



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II PARA
PAVIMENTO VEHICULAR LIGERO CON SUSTITUCIÓN DE
AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO RECICLADO,
EN PORCENTAJES DE 15%, 20% Y 25%

Presentado por el bachiller:

Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino

Para optar el título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Dr. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ
2021



DEDICATORIA

Dedicado a la memoria de mis abuelos Francisca Santos Alagón y Juan Canción Palomino Gonzales que supieron sortear las vicisitudes de la vida y forjaron una hermosa familia a la que pertenezco y me ha ayudado a superar cada reto presentado en el largo camino.

A mi madre Lina por su constancia, paciencia y amor incondicional, lo hemos logrado una vez más.

A mi padre Ricardo que los últimos años fue un gran baluarte de consejos e ideas para fortalecer mi carácter y enfrentar los retos.

A mi novia Poulette, por explotar las mejores virtudes de mi ser y ser mi compañera en esta etapa de la vida. Si estuviste presente cuando no se tuvo nada, estarás presente cuando lo tengamos todo.

.



AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Dr. Víctor Chacón Sánchez, asesor de este proyecto de investigación, por su continuo apoyo y paciencia en el desarrollo del presente trabajo.

Agradecer a la Mg. Ing Carmen Gil y al Ing, Cesar Chura quienes a través de sus observaciones pudieron orientar el mejor desarrollo de la presente investigación. Este apoyo me es infinitamente agradecido por la confianza de su parte.

Agradecer a mis padres Lina y Ricardo por el constante apoyo, ánimos y confianza depositadas en mí. Estaré eternamente agradecidos con ustedes.



RESUMEN

Los desechos generados anualmente por la población, son un problema creciente y que afecta enormemente el desarrollo sostenible de la ciudad del Cusco, así como a toda la nación; uno de estos componentes de desecho más comunes es el vidrio, es por eso que la presente investigación propone una alternativa de reutilización de este componente, evitando que este llegue a parar en el medio ambiente.

La presente investigación se ha centrado en evaluar la resistencia a compresión de grupos de quince (15) unidades de adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero de $f'c$ 340 kg/cm², con un grupo de control y tres grupos con la adición de vidrio triturado proveniente de reciclado en sustitución de porcentajes de 15%, 20 % y 25 % del agregado grueso, para así determinar la influencia del material en el desempeño del elemento de concreto.

Los adoquines obtenidos en la presente investigación cumplen con los parámetros estipulados en la NTP 399.611 y NTP 399.604 y se ha demostrado que las incorporaciones de porcentajes de vidrio triturado en sustitución de agregado grueso permitieron alcanzar el rango promedio de resistencia a compresión de los testigos. Siendo para el grupo con 15% de vidrio triturado un promedio de resistencia mayor en 6.45% con todas las unidades por encima de la resistencia de diseño; para el grupo con 20 % de vidrio un promedio de resistencia mayor en 4.03 % con el 20% de especímenes que no alcanzaron la resistencia de diseño; y para el grupo con 25% un promedio de resistencia mayor solo en 1.61% evidenciándose un efecto negativo de la incorporación de vidrio triturado, donde el 40% de los especímenes no pudo alcanzar la resistencia de diseño.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, vidrio, resistencia a compresión, adoquines, desempeño, reciclaje, vidrio triturado.



ABSTRACT

The garbage generated annually by the population, is a growing problem that seriously affects the sustainable development of the city of Cusco, as well as the entire nation; one of these most common garbage components is glass. This research proposes an alternative to reuse this component, preventing it from ending up in the environment.

This research has been focused on evaluating the compressive strength of groups of fifteen (15) units of type II concrete pavers for light vehicular pavement with f_c 340 kg / cm^2 , with one control group and three groups with the addition of crushed glass from recycling replacing percentages of 15%, 20% and 25% of the coarse aggregate, in order to determine the influence of the material on the performance of the concrete element.

The concrete pavers obtained in the present investigation comply with the parameters stipulated in NTP 399.611 and NTP 399.604 and it has been shown that the incorporation of percentages of crushed glass in replacement of coarse aggregate allowed reaching the average range of resistance to compression of the controls. Being for the group with 15% of crushed glass an average of resistance greater in 6.45% with all the units above the design resistance; for the group with 20% glass, an average resistance greater in 4.03% with the 20% of specimens that did not reach the design resistance; and for the group with 25% an average resistance greater only in 1.61%, evidencing a negative effect of the incorporation of crushed glass, where 40% of the specimens could not reach the design resistance.

Keywords: Sustainable development, glass, compressive strength, pavers, performance, recycling, crushed glass.



INTRODUCCION

Anualmente se generan en la ciudad del Cusco toneladas de desechos y productos a base de vidrio y en su mayoría son usados como envases de vidrio para productos alimenticios, bebidas o como vidrio de ventanas en viviendas y edificios; los cuales luego de ser usados son considerados desperdicios y son arrojados a la basura junto con otros desperdicios generados por la población.

Es también motivo de interés el auge de construcción, reparación y mantenimiento de vías vehiculares a lo largo de toda la ciudad del Cusco, para la producción del concreto utilizado en la construcción, este se realiza utilizando cemento, así como agregados finos y gruesos, por lo que es imprescindible la explotación de canteras para la obtención de materiales, lo cual genera un agotamiento de agregados de origen aluvial.

La presente investigación pretende utilizar el vidrio, que es un material que tarda mucho tiempo en ser degradado, y que genera un considerable daño ecológico cuando es desperdiciado. Se ha visto la necesidad de realizar un reciclaje de este material como un material que se integre al concreto en la elaboración de adoquines de concreto tipo II, utilizados para pavimentos vehiculares ligeros en sustitución de porcentajes de agregado grueso y que al mismo tiempo ayude a desarrollar una industria de la construcción con material reciclado originado en la ciudad del Cusco.

La ciudad del Cusco existe un auge de desarrollo creciente en las últimas dos décadas, es evidencia de ello la creciente construcción y movimiento poblacional que se presenta actualmente, se aprecian calles y vías vehiculares de diversos tipos de pavimentos al largo de toda la ciudad, mayormente articulados de adoquines de piedra en el centro histórico, semirrígidos y flexibles en zonas adyacentes. Siendo muchos de estos a largo de su vida útil se ven considerablemente deteriorados, ya sea por falta de mantenimiento, mala práctica constructiva, deficiencia de los materiales y/o cambio de carga de tránsito de diseño. El uso de pavimentos con adoquines de concreto es una opción viable por la eficacia de su ejecución y la facilidad de mantenimiento, siendo esta una oportuna opción de desarrollo en el sector de la construcción de la ciudad del Cusco.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCION	V
1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema.....	3
1.1.2.1. Formulación interrogativa de los problemas específicos	4
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.2.1. Justificación técnica.....	4
1.2.2. Justificación social.....	4
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por relevancia	5
1.3. Limitaciones de la investigación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
2. CAPITULO II MARCO TEORICO DE LA TESIS.....	7
2.1. Antecedentes de la tesis	7



2.1.1.	Antecedentes a Nivel Nacional.....	7
2.1.2.	Antecedentes a Nivel Internacional	9
2.2.	Aspectos teórico pertinentes.	11
2.2.1.	Conceptos Generales sobre el concreto y sus materiales.....	11
2.2.2.	Componentes del concreto.....	11
2.2.3.	Vidrio.....	22
2.2.4.	Adoquines de concreto.....	27
2.3.	Hipótesis.....	32
2.3.1.	Hipótesis General.....	32
2.3.2.	Hipótesis específicas.....	32
2.4.	Variables	32
2.4.1.	Identificación de variables.....	32
2.4.2.	Manipulación de la variable independiente.	33
2.4.3.	Operacionalización de variables.	34
3.	CAPITULO III: METODOLOGIA.....	35
3.1.	Metodología de la investigación	35
3.1.1.	Enfoque de la investigación.....	35
3.1.2.	Nivel de la investigación.....	35
3.1.3.	Método de investigación.....	36
3.2.	Diseño de investigación	36
3.2.1.	Diseño metodológico:.....	36



3.2.2.	Diseño de ingeniería	37
3.3.	Población y muestra	38
3.3.1.	Población	38
3.3.1.1.	Descripción de la población	38
3.3.1.2.	Cuantificación de la población.....	38
3.3.2.	Muestra	38
3.3.2.1.	Descripción de la muestra	38
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra.....	38
3.3.2.3.	Método de muestreo.....	39
3.3.2.4.	Criterios de evaluación de la muestra	39
3.4.	Instrumentos	40
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	40
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería.....	47
3.5.	Procedimientos de recolección de datos.	51
3.5.1.	Generalidades	51
3.5.1.1.	Normatividad:	51
3.5.1.2.	Materiales.....	52
3.5.2.	Ensayo de materiales	53
3.5.2.1.	Análisis granulométrico de agregados finos.	53
3.5.2.2.	Análisis granulométrico de agregados gruesos.....	55
3.5.2.3.	Peso específico agregado fino.....	57



3.5.2.4.	Peso específico agregado grueso.	59
3.5.2.5.	Peso unitario agregado grueso	61
3.5.2.6.	Contenido de humedad de agregados finos y gruesos.	63
3.5.2.7.	Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste	65
3.6.	Procedimientos de análisis de datos	67
3.6.1.	Análisis granulométrico de agregados finos	67
3.6.2.	Análisis granulométrico de agregados gruesos.....	69
3.6.3.	Peso Específico de agregado fino	70
3.6.4.	Peso Específico de agregado grueso	71
3.6.5.	Peso unitario de agregado grueso	72
3.6.6.	Contenido de humedad de agregado fino.	74
3.6.7.	Contenido de humedad de agregado grueso.	75
3.6.8.	Resistencia a la abrasión o desgaste de agregado grueso.	76
3.6.9.	Diseño de mezclas.	78
3.7.	Elaboración y ensayo de resistencia a compresión de adoquines tipo II para pavimento vehicular ligero $f'c$ 240 kg/cm ²	84
3.7.1.	Procedimiento de elaboración de adoquines de concreto:.....	84
3.7.2.	Resistencia a la compresión.....	88
3.7.2.1.	Materiales y equipos	89
3.7.2.2.	Procedimiento y cálculos (NTP 399.604).....	90
3.7.3.	Tolerancia Dimensional.....	91
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS.	92



4.1. Resumen de propiedades de material	92
4.2. Resistencia a la compresión	96
5. CAPITULO V DISCUSIÓN	104
GLOSARIO	109
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXO	119



FIGURAS

Figura 3-1 Formato de recolección de datos: Granulometría de agregados finos.	40
Figura 3-2 Formato de recolección de datos: Granulometría de agregados gruesos.	41
Figura 3-3 Formato de recolección de datos: Peso específico agregado fino.....	42
Figura 3-4 Formato de recolección de datos: Peso específico agregado grueso.....	42
Figura 3-5 Formato de recolección de datos: Peso unitario del agregado grueso.	43
Figura 3-6 Formato de recolección de datos: Contenido de humedad de agregado fino.	44
Figura 3-7 Formato de recolección de datos: Contenido de humedad de agregado grueso.	44
Figura 3-8 Formato de recolección de datos: Resistencia a la abrasión o desgaste de agregado grueso.	45
Figura 3-9 Formato de recolección de datos: Resistencia a compresión de testigos.	46
Figura 3-10 Instrumentos de ensayo de materiales: (a) Juego de tamices; (b) Balanza de precisión.....	47
Figura 3-11 Instrumento para ensayo de peso específico: (a) Molde cónico, (b) Balanza de precisión, (c) Recipientes de vidrio.....	48
Figura 3-12 Instrumento ensayo Peso unitario agregado grueso: (a) Molde cilíndrico, (b) Horno.	48
Figura 3-13 Instrumentos de ensayo Contenido de humedad de agregados. Balanza de precisión y taras para muestras.	49
Figura 3-14 Instrumentos de ensayo de abrasión. Máquina de los ángeles y balanza y agregado seleccionado.	49
Figura 3-15 Cono de ábrams y varilla metálica de 5/8".	50



Figura 3-16 Maquina de ensayo de resistencia a compresion HUMBOLT.....	51
Figura 3-17 Obtencion de vidrio triturado: (a) Vidrio recolectado y materiales; (b) Trituracion de vidrio con uso de comba; (c) Porcion de vidrio obtenido; (d) Cantidad total de vidrio triturado (18 kg).....	53
Figura 3-18 Granulometria Agregado Fino: (a) Cuarteo de muestra, (b) Tamizado mecanico.	54
Figura 3-19 Granulometria Agregado Fino: (a) Cuarteo de muestra, (b)Armado de tamizado y colocacion de muestra, (c) Tamizado manual.....	56
Figura 3-20 Peso Especifico agregado fino: (a) Apisonado en cono; (b) Pesaje de muestra seleccionada, (c) Colocacion y saturacion de muestra en picnometro, (d)Eliminacion de aire y colocación en recipiente, (e) Colocaciond e muestra en Horno.	58
Figura 3-21 Peso especifico agregado grueso: (a) Selecccion de muestra, lavado y secado., (b) Secado parcial de muestra con paño absorbente (c) Colocación de muestra en cesta contenedora para sumergirla y anotar el peso, (d) Secado de muestra en horno y pesaje	60
Figura 3-22 Peso unitario suelto agregado grueso: (a) Llenado de molde con material, (b) Regidtro de peso de muestra.....	61
Figura 3-23 PU. Compactado: (a) Llenado de material hasta 1/3 de altura de recipiente, (b) Compactado con varilla de 5/8” 25 golpes.	62
Figura 3-24 Contenido de humedad de agregados finos y gruesos: (a) Selecciónde muestras representativas de agregado fino, (b) Apunte de pesos de muestras representativas, (c) Colocacion de muestras en horno, (d) Retiro de muestras para registro de pesos.....	64
Figura 3-25 Resistencia a la abrasion de agregado grueso: (a) Tamizado de material grueso, (b) Colocacion de muestra en maquina Los Angeles, (c) Colocacion de doce (11) esferas metalicas, (d) Retiro de muestras para limpieza y registro de peso, (e) Tamizado de material para selección de muestra, (f) Muestras finales de ensayo de desgaste	66
Figura 3-26 Curva granulometricoa del agregado fino.....	68



Figura 3-27 Curva granulometrica agregado grueso.	70
Figura 3-28 Diagrama de promedio de peso unitario suelto.	74
Figura 3-29 Diagrama de promedio de peso unitario compactado.	74
Figura 3-30 Resultados ensayo de humedad agregado fino.	75
Figura 3-31 Resultados ensayo de humedad agregado grueso.	76
Figura 3-32 Contenido de aire seleccionado: (Fuente: Diseño de mezclas ACI)	79
Figura 3-33 Relacion agua cemento de diseño. (Fuente: Diseño de mezclas ACI).....	80
Figura 3-34 Obtencion de moldes: (a) Dimensiones de adoquin en centimetros (cm), (b) Moldes de melamina con dimesiones de los adoquines.	85
Figura 3-35 Recopilacion de materiales: (a): Vidrio triturado, agua y agregado; (b) peso de agua y peso de cemento; (c) pesaje de agregado fino; (d) limpieza de agregado grueso.	85
Figura 3-36 Colocacion de materiales para inicio de mezcla.	86
Figura 3-37 Medida de acentamiento de mezcla con el cono de Abrams (Slump): (a) Equipo necesario; (b) Medida final de prueba.	86
Figura 3-38 LLenado de moldes: (a) Moldes completo; (b) llenado y varillado de moldes para grupo de control.	87
Figura 3-39 Fraguado de protoripos de ensayo: (a) Grupod e control (GC); (b) Grupo de ensayo A (GEA).	87
Figura 3-40 Desencofrado de prototipos: (a) Desarmado de molde; (b) Prototipos endurecidos.	88
Figura 3-41 Recipiente de curado de prototipos.	88
Figura 3-42 Maquina de ensayo de compresión.	89
Figura 3-43Grupo de ensayo para resistencia a compresion.	89



Figura 3-44 Ensayo de resistencia a la compresion: (a) Colocacion de muestra GC-01; (b) Rotura final de especimen GEA-02;	90
Figura 3-45 Medidas de adoquin tipo II: (a) Altura; (b) Ancho; (c) Longitud.	91
Figura 4-1 Slump vs testigos de concreto.....	96
Figura 4-2 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño.	97
Figura 4-3 Porcentaje (%) de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño	97
Figura 4-4 Slump vs testigos de concreto para GEA.....	98
Figura 4-5 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEA.	99
Figura 4-6 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseñ para GEA	99
Figura 4-7 Slump vs testigos de concreto para GEB.	100
Figura 4-8 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEB	101
Figura 4-9 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño para GEB.....	101
Figura 4-10 Slump vs testigos de concreto para GEC	102
Figura 4-11 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEC	103
Figura 4-12 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño para GEC....	103



TABLAS

Tabla 1-1 Características de residuos sólidos en la ciudad del Cusco. (PIGARS, 2019)	2
Tabla 1-2 Composición física de residuos sólidos. (PIGARS, 2019)	3
Tabla 2-1 Límites granulométricos para agregado fino.(Fuente: NTP 200.037)	18
Tabla 2-2 Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino. (Rivva López, 2000)	18
Tabla 2-3 Límites granulométricos del agregado grueso. (Rivva López, 2000)	20
Tabla 2-4 Propiedades mecánicas del vidrio. (Calderón, 2010)	24
Tabla 2-5 Propiedades físicas y mecánicas del vidrio. (Calderón, 2010)	25
Tabla 2-6 Espesor nominal y resistencia a la compresión de los tipos de adoquines de concreto.(Fuente: NTP 399.611)	31
Tabla 3-1 Descripción de los especímenes.	36
Tabla 3-2 Adoquines evaluados	39
Tabla 3-3 Granulometría Agregado Fino.	55
Tabla 3-4 Granulometría Agregado Grueso.	56
Tabla 3-5 Tabla de datos Peso específico agregado fino.	58
Tabla 3-6 Tabla de datos peso específico de agregado fino.	60
Tabla 3-7 Peso unitario agregado grueso suelto.	62
Tabla 3-8 Peso unitario agregado grueso suelto.	62
Tabla 3-9 Registro de datos Contenido de Humedad agregado fino.	64
Tabla 3-10 Registro de datos Contenido de Humedad agregado grueso.	64



Tabla 3-11 Registro de datos Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste. (Fuente: Propia)	67
Tabla 3-12 Análisis granulométrico de agregado fino	68
Tabla 3-13 Análisis granulométrico de agregado grueso	69
Tabla 3-14 Análisis peso específico agregado fino.	71
Tabla 3-15 Análisis peso específico agregado grueso.	71
Tabla 3-16 Análisis peso unitario suelto agregado grueso.	73
Tabla 3-17 Análisis peso unitario compactado de agregado grueso.	73
Tabla 3-18 Procesamiento ensayo de humedad de agregado fino.	75
Tabla 3-19 Procesamiento ensayo de humedad de agregado grueso.	76
Tabla 3-20 Distribución de muestras para ensayo por el método de Maquina de los Ángeles.	77
Tabla 3-21 Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste. Método Maquina de los Ángeles.	77
Tabla 3-22 Resultados finales ensayo de resistencia a la abrasión en Maquina los Ángeles.	78
Tabla 3-23 Proporción en peso de materiales con de 0% de vidrio triturado.	83
Tabla 3-24 Proporción en peso de materiales con de 15% de vidrio triturado.	83
Tabla 3-25 Proporción en peso de materiales con de 20 % de vidrio triturado	84
Tabla 3-26 Proporción en peso de materiales con de 25 % de vidrio triturado	84
Tabla 3-27 Parámetros de resistencia a la compresión.(Fuente: NTP 399.611)	88
Tabla 3-28 Parámetros de tolerancia dimensional.	91



1. CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema.

1.1.1. Descripción del problema.

Diversas vías de los distritos de la ciudad del Cusco presentan diversos tipos de pavimentos tanto peatonales como vehiculares, de tipo articulados de piedra en el centro histórico y de tipo rígido, semirrígidos y flexible en zonas urbanas. El problema que se observa con este proyecto es el deterioro de calles y vías hechas con pavimentos rígidos y semirrígidos de tránsito peatonal y vehicular ligero, que por falta de gestión o presupuesto no se ejecutan mantenimientos efectivos por parte de las autoridades, muchas veces los deterioros (fisuramiento, grietas y deterioro superficial) quedan permanentes generando problemas de tráfico, situación que afecta a la población que transita diariamente en calles y vías a lo largo de la ciudad. Al respecto, se aprecia que la construcción de pavimentos de adoquines de concreto intertrabados gozan de buen prestigio en el sector de la construcción de pavimentos, debido a su fácil aplicación, fiabilidad, bajo mantenimiento, reparación efectiva manejable y duración.

Adicionalmente, de acuerdo al informe de estado de gestión de residuos sólidos municipales, la población de la ciudad del Cusco acumula aproximadamente 380 toneladas de residuos sólidos a diario; el promedio por habitante es de 0.87 kg/día. Los desechos acumulados por la población, se han convertido en un problema de contaminación e impacto ambiental que han generado un gran déficit, pues alrededor de 30% de los desechos se dejan en las vías públicas y más del 50% de estos desechos no es transportado a un relleno sanitario. (Infantas Soto, 2020). Los principales residuos que se reciclan son el metal, el plástico, papel, cartón y el vidrio principalmente ubicado en botaderos cuando está roto y es uno de los materiales que requiere mayor tiempo de descomposición.



(Fuente: Propia)

Figura 1-1 Estado de deterioro de calles de la ciudad del Cusco. 01: Parque amauta (Urb. Magisterio); 02: Vía Expresa con Av. República del Perú. (San Sebastián); 03 Av. De la Cultura (Wanchaq).

Los estudios de caracterización de residuos sólidos (ECRS) realizados por las municipalidades distritales de Cusco el año 2019, muestran una estimación de generación domiciliaria total de 261.92 toneladas/día, tomando en consideración la población urbana de cada uno de los ocho (08) distritos del Cusco, la tabla 1-1 muestra los resultados por cada distrito.

Tabla 1-1 Características de residuos sólidos en la ciudad del Cusco. (PIGARS, 2019)

DISTRITO	Generación de residuos sólidos (kg/hab/día) 2019	Población Urbana 2019	Generación residuos domiciliarios (ton/ día)
Cusco	0.87	116500	101.6
Ccorca	0.21	2346	0.50
Poroy	0.50	8200	4.10
San Jerónimo	0.40	46207	18.48
San Sebastián	0.37	115305	42.72
Santiago	0.64	88680	56.84
Saylla	0.30	4383	1.31
Wanchaq	0.51	663778	32.51
TOTAL			261.92



Dentro de los residuos generados por la población mostrados en la tabla 1-2, el vidrio representa el 3.55% del total del promedio generado en la ciudad del Cusco y al ser este un material difícilmente reutilizable para la población se plantea su reciclaje en el desarrollo presente proyecto que se motiva por lo expuesto a elaborar adoquines de concreto tipo - II con una composición alternativa a la general, empleando vidrio triturado reciclado reemplazando porcentajes de agregado grueso, para analizar la resistencia a compresión, lo cual permite a contribuir con el reciclaje de vidrio, dando una alternativa a la reducción de contaminación, reciclaje y reutilización para elaboración de un elemento prefabricado de uso en pavimentos.

Tabla 1-2 Composición física de residuos sólidos. (PIGARS, 2019)

TIPOS DE RESIDUOS SOLIDOS	COMPOSICION %								
	Cusco	Wanchaq	Saylla	Poroy	Ccorca	San Jeronimo	San Sebastian	Santiago	Promedio %
Materia Orgánica	53.78%	34%	39.8%	52.41%	53.86%	58.88%	56.46%	52.78%	50.25%
Madera, Follaje	3.59%	1%	21.8%	4.58%	8.46%	3.23%	4.23%	2.14%	6.13%
Papel	3.03%	8%	0%	0%	1.45%	2.62%	3.90%	3.24%	2.78%
Cartón	3.84%	7%	1.97%	1.22%	1.61%	2.38%	3.89%	4.22%	3.27%
Vidrio	3.39%	3%	9.87%	0.59%	2.70%	2.04%	2.52%	4.29%	3.55%
Plástico PET	3.19%	5%	4%	0.55%	1.46%	2.72%	2.48%	2.37%	2.72%
Plástico Duro	2.01%	4%	0%	0%	0.99%	3.23%	2.58%	2.27%	1.89%
Bolsas	6.96%	12%	18.74%	3.11%	5.50%	4.30%	4.63%	6.35%	7.70%
Cartón Multilaminad	0.66%	0%	0%	0%	0.15%	0.84%	1%	0.36%	0.38%

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

¿En qué medida la sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, **influye** en la resistencia a la compresión?



1.1.2.1. Formulación interrogativa de los problemas específicos

- a) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 15 % de vidrio triturado por agregado grueso?
- b) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 20 % de vidrio triturado por agregado grueso?
- c) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 25 % de vidrio triturado por agregado grueso?

1.2. Justificación e importancia de la investigación.

1.2.1. Justificación técnica

El trabajo de investigación se justifica técnicamente a raíz de determinar la comparación de resistencias a compresión de unidades de adoquines de concreto tipo II de tráfico vehicular ligero convencionales y adoquines de concreto con la adición de vidrio triturado que cumplan con las medidas de 10 cm de ancho, 08 centímetros de alto y 20 centímetros de largo con una resistencia a compresión $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$, establecidas en la norma NTP 399.611 de unidades de albañilería.

Adicionalmente se realizan ensayos de calidad de agregados gruesos y finos establecidos en la norma NTP 400.012, granulometría, contenido de humedad, peso unitario y específico, diseños de mezcla y otros ensayos correspondientes.

1.2.2. Justificación social

El trabajo de investigación, busca la aplicación de conocimiento y conceptos básicos de diseño de mezcla en la elaboración de adoquines de concreto y busca a través de la experimentación que el material reciclado (vidrio triturado) sea una tecnología que



optimice su reutilización y contribuir dentro de un marco de desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente.

La información que se presenta en este trabajo promueve mayores estudios, comentarios nuevos y aplicación de materiales residuales en la construcción de materiales utilizados en pavimentación de vías dentro de la ciudad.

1.2.3. Justificación por viabilidad

El trabajo de investigación es viable, debido a que se cuenta con los insumos y accesibilidad de equipos e instrumentos necesarios para su desarrollo, así como se cuenta con los recursos financieros necesarios para la investigación, lo que permite su viabilidad.

1.2.4. Justificación por relevancia

La presente investigación es importante por la alternativa de reutilización de vidrio en un material pre fabricado que puede ser utilizado en la pavimentación de vías peatonales y vehiculares con buen desempeño en su diseño. Además, en nuestro medio se carece de estudios de evaluación de resistencia a compresión de adoquines de concreto con adición de vidrio triturado y costos de los mismos.

1.3. Limitaciones de la investigación

- Se limita al uso de cemento portland tipo IP marca “Yura”, agregado grueso procedente de la cantera de vicho con tamaño máximo de 1” y tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ”, agregado fino de la cantera de Cunyac y agua potable de la ciudad del Cusco.
- Se limitará el uso de vidrio de reciclaje de botellas y recipientes en desuso para realizar una trituración manual hasta obtener un tamaño adecuado para la implementación.



- Se empleará para los ensayos, tanto de material como de adoquines de concreto, los equipos del laboratorio, los cuales se encuentran calibrados y son óptimos para evaluar la resistencia a compresión de los elementos a ensayar.
- Se limita la utilización del método ACI para el diseño de mezcla.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar un análisis comparativo para determinar el valor promedio y el grado de influencia de la sustitución de vidrio triturado por agregado grueso en porcentajes de 15 %, 20%, y 25% en adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, en la resistencia a la compresión.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 15 % de vidrio triturado por agregado grueso.
- b) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 20 % de vidrio triturado por agregado grueso.
- c) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 25 % de vidrio triturado por agregado grueso.



2. CAPITULO II

MARCO TEORICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

A. Título: “Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca 2014”

- **Autor:** Luz Katherine Cabrera Barboza
- **Año:** 2014

La tesis estudia la influencia del vidrio molido sobre la resistencia de adoquines de concreto. El vidrio es empleado para el reemplazo parcial del agregado grueso tradicional del concreto con el objetivo de comparar la resistencia de adoquines de concreto con otros elaborados con vidrio reciclado. La mezcla utilizada en la fabricación de los adoquines se diseña en base a método ACI, las proporciones al peso de la mezcla incluye 05, 10, 15, 25, y 50 % de vidrio. Se realiza la clasificación y propiedades del vidrio y adoquines, para después describir los ensayos a los cuales se someterán los adoquines, para verificar el cumplimiento de la norma Se describe también la definición de materiales y equipos, procedimientos y cálculos de los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y observación de aspectos visuales de los adoquines de concreto. Adicionalmente se detalla los materiales y equipos, así como procedimientos y cálculos de los ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario y absorción de los agregados gruesos y finos. El trabajo contempla un diseño de mezclas para cada porcentaje de vidrio y de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado. Al realizar los ensayos se verificó el cumplimiento de los requisitos mínimos de resistencia a la compresión, absorción y aspectos visuales. Finalmente se concluye que el vidrio triturado al tener una granulometría similar al agregado grueso constituye un buen sustituto de este y que valores de reemplazo de entre 25 – 50 % de vidrio reciclado a la mezcla incrementan la resistencia de los adoquines de concreto.



B. Título: “Análisis de la variación en el comportamiento del concreto $f'c = 210$ kg/cm² con la adición de vidrio molido”

- **Autores:**
Nehemías Quispe Grajeda
Franklin Jonathan Zarate Dueñas
- **Año:** 2020

La tesis realizada buscó brindar una alternativa de reciclaje y reutilización de vidrio. Una de estas alternativas fue su integración al proceso de fabricación de concreto, incorporando vidrio molido a la mezcla de concreto en reemplazo del agregado fino. Por ende, en el desarrollo de la investigación se analizó cuál sería la variación en el desempeño del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio molido. Para ello se prepararon mezclas de concreto con la adición de distintos porcentajes de vidrio molido (20%, 30% y 40%), en reemplazo de agregado fino. Es así que, se llega a establecer que los concretos con adición de 20% y 30% de vidrio molido en reemplazo del agregado fino, fueron aquellos que mejores resultados ofrecieron, llegando a sobrepasar la resistencia del concreto convencional (0% de VM); mientras que el concreto con 40% de VM adicionado ofreció una resistencia similar al del concreto convencional. Se ha concluido que la resistencia a la compresión para distintas dosificaciones de vidrio molido incorporadas en la elaboración del concreto $f'c = 210$ kg/cm muestran que es factible la adición del vidrio molido en la mezcla de concreto, en reemplazo del agregado fino en porcentajes de 20% y 30%, para que el concreto ofrezca un desempeño similar o superior al concreto convencional, además el vidrio molido adicionado a la mezcla de concreto en reemplazo parcial del agregado fino, influye en la trabajabilidad de esta, el cual se evidencia aún más a medida que se aumenta el porcentaje de vidrio molido; esto debido a que las partículas de vidrio son más impermeables que el agregado tradicional.



2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

A. Título: “Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio)”

- **Autor:** Joffre Rene Martínez Mayancela
- **Año:** 2016
- **Lugar:** Ambato Ecuador

En la presente investigación se muestra el efecto de la adición de fibras sobre la resistencia a la compresión característica en los adoquines, con una resistencia de diseño de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. Se realizó ensayos a los componentes del hormigón: agregado fino, grueso y cemento, como: granulometría, densidad aparente suelta y compactada del agregado fino y grueso; y de la mezcla, densidad real de los agregados y del cemento, capacidad de absorción de los agregados, ejecutadas con las especificaciones de la norma INEN, donde se obtuvo los valores para desarrollar la dosificación mediante el Método de la Densidad Óptima. Los adoquines fueron elaborados con diferentes tipos de fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco) e inorgánica (vidrio) con porcentajes de 0,1, 0,2 y 0,3 en todos los casos. Con los ensayos realizados se determina que la resistencia a compresión característica aumenta con todos los tipos de fibras, al adicionar 0,1% de fibra de polipropileno aumenta la resistencia 22%, al adicionar estopa de coco en 0,2% su resistencia aumenta 13% y con la adición del 0,2% de fibra de vidrio la resistencia incrementa en 9% a los 28 días de edad. Se ha concluido que los con los porcentajes establecidos de estopa de coco añadidos a la mezcla se adquirió un asentamiento, consistencia, trabajabilidad y homogeneidad igual a los adoquines modificados con fibra de polipropileno. -Se alcanzó una baja trabajabilidad, con una consistencia plástica y un asentamiento de 3cm al utilizar los porcentajes establecidos de fibra de vidrio, estos porcentajes influyeron para que la homogeneidad sea regular. Finalmente, la fibra de vidrio al ser un tipo de fibra procesada tiende a incrementar la resistencia a la compresión en un 9 % de la resistencia de los adoquines convencionales a los 28 días



con la adición del 0,2 % de fibra, incluso presentando una superficie lisa que no permita una buena adherencia.

B. Título: “Uso de polvo de llanta como agregado fino en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines”

- **Autor:** Sergio Aroldo López Díaz
- **Año:** 2010
- **Lugar:** Guatemala.

Este trabajo de tesis trata acerca del hule de llanta para adherirlo a una mezcla de concreto prediseñada y realizarle ensayos para determinar su comportamiento. Este trabajo de graduación trata acerca de un uso, con el cual se pretende minimizar el daño ocasionado por los mismos, como material primario en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines. Los ensayos experimentales se realizaron con base en especificaciones y procedimientos indicados por las normas de la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (por sus siglas en inglés ASTM), aplicables a mezclas de concreto. En un inicio se pensó que el material podía ser usado a gran escala para la producción de adoquines para pavimentación de arterias vehiculares, pero los análisis de los resultados determinaron, según normas, que no posee características comparables a un agregado fino pétreo. El uso de polvo de llanta en una mezcla de concreto demostró ser no compatible en el desarrollo de las características mecánicas de la misma, porque disminuye la capacidad de la resistencia a la compresión y la flexión, según estándares de la norma propuesta COGUANOR y de la norma colombiana ICONTEC. Debido a la disminución de la resistencia tanto a flexión como a compresión en edades tempranas y tardías, no se recomienda el uso de este tipo de adoquín en arterias vehiculares. Si bien el uso de llantas como adición en la mezcla es de provecho para el medio ambiente, se necesita tener o buscar una mejor alternativa para la transformación del material de hule de llanta, ya que el utilizado en este trabajo fue hecho completamente a mano y es un proceso lento y por ende de poca producción.



2.2. Aspectos teórico pertinentes.

2.2.1. Conceptos Generales sobre el concreto y sus materiales.

El concreto es un material constituido por la combinación en ciertas proporciones de: cemento, agregados, agua y en ciertos casos aditivos, el cual inicialmente presenta una estructura plástica y moldeable, la cual posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que principalmente lo hace un material ideal para la construcción.

Basados en esta definición podemos inferir que se obtiene un material híbrido, el cual combina las características de los componentes, los cuales, en una correcta proporción, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original. Por lo tanto, para poder controlar el uso de este material, se debe conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de sus componentes y su interacción, puesto que son estos mismos los que le confieren su particularidad.

Al igual que muchos materiales, el concreto puede verse afectado por la contracción debido a bajas temperaturas, por la dilatación de elevadas temperaturas, se ve afectado por sustancias agresivas y se quiebra si es expuesto a esfuerzos que superan su resistencia, por lo que responde a leyes físicas y químicas. (Pasquel, 1998)

2.2.2. Componentes del concreto.

La tecnología del concreto define cuatro componentes para este material: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

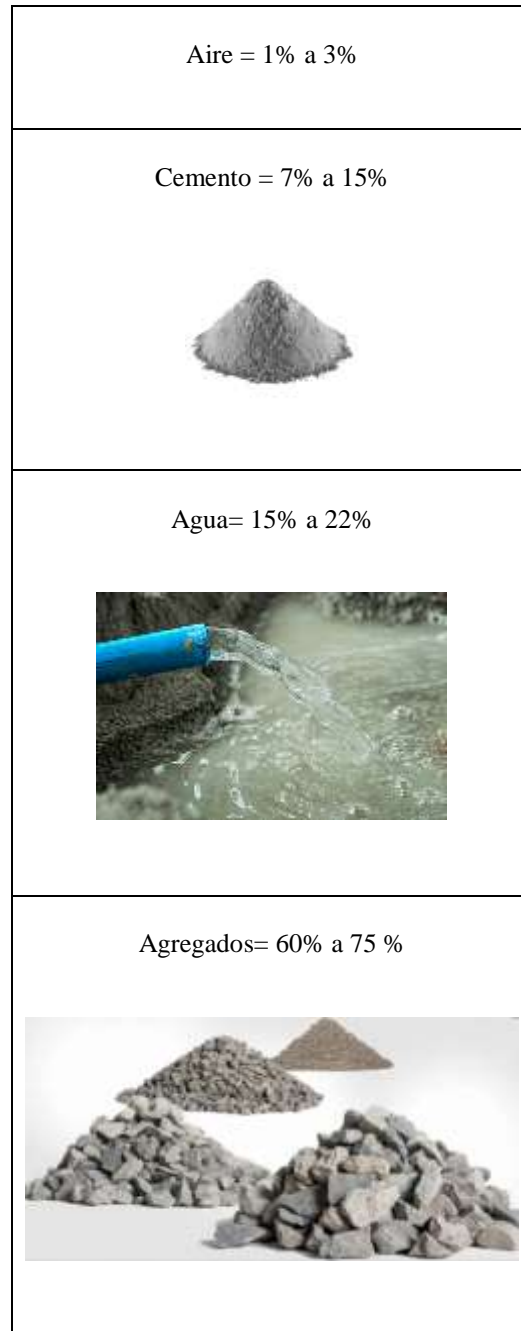


Figura 2-1 Proporciones típicas en volumen absoluto de componentes de concreto. (Pasquel, 1998)

Si se analiza la Fig. 2-1, donde se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes, concluiremos en que el cemento es el ingrediente de menor cantidad, no obstante, es el que define el comportamiento, por lo que es necesario profundizar en este aspecto que está ligado a las reacciones químicas que suceden al entrar en contacto con el agua.



2.2.2.1. Cemento

Se define como cementos a los materiales pulverizados por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

El cemento es el componente más activo del concreto, generalmente posee mayor costo unitario. Es por eso que considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades y durabilidad en las obras. (Rivva López, 2000)

El mercado peruano existe gran variedad de marcas y tipos de cementos para los usuarios, siendo la gran mayoría de ellos adecuados en términos de resistencia y durabilidad. Algunos de los cementos disponibles en el mercado nacional proporcionan niveles mayores de resistencia para determinadas propiedades exigidas por las especificaciones de obra, puesto que siempre debe indicarse en estas, los requisitos exigidos para el cemento.

Cemento Portland.

La norma técnica peruana (NTP 334.009) define al cemento portland como un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda. Este cemento es un polvo muy fino de color verdoso, al combinarse con agua forma una masa aglomerante (pasta) plástica y moldeable, que al fraguar (proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del



agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento) adquiere una gran resistencia y durabilidad (Torre, 2004)

Aplicaciones y tipos de cemento

El cemento portland, al cambiar su composición química y sus propiedades físico - mecánicas puede dar lugar a características diferentes cuando es hidratado, dando lugar a distintos tipos de cemento.

Los cementos portland, generalmente son fabricados con 5 variaciones, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base especificación ASTM de normas para el cemento (C150). Estas variaciones del cemento se distinguen según los requisitos físicos y químicos. La mayoría de los cementos superan los requisitos de resistencia de la especificación satisfactoriamente. (S. Merritt, 1982)

Los cementos estándar de fabricación normada con requerimientos específicos son los siguientes:

- **Cemento Portland tipo I:** De uso general, para construcciones de concreto y mortero el cual no requiere mayores adiciones para obtener propiedades especiales. Es el más empleado en el sector de construcción, es utilizado cuando el concreto no está sujeto a ataques específicos, como sulfatos de suelo o del agua, o temperaturas elevadas combinadas con los calores de hidratación.

Entre sus usos más frecuentes se encuentran los pavimentos y aceras, edificaciones de concreto armado, estructuras para ferrocarriles, tanques y depósitos, muros de contención, alcantarillas, tuberías para agua, etc. (ICG, 2014) .

- **Cemento Portland tipo II:** Construcciones que precisen una resistencia moderada a la acción de sulfatos o calores de hidratación para ser empleados en estructuras en ambientes agresivos y/o vaciados masivos. En estructuras de



drenaje en las que las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas son más elevadas de lo normal. (Rivva López, 2000)

Recomendables en estructuras de gran volumen, como pilares, pilotes, estribos gruesos y muros de contención gruesos. Con su aplicación se reduce enormemente la subida de temperatura, aspecto importante al usarse concreto en climas cálidos. (ICG, 2014)

- **Cemento Portland tipo III:** Cemento requerido en construcciones que requieran un pronto desarrollo de resistencia con elevado calor de hidratación. Especiales para usos en casos donde sea necesario adelantar la puesta en servicio de las estructuras, realizar un desencofrado temprano o para ser utilizados en climas de temperatura baja, al permitir una disminución en el tiempo de curado. Se estima que puede proporcionar el endurecimiento de manera más económica. (Rivva López, 2000)
- **Cemento Portland tipo IV:** Cemento de bajo calor de hidratación, utilizado en obras especiales, como el caso de centrales hidroeléctricas, presas y obras con grandes volúmenes de concreto. El incremento de resistencia es mucho menor a comparación de otros tipos de cemento. El bajo calor de hidratación se logra limitando los compuestos que más influyen en la formación de calor por hidratación. Dado que los compuestos también producen la resistencia inicial, al verse limitados se tiene una mezcla que gana lentamente su resistencia óptima. (S. Merritt, 1982)
- **Cemento Portland tipo V:** Cemento recomendable para ambientes muy agresivos por su alta resistencia a los sulfatos, similar a las cualidades del cemento tipo II antes mencionado. Este tipo de cemento se emplea únicamente en aquellos casos en que la concentración de sulfatos es mayor a 10000 ppm, siendo recomendado su empleo adicionando puzolana. El incremento de resistencia es más lento que la del tipo I. (ICG, 2014)



2.2.2.2. Agregados

Los agregados son elementos inertes de distintas gradaciones tanto para los finos (arenas finas y gruesas) y gruesos (agrado de volúmenes mayores hasta 1”), que forman parte del concreto, los cuales son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Los agregados finos y gruesos que sean seleccionados deberán ser manipulados independientemente. Cada tamaño de agregado grueso o la combinación de tamaños deberá cumplir con los requisitos granulométricos de la norma técnica peruana NTP 400.011. Los agregados ocupan alrededor de 75% del volumen de la unidad cubica del concreto, siendo las calidades de estos muy importantes para el producto final. Los agregados están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones, sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene una importante trascendencia en el concreto para obtener una estructura eficiente, así como adecuada trabajabilidad. Está científicamente demostrado que debe haber una combinación casi total entre partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento.

El agregado está constituido por partículas limpias y adecuadamente conformadas; que en su estructura deben constituirse materiales resistentes y durables; debe poseer adecuada granulometría, límites de absorción, límites respecto a partículas, poseer adecuada resistencia a la abrasión, tener inalterabilidad de tamaño y ser capaz de resistir cambios físicos o químicos que puedan originar rajaduras, ablandamiento, inflamamiento, etc. (ICG, 2014)



2.2.2.2.1. Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas. Las partículas deber pasar el Tamiz N° 9.4 mm (3/8”) y cumplir con los limites indicados en las normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

Requisitos:

El agregado podrá ser arena natural o elaborada, o una combinación. Las partículas deben estar limpias, de perfil angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, partículas escamosas o blandas (materia, sales, etc.) que puedan dañar al concreto.

Granulometría:

El agregado deberá cumplir lo estipulado en las normas NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada será de preferencia uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°4 A N°100 de la serie Tyler.

Es recomendable considerar lo siguiente:

- La granulometría seleccionada debe ser continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 De la serie Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- Generalmente, la granulometría debe considerarse dentro de los siguientes límites.



Tabla 2-1 Límites granulométricos para agregado fino. (Fuente: NTP 200.037)

Mallas	Porcentaje que pasa %
3/8" (9.50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 MM)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 micrones)	25 a 60
N° 50 (300 micrones)	10 a 30
N° 100(150 micrones)	2 a 10

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

Tabla 2-2 Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino. (Rivva López, 2000)

Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....	3%
Material más fino que la malla N° 300	
a) Concreto sujeto a abrasión.....	3%
b) Otros concretos.....	5%
Carbón	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante.....	0.5%
b) Otros concretos.....	1%

Para que el concreto tenga adecuada trabajabilidad de las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de tal manera que puedan moverse con relativa



facilidad durante los procesos de mezclado y colocación. En ese sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudando a la distribución de su masa. (Abanto, 2009)

2.2.2.2.2. Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4 y el cual cumple con lo establecido en la norma NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. el agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. (ICG, 2014)

Las Gravas o “cantos rodados”, son el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la desintegración natural de rocas, cambios climáticos, agentes atmosféricos, los cuales se encuentran en canteras y lechos de ríos depositados naturalmente. La piedra partida o chancada, es el agregado grueso obtenido por la trituración artificial de rocas o gravas, se puede utilizar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Su principal función es la de dar volumen y aportar su propia resistencia.

Características:

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semi-angular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura rugosa y libres de material escamoso.

Las partículas deberán ser químicamente estables y estar libres de tierra, polvo, limo, sales, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica u otras sustancias que puedan dañar la mezcla de concreto. (Rivva López, 2000)



Granulometría

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de las limitaciones de la norma NTP 400.037 o Norma ASTM C 33. Se recomienda considerar lo siguiente:

- La granulometría deberá ser continua preferentemente.
 - La granulometría debe permitir obtener la máxima densidad del concretó, con adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
 - La granulometría seleccionada deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼”.
- (Indecopi, 2014)

Tabla 2-3 Límites granulométricos del agregado grueso. (Rivva López, 2000)

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso														
		Porcentaje que pasa por las Tamices Normalizados														
		100 mm 4 pulg.	90 mm 3 1/2 pulg.	75 mm 3 pulg.	63 mm 2 1/2 pulg.	50 mm 2 pulg.	37,5 mm 1 1/2 pulg.	25,0 mm 1 pulg.	19,0 mm 3/4 pulg.	12,5 mm 1/2 pulg.	9,5 mm 3/8 pulg.	4,75 mm N° 4	2,36 mm N° 8	1,18 mm N° 16	300 mm N° 50	
1	90 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—	
2	63 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	
3	50 mm a 25,0 mm	2 pulg a 1 pulg	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	
357	50 mm a 4,75 mm	2 pulg a N° 4	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—	
4	37,5 mm a 19,0 mm	1 1/2 pulg a 1/4 pulg	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	—	0 a 5	—	—	—	
467	37,5 mm a 4,75 mm	1 1/2 pulg a N° 4	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—	
5	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg. a 1/2 pulg.	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—	—	
56	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg. a 3/8 pulg.	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	—	—	
57	25,0 mm a 4,75 mm	1 pulg. a N° 4	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5	—	
6	19,0 mm a 9,5 mm	3/4 pulg. a 3/8 pulg.	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—	
67	19,0 mm a 4,75 mm	3/4 pulg a N° 4	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	
7	12,5 mm a 4,75 mm	1/2 pulg a N° 4	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—	
8	9,5 mm a 2,36 mm	3/8 pulg. a N° 8	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9,5 mm a 1,18 mm	3/8 pulg. a N° 16	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm	N° 4 a N° 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

2.2.2.3. Agua

El agua, como elemento natural del planeta es considerado como materia prima para la elaboración y el curado del concreto, el cual debe cumplir ciertos parámetros y



condiciones de calidad. “El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concretó, o sobre los elementos metálicos embebidos en este”. (Torre, 2004)

En el Cusco, como en muchos lugares del territorio nacional es normal trabajar con aguas no potables, especialmente en zonas rurales. Sin embargo, este tipo de agua puede utilizarse para elaborar concreto siempre y cuando cumpla con los requisitos mínimos, como la limpieza, que este exenta de ácidos, bases, aceites y materia orgánica. (Quispe & Zarate, 2020)

El agua presente en el concreto reacciona químicamente con el material cementante para:

- Formación de pasta (gel)
- Permitir que el conjunto de masa adquiera propiedades en: Estado no endurecido pueda ser manipulado y colocado; En estado endurecido se pueda convertir en un producto de características resistentes deseadas.

2.2.2.3.1. Agua en la mezcla

El agua de mezcla de concreto se define como la cantidad de agua por unidad de volumen de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta hidratada de determinada fluidez que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentre en estado plástico

El agua de mezcla en el concretó tiene tres (03) funciones:

- Reaccionar con el cemento para su hidratación.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para su desarrollo.



La cantidad de agua que interviene en la mezcla del concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas, las cuales ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que puedan esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento; reducción de resistencia, manchas en el concretó, eflorescencias, etc. (Pasquel, 1998)

2.2.2.3.2. Agua en el curado

Las condiciones de curado son importantes para el desarrollo de resistencia del concreto. Dado que las reacciones de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado. La temperatura de curado también afecta la resistencia. Son necesarios periodos largos de curado húmedo a temperaturas bajas, para desarrollar una resistencia optima requerida. Aunque el curado continuo a temperaturas elevadas produce un desarrollo rápido de resistencia a 28 días, la tendencia es invertida a una mayor edad, el concreto que es curado a menor temperatura desarrolla resistencias mayores. (S. Merritt, 1982)

2.2.3. Vidrio

El vidrio es una sustancia sólida, sobre fundida, amorfa, dura, frágil, que es un complejo enlace químico de silicatos sólidos y de cal que corresponde a la fórmula: $\text{SiO}_2(\text{Na}_2\text{O})_m(\text{CaO})_n$ (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018, art 2)

2.2.3.1. Características del vidrio

El grupo de vidrios o cuerpos vítreos, los cuales en temperatura ambiente tienen la apariencia de cuerpos sólidos, no se consideran como tales dado que carecen de una estructura cristalina que caracteriza y define el estado sólido. Encontramos el vidrio

en el grupo de cerámicas. Las cualidades esenciales que podríamos enumerar son su apariencia, resistencia, aislamiento y la relativa facilidad con la que se puede manufacturar,

Si afirmamos que el vidrio es un cuerpo sólido, basándonos en sus propiedades físicas, puede ser llamado sólido amorfo. Pero esta denominación no sería del todo cierta, dado que esta nomenclatura no puede utilizarse cuando se tiene una elevada temperatura y el elemento se torne plástico. (Morales, 2017)



Figura 2-2 Presentación Esquemática comparativa entre cristal y vidrio. (Morales, 2017)

2.2.3.1.1. Componentes que conforman el vidrio

Son un conjunto de sustancias naturales, productos químicos y materiales reciclados que formaran la mezcla vitrificante.

- Vitrificantes: materiales formadores de vidrio
 - Sílice (SiO_2): elemento principal de fabricación de vidrio, constituye $\frac{3}{4}$ partes de su composición.
 - Trióxido de boro (B_2O_3): De alta solubilidad, los cuales obtienen vidrios termo resistentes, fibras de vidrio y otros.



- Fundentes: Materiales que favorecen la formación de vidrio, disminuyendo la temperatura de fusión y facilitando su elaboración.
 - Oxido de sodio (Na_2O): Ocupa entre el 12 y 15 % de la masa. Los álcalis son indispensables en la fabricación industrial de vidrio.
 - Oxido de Potasio (K_2O) Presentes en 1%. El vidrio derivado de este material es de mejor calidad, con menos fisuras y más brillante.

2.2.3.1.2. Propiedades del vidrio

El comportamiento mecánico del vidrio va a depender de factores como la rigidez de las uniones moleculares y fundamentalmente del estado de su superficie. En la superficie de los vidrios se alberga micro fisuras que soportan esfuerzos mecánicos. (Calderón, 2010). Se menciona en la tabla 2.4 las propiedades mecánicas del vidrio

Tabla 2-4 Propiedades mecánicas del vidrio. (Calderón, 2010)

Resistencia	Vidrio		Observaciones
	Recocido	Templado	
A la compresión (Kg/cm ²)	10 000		Peso necesario para romper un cubo de vidrio de 1 cm de lado
A la tracción (Kg/cm ²)	400	1 000	Es variable y dependerá en parte de las micro fisuras que tenga en su superficie.
A la flexión (Kg/cm ²)	400	1 000	La carga a flexión se descompone en una carga a tracción y otra a compresión. Debido a que la resistencia del vidrio a tracción siempre será menor que la resistencia a compresión, fallará por tracción.

Además, el vidrio posee otras propiedades físicas y mecánicas, mostradas en la tabla 2.5.



Tabla 2-5 Propiedades físicas y mecánicas del vidrio. (Calderón, 2010)

Características	Símbolo	Valor numérico
Densidad (a 18°C)	P	2 500 Kg/m ³
Dureza	-	6 (escala Mohs)
Módulo de Young	E	7x10 ¹⁰ Pa
Índice de Poisson	μ	0,22
Calor específico	C	0,72 x 10 ³ x
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 300 °C	A	9 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Conductividad térmica	Λ	1 W/(mK)
índice de refracción medio en el espectro visible (380 nm y 780 nm)	N	1,5

2.2.3.2. Reciclaje del vidrio

El vidrio puede proceder de fuentes muy distintas. Los vidrios industriales no son utilizados para productos alimentarios, sino que son utilizados para sector de construcción e industria automovilística. En cambio, el vidrio domestico es aquel que se utiliza para almacenar productos alimentarios y otros tipos de contenedores destinados a este fin.

A pesar de que las condiciones de reciclaje de vidrio son muy favorables para el medio ambiente, solo podemos considerar que se recicla, en gran volumen el vidrio doméstico.

Beneficios ambientales

El reciclaje de vidrio comporta los siguientes beneficios ambientales:

- El reciclaje de vidrio necesita un 26% menos de energía que la producción del original.
- Disminuye el volumen de residuos municipales.
- Disminuye la contaminación atmosférica en 20% y en las aguas un 40%
- Ahorro de recursos naturales.
- El coste de reciclaje de vidrio es inferior al de otro material.



Proceso de reciclado

Un ciclo de vida ambientalmente adecuado para el vidrio se logra a través de la implementación de un “Sistema de Gestión Ambiental”, en el cual se plantea las siguientes acciones para gestionar residuos de vidrio:

- Reutilización de vidrio

Referida a la acción de utilizar productos de vidrio para diversas utilidades. La reutilización trae ventajas como ahorro de energía y de materias primas.

Al cumplir el productor de vidrio su vida útil, puede ser reutilizado como materia prima para elaborar vidrio nuevamente.

Para materializar esta etapa se necesita el incentivo de las industrias para el diseño de productos reciclados

- Aprovechamiento para reciclaje

El vidrio es un material que puede ser 100% reciclado sin tener pérdida de propiedades durante el proceso y sin límites en la cantidad de veces que pueda ser procesado, para ser utilizado como materia prima secundaria en la producción de nuevo vidrio o componente de otros productos.

- Disposición final controlada.

Cuando el vidrio no puede ser reutilizado o reciclado, es necesario determinar una disposición final controlada, es decir, colocarlo en un relleno sanitario operado técnicamente y que cumpla con la normativa ambiental vigente. La vida útil del vidrio, así como un cuidado responsable de los recursos naturales, depende



fundamentalmente de una correcta gestión del vidrio en sus distintas etapas. (Cabrera, 2014)

2.2.4. Adoquines de concreto

Los adoquines de concreto son piezas prefabricadas de distintas formas y colores, principalmente para utilizarlas en construcción de sistemas de pisos de uso peatonal, ligero y pesado. Los adoquines de concreto conforman un pavimento articulado con mayores ventajas constructivas y durabilidad, la colocación de los adoquines no requiere mayor complicación que la del uso de personal obrero para su puesta en servicio.

2.2.4.1. Pavimentos de adoquines

Un pavimento es una combinación de elementos que se colocan en una calle o camino, formando una estructura, cuya finalidad es permitir el libre paso de tráfico tanto vehicular como peatonal, el cual requiere ser seguro, cómodo, con menor desgaste para vehículos y proporcionando ventajas a peatones y habitantes alrededor del mismo.

De manera general los pavimentos se clasifican atendiendo lo que se denomina una clasificación mecánica de su función, de esta manera:

- **Pavimentos flexibles:** Estructura que mantiene contacto íntimo con cargas y las distribuye a la subrasante. Están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base

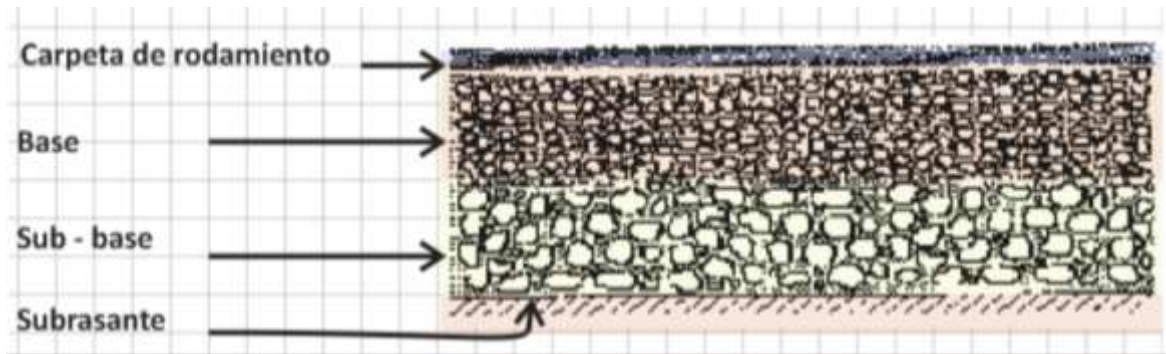


Figura 2-3 Sección de pavimento flexible. (Fuente: Manual para la revisión de diseño de pavimentos)

- **Pavimentos semi- rígidos:** Pavimento especial, pues es una estructura combinada compuesta por una carpeta bituminosa flexible apoyada sobre estructuras rígidas como losas antiguas de concreto o bases estabilizadas con cemento o similares. Si no posee un adecuado espesor se pueden apreciar grietas preexistentes en las losas de concreto.

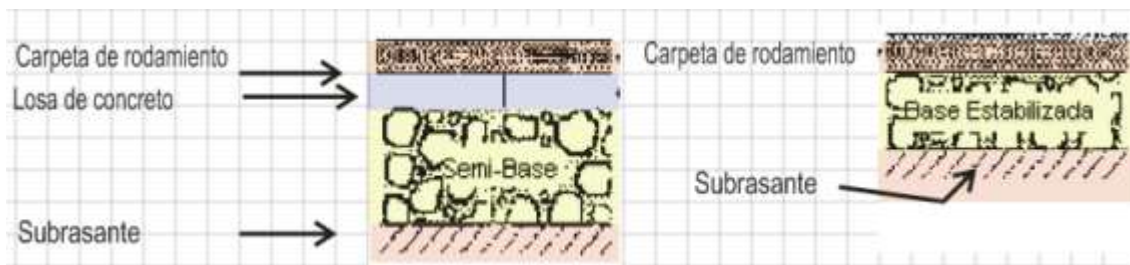


Figura 2-4 Sección de pavimento semi rígido. (Fuente: Manual para la revisión de diseño de pavimentos)

- **Pavimentos rígidos:** Conformado superficialmente por losas de concreto apoyadas sobre una estructura granular calculada de acuerdo a la capacidad de soporte del terreno, llamado sub-base en ocasiones, y al volumen de tránsito, para garantizar rigidez.

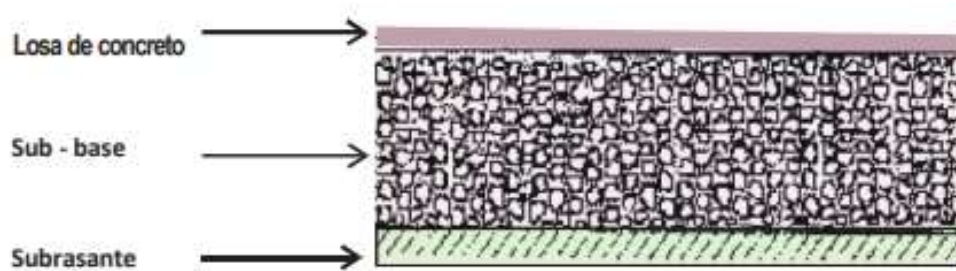


Figura 2-5 Sección de pavimento rígido. (Fuente: Manual para la revisión de diseño de pavimentos)

- Pavimentos articulados: También llamados pavimentos de adoquines, Compuesto por pequeños bloques prefabricados, normalmente de concreto, que se denominan adoquines; se asientan sobre un colchón de arena soportado por una capa de sub-base o directamente sobre la sub-rasante. Como todo pavimento, su diseño debe cumplir con la capacidad de soporte de la subrasante para evitar la deformación.

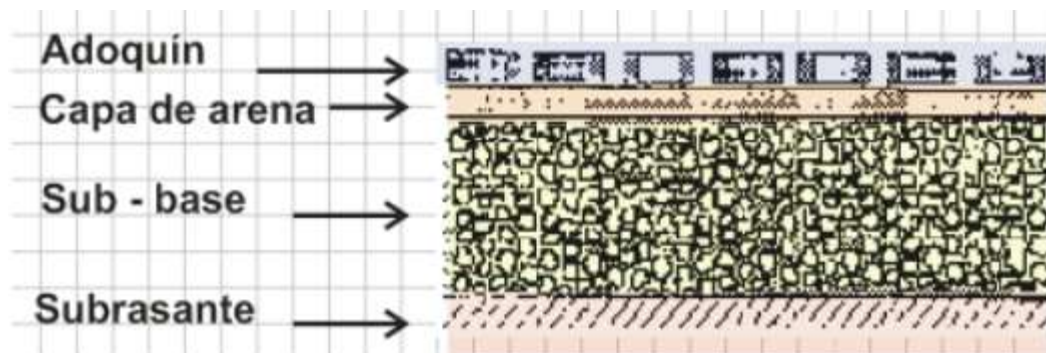


Figura 2-6 Sección de pavimento Articulado o Adoquinado. (Fuente: Manual para la revisión de diseño de pavimentos)

2.2.4.1.1. Especificaciones para adoquines de concreto

Considerando que los adoquines son elementos macizos de concreto prefabricado, con dos caras planas paralelas e iguales llamadas bases, que permiten conformar una superficie; estos poseen ciertas características, las cuales son:



- **Calidad:** La calidad de un adoquín de concreto puede definirse como el conjunto de características (medidas, resistencia, absorción, peso) propias a un adoquín de concreto, que permiten apreciarlo o compararlo como igual, mejor o peor que otros de su tipo.
- **Superficie de desgaste:** Cara superior del adoquín, soporta directamente el tráfico.
- **Espesor:** Distancia entra la cara base (parte inferior) y la cara de superficie de desgaste (parte superior)
- **Largo:** Medida del lado mayor del adoquín.
- **Ancho:** Medida del lado menor del adoquín.
- **Área:** Es la medida que resulta de la multiplicación del largo por el ancho del adoquín.
- **Lote:** Cantidad determinada de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción similares y se someten a inspección.
- **Muestra:** Conjunto de adoquines extraídos de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote; es decir, si cumplen todas las especificaciones requeridas.

2.2.4.1.2. Características y especificaciones en el Perú

En el Perú se siente una propuesta de la Norma Técnica Peruana, la cual se basa en las normas ASTM C936, donde se clasifica los adoquines de concreto de acuerdo a su función estructural y a su uso, siendo generalmente clasificados en tres (03) tipos:

- Adoquines tipo I: Adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas peatonales.
- Adoquines tipo II: Adoquines de concreto utilizados para pavimentos de tránsito vehicular ligero.
- Adoquines tipo III: Adoquines de concreto utilizados para pavimentos de tránsito vehicular pesado.



Tabla 2-6 Espesor nominal y resistencia a la compresión de los tipos de adoquines de concreto.(Fuente: NTP 399.611)

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, min. MPa(kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
I (peatonal) Tipo B,C y D	40	31(320)	31(320)
	60	31(320)	31(320)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37(380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Las especificaciones y características son las siguientes:

- Los adoquines de concreto para pavimentos deberán estar libres de grietas y de otros defectos que puedan afectar de modo adverso su apariencia general o su utilidad.
- La textura de las superficies, la masa, el color y los acabados de los adoquines de concreto deberán ser tal como se conviene con el fabricante y el comprador consignando lo siguiente:
 - Largo Nominal: No deberá ser mayor de 250 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
 - Ancho Nominal: No deberá ser mayor de 220 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
 - Espesor Nominal: No deberá ser menor de 100 mm. Y el de los adoquines tipo I no deberá ser menor de 60 mm; y se preferirán dimensiones múltiplos de 20 mm así; 60;80; 100; 120 hasta 140 mm como máximo.
- Tolerancias: Las tolerancias en el largo y en el ancho serán de ± 2 mm de las medidas nominales. La tolerancia en el espesor será de ± 3 mm del espesor nominal.



2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

La sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, influye significativamente en la resistencia a la compresión.

2.3.2. Hipótesis específicas

a) Hipótesis específica N° 01

Al sustituir 15% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional.

b) Hipótesis específica N° 02

Al sustituir 20% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional

c) Hipótesis específica N° 03

Al sustituir 25% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional

2.4. Variables

2.4.1. Identificación de variables.

Variable independiente:

- Y1: Agregado grueso: Aquel que se retiene en el tamiz N°4; puede clasificarse en piedra chancada y grava. (Indicadores: Granulometría, Peso específico, Peso unitario, Contenido de humedad, % Absorción, resistencia al desgaste, Peso).



- Y2: Agregado fino: Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y se retiene en la malla N° 200, es muy común el uso de arena gradada. (Indicadores: Granulometría, Peso específico, Peso unitario, Contenido de humedad, % Absorción, Peso).
- Y3: Cemento Portland: Conglomerante que une o da cohesión, se endurece con el agua y agregado y produce compuestos mecánicamente resistentes.
- Y4: Vidrio triturado: Vidrio reciclado obtenido por molienda manual retenido en el tamiz N° 4, para su reemplazo por agregado grueso.

Variable dependiente:

X1: Resistencia a la compresión: Esfuerzo axial, carga por unidad de área en el centro del elemento. (Indicador: Valor de resistencia a compresión (kgf/cm^2)).

2.4.2. Manipulación de la variable independiente.

En este caso se tiene lo siguiente:

Más de dos grados de presencia

- Un grupo de 15 especímenes que será con concreto normal
- Un grupo de 15 especímenes con sustitución de vidrio triturado al 15%
- Un grupo de 15 especímenes con sustitución de vidrio triturado al 20%
- Un grupo de 15 especímenes con sustitución de vidrio triturado al 25%



2.4.3. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DESCRIPCION DE VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Y1 : Sustitución de agregado grueso por vidrio triturado reciclado	<p>Los adoquines tendrán dimensiones de 10 cm x 8 cm x 20 cm, y de acuerdo al diseño de mezcla propia de la obtención de las propiedades de los materiales a utilizar para su elaboración se procederá a seleccionar los grupos de muestra para la sustitución porcentual de vidrio triturado (15%, 20%, 25%).</p> <p>El vidrio utilizado es obtenido del reciclaje de botellas de vidrio, residuos de ventanas y demás productos. Realizándose la molienda manual del vidrio, retenido en el tamiz N°4, para su posterior sustitución parcial con agregado grueso.</p>	Diseño de mezcla	Sustitución de 15% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado	Guías de observación de laboratorio Formatos de evaluación de calidad y propiedades físicas
		Diseño de mezcla	Sustitución de 20% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado	Guías de observación de laboratorio Formatos de evaluación de calidad y propiedades físicas
		Diseño de mezcla	Sustitución de 25% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado	Guías de observación de laboratorio Formatos de evaluación de calidad y propiedades físicas
VARIABLE DEPENDIENTE				
X1: Resistencia a la compresión	Esfuerzo axial Carga por unidad de área kg/cm ²	15 Especímenes concreto normal	Resistencia kg/cm ²	Guías de observación de laboratorio, formatos de resistencia a la compresión, NTP 399.611.
		15 Especímenes con 15% de vidrio sustituido por agregado grueso.		
		15 Especímenes con 20% de vidrio sustituido por agregado grueso.		
		15 Especímenes con 25% de vidrio sustituido por agregado grueso.		



3. CAPITULO III: METODOLOGIA.

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

3.1.1.1. Cuantitativo

El tipo de investigación es de carácter cuantitativo, debido a que se hará una recolección de datos en función de parámetros que son medibles, replicables y que pueden ser reproducidos con las mismas condiciones para probar una hipótesis (Hernandez & Mendoza, 2018).

Se orienta hacia la descripción, predicción y explicación, dirigido hacia datos medibles u observables. Se realiza la comparación de grupos o relación de variables, resultados previos, también se aplica el uso de conocimientos de una ciencia para resolver un problema específico.

3.1.2. Nivel de la investigación

3.1.2.1. Nivel: Descriptivo

La Investigación es de tipo descriptivo, por se busca especificar las propiedades, características y desempeño en la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II con la sustitución de vidrio triturado por agregado grueso en proporciones de 15%, 20% y 25%

La investigación es de tipo descriptivo, por cuanto se pretende medir y recoger información de manera independiente de todos los datos posibles sobre si a causa de la manipulación de proporción de vidrio triturado en sustitución de porcentajes de agregado grueso, se puede alcanzar mayores o mejores resultados de la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II. Asimismo se realizará un análisis e interpretación de resultados para verificar si se satisfacen o no, las hipótesis propuestas. (Hernandez S. R., 2014)



3.1.3. Método de investigación

El método de la investigación realizada es de hipotético deductivo, con base a elementos teóricos y conceptuales, el investigador llega a identificar elementos que se consideraran como relevantes para proponer una solución al problema planteado, la cual también es expresada en el planteamiento de la hipótesis.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Diseño metodológico:

El diseño de la investigación es **experimental** porque se tiene el control sobre las variables y por qué son plenamente manipulables, habrá ocurrencia de hechos y se delimitará a las situaciones de la investigación, se estudiará la capacidad de resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo II para pavimentos peatonales y vehiculares ligeros con la sustitución de porcentajes de vidrio triturado reciclado por agregado grueso.

Se van a organizar cuatro grupos de 15 unidades de análisis como mínimo, basado en los tamaños de muestra mínimos en estudios experimentales o cuasi experimentales. (Hernandez S. R., 2014) y en la Figura 1-2 se muestran las dimensiones de cada los especímenes a ensayar.

Tabla 3-1 Descripción de los especímenes.

Grupo	Descripción	Cantidad
Grupo Control	Adoquín de concreto tipo II	15 unidades
Grupo A	Adoquín de concreto tipo II con 15 % de sustitución de agregado grueso por vidrio triturado	15 unidades
Grupo B	Adoquín de concreto tipo II con 20 % de sustitución de agregado grueso por vidrio triturado	15 unidades
Grupo C	Adoquín de concreto tipo II con 25 % de sustitución de agregado grueso por vidrio triturado	15 unidades



3.2.2. Diseño de ingeniería

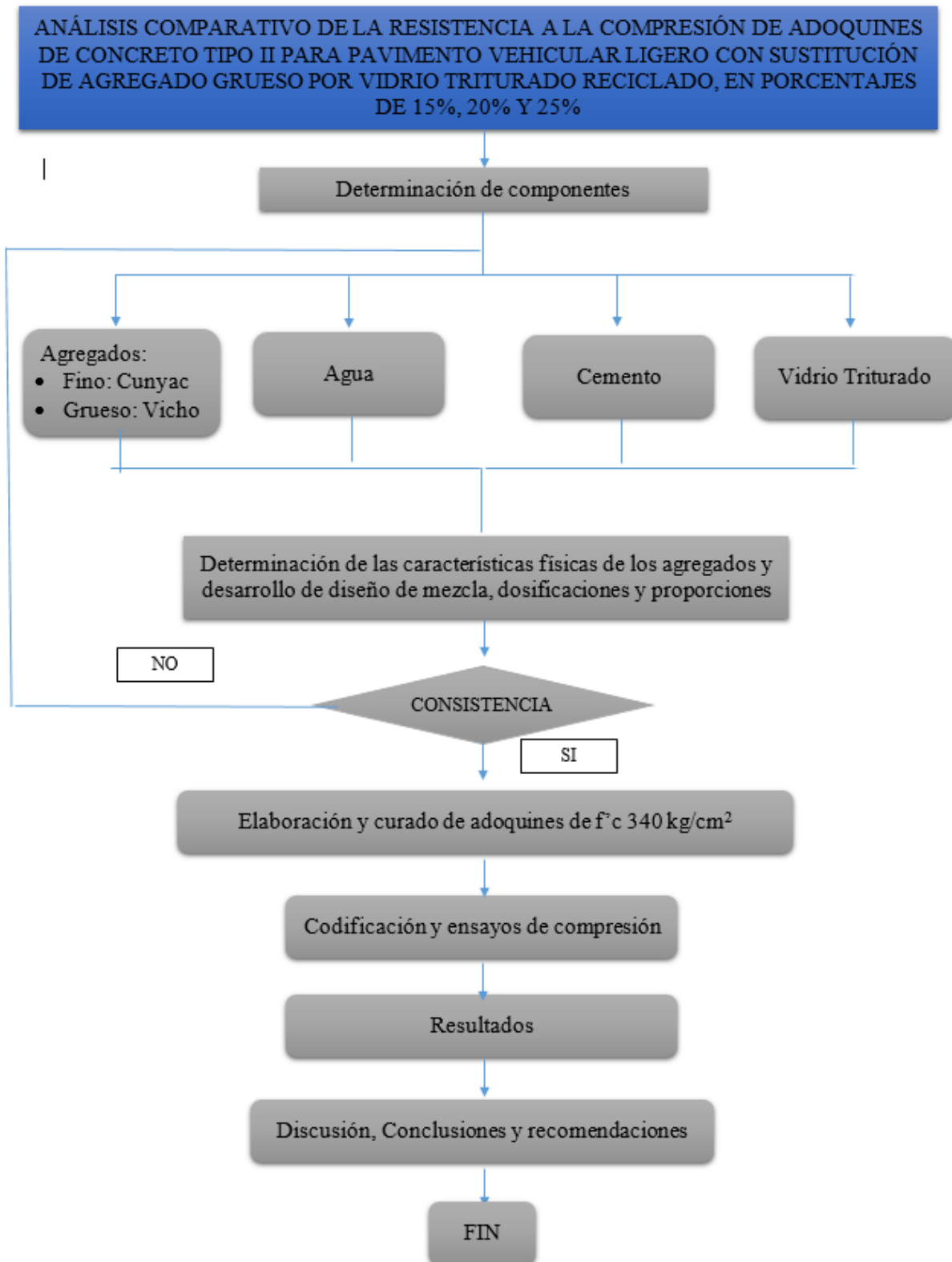


Figura 3-1 Esquema de Diseño de Ingeniería. (Fuente: propia)



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población de la presente investigación está conformada por adoquines de concreto tipo II ($f'c$ 340 kg/cm^2) elaborados manualmente con de vidrio triturado por agregado grueso.

Los adoquines fueron elaborados con los insumos en condiciones de laboratorio.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de la población son sesenta (60) adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero de $f'c$ 340 kg/cm^2 , con de vidrio triturado proveniente de reciclaje por agregado grueso distribuidos en cuatro (04) grupos de ensayo.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra está constituida por unidades de adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero fabricados manualmente, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión bajo lo estipulado en la norma NTP 399.604.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La cuantificación de la muestra se limita al tamaño de la población con 60 adoquines de concreto, divididos en cuatro (04) grupos de quince (15) unidades cada uno.



Tabla 3-2 Adoquines evaluados

Código	Denominación	% Vidrio triturado (sustitución de agregado grueso)	Cantidad	Ensayo de Compresión
Grupo de Control	GC	0%	15 und.	SI
Grupo de Ensayo A	GEA	15%	15 und.	SI
Grupo de Ensayo B	GEB	20%	15 und.	SI
Grupo de Ensayo C	GEC	25%	15 und.	SI

3.3.2.3. Método de muestreo

El método empleado fue el método no probabilístico o intencional, el cual no es en función a fórmulas sino en base a la toma de decisiones, y es el resultado de un proceso de selección para una muestra finita.

Los testigos de ensayos en una muestra no probabilística generalmente se seleccionan de acuerdo a la accesibilidad o a criterio del investigador.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Los especímenes seleccionados para la presente investigación cumplieron con los siguientes parámetros:

- Agregado fino proveniente de la cantera de Cunyac.
- Agregado grueso proveniente de la cantera de Vicho.
- Vidrio triturado proveniente de reciclaje de botellas de vidrio, copas de licuadoras y vidrios corredizos.
- Cemento portland tipo IP
- No presentar fisuras o cangrejeras
- No presentar porcentajes de vacíos mayor al 20%
- Poseer verticalidad de 90°

Los especímenes fueron sometidos a ensayos de resistencia a compresión cumpliendo con los requisitos exigidos en la norma NTP 399.604.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron las siguientes guías de observación de elaboración propia

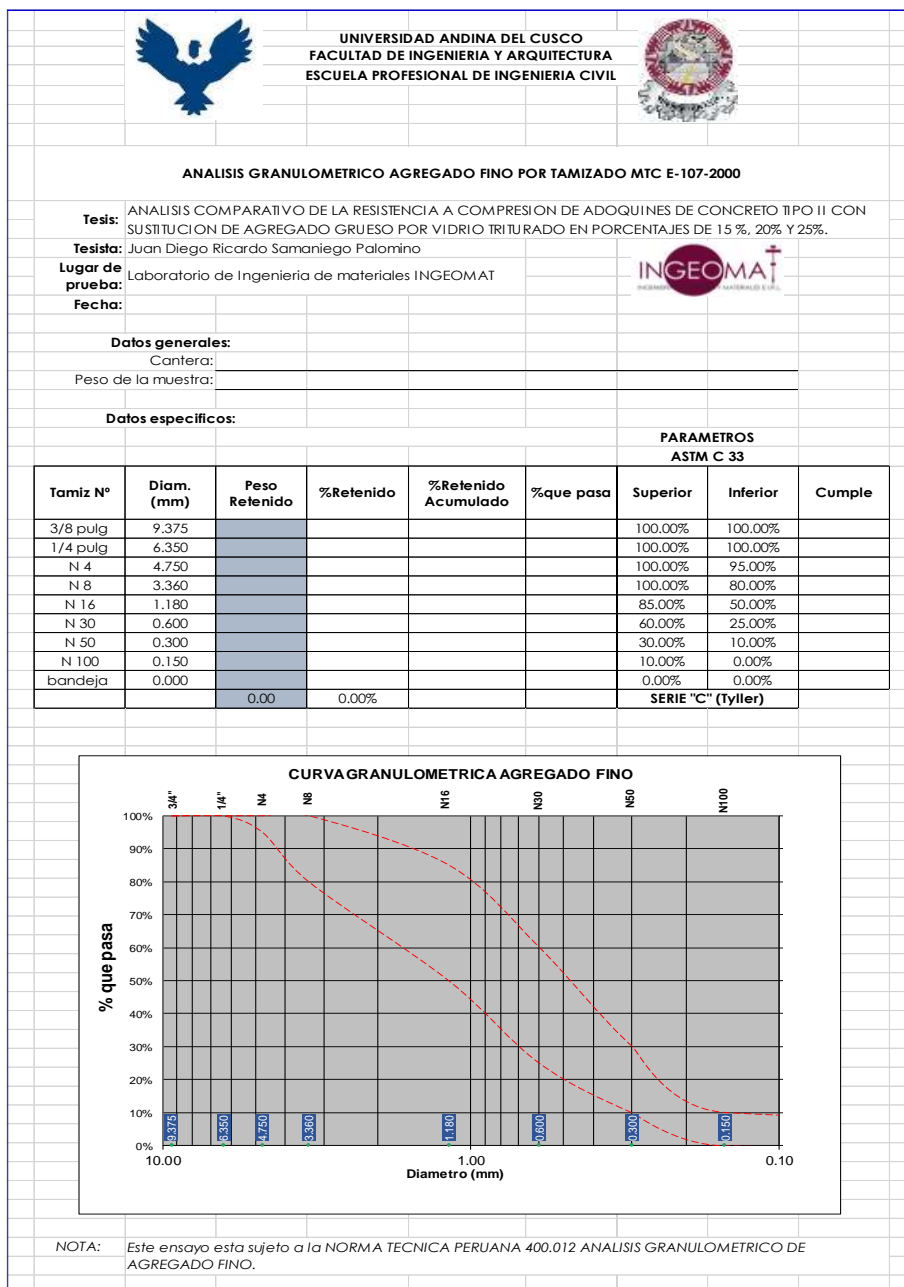


Figura 3-1 Formato de recolección de datos: Granulometría de agregados finos.

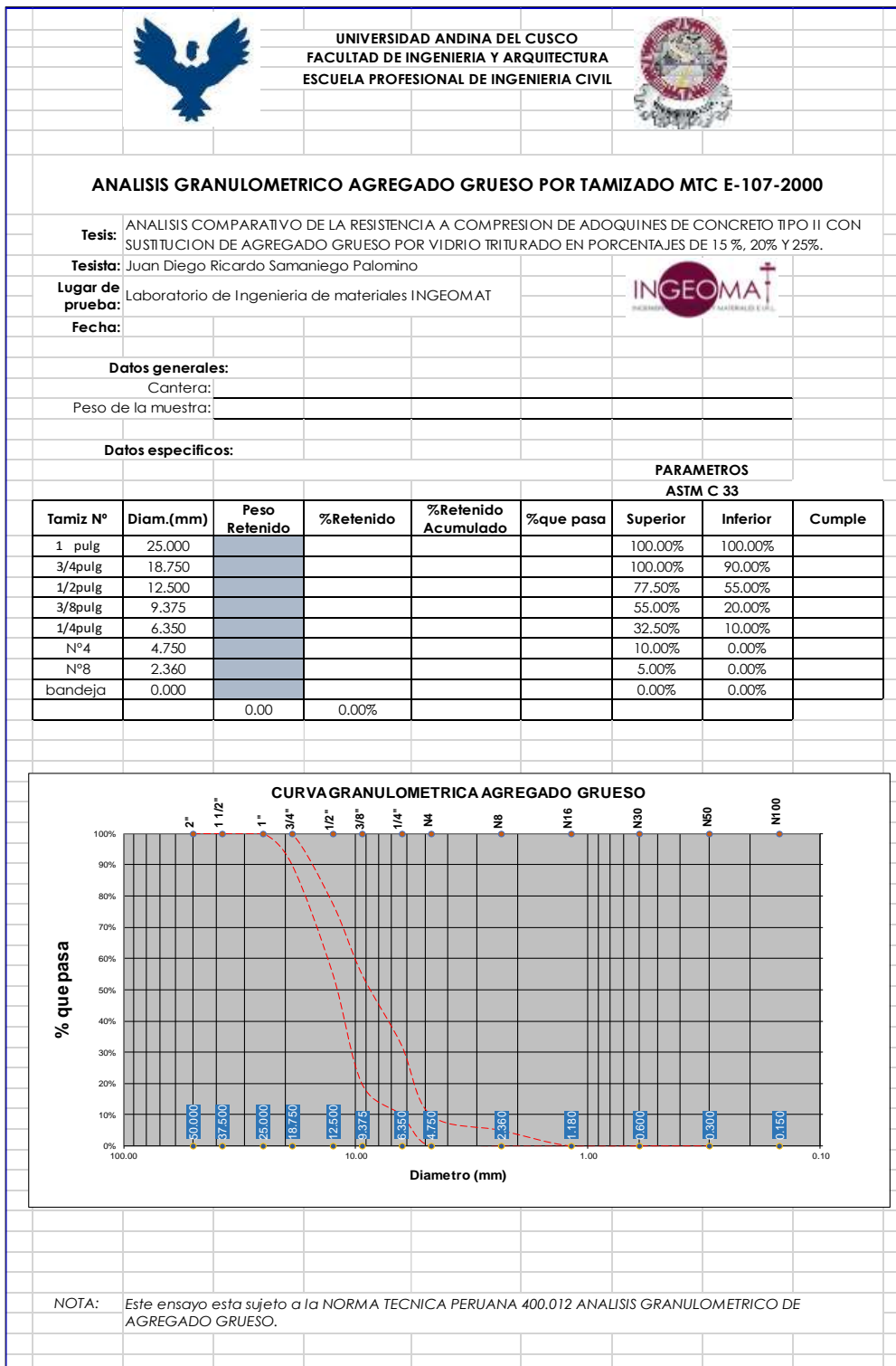


Figura 3-2 Formato de recolección de datos: Granulometría de agregados gruesos.



<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> </div>			
PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO			
Tesis:	ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y		
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino		
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingenieria de materiales INGEOMA		
Fecha:			
Datos especificos:			
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso especifico de la masa = $A/(B+S-C)$		
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	
B	Peso superficialmente seco	gr.	
C	Peso de la muestra en agua	gr.	
S	Peso muestra saturada y superficialmente seca	gr.	
PeSSS	Peso especifico de la masa saturada con superficie seca = $S/(B+S-C)$		
Pea	Peso especifico aparente = $A/(B+A-C)$		
Ab%	Absorcion = $(S-A)*100/A$	%	

(Fuente: Propia)

Figura 3-3 Formato de recoleccion de datos: Peso especifico agregado fino.

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> </div>			
PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO			
Tesis:	ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y		
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino		
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingenieria de materiales INGEOMA		
Fecha:			
Datos especificos:			
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso especifico de la masa = $A/(B-C)$		
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	
B	Peso superficialmente seco	gr.	
C	Peso de la muestra en agua	gr.	
PeSSS	Peso especifico de la masa saturada con superficie seca = $B/(B-C)$		
Pea	Peso especifico aparente = $A/(A-C)$		
Ab%	Absorcion = $(B-A)*100/A$	%	

(Fuente: Propia)

Figura 3-4 Formato de recoleccion de datos: Peso especifico agregado grueso.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis: ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y

Tesista: Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino

Lugar de prueba: Laboratorio de Ingenieria de materiales INGEOMA

Fecha:



Datos específicos: PESO UNITARIO SUELTO NTP 400.017

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
P _{us}	Peso unitario suelto (Pa/V_m)	Kg/cm³			
P _m	Peso del molde	Kg.			
V _m	Volumen del molde	cm ³			
	Diámetro	cm			
	Longitud	cm			
P _{m+m}	Peso del molde + material	kg.			
P _a	Peso del agregado (P _{m+m} /V _m)	kg.			
S	Peso específico de la masa	und.			

Datos específicos: PESO UNITARIO COMPACTADO NTP 400.017

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
P _{us}	Peso unitario suelto (Pa/V_m)	Kg/cm³			
P _m	Peso del molde	Kg.			
V _m	Volumen del molde	cm ³			
	Diámetro	cm			
	Longitud	cm			
P _{m+m}	Peso del molde + material	kg.			
P _a	Peso del agregado (P _{m+m} /V _m)	kg.			
S	Peso específico de la masa	und.			

(Fuente: Propia)

Figura 3-5 Formato de recolección de datos: Peso unitario del agregado grueso.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO						
Tesis:	ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y 25%.					
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino					
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingenieria de materiales INGEOMAT					
Fecha:						
Datos específicos:	Contenido de humedad material fino MTC E 108-2000					
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
			01	02	03	PROMEDIO
W1	Peso capsula	gr.				
W1	Peso caps + material humedo	gr.				
W2	Peso caps + material seco	gr.				
Ww	Peso del agua	gr.				
Ws	Peso del suelo seco	gr.				
W	Contenido de agua %	%				

(Fuente: Propia)

Figura 3-6 Formato de recoleccion de datos: Contenido de humedad de agregado fino.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO						
Tesis:	ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCION DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y 25%.					
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino					
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingenieria de materiales INGEOMAT					
Fecha:						
Datos específicos:	Contenido de humedad material GRUESO MTC E 108-2000					
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
			01	02	03	PROMEDIO
Wt	Peso capsula	gr.				
W1	Peso caps + material humedo	gr.				
W2	Peso caps + material seco	gr.				
Ww	Peso del agua	gr.				
Ws	Peso del suelo seco	gr.				
W	Contenido de agua %	%				

(Fuente: Propia)

Figura 3-7 Formato de recoleccion de datos: Contenido de humedad de agregado grueso.



 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 																													
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE DE AGREGADO GRUESO																													
Tesis:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %.																												
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino																												
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingeniería de materiales INGEOMA																												
Fecha:																													
Datos específicos:																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>Peso inicial total</td> <td>gr.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>#E</td> <td>Cantidad de esferas</td> <td>und.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>#R</td> <td>Cantidad de revoluciones</td> <td>und.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>#T</td> <td>Tiempo de rotación</td> <td>min.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>Peso final seco retenido en el tamiz n°12</td> <td>gr.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Desgaste l</td> <td>(%)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA	P1	Peso inicial total	gr.		#E	Cantidad de esferas	und.		#R	Cantidad de revoluciones	und.		#T	Tiempo de rotación	min.		P2	Peso final seco retenido en el tamiz n°12	gr.		D	Desgaste l	(%)	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA																										
P1	Peso inicial total	gr.																											
#E	Cantidad de esferas	und.																											
#R	Cantidad de revoluciones	und.																											
#T	Tiempo de rotación	min.																											
P2	Peso final seco retenido en el tamiz n°12	gr.																											
D	Desgaste l	(%)																											

(Fuente: Propia)

Figura 3-8 Formato de recolección de datos: Resistencia a la abrasión o desgaste de agregado grueso.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II ($f_c = 340 \text{ kg/cm}^2$)											
Tesis:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO GRUESO POR VIDRIO TRITURADO EN PORCENTAJES DE 15 %, 20% Y 25%.										
Tesista:	Juan Diego Ricardo Samaniego Palomino										
Lugar de prueba:	Laboratorio de Ingeniería de materiales INGEOMAT										
Datos generales:											
Fecha de moldeo: _____											
Fecha de rotura: _____											
Datos específicos:											
# BRIQUETA	CODIGO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD	ALTURA	ANCHO	AREA (cm ²)	f _c diseño (kg/cm ²)	Dial-Fuerza (kg)	Resist. De probeta	% f _c diseño de probeta
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											



(Fuente: Propia)

Figura 3-9 Formato de recolección de datos: Resistencia a compresión de testigos.

3.4.2. Instrumentos de ingeniería.

- **Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.**
 - Tamices de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{4}$ ", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200.
 - Balanza de precisión.
 - Cucharones, bandejas y espátulas.



(a)

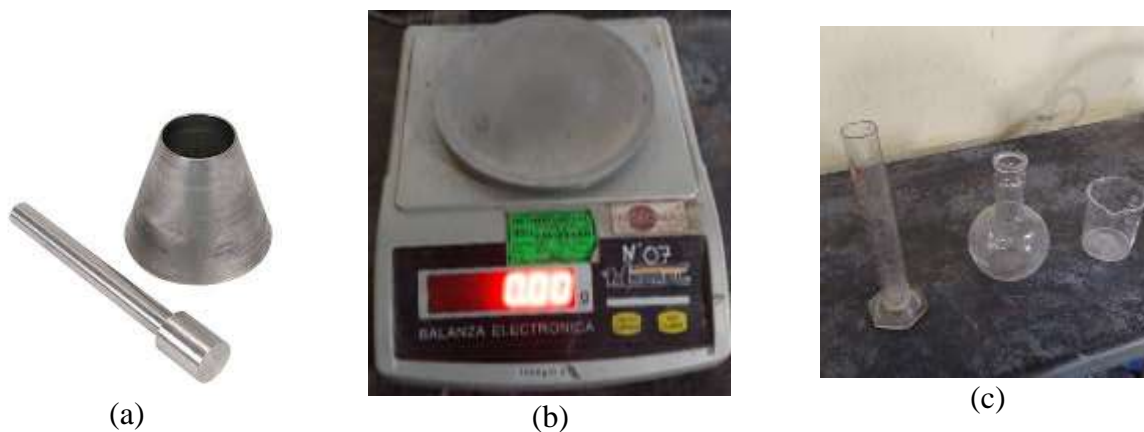


(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-10 Instrumentos de ensayo de materiales: (a) Juego de tamices; (b) Balanza de precisión.

- **Peso específico de agregados finos y gruesos.**
 - Balanza de 0.5 gr. De sensibilidad
 - Picnómetro de 500 ml.
 - Molde metálico (A. Grueso), Molde cónico metálico (A. Fino) y apisonador de metal
 - Bomba de vacíos
 - Horno
 - Cesta metálica, cucharón, bandejas y espátulas



(Fuente: Propia)

Figura 3-11 Instrumento para ensayo de peso específico: (a) Molde conico, (b) Balanza de precisión, (c) Recipientes de vidrio.

- **Peso unitario de agregados gruesos**
 - Balanza de 0.1% precisión
 - Molde cilíndrico y varilla de 5/8"
 - Horno
 - Cucharon, bandejas y espátulas.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-12 Instrumento ensayo Peso unitario agregado grueso: (a) Molde cilindrico, (b) Horno.

- **Contenido de humedad de agregados finos y gruesos**



- Balanza de precisión
- Capsulas de aluminio
- Horno
- Cucharon, bandeja, brochas y espátulas.



(Fuente: Propia)

Figura 3-13 Instrumentos de ensayo Contenido de humedad de agregados. Balanza de precisión y taras para muestras.

- **Resistencia a la abrasión o desgaste de agregado grueso**

- Máquina de los Ángeles.
- Tamices $\frac{3}{4}$ ", 1", 1 $\frac{1}{2}$ ", 2", 2 $\frac{1}{2}$ ", 3".
- Balanza
- Carga: 12 esferas de acero.
- Bandejas y espátulas.



(Fuente: Propia)

Figura 3-14 Instrumentos de ensayo de abrasion. Maquina de los angeles y balanza y agregado seleccionado.



- **Diseño de mezclas**
 - Procedimientos establecidos por el Método ACI.
- **Determinación del slump**
 - Cono de Abrams
 - Varilla de 5/8"
 - Espátula



(Fuente: Propia)

Figura 3-15 Cono de abrams y varilla metalica de 5/8".

- **Ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II (f'_c 340 kg/cm²)**
 - Máquina para el ensayo a compresión.
 - Lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 399.604.



(Fuente: Propia)

Figura 3-16 Máquina de ensayo de resistencia a compresion HUMBOLDT.

3.5. Procedimientos de recolección de datos.

3.5.1. Generalidades

3.5.1.1. Normatividad:

- **Unidades de albañilería:** Requisitos para adoquines de concreto. Norma Técnica Peruana NTP 399.611-2010.
- **Unidades de albañilería:** Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Norma Técnica Peruana NTP 399.604-2002.
- **Agregados:** Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Norma Técnica Peruana NTP 400.012-2001.
- **Agregados:** Método de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso Norma Técnica Peruana NTP 400.021-2002.
- **Agregados:** Método de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino Norma Técnica Peruana NTP 400.022-2002.
- **Agregados:** Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado Norma Técnica Peruana NTP 400.017-1999.



- **Agregados:** Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado secado Norma Técnica Peruana NTP 339.185-2013.
- **Agregados:** Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños grandes por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles. Norma Técnica Peruana NTP 400.020-2020.

3.5.1.2. Materiales

- **Cemento:** Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizó cemento Portland tipo I, de uso mayoritario en obras civiles.
- **Agregados:** Los agregados utilizados en este trabajo de investigación fueron seleccionados bajo lo indicado en la NTP 400.012. El agregado fino provino de la cantera CUNYAC y el agregado grueso de la cantera de VICHO, ambas ubicadas en el departamento de Cusco.
- **Vidrio triturado:** Material obtenido del recojo de botellas de vidrio, restos de vidrios de mamparas, ventanas e utensilios de cocina, el cual fue triturado manualmente.



(a)



(b)



(c)



(d)

(Fuente: Propia)

Figura 3-17 Obtención de vidrio triturado: (a) Vidrio recolectado y materiales; (b) Trituración de vidrio con uso de comba; (c) Porción de vidrio obtenido; (d) Cantidad total de vidrio triturado (18 kg).

3.5.2. Ensayo de materiales

3.5.2.1. Análisis granulométrico de agregados finos.

a. Equipo utilizado:

- Tamices de 3/8", 1/4", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200.
- Balanza de precisión.
- Cucharones, bandejas y espátulas.

b. Procedimiento:

- Toma de muestra representativa de agregado fino por el método de cuarteo.
- Armado de juego de tamices.
- Colocación de muestra seca para la operación de tamizado
- Concluida la operación de tamizado se realiza el apunte de pesos retenidos.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-18 Granulometría Agregado Fino: (a) Cuarteo de muestra, (b) Tamizado mecánico.

- Se calcula el porcentaje (%) retenido de cada tamiz : $\%Pasa = \frac{\text{Peso ret.cada tamiz}}{\text{Peso Total}}$
- El porcentaje(%) Acumulado pasante, es obtenido de la diferencia del 100% y el porcentaje (%) retenido acumulado: $\%Pasa = 100\% - \%Retenido$
- Luego se calcula el módulo de fineza, el cual se utiliza para el diseño de mezclas.

$$MF = \frac{\sum \%Acumulado (3/8", 1/4"; N^{\circ}4, N^{\circ} 8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$



c. Toma de datos

Tabla 3-3 Granulometría Agregado Fino.

Tamiz N°	Diam. (mm)	Peso Retenido
3/8 pulg	9.375	0.00
1/4 pulg	6.350	0.00
N 4	4.750	30.45
N 8	3.360	70.63
N 16	1.180	286.80
N 30	0.600	206.69
N 50	0.300	199.34
N 100	0.150	190.35
Bandeja	0.000	32.45
		1016.69

3.5.2.2. Análisis granulométrico de agregados gruesos.

- a. Equipo utilizado:
- Tamices de 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 8.
 - Balanza de precisión.
 - Cucharones, bandejas y espátulas.
- b. Procedimiento:
- Toma de muestra representativa de agregado grueso de aproximadamente dos (02) kg. por el método de cuarteo.
 - Armado de juego de tamices.
 - Colocación de muestra seca para la operación de tamizado, en el caso de la presente investigación se realizó el tamizado manual para cada acumulado pasante de los tamices.
 - Concluida la operación de tamizado se realiza el apunte de pesos retenidos.



(a)



(b)



(c)

(Fuente: Propia)

Figura 3-19 Granulometría Agregado Fino: (a) Cuarteo de muestra, (b) Armado de tamizado y colocación de muestra, (c) Tamizado manual.

c. Toma de datos

Tabla 3-4 Granulometría Agregado Grueso.

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso Retenido
1 pulg	25.000	0.00
3/4pulg	18.750	150.75
1/2pulg	12.500	702.34
3/8pulg	9.375	650.21
1/4pulg	6.350	230.19
N°4	4.750	203.72
N°8	2.360	29.79
bandeja	0.000	18.38
		1985.38



3.5.2.3. Peso específico agregado fino.

- a. Equipo utilizado:
 - Balanza con capacidad de acuerdo al peso de muestra y sensible a 0.5 gr.
 - Picnómetro de 500 cm³
 - Horno.
 - Recipientes
 - Molde cónico de diámetro superior 4 cm, diámetro inferior 9 cm y altura de 7.5 cm
 - Cucharones, bandejas y espátulas.
- b. Procedimiento:
 - Se toma una muestra selecciona por cuarteo para proceder a secarla 24 horas en el horno.
 - Cuando la temperatura de la muestra se encuentre a ambiente, se toma el peso y se satura de agua durante 24 horas.
 - Se procede al secado de la muestra, el agregado húmedo se coloca en el horno a una moderada temperatura de (50-60 °C) para su secado.
 - Se coloca la muestra final en el molde cónico para realizar 25 golpes con el pistón, teniendo cuidado de la verticalidad del golpe.
 - Al estar la muestra en un estado superficialmente seco, se pesa 500 gr. de material y se coloca en el picnómetro, llenándolo con agua al 90% de su capacidad para luego eliminar los vacíos de aire presentes.
 - Al eliminar el aire se completa con agua hasta los 500 ml y se pesa.
 - La muestra es llevada al horno para su secado y una vez enfriado se anota el valor de su peso.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

(Fuente: Propia)

Figura 3-20 Peso Especifico agregado fino: (a) Apisonado en cono; (b) Pesaje de muestra seleccionada, (c) Colocacion y saturacion de muestra en picnometro, (d) Eliminacion de aire y coloción en recipiente, (e) Colocacion e muestra en Horno.

c. Toma de datos

Tabla 3-5 Tabla de datos Peso especifico agregado fino.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso específico de la masa = $A/(B+S-C)$		
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	1591.37
B	Peso superficialmente seco	gr.	1674.76
C	Peso de la muestra en agua	gr.	1049.7
S	Peso muestra saturada y superficialmente seca	gr.	488.6
PeSSS	Peso específico de la masa saturada con superficie seca = $S/(B+S-C)$		
Pea	Peso específico aparente = $A/(B+A-C)$		
Ab%	Absorción = $(S-A)*100/A$	%	



3.5.2.4. **Peso específico agregado grueso.**

- a. Equipo utilizado:
 - Balanza de precisión.
 - Cesta contenedora
 - Balde
 - Horno.
 - Cucharones, bandejas y espátulas.
- b. Procedimiento:
 - Se toma una muestra selecciona por cuarteo para proceder a lavarla y secar en horno hasta un peso constante.
 - Cuando la temperatura de la muestra se encuentre a ambiente, se sumerge en un deposito con agua por 24 horas.
 - Extender la muestra sobre un recipiente no absorbente, para obtener un estado saturado con superficie seca.
 - Se anota el peso del material saturado superficialmente seco.
 - Colocar la muestra en la canastilla y se determina el peso en el agua entre una temperatura de 21 °C – 23°C.
 - Se coloca finalmente la muestra en el horno por aproximadamente 16 horas y luego de su enfriado se registra el peso.



(a)



(b)



(c)



(d)

(Fuente: Propia)

Figura 3-21 Peso específico agregado grueso: (a) Selección de muestra, lavado y secado., (b) Secado parcial de muestra con paño absorbente (c) Colocación de muestra en cesta contenedora para sumergirla y anotar el peso, (d) Secado de muestra en horno y pesaje

c. Toma de datos

Tabla 3-6 Tabla de datos peso específico de agregado fino.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso específico de la masa = $A/(B+S-C)$		
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	488.60
B	Peso picnómetro lleno con agua	gr.	705.30
C	Peso de la muestra en agua	gr.	1016.50
S	Peso muestra saturada y superficialmente seca	gr.	500.00
PeSSS	Peso específico de la masa saturada con superficie seca = $S/(B+S-C)$		
Pea	Peso específico aparente = $A/(B+A-C)$		
Ab%	Absorción = $(S-A)*100/A$	%	

3.5.2.5. Peso unitario agregado grueso

a. Equipo utilizado

- Balanza de precisión
- Recipiente cilíndrico y varilla de 5/8" de 60 cm de longitud.
- Bandeja, cucharon y espátulas.

b. Procedimiento:

El ensayo se realiza de dos (02) maneras:

○ **Peso unitario suelto**

- Determinar el peso y volumen del molde cilíndrico.
- Se procede a llenar el molde con el material seleccionado cuidando la altura de caída no mayor a 5 cm.
- Realizar el enrasado superior en el molde con ayuda de la varilla de 5/8".
- Se registra el peso del molde lleno con el material. Realizar este procedimiento tres (03) veces.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-22 Peso unitario suelto agregado grueso: (a) Llenado de molde con material, (b) Registro de peso de muestra.

○ **Peso unitario compactado**

- Determinar el peso y volumen del molde.

- Se introduce el material hasta 1/3 de la altura del recipiente, se realizan 25 golpes con la varilla para el compactado de material. Repetir la operación con las otras 2/3 partes del molde, cuidando los golpes realizados con la varilla para no exceder la capa inferior.
- Se agrega material hasta rebasar el recipiente para luego enrasarlo con ayuda de la varilla.
- Se procede a pesar el molde con el material y anotar.
- Realizar esta operación tres (03) veces.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-23 PU. Compactado: (a) Llenado de material hasta 1/3 de altura de recipiente, (b) Compactado con varilla de 5/8" 25 golpes.

c. Toma de datos.

Tabla 3-7 Peso unitario agregado grueso suelto.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
Pus	Peso unitario suelto (Pa/Vm)	Kg/m³			
Pm	Peso del molde	gr.	8225.00	8225.00	8225.00
Vm	Volumen del molde	cm ³	3449.00	3449.00	3449.00
	Diámetro	cm	17.11	17.11	17.11
	Longitud	cm	15.00	15.00	15.00
Pm+m	Peso del molde + material	gr.	13574.00	13570.00	13680.00
Pa	Peso del agregado (Pm+m/Vm)	kg.			
S	Peso específico de la masa	und.			

Tabla 3-8 Peso unitario agregado grueso suelto.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3



Pus	Peso unitario suelto (Pa/Vm)	Kg/cm ³			
Pm	Peso del molde	gr.	8225.00	8225.00	8225.00
Vm	Volumen del molde	cm ³	3449.00	3449.00	3449.00
	Diámetro	cm	17.11	17.11	17.11
	Longitud	cm	15.00	15.00	15.00
Pm+m	Peso del molde + material	gr.	13218.00	13153.00	13216.00
Pa	Peso del agregado (Pm+m/Vm)	kg.			
S	Peso específico de la masa	und.			

3.5.2.6. Contenido de humedad de agregados finos y gruesos.

- a. Equipo Utilizado
 - Balanza de precisión, con sensibilidad de 0.01% del peso de la muestra.
 - Capsulas de aluminio o latón, resistentes al calor.
 - Horno
 - Bandejas, cucharon, espátulas.
- b. Procedimiento
 - Registro de peso de las capsulas.
 - Coloca las muestras representativas de suelo húmedo y anotar el peso.
 - Llevar las muestras al horno por un periodo de entre 12-18 horas, hasta tener un peso constante en cada muestra.
 - Finalmente retirar las muestras del horno para enfriar y luego anotar la medida del peso de cada recipiente.



(a)



(b)



(c)



(d)

(Fuente: Propia)

Figura 3-24 Contenido de humedad de agregados finos y gruesos: (a) Selección de muestras representativas de agregado fino, (b) Apunte de pesos de muestras representativas, (c) Colocación de muestras en horno, (d) Retiro de muestras para registro de pesos.

c. Toma de datos

Tabla 3-9 Registro de datos Contenido de Humedad agregado fino.

Tabla 3-10 Registro de datos Contenido de Humedad agregado grueso.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
			01	02	03	PROMEDIO
Wt	Peso capsula	gr.	23.25	24.46	22.64	
W1	Peso caps + material húmedo	gr.	69.85	75.14	74.10	
W2	Peso caps + material seco	gr.	67.61	72.83	72.09	
Ww	Peso del agua	gr.				
Ws	Peso del suelo seco	gr.				
W	Contenido de agua %	%				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			



			01	02	03	PROMEDIO
Wt	Peso capsula	gr.	22.41	21.44	22.94	
W1	Peso caps + material húmedo	gr.	101.64	69.42	73.90	
W2	Peso caps + material seco	gr.	98.74	68.21	72.31	
Ww	Peso del agua	gr.				
Ws	Peso del suelo seco	gr.				
W	Contenido de agua %	%				

3.5.2.7. Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste

a. Equipo utilizado

- Balanza de 10 kg. De capacidad y con sensibilidad del 0.1% del peso de muestras a ensayar.
- Máquina de los Ángeles.
- Esferas de acero, de 48 mm de diámetro y un peso variable entre 390 y 445 gr.
- Juego de tamices de $\frac{3}{4}$ " , 1" , 1 $\frac{1}{2}$ " , 2" , 2 $\frac{1}{2}$ " , 3"
- Horno con capacidad superior a 110 °C.

b. Procedimiento.

- Se selecciona el material limpio y seco de agregado grueso, vidrio triturado y la combinación de agregado con 15%, 20% y 25% de vidrio en sustitución de agregado grueso, obteniéndose 05 muestras a ensayar.
- Se realiza el tamizado de agregado hasta conseguir la mejor gradación que se adecue de mejor manera a la granulometría y se registra el peso inicial de cada muestra.
- Una vez obtenida el material seleccionado se coloca en el interior de la máquina de Los Ángeles conjuntamente con el juego de 12 esferas metálicas, se programa el número de revoluciones y el tiempo determinado.
- Se retira el material luego del tiempo de espera de ensayo y se realiza el tamizado por la malla N° 12 y el total retenido lava y seca en horno hasta un peso constante para finalmente obtener el peso final.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

(Fuente: Propia)

Figura 3-25 Resistencia a la abrasión de agregado grueso: (a) Tamizado de material grueso, (b) Colocación de muestra en máquina Los Angeles, (c) Colocación de doce (12) esferas metálicas, (d) Retiro de muestras para limpieza y registro de peso, (e) Tamizado de material para selección de muestra, (f) Muestras finales de ensayo de desgaste



c. Toma de datos

Tabla 3-11 Registro de datos Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste. (Fuente: Propia)

Símbolo	Descripción	Unidad	Muestras de Ensayo				
			Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05
P1	Peso inicial total	Gr.	5000	5000	5000	5000	5000
#E	Cantidad de Esferas	Und.	11	11	11	11	11
#R	Cantidad de Revoluciones	Und	500	500	500	500	500
#T	Tiempo de rotación	Min	15	15	15	15	15
P2	Peso final seco retenido en Tamiz N° 12	Gr.					
D	Desgaste	(%)					

3.6. Procedimientos de análisis de datos

3.6.1. Análisis granulométrico de agregados finos

a. Procesamiento o cálculos.

○ Cálculo de porcentaje retenido en cada tamiz.	$\%retenido = \frac{\text{Peso retenido (gr.)}}{\text{Total (gr.)}} * 100$
○ Cálculo del % retenido acumulado	$\%Ret. \text{ Acumulado (1)} = \%Ret. 1$
○ Cálculo % retenido acumulado para el resto de los tamices.	$\%ret. acum. i = \%ret_1 + \%ret_2 \dots + \%ret_n$
○ Cálculo de porcentaje que pasa	$\% \text{ que pasa} = 100 - \% ret. acum.$
○ Finalmente se calcula el Modulo de Finura (MF)	$MF = \frac{\sum \%Retenido acum.}{100}$

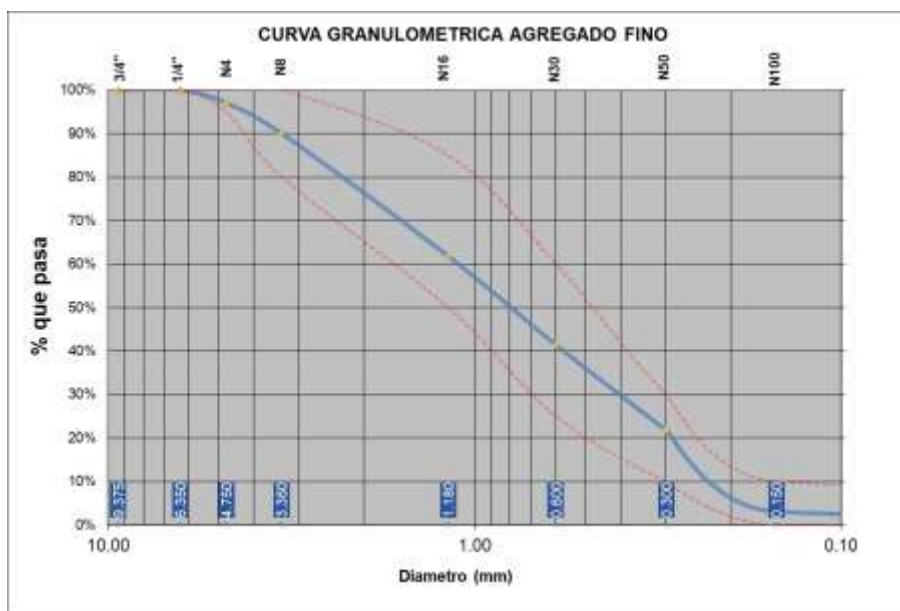


b. Tablas y diagramas

Al finalizar el cálculo correspondiente, se comparan los porcentajes de agregado que pasa por los límites normativos para realizar el diagrama de curva granulométrica.

Tabla 3-12 Análisis granulométrico de agregado fino

Tamiz N°	Diam. (mm)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	Superior	Inferior	Cumple
3/8 pulg	9.375	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	Si
1/4 pulg	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	Si
N 4	4.750	30.45	3.00%	3.00%	97.00%	100.00%	95.00%	Si
N 8	3.360	70.63	6.95%	9.94%	90.06%	100.00%	80.00%	Si
N 16	1.180	286.80	28.21%	38.15%	61.85%	85.00%	50.00%	Si
N 30	0.600	206.69	20.33%	58.48%	41.52%	60.00%	25.00%	Si
N 50	0.300	199.34	19.61%	78.09%	21.91%	30.00%	10.00%	Si
N 100	0.150	190.35	18.72%	96.81%	3.19%	10.00%	0.00%	Si
bandeja	0.000	32.45	3.19%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		1016.69	100.00%			SERIE "C" (Tyller)		



(Fuente: Propia)

Figura 3-26 Curva granulométrica del agregado fino.

- Es apreciable que el resultado obtenido en la curva granulométrica cumple con los límites establecidos por la NTP 400.037.



- El módulo de finura obtenido es : $MF = 2.84$

3.6.2. Análisis granulométrico de agregados gruesos

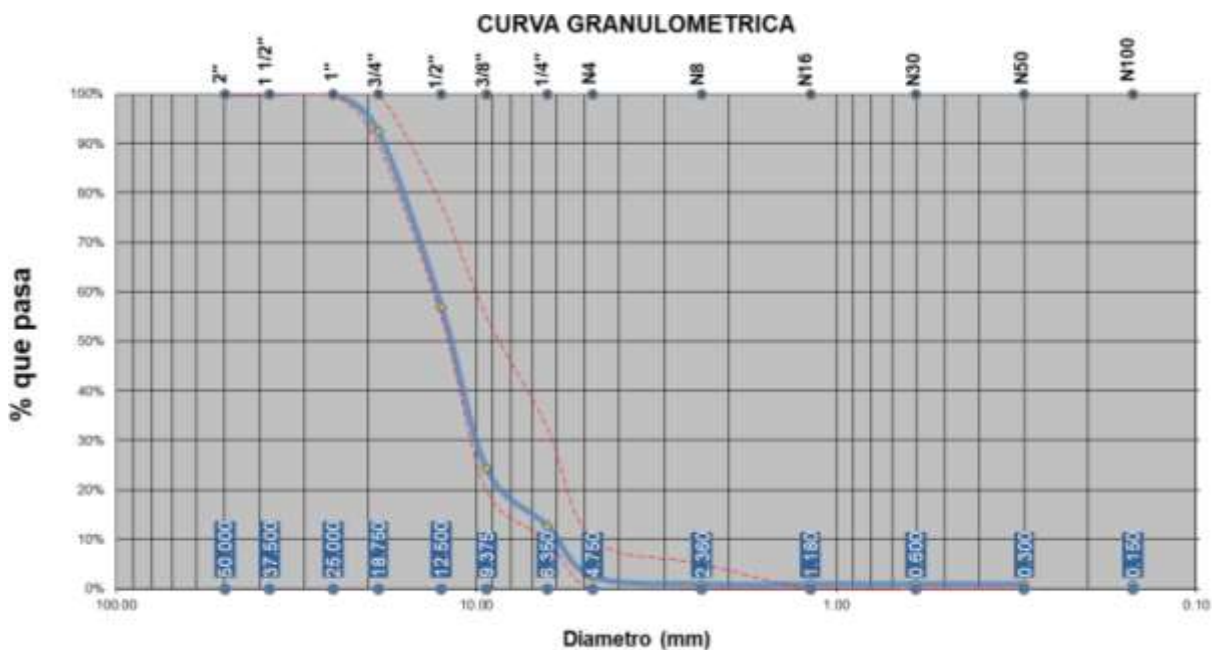
a. Procesamiento o cálculos.

○ Cálculo de porcentaje retenido en cada tamiz.	$\%retenido = \frac{\text{Peso retenido (gr.)}}{\text{Total (gr.)}} * 100$
○ Cálculo del % retenido acumulado	$\%Ret. \text{ Acumulado (1)} = \%Ret. 1$
○ Cálculo % retenido acumulado para el resto de los tamices.	$\%ret. acum. n = \%ret_1 + \%ret_2 \dots + \%ret_n$
○ Cálculo de porcentaje que pasa	$\% \text{ que pasa} = 100 - \% ret. acum.$

b. Tablas y diagramas

Tabla 3-13 Análisis granulométrico de agregado grueso

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	Superior	Inferior	Cumple
1 pulg	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
3/4pulg	18.750	150.75	7.59%	7.59%	92.41%	100.00%	90.00%	SI
1/2pulg	12.500	702.34	35.38%	42.97%	57.03%	77.50%	55.00%	SI
3/8pulg	9.375	650.21	32.75%	75.72%	24.28%	55.00%	20.00%	SI
1/4pulg	6.350	230.19	11.59%	87.31%	12.69%	32.50%	10.00%	SI
N°4	4.750	203.72	10.26%	97.57%	2.43%	10.00%	0.00%	SI
N°8	2.360	29.79	1.50%	99.07%	0.93%	5.00%	0.00%	SI
bandeja	0.000	18.38	0.93%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		1985.38	100.00%					



(Fuente: Propia)

Figura 3-27 Curva granulometrica agregado grueso.

- Es apreciable que el resultado obtenido en la curva granulométrica cumple con los límites establecidos por la NTP 400.037.

3.6.3. Peso Específico de agregado fino

- a. Procesamiento y cálculos de la prueba
- Peso específico de la masa

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

Pem =	Peso Específico de la masa gr/ cm ³
A=	Peso en el aire de muestra secada en horno, gr.
B=	Peso de Picnómetro lleno con agua, gr.
C=	Peso de Picnómetro con muestra y agua llena
S=	Peso de muestra saturada y superficialmente seca gr.

- Peso específico de la masa saturada: $Pe_{SSS} = \frac{S}{B + S - C}$
- Peso específico aparente: $Pe_a = \frac{A}{B + A - C}$



- Porcentaje de absorción

$$Abs = \frac{S - A}{A} * 100$$

- b. Tabla de resultados.

Tabla 3-14 Análisis peso específico agregado fino.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso específico de la masa = A/(B+S-C)	gr/cm ³ .	2.59
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	488.60
B	Peso picnómetro lleno con agua	gr.	705.30
C	Peso de la muestra en agua	gr.	1016.50
S	Peso muestra saturada y superficialmente seca	gr.	500.00
PeSSS	Peso específico de la masa saturada con superficie seca = S/(B+S-C)	gr/cm ³ .	2.65
Pea	Peso específico aparente = A/(B+A-C)	gr/cm ³ .	2.75
Ab%	Absorción = (S-A)*100/A	%	2.33

3.6.4. Peso Específico de agregado grueso

- a. Procesamiento y cálculos de la prueba

- Peso específico de la masa

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

Pem = Peso Específico de la masa gr/ cm³

A= Peso en el aire de muestra seca gr.

B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca gr.

C= Peso en el agua de la muestra saturada gr.

- Peso específico de masa saturada con superficie seca: $PeSSS = \frac{S}{B-C}$

- Peso específico aparente: $Pea = \frac{A}{A-C}$

- Porcentaje de absorción: $Ab = \frac{B-A}{A} * 100$

- b. Tabla de resultados.

Tabla 3-15 Análisis peso específico agregado grueso.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Pem	Peso específico de la masa = A/(B-C)	gr/cm ³	2.55
A	Peso de la muestra secada en el aire	gr.	1591.37
B	Peso superficialmente seco	gr.	1674.76
C	Peso de la muestra en agua	gr.	1049.70



PeSSS	Peso específico de la masa saturada con superficie seca = B/(B-C)	gr/cm3	2.68
Pea	Peso específico aparente = A/(A-C)	gr/cm3	2.94
Ab%	Absorción = (B-A)*100/A	%	5.24%

3.6.5. Peso unitario de agregado grueso

a. Procesamiento y cálculos de la prueba

Peso unitario suelto

$$Pu = \frac{Pa}{Vm}$$

Donde:

Pu = Peso unitario suelto

Pa= P

Vm= Volumen del molde

S= Peso específico de la masa

W= Densidad del agua

- Calculo volumen de molde:

$$Vm(cm^3) = \frac{Vol\ 1 + Vol\ 2 + Vol\ 3}{3}$$

$$Vol_{1,2,3}(cm^3) = \frac{\pi * (diámetro_{1,2,3})^2}{4} * longitud_{1,2,3}$$

- Calculo peso del agregado: $Pa(gr) = P(m + m) - Pm$

Donde:

Pa= Peso del agregado

P(m+m)= Peso del molde más el material

Pm= Peso del molde

- Calculo de peso unitario suelto:

$$Pus = \frac{Pa}{Vm}$$

- Calculo de porcentaje de vacíos:

$$\%Vacios = \frac{S*W - PUs}{S*W} * 100$$

Peso unitario compactado

- Calculo de volumen de molde (el mismo utilizado anteriormente)
- Calculo de peso de agregado Pa



- Peso unitario compactado.
- Calculo de porcentaje de vacíos.

b. Tabla de resultados.

Tabla 3-16 Análisis peso unitario suelto agregado grueso.

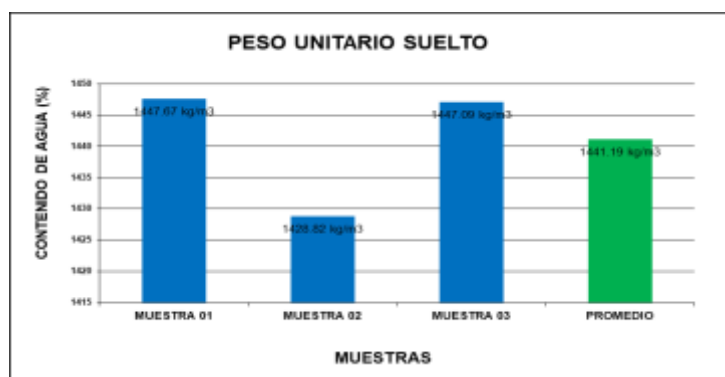
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
Pus	Peso unitario suelto (Pa/Vm)	gr/m³	1360.97	1338.64	1339.80
Pm	Peso del molde	gr.	8225.00	8225.00	8225.00
Vm	Volumen del molde	cm ³	3449.00	3449.00	3449.00
	Diámetro	cm	17.11	17.11	17.11
	Longitud	cm	15.00	15.00	15.00
Pm+m	Peso del molde + material	gr.	12919.00	12842.00	12846.00
Pa	Peso del agregado (Pm+m-Pm)	gr.	4694.00	4617.00	4621.00
S	Peso específico de la masa	und.	2.55	2.55	2.55
W	Densidad del agua	gr/cm ³	1000.00	1000.00	1000.00
V	Vacíos= $100*((S*W)-Pus)/(S*W)$	%	46.54	47.42	47.37

Tabla 3-17 Análisis peso unitario compactado de agregado grueso.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
Pus	Peso unitario suelto (Pa/Vm)	gr/cm³	1447.66	1428.81	1447.08
Pm	Peso del molde	gr.	8225.00	8225.00	8225.00
Vm	Volumen del molde	cm ³	3449.00	3449.00	3449.00
	Diámetro	cm	17.11	17.11	17.11
	Longitud	cm	15.00	15.00	15.00
Pm+m	Peso del molde + material	gr.	13218.00	13153.00	13216.00
Pa	Peso del agregado (Pm+m-Pm)	gr.	4993.00	4928.00	4991.00
S	Peso específico de la masa	und.	2.55	2.55	2.55
W	Densidad del agua	gr/cm ³	1000.00	1000.00	1000.00
V	Vacíos= $100*((S*W)-Pus)/(S*W)$	%	43.14	43.88	43.16



Figura 3-28 Diagrama de promedio de peso unitario suelto.



(Fuente: Propia)

Figura 3-29 Diagrama de promedio de peso unitario compactado.

3.6.6. Contenido de humedad de agregado fino.

a) Procesamiento y cálculos de la prueba

- Calculo de peso de agua.

$$W_w = W_1 - W_2$$

Donde:

- W_w= Peso del agua
- W₁= Peso de tara más suelo húmedo
- W₂= Peso de tara más suelo secado en horno

- Calculo peso seco de material.

$$W_s = W_2 - W_t$$

Donde:

- W_s= Peso de material seco



W_2 = Peso de tara más suelo seco

W_t = Peso de tara

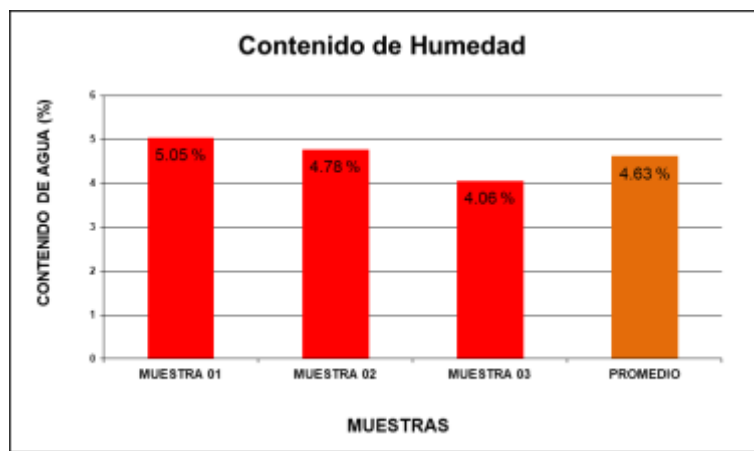
- Calculo contenido de humedad

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

b) Tabla de resultados.

Tabla 3-18 Procesamiento ensayo de humedad de agregado fino.

	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
			01	02	03	PROMEDIO
W_t	Peso capsula	gr.	23.25	24.46	22.64	
W_1	Peso caps + material	gr.	69.85	75.14	74.10	
W_2	Peso caps + material	gr.	67.61	72.83	72.09	
W_w	Peso del agua	gr.	2.24	2.31	2.01	
W_s	Peso del suelo seco	gr.	44.36	48.37	49.45	
W	%	%	5.05	4.78	4.06	4.63



(Fuente: Propia)

Figura 3-30 Resultados ensayo de humedad agregado fino.

3.6.7. Contenido de humedad de agregado grueso.

a) Procesamiento y cálculos de la prueba

- Calculo de peso de agua.

$$W_w = W_1 - W_2$$

Donde:

W_w = Peso del agua

W_1 = Peso de tara más suelo húmedo

W_2 = Peso de tara más suelo secado en horno

- Calculo peso seco de material.

$$W_s = W_2 - W_t$$

Donde:

W_s= Peso de material seco
W₂= Peso de tara más suelo seco
W_t= Peso de tara

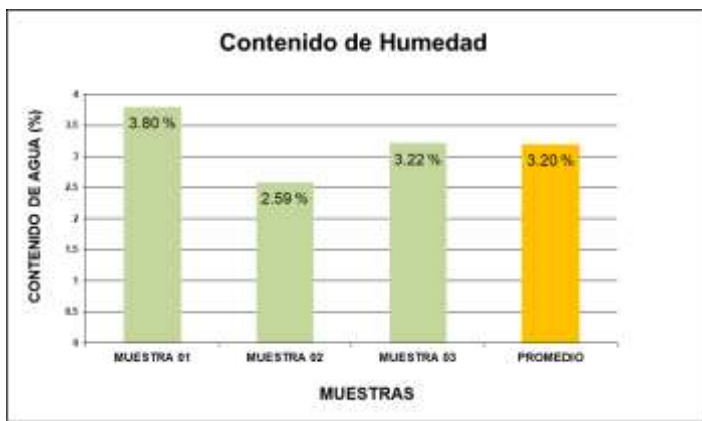
- Calculo contenido de humedad

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

b) Tabla de resultados.

Tabla 3-19 Procesamiento ensayo de humedad de agregado grueso.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
			01	02	03	PROMEDIO
W _t	Peso capsula	gr.	22.41	21.44	22.94	
W ₁	Peso caps + material húmedo	gr.	101.64	69.42	73.90	
W ₂	Peso caps + material seco	gr.	98.74	68.21	72.31	
W _w	Peso del agua	gr.	2.90	1.21	1.59	
W _s	Peso del suelo seco	gr.	76.33	46.77	49.37	
W	Contenido de agua %	%	3.80	2.59	3.22	3.20



(Fuente: Propia)

Figura 3-31 Resultados ensayo de humedad agregado grueso.

3.6.8. Resistencia a la abrasión o desgaste de agregado grueso.

a) Procesamiento y cálculos de la prueba

Para el presente ensayo se propuso cinco (05) muestras de ensayo con el objetivo de determinar la resistencia a la degradación del agregado grueso, el vidrio triturado y la



combinación en porcentaje propuesta en el proyecto, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3-20 Distribución de muestras para ensayo por el método de Máquina de los Ángeles.

Muestra	Descripción	Peso de agregado (gr.)	Peso de Vidrio triturado (gr.)	Total
Muestra 01 Agregado Grueso	Agregado grueso cantera de Vicho	5000 gr.	0 gr.	5000 gr.
Muestra 02 con 15% Vidrio	15 % de vidrio triturado en sustitución de AG.	4250 gr.	750 gr.	5000 gr.
Muestra 03 con 15% Vidrio	20 % de vidrio triturado en sustitución de AG.	4000 gr.	1000 gr.	5000 gr.
Muestra 04 con 15% Vidrio	25 % de vidrio triturado en sustitución de AG.	3750 gr.	1250 gr.	5000 gr.
Muestra 05 Vidrio triturado	Vidrio triturado ¾”	0 gr.	5000 gr.	5000 gr.

Una vez realizado el tamizado pertinente para cada muestra seleccionada se obtiene las muestras pasantes del tamiz ¾” y retenido en el tamiz 3/8”, tomando en consideración el método “B” mostrada en la tabla 3-21. Utilizando 11 esferas metálicas, con quinientas (500) revoluciones por minuto, durante un tiempo de rotación aproximado de 15 minutos.

Para el cálculo del desgaste se utiliza la siguiente ecuación: $D(\%) = \frac{(P1-P2)*100}{P1}$

Donde:

- D= Porcentaje de desgaste
- P1= Peso inicial gr.
- P2= Peso final seco retenido gr.

Tabla 3-21 Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste. Método Máquina de los Ángeles.

TAMIZ				GRADACION			
PASA		RETENIDO		A	B	C	D
1 1/2 pulg	37.500 mm	1 pulg	25.000 mm	1250 +/- 25			
1 pulg	25.000 mm	3/4 pulg	18.750 mm	1250 +/- 25			
3/4 pulg	18.750 mm	1/2 pulg	12.500 mm	1250 +/- 10	2500 +/- 10		
1/2 pulg	12.500 mm	3/8 pulg	9.500 mm	1250 +/- 10	2500 +/- 10		
3/8 pulg	9.500 mm	1/4 pulg	6.350 mm			2500 +/- 10	
1/4 pulg	6.350 mm	N° 4	4.750 mm			2500 +/- 10	
N° 4	4.750 mm	N° 8	3.360 mm				5000 +/- 10
MASA TOTAL DE LA MUESTRA (gr)				5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10
NUMERO DE ESFERAS				12	11	8	6
MASA DE LAS ESFERAS (gr)				5000 +/- 25	4584 +/- 25	3330 +/- 20	2500 +/- 15
MASA DE CADA ESFERA (gr)				417 +/- 20	417 +/- 20	416 +/- 20	417 +/- 20
NUMERO DE VUELTAS				500	500	500	500
FRECUENCIA (revoluciones x min)				30 a 33	31 a 33	32 a 33	33 a 33

b) Tabla de resultados.



Tabla 3-22 Resultados finales ensayo de resistencia a la abrasión en Maquina los Ángeles.

Símbolo	Descripción	Unidad	Muestras de Ensayo				
			Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05
P1	Peso inicial total	Gr.	5000	5000	5000	5000	5000
#E	Cantidad de Esferas	Und.	11	11	11	11	11
#R	Cantidad de Revoluciones	Und	500	500	500	500	500
#T	Tiempo de rotación	Min	15	15	15	15	15
P2	Peso final seco retenido en Tamiz N° 12	Gr.	2719	2605	2459	2255	970
D	Desgaste	(%)	45.62	47.90	50.82	54.90	80.60
Requisito de norma 50% Max		Cumple	SI	SI	NO	NO	NO

3.6.9. Diseño de mezclas.

Para el diseño de mezclas se usó el método del American Concrete Institute (ACI)

a. Propiedades de concreto a diseñar.

$$f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Slump} = 4''$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica}$$

b. Características de los materiales.

- Cemento

Marca= Yura

Tipo= IP

Peso específico= 3.06

- Agua: Agua potable de la red pública de la ciudad

- Agregado fino:

Peso específico de la masa= 2.59

Absorción= 2.33%

Contenido de humedad= 4.63%

Módulo de fineza= 2.84

Peso compacto seco= 1560.74 kg/m³

Peso suelto seco= 1286.46 kg/m³

- Agregado grueso

Perfil Angular= Si

Tamaño Máximo Nominal= 3/4pulg

Peso Compacto Seco= 1441.19 kg/m³

Peso Suelto Seco= 1346.48 kg/m³



Peso Específico de la masa= 2.55
 Absorción= 5.24%
 Contenido de Humedad= 3.20%
 Módulo de Fineza= 6.76

c. Determinación de resistencia promedio ($f'c'r$)

$f'c$	$f'c'r$
menor de 210	$f'c+70$
210 a 350	$f'c+85$
mayor a 350	$1.1f'c+50$

La resistencia promedio será: $f'c'r= 425 \text{ kg/cm}^2$

d. Volumen unitario de agua

$f'c=$	340 kg/cm ²
Tmax Nominal	3/4 pulg
SLUMP	4 pulg
AGUA X M3	205.00 lt/m ³

e. Contenido de aire atrapado: contenido de aire atrapado para 3/4" es 2.00%

Contenido de Aire Atrapado	
Tamaño Maximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Figura 3-32 Contenido de aire seleccionado: (Fuente: Diseño de mezclas ACI)

f. Calculo de relación Agua: Cemento



RELACION DE AGUA/CEMENTO vs f'_{cr}		
f'_{cr} a los 28 Días	Relacion agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.39
300	0.55	0.45
250	0.62	0.52
200	0.70	0.60
150	0.8	0.70

Figura 3-33 Relacion agua cemento de diseño. (Fuente: Diseño de mezclas ACI)

Al interpolar los valores correspondientes a la resistencia a la compresión promedio, con el fin de determinar la relación a/c, la cual tiene un valor de: 0.41.

g. Factor cemento

- El factor cemento se determina pro el cociente entre el volumen unitario de agua y la relación agua cemento
 - Volumen Unitario de agua: 205 lt/m³
 - Relación agua cemento: 0.38
 - Factor cemento: 539 kg/m³
 - Peso de bolsas de cemento: 42.5 kg.
 - Numero de bolsas: 12.69 bls.

h. Calculo de volúmenes absolutos de pasta

$f'_{c=}$	340 kg/cm ²
Cemento x m ³	0.176 m ³
AGUA X M ³	0.205 m ³
Aire x m ³	0.020 m ³
Vol. de la Pasta	0.401 m ³

i. Volumen absoluto del agregado = 0.599 m³.

j. Calculo de volúmenes absolutos del agregado

$f'_{c=}$	340 kg/cm ²
Mf	2.84
Tmax nominal	3/4pulg
b/bo	0.620 m ³



Peso Unit. Seco Var.	1441.19 kg/m ³
Peso A.G.	893.54 kg
Vol. agregado grueso	0.351 m ³
Vol. Agregado fino	0.248 m ³

k. Peso seco de los agregados

f' c=	340 kg/cm²
AF	641 kg/m ³
AG	894 kg/m ³

l. Valores de diseño

f' c=	350 kg/cm²
Cemento	539 kg/m ³
Agua de Diseño	205 lt/m ³
Agregado Fino	641 kg/m ³
Agregado Grueso	894 kg/m ³
TOTAL	2278 kg/m³



m. Corrección por humedad

Humedad superficial del agregado (Humedad Natural - Absorción)

AF	2.30%
AG	-2.04%

Aporte de Agua de Los agregados

AF	14.71 kg/m ³
AG	-18.21 kg/m ³

Agua Efectiva

Agua inicial	205.00 kg/m ³
Aporte de lo Agreg.	-3.49 kg/m ³
Agua Final	208.49 kg/m ³

n. Valores de diseño corregidos por humedad

f'c=	340 kg/cm²
Cemento	539 kg/m ³
Agua de Diseño	208 kg/m ³
Agregado Fino	670 kg/m ³
Agregado Grueso	922 kg/m ³
Aire	2.00%
Peso Total	2340 kg/m³

o. Proporción por peso corregido por humedad por kg de cemento

f'c=	340 kg/cm²
Cemento	1.00
Agua de Diseño	0.39 lt/bolsa
Agregado Fino	1.24
Agregado Grueso	1.71

p. Peso por tanda de una bolsa

f'c=	340 kg/cm²
Cemento	42.5 kg/bolsa
Agua de Diseño	16 lt/bolsa
Agregado Fino	52.8 kg/bolsa
Agregado Grueso	72.7 kg/bolsa



q. Proporción por volumen corregidos por humedad por cada m³ de concreto

$f'c=$	340 kg/cm ²
Cemento	12.69 bls/m ³
Agua de Diseño	0.208 m ³ /m ³
Agregado Fino	0.52 m ³ /m ³
Agregado Grueso	0.68 m ³ /m ³

r. Proporción por peso corregido por humedad por cada grupo de ensayo de 15 unidades.

$f'c=$	340 kg/cm ²
Altura	8 cm
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Volumen por testigo	1600 cm ³
Cantidad de Testigos	15
Volumen	24000 cm ³
Factor por desperdicios	1.2
Volumen corregido	0.0346 m ³

- Para el grupo de control (GC), 15 unidades (0% de vidrio triturado)

Tabla 3-23 Proporción en peso de materiales con de 0% de vidrio triturado.

Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	31.870 kg
0.00% de Vidrio triturado	0.000 kg
Suma	80.88 kg

- Para el grupo de ensayo A (GEA), 15 unidades (15% de vidrio triturado)

Tabla 3-24 Proporción en peso de materiales con de 15% de vidrio triturado.

Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	27.089 kg
15.00% de Vidrio triturado	4.780 kg



- Para el grupo de ensayo B (GEB), 15 unidades (20% de vidrio triturado)

Tabla 3-25 Proporción en peso de materiales con de 20 % de vidrio triturado

Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	25.496 kg
20.00% de Vidrio triturado	6.374 kg

- Para el grupo de ensayo C (GEC), 15 unidades (25% de vidrio triturado)

Tabla 3-26 Proporción en peso de materiales con de 25 % de vidrio triturado

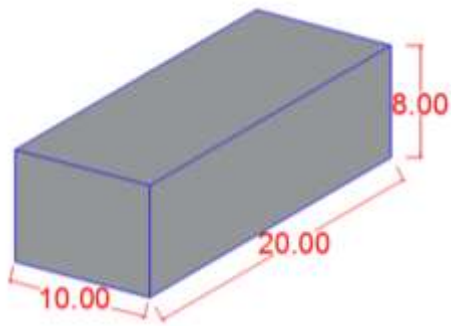
Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	23.902 kg
25.00% de Vidrio triturado	7.967 kg

3.7. Elaboración y ensayo de resistencia a compresión de adoquines tipo II para pavimento vehicular ligero $f'c$ 240 kg/cm²

3.7.1. Procedimiento de elaboración de adoquines de concreto:

Al tener todos los ensayos de materiales y el diseño final de concreto $f'c = 340$ kg/cm², se dio inicio a la elaboración de los adoquines tipo II para pavimento vehicular ligero.

- Inicialmente se obtiene los moldes con las medidas del adoquín para el vaciado de concreto: Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron moldes de melanina distribuidos en conjuntos de cuatro (4) unidades por molde.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-34 Obtención de moldes: (a) Dimensiones de adoquín en centímetros (cm), (b) Moldes de melamina con dimensiones de los adoquines.

- Luego se obtienen los materiales para realizar la mezcla de concreto: cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y vidrio triturado.



(a)



(b)



(c)



(d)

(Fuente: Propia)

Figura 3-35 Recopilación de materiales: (a) Vidrio triturado, agua y agregado; (b) peso de agua y peso de cemento; (c) pesaje de agregado fino; (d) limpieza de agregado grueso.

Se realiza la dosificación unitaria para cada grupo de ensayo: 01 grupo sin vidrio, 01 grupo con 15% de vidrio triturado, 01 grupo con 20 % de vidrio triturado y 01 grupo con 25% de vidrio triturado en de agregado grueso.

- Se transporta los elementos a utilizar a la mezcladora y se da inicio a la preparación de la mezcla.



(Fuente: Propia)

Figura 3-36 Colocacion de materiales para inicio de mezcla.

- Una vez homogeneizada la mezcla se realiza el ensayo de consistencia de la mezcla con el cono de Abrams (Slump).



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-37 Medida de asentamiento de mezcla con el cono de Abrams (Slump): (a) Equipo necesario; (b) Medida final de prueba.

- Luego se procede al llenado de moldes por cada grupo de ensayo.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-38 Llenado de moldes: (a) Moldes completo; (b) llenado y varillado de moldes para grupo de control.

- Una vez vaciados todos los prototipos de ensayo, se procedió a marcarlos y esperar el correcto fraguado.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-39 Fraguado de prototipos de ensayo: (a) Grupo de control (GC); (b) Grupo de ensayo A (GEA).

- Tras esperar un tiempo prudente de fraguado se procede a realizar el desencofrado de los prototipos y su codificación.



(a)



(b)

(Fuente: Propia)

Figura 3-40 Desencofrado de prototipos: (a) Desarmado de molde; (b) Prototipos endurecidos.

- Cumplido todo lo anterior para todos los grupos de ensayo, se procede a transportar los prototipos al recipiente de curado.



(Fuente: Propia)

Figura 3-41 Recipiente de curado de prototipos.

3.7.2. Resistencia a la compresión.

Los adoquines elaborados en la presente investigación cumplieron con los siguientes requisitos:

Tabla 3-27 Parámetros de resistencia a la compresión. (Fuente: NTP 399.611)

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. Mpa(kg/cm ²)	
		Promedio de 3 und.	Unidad individual.
II Vehicular ligero	80	37 (380)	33(340)

Al tener las muestras elaboradas y curadas veintiocho días (28) se procede a la realizar el ensayo de compresión siguiendo los lineamientos presentados en la Norma Técnica



Peruana NTP 399.604 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

3.7.2.1. Materiales y equipos

- Máquina para ensayo de compresión axial marca Humboldt de capacidad de 250000 lb.



(Fuente: Propia)

Figura 3-42 Máquina de ensayo de compresión.

- Quince unidades de adoquines de concreto y de vidrio triturado por cada grupo de ensayo.



(Fuente: Propia)

Figura 3-43 Grupo de ensayo para resistencia a compresion.

3.7.2.2. Procedimiento y cálculos (NTP 399.604)

- La prueba se realizó en cada uno de los especímenes con aplicación de carga en el centroide de las superficies de apoyo, verticalmente alineada con el eje de empuje de la rótula de la máquina de ensayo.
- La resistencia a la compresión se calculó por la siguiente ecuación $\sigma = \frac{P_{max}}{A}$

Siendo:

σ =Resistencia a la compresión

P= Carga de rotura

A= Área bruta de la sección = $a * l$

donde: a = ancho de la sección y l = largo de la sección.



(a)



(b)



(c)



(d)

(Fuente: Propia)

Figura 3-44 Ensayo de resistencia a la compresión: (a) Colocación de muestra GC-01; (b) Rotura final de espécimen GEA-02; (c) Lectura de panel de información de prensa de ensayo; (d) Rotura final de espécimen GEC-11 con 25% de vidrio.

3.7.3. Tolerancia Dimensional.

Todos los especímenes de ensayo de adoquines de concreto tipo II deben cumplir con lo estipulado en la siguiente tabla, medidas fijadas en la norma técnica peruana NTP 339.611.

Tabla 3-28 Parámetros de tolerancia dimensional.

Longitud	Ancho	Espesor.
± 1.6	± 1.6	± 3.2



(a)



(b)



(c)

(Fuente: Propia)

Figura 3-45 Medidas de adoquin tipo II: (a) Altura; (b) Ancho; (c) Longitud.



4. CAPITULO IV: RESULTADOS.

4.1. Resumen de propiedades de material

Agregado fino

- **Cantera:** Cunyac
- **Peso Específico de la masa:** 2.59
- **Absorción:** 2.33%
- **Contenido de Humedad:** 4.63%
- **Módulo de Fineza:** 2.84
- **Peso compacto Seco:** 1560.74 kg/cm³
- **Peso suelto seco:** 1286.46 kg/cm³

Agregado Grueso

- **Cantera:** Vicho
- **Perfil angular:** Si
- **Tamaño máximo nominal:** ¾ pulgada.
- **Peso Específico de la masa:** 2.55
- **Absorción:** 5.24%
- **Contenido de Humedad:** 3.20%
- **Módulo de Fineza:** 6.76
- **Peso compacto Seco:** 1441.18 kg/cm³
- **Peso suelto seco:** 1346.48 kg/cm³



Ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste Maquina de los Ángeles.

Símbolo	Descripción	Unidad	Muestras de Ensayo				
			Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05
P1	Peso inicial total	Gr.	5000	5000	5000	5000	5000
P2	Peso final seco retenido en Tamiz N° 12	Gr.	2719	2605	2459	2255	970
D	Desgaste	(%)	45.62	47.90	50.82	54.90	80.60
Requisito de norma 50% Max		Cumple	SI	SI	NO	NO	NO

Luego de observar los resultados obtenidos de la prueba se verifica que el agregado utilizado en la elaboración de los adoquines de ensayo tipo II cumple con el requisito de norma NTP 400.020 Agregados, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la Maquina de los Ángeles. Por lo cual su uso es adecuado para la elaboración de los especímenes a ensayar. El valor de desgaste obtenido para el agregado grueso es de 46.62%.

Para las combinaciones de 15 %, 20% y 25 % en sustitución de agregado grueso, se verifica que solo la muestra 02 de 15 % de sustitución de vidrio triturado por agregado grueso cumple con el requisito normativo con un valor de 47.90 %, mientras que las muestras 03 y 04 no cumplen el requerimiento, con valores de 50.82 % y 54.90%, las cuales evidencian un bajo desempeño en su uso para la elaboración de adoquines de concreto tipo II.

Finalmente, el vidrio triturado obtenido de reciclaje y seleccionado para el ensayo presento un porcentaje de degradación de 80.60%, lo cual muestra un pésimo desempeño en su uso como agregado grueso para porcentajes mayores o iguales a 20% en sustitución de agregado grueso para la elaboración de adoquines tipo II.



Diseño de mezcla

- Para grupo de control (GC)

f'c=	340
Altura	8 cm
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Volumen por testigo	1600 cm ³
Cantidad de Testigos	15
Volumen	24000 cm ³
Factor por desperdicios	1.2
Volumen corregido	0.0346 m ³
Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	31.870 kg
% Vidrio (0.00%)	0.000 kg
Suma	80.88 kg

- Para grupo de ensayo A (GEA)

f'c=	340
Altura	8 cm
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Volumen por testigo	1600 cm ³
Cantidad de Testigos	15
Volumen	24000 cm ³
Factor por desperdicios	1.2
Volumen corregido	0.0346 m ³
Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	27.089 kg
% Vidrio (15.00%)	4.780 kg
Suma	80.88 kg



- Para grupo de ensayo B (GEB)

f'c=	340
Altura	8 cm
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Volumen por testigo	1600 cm ³
Cantidad de Testigos	15
Volumen	24000 cm ³
Factor por desperdicios	1.2
Volumen corregido	0.0346 m ³
Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	25.496 kg
% Vidrio (20.00%)	6.374 kg
Suma	80.88 kg

- Para grupo de ensayo C (GEC)

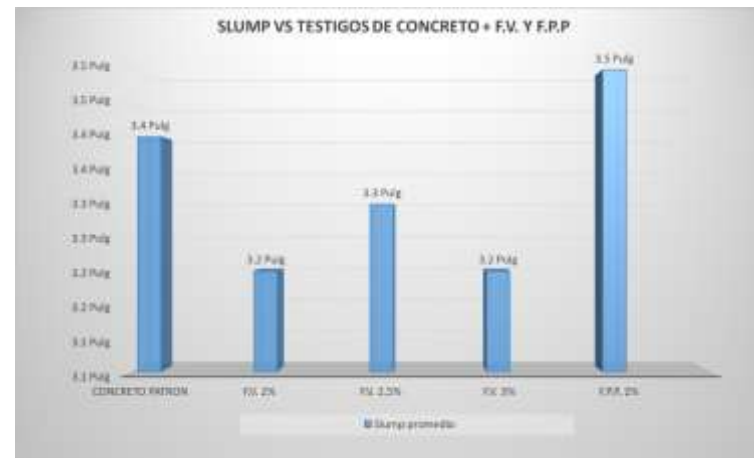
f'c=	340
Altura	8 cm
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Volumen por testigo	1600 cm ³
Cantidad de Testigos	15
Volumen	24000 cm ³
Factor por desperdicios	1.2
Volumen corregido	0.0346 m ³
Cemento	18.636 kg
Agua de Diseño	7.206 kg
Agregado Fino	23.166 kg
Agregado Grueso	23.902 kg
% Vidrio (25.00%)	7.967 kg
Suma	80.88 kg



4.2. Resistencia a la compresión

GRUPO DE CONTROL

# Briqueta	Código	Fecha de rotura	Edad	Longitud	Altura	Ancho	Área bruta (cm ²)	f'c diseño (kg/cm ²)	Dial-Fuerza (kg)	Resist. De probeta	% f'c diseño de probeta
01	GC-01	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18670.00	373.40	109.82%
02	GC-02	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17060.00	341.20	100.35%
03	GC-03	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18550.00	371.00	109.12%
04	GC-04	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17220.00	344.40	101.29%
05	GC-05	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18220.00	364.40	107.18%
06	GC-06	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18410.00	368.20	108.29%
07	GC-07	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18170.00	363.40	106.88%
08	GC-08	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19560.00	391.20	115.06%
09	GC-09	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18320.00	366.40	107.76%
10	GC-10	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19510.00	390.20	114.76%
11	GC-11	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18630.00	372.60	109.59%
12	GC-12	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19510.00	390.20	114.76%
13	GC-13	27-10-21	28	20	8	10	200	340	20360.00	407.20	119.76%
14	GC-14	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18360.00	367.20	108.00%
15	GC-15	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18850.00	377.00	110.88%



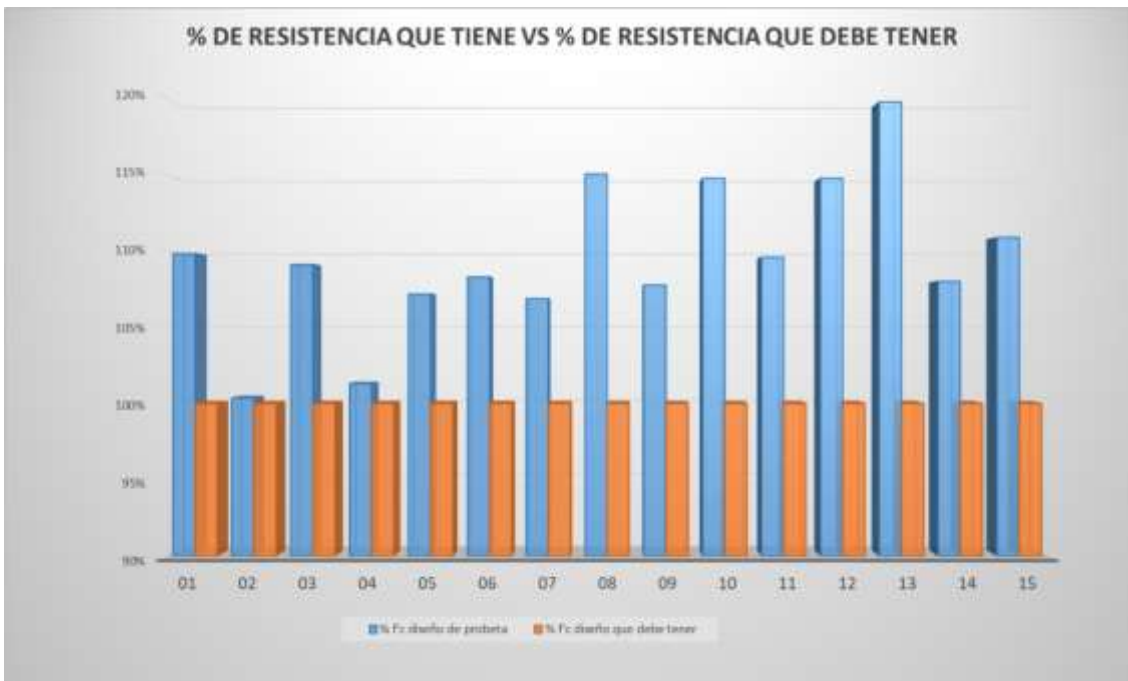
(Fuente: Propia)

Figura 4-1 Slump vs testigos de concreto.



(Fuente: Propia)

Figura 4-2 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño.



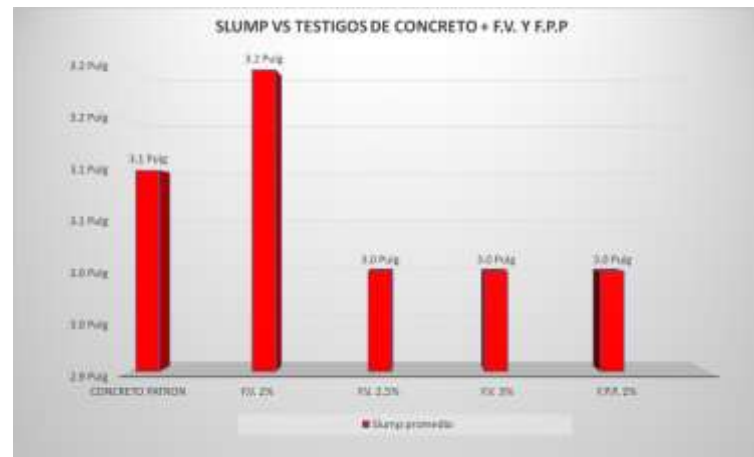
(Fuente: Propia)

Figura 4-3 Porcentaje (%) de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño



GRUPO DE ENSAYO A (GEA)

# Briqueta	Código	Fecha de rotura	Edad	Longitud	Altura	Ancho	Area bruta (cm ²)	f'c diseño (kg/cm ²)	Dial-Fuerza (kg)	Resist. De probeta	% f'c diseño de probeta
01	GEA -01	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17080.000	341.60	100.47%
02	GEA -02	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19090.000	381.80	112.29%
03	GEA -03	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19260.000	385.20	113.29%
04	GEA -04	27-10-21	28	20	8	10	200	340	19050.000	381.00	112.06%
05	GEA -05	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18210.000	364.20	107.12%
06	GEA -06	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18070.000	361.40	106.29%
07	GEA -07	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18120.000	362.40	106.59%
08	GEA -08	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18030.000	360.60	106.06%
09	GEA -09	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17050.000	341.00	100.29%
10	GEA -10	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17150.000	343.00	100.88%
11	GEA -11	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18060.000	361.20	106.24%
12	GEA -12	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18450.000	369.00	108.53%
13	GEA -13	27-10-21	28	20	8	10	200	340	18520.000	370.40	108.94%
14	GEA -14	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17650.000	353.00	103.82%
15	GEA -15	27-10-21	28	20	8	10	200	340	17650.000	353.00	103.82%



(Fuente: Propia)

Figura 4-4 Slump vs testigos de concreto para GEA.



(Fuente: Propia)

Figura 4-5 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEA.



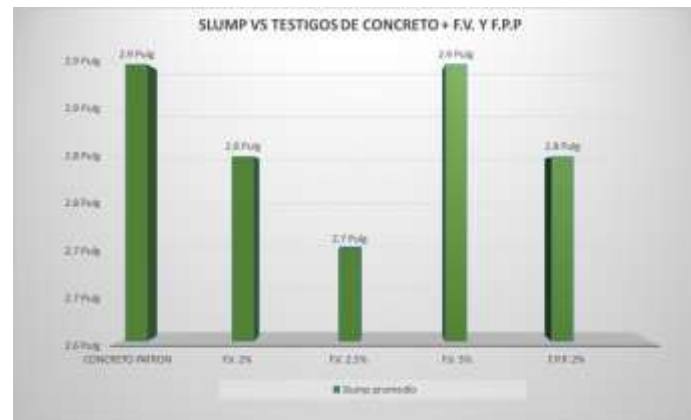
(Fuente: Propia)

Figura 4-6 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño para GEA



GRUPO DE ENSAYO B (GEB)

# Briqueta	Codigo	Fecha de rotura	Edad	Longitud	Altura	Ancho	Area bruta (cm ²)	f'c diseño (kg/cm ²)	Dial-Fuerza (kg)	Resist. De probeta	% f'c diseño de probeta
01	GEB -01	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16500.000	330.00	97.06%
02	GEB -02	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17970.000	359.40	105.71%
03	GEB -03	28-10-21	28	20	8	10	200	340	21810.000	436.20	128.29%
04	GEB -04	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17880.000	357.60	105.18%
05	GEB -05	28-10-21	28	20	8	10	200	340	14900.000	298.00	87.65%
06	GEB -06	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16910.000	338.20	99.47%
07	GEB -07	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17820.000	356.40	104.82%
08	GEB -08	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17420.000	348.40	102.47%
09	GEB -09	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17250.000	345.00	101.47%
10	GEB -10	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17840.000	356.80	104.94%
11	GEB -11	28-10-21	28	20	8	10	200	340	18260.000	365.20	107.41%
12	GEB -12	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17600.000	352.00	103.53%
13	GEB -13	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17520.000	350.40	103.06%
14	GEB -14	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17750.000	355.00	104.41%
15	GEB -15	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17850.000	357.00	105.00%



(Fuente: Propia)

Figura 4-7 Slump vs testigos de concreto para GEB.



(Fuente: Propia)

Figura 4-8 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEB



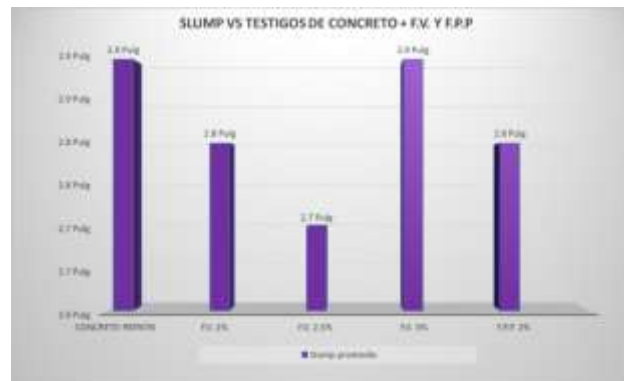
(Fuente: Propia)

Figura 4-9 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño para GEB



GRUPO DE ENSAYO C (GEC)

# Briqueta	Codigo	Fecha de rotura	Edad	Longitud	Altura	Ancho	Area bruta (cm ²)	f'c diseño (kg/cm ²)	Dial-Fuerza (kg)	Resist. De probeta	% f'c diseño de probeta
01	GEC -01	28-10-21	28	20	8	10	200	340	18240.000	364.80	107.29%
02	GEC -02	28-10-21	28	20	8	10	200	340	18190.000	363.80	107.00%
03	GEC -03	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16460.000	329.20	96.82%
04	GEC -04	28-10-21	28	20	8	10	200	340	18970.000	379.40	111.59%
05	GEC -05	28-10-21	28	20	8	10	200	340	18610.000	372.20	109.47%
06	GEC -06	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17540.000	350.80	103.18%
07	GEC -07	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17250.000	345.00	101.47%
08	GEC -08	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17420.000	348.40	102.47%
09	GEC -09	28-10-21	28	20	8	10	200	340	15360.000	307.20	90.35%
10	GEC -10	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17210.000	344.20	101.24%
11	GEC -11	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16660.000	333.20	98.00%
12	GEC -12	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16260.000	325.20	95.65%
13	GEC -13	28-10-21	28	20	8	10	200	340	17220.000	344.40	101.29%
14	GEC -14	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16960.000	339.20	99.76%
15	GEC -15	28-10-21	28	20	8	10	200	340	16750.000	335.00	98.53%



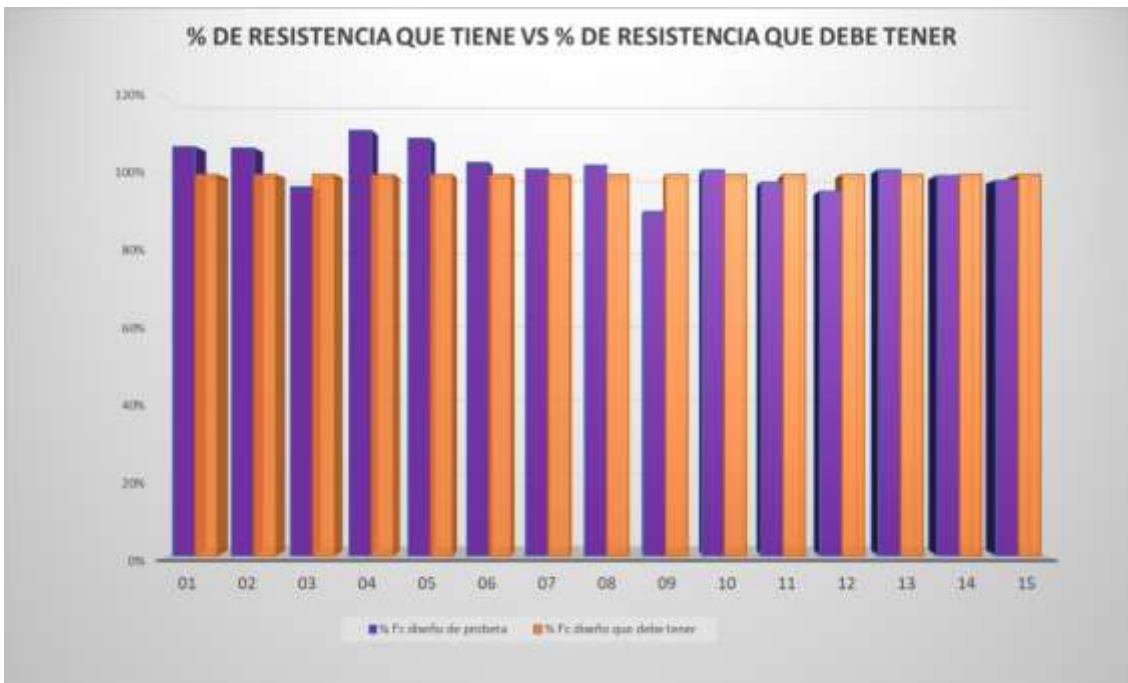
(Fuente: Propia)

Figura 4-10 Slump vs testigos de concreto para GEC



(Fuente: Propia)

Figura 4-11 Resistencia de probetas vs Resistencia de diseño para GEC



(Fuente: Propia)

Figura 4-12 % de resistencia de probetas vs % de resistencia de diseño para GEC



5. CAPITULO V DISCUSIÓN

a) Contraste de resultados con referentes al Marco Teórico.

- Los resultados preliminares respecto a los ensayos de resistencia a compresión muestran un deterioro de desempeño en resistencia a compresión, mostrando una reducción de resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de vidrio triturado por agregado grueso, siendo los adoquines del grupo C, con mayor porcentaje de sustitución de vidrio triturado (25 %), los que presentaron menor resistencia a compresión, lo que en contraposición a lo indicado por la tesis de Cabrera (2014) que afirma que aquellos especímenes con 25 % y 50% de vidrio en sustitución de agregado grueso, presentaron mayores resistencia a compresión (Cabrera, 2014).
- Los estudios realizados en la tesis presentada por Quispe y Zarate (2020) para testigos de concreto $f'c$ 210 kg/cm², donde se indican que los valores de 20 % de reemplazo de vidrio los resultados de resistencia a compresión, presentándose un incremento de 7.8 % al valor de resistencia de diseño. (Quispe & Zarate, 2020). Así mismo, para el presente estudio con el uso de un concreto de $f'c$ 340 kg/cm², los especímenes del grupo B con reemplazo de 20% alcanzaron valores adecuados con un 4.03% de incremento de resistencia respecto al diseño.
- Para la elaboración de los diseños de mezcla se optó por el método de mayor uso estipulado por el ACI, con el uso de los valores obtenidos de los ensayos de materiales se pudo determinar satisfactoriamente las cantidades adecuadas para la elaboración de los especímenes de ensayo.
- El valor de peso específico utilizado en el diseño de mezcla fue el de la masa, debido a que se deseaba obtener valores en condiciones de laboratorio alcanzando el máximo desempeño de cada espécimen de ensayo.
-

b) Interpretación de resultados encontrados en la investigación.

Una vez finalizados los ensayos pertinentes a la presente investigación se realiza la presente interpretación:



- El agregado grueso utilizado, sometido al ensayo de resistencia a la abrasión por el método de Máquina de los Ángeles cumple el porcentaje máximo normativo estipulado en la norma NTP 400.020 y es adecuado para la elaboración de adoquines tipo II para pavimento vehicular ligero de 340 kg/cm^2 de resistencia.
- Se sustenta que los valores de resistencia de adoquines cumplen con lo estipulado en NTP 399.611, demostrando que los resultados de resistencia a compresión de los especímenes son óptimos.
- Los diseños de mezcla obtenidos de los resultados de ensayos de materiales fueron altamente eficientes, demostrando la eficacia del método y teniéndose cantidades de material adecuado para la elaboración de los especímenes. En el caso del grupo de control (GC) todos los especímenes de ensayo mantuvieron valores por encima de la resistencia de diseño $f^c = 340 \text{ kg/cm}^2$, obteniéndose un valor promedio de 372.53 kg/cm^2 , el cual es un 9.57% mayor en promedio.
- Respecto a la resistencia obtenida en el grupo de ensayo A (GEA), el valor promedio de resistencia fue de 361.92 kg/cm^2 , valor que es un 6.45% mayor al de la resistencia de diseño, se evidencia que la presencia de 15 % de vidrio en sustitución de agregado tiene valores aceptables de desempeño.
- Respecto a la resistencia obtenida en el grupo de ensayo B (GEB), el valor promedio de resistencia fue de 353.71 kg/cm^2 , valor que es un 4.03% mayor al de la resistencia de diseño, se evidencia que la presencia de 20 % de vidrio en sustitución de agregado tiene valores aceptables de desempeño; sin embargo, de este grupo de ensayo se obtuvo 03 especímenes que no superaron la resistencia de diseño, representando un 20% del total de número de especímenes. Es evidente que la sustitución de vidrio triturado con un incremento de masa ha debilitado la consistencia del elemento.
- Respecto a la resistencia obtenida en el grupo de ensayo C (GEC), el valor promedio de resistencia fue de 345.47 kg/cm^2 , valor que es apenas 1.31% mayor al de la resistencia de diseño, se evidencia que la presencia de 25 % de vidrio en sustitución de agregado tiene valores aceptables de desempeño; sin embargo, de este grupo de ensayo se obtuvo 06 especímenes que no superaron la resistencia de diseño, representando un 40% del total de número de especímenes. El incremento de masa de



vidrio triturado tiene un efecto contrario en la resistencia a compresión de los adoquines de concreto tipo II.

c) Comentarios de la investigación de la hipótesis.

- De la hipótesis general “La sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, influye significativamente en la resistencia a la compresión.”, puede determinarse que los valores promedios de cada grupo de ensayo satisfacen la resistencia a compresión de diseño, sin embargo, los porcentajes de sustitución mayores a 20% reducen significativamente la resistencia a compresión de los adoquines de concreto tipo II.
- De la sub hipótesis 01 “Al sustituir 15% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional.” Se puede observar que los valores resultantes superan el valor de resistencia de diseño.
- De la sub hipótesis 02 “Al sustituir 20% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional” Se puede observar que los valores resultantes del grupo de ensayo GEB tuvieron 80% de unidades que superaron el valor de resistencia de diseño y el 20 % no supero el valor de resistencia de diseño.
- De la sub hipótesis 03 “Al sustituir 25% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional” Se puede observar que los valores resultantes del grupo de ensayo GEC tuvieron 60 % de unidades que superaron el valor de resistencia de diseño y el 40 % restante no supero el valor de resistencia de diseño.

d) Aporte de la investigación.

- El ensayo de resistencia a la abrasión evidencio que un porcentaje (%) menor al 20% de reemplazo de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso muestra un correcto desempeño respecto al desgaste cumplimiento el requerimiento normativo. Por el contrario, los porcentajes mayores o iguales a 20 % de reemplazo de vidrio triturado por agregado grueso disminuyen el desempeño, obteniéndose valores de desgaste mayores al 50% permitido por norma lo que muestra su poca eficiencia en la elaboración de adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero.



- Se recomienda la presente investigación como un aporte para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en vías urbanas de ciudades, además de realizar un reciclaje óptimo de vidrio considerado material desecho.
- Con la validación de aporte de resistencia de la sustitución de vidrio triturado en un porcentaje óptimo menor al 20% de la masa de agregado grueso, es posible la elaboración de adoquines de concreto tipo II con la utilización de vidrio triturado de reciclaje.
- La caracterización adecuada y óptima de las propiedades de los materiales utilizados en la elaboración de los especímenes de ensayo, obteniéndose valores porcentualmente óptimos de desempeño.
- Haber identificado eficazmente las proporciones adecuadas de componentes para la elaboración de adoquines de concreto tipo II en función al procedimiento de diseño de mezclas estipulado en la norma ACI.



- e) **Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no está considerado dentro de los objetivos de la investigación.**
- En la elaboración de la mezcla para el vaciado de los especímenes, se pudo notar que la adición de masa de vidrio triturado influye negativamente en la trabajabilidad del concreto, no obteniéndose una buena adherencia y dificultando la mezcla de agua.



GLOSARIO

Abrasión

Desgaste o roce superficial de agregados producidos por acciones de fricción

Aire atrapado

Vacíos en el concreto que se crean en el concreto de forma natural durante el proceso de mezclado.

Aire Incluido

Burbuja de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado usualmente empleando un agente químico.

Agregado Fino

Agregado que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg.), pasa casi totalmente por el tamiz de 4.75 mm (No.4) y se retiene predominantemente en el tamiz de 75 mm (no. 200).

Agregado grueso:

Grava natural, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, frecuentemente mayor que 5 mm (0.2 pulg.) y cuyo tamaño normalmente varía entre 9.5 mm y 37.5 mm (3/8 y 1 1/2 pulg.). Arena: Partículas de roca que pasan la malla N°4 (4.75mm) y son retenidos en la malla N° 200. AIRE ATRAPADO (AIRE OCLUIDO): Vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1 mm.

Alabeo

Distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes.



Álcalis

Reacción química de los metales alcalinos e hidróxidos de amonio para que actúen como bases estabilizadoras en el concreto debido a su solubilidad en el agua.

Alquitranes.

Producto bituminoso negro, viscoso, semisólido, obtenido como residuo de la destilación, en ausencia de aire, de sustancias orgánicas que posean materias volátiles, fundamentalmente, hulla, lignito o madera.

Cantera

Depósito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras.

Cambio de Volumen

Un aumento o una disminución del volumen por cualquier motivo, tal como un cambio de la humedad, de la temperatura o cambios químicos.

Cemento Portland

Cemento hidráulico de silicato de calcio que se produce por la pulverización del Clinker de cemento portland y normalmente también contiene

Contracción

Cambio de volumen o deformación del concreto, que se produce en direcciones paralelas tangentes y perpendiculares.

Deflexión

Grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga.



Desgaste

Daño o erosión que ha sufrido una superficie solida debido a deslizamiento, rodadura o impacto contra otra superficie sólida.

Fisuras

Defecto en un elemento o miembro constructivo que puede llegar a causar la rotura del mismo.

Flujo Vehicular

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía se deben conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle

Grietas

Hendidura o abertura longitudinal, de ancho mayor de 1 mm, que se hace en un cuerpo sólido producido por diferentes causas tales como acciones exteriores o por defectos del material, dejándole inútil para su posible función estructural, y debilitado para su envoltura.

NTP

Normas Técnicas Peruanas, documentos que establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios.

Pasta

Producto que se obtiene si se mezcla un conglomerante con agua, en función de la proporción de agua que utilizemos, la pasta podrá tener más o menos consistencia

Serviciabilidad

Es la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.



Slump

Caracteriza el comportamiento del concreto fresco, o sea, su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndola homogénea con un mínimo de vacíos.

Tamaño Máximo Nominal

Es la abertura del tamiz en la que se encontró el primer peso del material retenido.



CONCLUSIONES

Conclusión 01:

Se pudo demostrar la hipótesis general “La sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, influye significativamente en la resistencia a la compresión.” Los valores obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión fueron mayores a la resistencia de diseño, con ciertos porcentajes de fallas que pueden interpretarse como una influencia significativa.

Conclusión 02:

Se ha podido demostrar la Sub- hipótesis 01 “Al sustituir 15% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional.”

Los resultados obtenidos en este grupo de ensayo fueron los más favorables respecto a los otros grupos de ensayo, se obtuvo la mayor resistencia promedio con un valor de 6.45%, donde todos los especímenes cumplieron todas las tolerancias dimensionales y superaron la resistencia de diseño que se identifica en la norma NTP 399.064.

Conclusión 03:

Se ha podido demostrar parcialmente la Sub- hipótesis 03 “Al sustituir 20% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional.”

De las quince (15) unidades ensayadas se evidencio que el 20% (03 unidades) de las mismas no pudo alcanzar la resistencia requerida, sin embargo, el 80 % (12 unidades) superaron el valor de diseño, en términos de valor promedio de resistencia obtenida, el grupo de ensayo GEB, obtuvo un valor de 353.71kg/cm², siendo este 4.03% mayor al valor de resistencia de diseño.



Conclusión 04:

Se ha podido demostrar parcialmente la Sub- hipótesis 04 “Al sustituir 25% de agregado grueso por vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión de 340 kg/cm² del adoquín de concreto tipo II convencional.”

De las quince (15) unidades ensayadas se evidencio que el 40% (06 unidades) de las mismas no pudo alcanzar la resistencia requerida, sin embargo, el 60 % (09 unidades) superaron el valor de diseño, en términos de valor promedio de resistencia obtenida, el grupo de ensayo GEB, obtuvo un valor de 345.47 kg/cm², siendo este 1.61% mayor al valor de resistencia de diseño. Este valor de resistencia obtenido es visiblemente deficiente, respecto a los demás grupos de ensayo, evidenciando que el incremento de volumen de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso tiene un efecto contrario en la resistencia de especímenes de adoquines de concreto tipo II.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la investigación, realizando la colocación de viguetas de adoquines de concreto tipo II en distribución de hilada simple sometidas a flexión, para comparar los resultados con adoquines convencionales.
- Se recomienda la utilización de materiales provenientes de otras canteras para la evaluación de la modificación de dosificaciones y la influencia del reemplazo de vidrio triturado.
- Se recomienda mayor variación en porcentajes de vidrio triturado y la posibilidad de su reemplazo con agregado fino en distintos porcentajes.



BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto.- Teoría y Problemas*. Lima, Perú: San Marcos.
- Aceituno, C., Silva, R., & Cruz, R. (2020). *Mitos y realidades de la investigación científica*. Cusco: Recursos par ala investigación.
- Cabrera, B. L. (2014). *Comparación de la Resistencia de Adoquines de Concreto y Otros Elaborados con Vidrio Reciclado*. Cajamarca: Tesis Para Optar el Titulo De Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte.
- Calderón, J. (2010). *El vidrio en la construcción. Tipologías y usos*. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.
- Edificaciones, R. N. (2018). art. 2.
- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernandez, S. R. (2014). *Metodología de la Investigaciom*. Mexico: McGraw-Hill.
- ICG. (2014). *Instituto de la Constución y Gerencia. Concreto: Diseño de mezclas*. lima; Peru: ICG.
- Indecopi. (2014). *NTP 400.037.- Especificaciones para agregados*.
- Infantas Soto, R. C. (2020). *Análisis de residuos solidos y su incidencia en el gsto publico ambiental en la provincia del Cusco*. Cusco: Facultad de ciencias económicas, administrativas y contables de la Universidad Andina del Cusco.



Laura, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Morales, O. L. (2017). *El Vidrio en la Edificación. Propiedades, Aplicaciones y Estudios de Fracturas en Casos Reales*. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.

Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. (2010). Lima.

Norma Técnica 339.079 Peruana. (2012).

NTP 399.604 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Metodos de muestreo y ensayo de unidades de albañileria de concreto. (2002).

NTP 399.611 UNIDADES DE ALBAÑILERIA, ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS. (2010).

NTP 400.020 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. (2020).

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

PIGARS. (2019). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Solidos*. Cusco.

Quispe, G. N., & Zarate, F. J. (2020). *Analisis de la Variacion en el Comportamiento del Concreto f'c 210 kg/cm2 con la Adicion de Vidrio Molido*. Cusco-Perú: Tesis para optar el titulo de Ingeniero civil de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima, Perú: AciPerú.

S. Merritt, F. (1982). *Manual del Ingeniero Civil*. Mexico: McGraw - Hill.



Torre, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del concreto.* . Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.



ANEXO



Título: Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto Tipo II para pavimento vehicular ligero con sustitución de agregado grueso por vidrio triturado reciclado, en porcentajes de 15%, 20% y 25%.

1. PROBLEMA	2. OBJETIVO	3. HIPÓTESIS	4.VARIABLES	5. INDICADORES	6. INSTRUMENTOS	7. MÉTODO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General				
¿En qué medida la sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, influye en la resistencia a la compresión?	Realizar un análisis comparativo para determinar el valor promedio y el grado de influencia de la sustitución de vidrio triturado por agregado grueso en porcentajes de 15 %, 20%, y 25% en adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, en la resistencia a la compresión.	La sustitución de vidrio triturado en reemplazo de agregado grueso en los adoquines de concreto tipo II para pavimento vehicular ligero, influye significativamente en la resistencia a la compresión.	Variable independiente Sustitución de agregado grueso por vidrio triturado reciclado	Variable independiente Sustitución de 15% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado Sustitución de 20% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado Sustitución de 25% de masa de agregado grueso de mezcla por vidrio triturado	INTRUMENTOS <ul style="list-style-type: none"> • Formatos de laboratorio • Moldes • Horno de laboratorio con control de temperatura. • Balanzas • Recipientes para muestras • Guantes, lentes y ropa de trabajo • Tamices EQUIPOS <ul style="list-style-type: none"> • Tamizado de agregado. • Cámara de fotos y video. • Equipo de ensayo mecánico para prueba de resistencia a compresión de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Cuantitativo • Nivel: Explicativo • Diseño específico: Experimental
Problemas Específico	Objetivos específicos	Sub- hipótesis	Variable dependiente			
a) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 15 % de vidrio triturado por agregado grueso?	a) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 15 % de vidrio triturado por agregado grueso	a) Al sustituir 15% de vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión del adoquín de concreto tipo II convencional.	Resistencia a la compresión de adoquines de concreto.			
b) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 20 % de vidrio triturado por agregado grueso?	b) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 20 % de vidrio triturado por agregado grueso.	b) Al sustituir 20 % de vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión del adoquín de concreto tipo II convencional.		Variable dependiente Resistencia a compresión de cada unidad por grupo de adoquines de concreto tipo II de F'c 340 kg/cm ² :		
c) ¿Cuál es el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 25 % de vidrio triturado por agregado grueso?	c) Determinar el valor promedio de resistencia a la compresión que se alcanza con muestras de adoquines de concreto tipo II si se sustituye un 25 % de vidrio triturado por agregado grueso.	c) Al sustituir 25 % de vidrio triturado se alcanza la resistencia a compresión del adoquín de concreto tipo II convencional.		<ul style="list-style-type: none"> ○ Fuerza ○ Área 		