	162	210	76.8%		
2	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	7	18-mar-20	100.94	300.00	11571	5	276.68	282.13	17804	158	210	75.2%		
3	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	7	18-mar-20	100.77	300.00	11594	4	273.60	278.90	17833	156	210	74.4%		
4	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	14	20-mar-20	101.74	300.00	12001	5	308.53	312.90	18084	173	210	82.5%		
5	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	14	20-mar-20	101.22	300.00	11892	4	305.18	311.10	17980	173	210	82.5%		
6	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	14	20-mar-20	101.58	300.00	11894	4	300.81	306.74	17986	170	210	81.2%		
7	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	28	8-abr-20	100.28	300.00	12031	5	348.58	353.40	17733	200	210	95.2%		
8	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	28	8-abr-20	100.50	300.00	12049	5	345.12	351.82	17789	198	210	94.2%		
9	CONCRETO RECICLADO	10-mar-20	28	8-abr-20	101.58	300.00	11474	5	352.50	359.24	18046	199	210	94.8%		

Observaciones y sugerencias: El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas; solo se limitó a realizar la rotura del testigo.

La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

El moldeo y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante.


OPCIONES ROTURA

OPCIONES

- 1. Rotura por compresión
- 2. Rotura por flexión
- 3. Rotura por torsión
- 4. Rotura por corte
- 5. Rotura por tracción
- 6. Rotura por tensión lateral

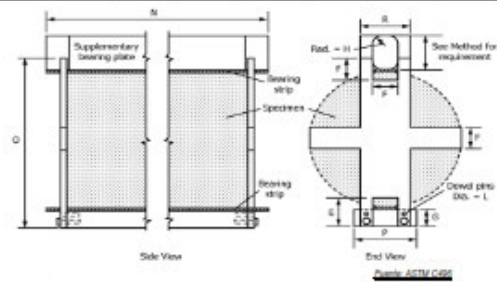
Control de Resistencia Referencial

Resistencia Referencial (kg/cm²) vs. Tiempo de Curado (Días)

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO	
SOLICITANTE: JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑES	PROYECTO DE TESIS: "CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".	8/06/2023
Tipo de muestra	DISEÑO PATRÓN F' C=210 Kg/Cm ²	
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"	

ENSAYO DE TRACCIÓN DE DISEÑO PATRÓN
ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	FUERZA EN KN	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	19/03/2023	7 días	300.18	150.26	139.40	14214.82	20.1 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	19/03/2023	7 días	300.94	151.83	145.05	14790.75	20.6 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	19/03/2023	7 días	300.72	151.07	140.84	14361.45	20.1 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	25/03/2023	14 días	300.18	150.86	150.98	15395.43	21.6 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	25/03/2023	14 días	300.94	150.12	156.16	15923.64	22.4 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	25/03/2023	14 días	301.26	151.07	153.24	15525.88	21.9 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	8/04/2023	28 días	301.4	150.29	160.79	16395.78	23.0 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	8/04/2023	28 días	301.16	150.3	165.03	16926.11	23.7 kg/cm ²
ESPECIMEN DE CONCRETO RECICLADO	15/03/2023	8/04/2023	28 días	300.76	151.57	166.37	16964.75	23.7 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE

	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
PROYECTO	CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	REGISTRO N°	GSE19-LEM-163-36
SOLICITANTE	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	REALIZADO POR	SOLICITANTE
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	G.R.R.
UBICACIÓN DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO	20/02/2023
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Piezas de concreto endurecido		
F'c de diseño	210 kg/cm ²		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DISEÑO PATRON)
ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	13/02/2023	20/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	33.5 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/02/2023	20/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	34.5 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/02/2023	20/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	31.1 kg/cm ²

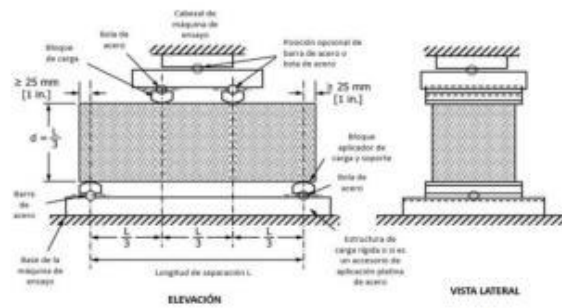


Figura ASTM C78

OBSERVACIONES:

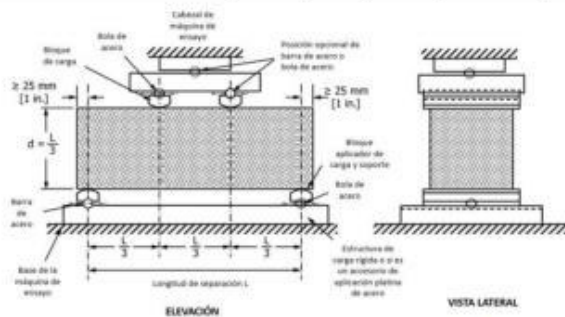
Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
PROYECTO	CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	REGISTRO N°	GSE19-LEM-163-36
SOLICITANTE	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	REALIZADO POR	SOLICITANTE
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	G.R.R
UBICACIÓN DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO	27/02/2023
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Píntas de concreto endurecido F'c de diseño : 210 kg/cm ²			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DISEÑO PATRON)
ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	13/02/2023	27/02/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39.0 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/02/2023	27/02/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39.0 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/02/2023	27/02/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39.5 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

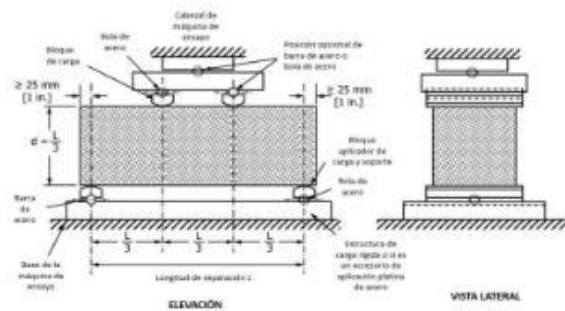
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo:

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
PROYECTO	CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	REGISTRO N°	GSE19-LEM-163-36
SOLICITANTE	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	REALIZADO POR	SOLICITANTE
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	G.R.R
UBICACIÓN DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO	13/03/2023
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Pretens de concreto endurecido		
F'c de diseño	210 kg/cm ²		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DISEÑO PATRON)
ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	13/03/2023	13/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41.4 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/03/2023	13/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41.8 kg/cm ²
Concreto Patrón	13/03/2023	13/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40.1 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
PROYECTO	CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	REGISTRO N°	GSE19-LEM-163-36
SOLICITANTE	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	REALIZADO POR	SOLICITANTE
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	4/3/2023
UBICACIÓN DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO	18/03/2023
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto reciclado endurecido		
Presentación	Piezas de concreto reciclado endurecido		
F'c de diseño	210 kg/cm ²		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DISEÑO PATRON)
ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Reciclado	11/03/2023	18/03/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	31.5 kg/cm ²
Concreto Reciclado	11/03/2023	18/03/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	31.3 kg/cm ²
Concreto Reciclado	11/03/2023	18/03/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	31.9 kg/cm ²

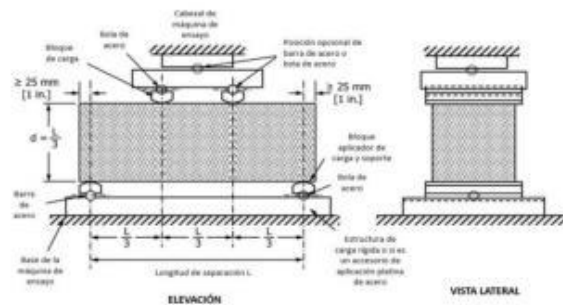


Figura ASTM C78

OBSERVACIONES:

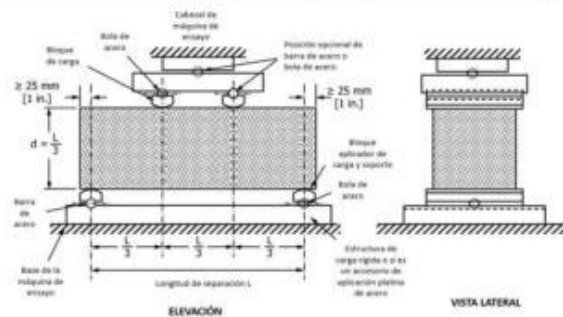
Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION
Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

	FORMATO	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
PROYECTO	CONCRETO CON AGREGADO RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.	REGISTRO N°	GSE19-LEM-163-36
SOLICITANTE	JOHAN JEFFERSON SANCHEZ NUÑEZ	REALIZADO POR	SOLICITANTE
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	4/03/2023
UBICACIÓN DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO	25/03/2023
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto reciclado endurecido		
Presentación	Pretens de concreto reciclado endurecido		
F'c de diseño	210 kg/cm ²		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DISEÑO PATRON)
ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Reciclado	11/03/2023	25/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.0 kg/cm ²
Concreto Reciclado	11/03/2023	25/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.4 kg/cm ²
Concreto Reciclado	11/03/2023	25/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36.8 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION

