

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo ii, distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco – 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Robles Cuestas, Eduardo Antonio

ASESOR: Vasquez Salcedo, Juan Augusto

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70775991

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43324371

Grado/Título: Maestro en diseño y construcción de obras viales

Código ORCID: 0000-0002-0321-6662

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Abal García, Bladimir Jhon	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	71509522	0000-0002-9301-2099
3	Rodriguez Ponce, Charly Fernando	Título oficial de máster universitario en ingeniería estructural y de la construcción	71944966	0000-0001-6984-8681



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día **viernes 01 de diciembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. BLADIMIR JHON ABAL GARCÍA	SECRETARIO
❖ MG. CHARLY FERNANDO RODRÍGUEZ PONCE	VOCAL

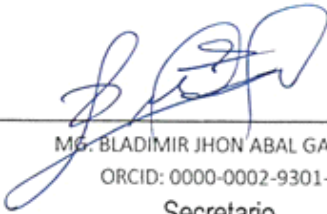
Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2835 -2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO – 2023", presentado por el (la) Bachiller. **Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 17:45 horas del día 01 del mes de diciembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente


MG. BLADIMIR JHON ABAL GARCÍA
ORCID: 0000-0002-9301-2099
Secretario


MG. CHARLY FERNANDO RODRÍGUEZ PONCE
ORCID: 0000-0001-6984-8681
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

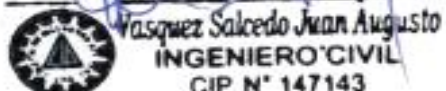
Yo, Juan Augusto Vásquez Salcedo, asesor(a) del PA de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N°1975-2023-D-FI-UDH del (los) estudiante(s) ROBLES CUESTAS EDUARDO ANTONIO, de la investigación titulada: “ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO – 2023”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 21% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

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

Huánuco, 07 de diciembre de 2023

Vásquez Salcedo Juan Augusto
INGENIERO CIVIL
CIP N° 147143

Mg. Juan Augusto Vásquez Salcedo
DNI: 43324371
ORCID N 0000-0002-0321-6662
ASESOR DE TESIS

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

17 %

FUENTES DE INTERNET

3 %

PUBLICACIONES

10 %

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

2 %

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1 %

3

www.corblock.com

Fuente de Internet

1 %

4

Submitted to Universidad de Huanuco

Trabajo del estudiante

1 %

5

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

6

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

1 %


 **Vásquez Salcedo Juan Augusto**
INGENIERO CIVIL
CIP N° 147143

Mg. Juan Augusto Vásquez Salcedo

DNI: 43324371

ORCID N 0000-0002-0321-6662

ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedicarle Al señor todo poderoso Dios, por el obsequio diario de poder gozar de salud y bienestar, dándome la oportunidad de seguir aprendiendo y poder disfrutar de mi carrera. También dedicarles esta investigación a mis progenitores por su acompañamiento en todo este proceso, siendo incondicional a lo largo de estos años de carrera universitaria que escogí, donde ellos formaron valores y vocación de servicio que me serán útiles a lo largo de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios por la sabiduría, fuerza y guía que me ha brindado durante la elaboración de esta tesis que me ayudo a culminar.

A mi asesor, Mag. Joel Luis Guarniz Flores que me ha brindado su valiosa asesoría y confianza en mi trabajo como guía de tesis. También quiero agradecer a las personas que siempre me han dado su mano en este largo trabajo, a través de sus sugerencias, haciéndose partícipes de esta investigación. A mi entorno cercano de amigos que conocí en el Programa Académico Profesional de Ingeniería Civil igualmente agradezco a la Universidad UDH que me abrió las puertas del conocimiento para tener la información y datos necesarios para poder crecer como profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	17
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	18
1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL	18
1.6.4. VIABILIDAD OPERATIVA.....	18
1.6.5. VIABILIDAD MATERIAL.....	18
1.6.6. VIABILIDAD TIEMPO.....	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19

2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.2.	BASES TEÓRICAS	23
2.2.1.	PAVIMENTOS.....	23
2.2.2.	TIPOS DE PAVIMENTOS	23
2.2.3.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN PAVIMENTO ARTICULADO	27
2.2.4.	TIPOS DE ADOQUINES	34
2.2.5.	CONCRETO.....	36
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	66
2.4.	HIPÓTESIS.....	67
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	67
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	67
2.5.	VARIABLES.....	67
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	67
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	67
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	69
	CAPÍTULO III	71
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	71
3.1.1.	ENFOQUE	71
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	71
3.1.3.	DISEÑO	71
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	71
3.2.1.	POBLACIÓN	71
3.2.2.	MUESTRA.....	72
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	73
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	74
	CAPÍTULO IV	76
	RESULTADOS.....	76
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	76
4.1.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS CONSIDERANDO LOS DATOS ATÍPICOS.....	76

4.1.2. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	87
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	95
4.2.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	95
4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	96
CAPÍTULO V	105
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
5.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	105
5.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	110
5.3. PRUEBA DE ABSORCIÓN.....	122
5.4. DISEÑO DE MEZCLAS	127
CONCLUSIONES.....	134
RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
ANEXOS	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de tránsito según número de vehículos por día	29
Tabla 2 Espesor compactado de la base de suelo cemento, en cm	30
Tabla 3 Espesor compactado de la base granular, en cm	30
Tabla 4 Datos de módulos elásticos en kg/cm ²	46
Tabla 5 Datos granulométricos para el tamizado agregado grueso 4" – 1 1/2"	
.....	47
Tabla 6 Datos granulométricos para el tamizado agregado grueso 1" – 16" ...	
.....	48
Tabla 7 Requisitos mínimos granulométricos en agregado fino	48
Tabla 8 Datos porcentajes máximos de resistencia mecánica	49
Tabla 9 Datos de agregados globales	49
Tabla 10 Consistencia- Asentamiento	52
Tabla 11 Promedio de las densidades para el concreto fresco	55
Tabla 12 Propiedades típicas del concreto	55
Tabla 13 F'cr aplicable para definir la Desviación estándar	58
Tabla 14 Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferente slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.....	59
Tabla 15 Relación agua/cemento vs f'c.....	59
Tabla 16 Asentamiento recomendado para diversas obras.....	60
Tabla 17 Volumen de agregado grueso.....	60
Tabla 18 Factor de durabilidad del concreto con agregado reciclado después de un ciclo acelerado de congelamiento / deshielo.....	64
Tabla 19 Reducción de la resistencia al usar agregados reciclados dado por diferentes autores	64
Tabla 20 Tamaños de muestra mínimos en estudios cuantitativos.....	73
Tabla 21 Diagrama de numero de muestras.....	73
Tabla 22 Descripción de la muestra seleccionada para ensayo compresión...	
.....	73
Tabla 23 Peso compactado con concreto reciclado.....	78
Tabla 24 Humedad del concreto reciclado.....	79
Tabla 25 Peso específico del concreto reciclado	80
Tabla 26 Granulometría de la piedra chancada.....	81

Tabla 27 Pesos secos de los agregados	83
Tabla 28 Materiales corregidos por humedad.....	84
Tabla 29 Dosificación en peso	85
Tabla 30 Datos replanteados.....	85
Tabla 31 Dosificación con material reciclado.....	85
Tabla 32 Dosificación de adoquín convencional a 16 kg	86
Tabla 33 Dosificación de adoquín convencional concreto reciclado	86
Tabla 34 Dosificación con 50% concreto reciclado.....	86
Tabla 35 Dosificación de adoquín con 75% concreto reciclado por 16 kg	87
Tabla 36 Dosificación de adoquín con 100% concreto reciclado por 16 kg	87
Tabla 37 Media de tratamientos para prueba de Dunnett a 28 días	93
Tabla 38 Prueba de Dunnet a 28 días de curado	94
Tabla 39 Cálculos para el Anova con 28 días de curado.....	96
Tabla 40 Cálculos para el valor -p, para 28 días de curado.....	97
Tabla 41 Cálculos para el ANOVA.....	98
Tabla 42 Residuos del adoquín para el ANOVA a 28 días de curado	99
Tabla 43 Calculo para el estadístico de Bartlett de los datos a 28 días	102
Tabla 44 Análisis de varianza (ANOVA) para 28 días de curado.....	105
Tabla 45 Prueba de Dunnet 28 días de curado	106
Tabla 46 Resistencia individual y promedio a los 7 días de curado.....	110
Tabla 47 Resistencia individual y promedio a los 14 días de curado.....	114
Tabla 48 Resistencia individual y promedio a los 28 días de curado.....	118
Tabla 49 Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 7 días	122
Tabla 50 Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 14 días	123
Tabla 51 Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 28 días	124
Tabla 52 Resistencia Promedio	127
Tabla 53 Consistencia y asentamientos	127
Tabla 54 Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire	128

Tabla 55 Relación agua- cemento y resistencia a compresión	129
Tabla 56 Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto	130
Tabla 57 Contenido de aire para diferentes tamaños máximos nominales	131
Tabla 58 Volumen absolutos	131
Tabla 59 Diseño de mezcla planteado	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos estructurales de un pavimento rígido.....	24
Figura 2 Elementos estructurales de un pavimento flexible.....	25
Figura 3 Elementos estructurales de un pavimento adoquinado	26
Figura 4 Capas del pavimento adoquinado	31
Figura 5 Comparación pavimento convencional con adoquinado.....	31
Figura 6 Adoquines con y sin bisel.....	33
Figura 7 Espesores de un adoquín	33
Figura 8 Forma de un adoquín de concreto	34
Figura 9 Entrelazadas y cruzadas en el sentido del tránsito.....	35
Figura 10 Adoquín Tipo 2.....	35
Figura 11 Adoquín Tipo 3.....	36
Figura 12 Condiciones de obra	44
Figura 13 Intervalos de concreto	95
Figura 14 Distribución para los 28 días de curado	98
Figura 15 Prueba de normalidad a los 28 días de curado	100
Figura 16 Probabilidad de los residuos a los 28 días de curado	101
Figura 17 Residuos vs predichos a 28 días de curado	103
Figura 18 Línea ajustada del residuo	103
Figura 19 Medidas a 28 días de curado	107
Figura 20 Normalidad de los residuos a los 28 días de curado	108
Figura 21 Residuos vs predichos a 28 días de curado.....	108
Figura 22 Independencia, residuos vs orden de corrida.....	109
Figura 23 Resistencia individual a los 7 días en kg/cm ²	113
Figura 24 Resistencia individual a los 14 días en kg/cm ²	117
Figura 25 Resistencia individual a los 28 días en kg/cm ²	121
Figura 26 Porcentaje de absorción del adoquín de concreto a 28 días	125

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó — 2023; en este propósito, se considero que la muestra que la investigación serán los adoquines de concretos en vías urbanas y la población está constituida por todos los adoquines Tipo II de escombros de construcción utilizando escombros de construcción provenientes de la fractura de briquetas de concreto de calidad $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ y se basará en el capítulo 5 de la norma E-60 (2009): “Calidad del concreto, mezclado y colocación”. La norma E060 indica que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de al menos dos probetas siempre y cuando se realice un diseño de mezclas.

En nivel de investigación es cuasi-experimental con enfoque cuantitativo; se formulo como problema general ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó – 2023? y la hipótesis general se plantea como: Los escombros de construcción y fibras de acero favorecen positiva y significativamente en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó – 2023.

En conclusión ha sido comprobada, tal como lo demuestra que el diseño optimo del adoquín de concreto con escombros de construcción y fibra de acero como material de reemplazo, adicionando el aditivo acelerante Chema 3 es a un 100% de reemplazo del concreto reciclado y fibra de acero del agregado grueso, ya que la resistencia individual del adoquín de concreto supera la resistencia de 340 kg/cm^2 .

Palabras claves: Resistencia, absorción, escombros de construcción, hormigón reciclado, fibra de acero.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate to what extent construction debris and steel fibers favor the compression resistance and absorption of type II paving stones in the Yanacancha district, Pasco Department and Pascó Region

- 2023; For this purpose, it was considered that the sample for investigation will be concrete pavers in urban roads and the population is made up of all Type II pavers of construction debris using construction debris from the fracture of high quality concrete briquettes. $f'_{c'} = 210 \text{ Kg/cm}^2$ at $f'_{c'} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ and that this research will be based on chapter 5 of standard E-60 (2009): "Concrete quality, mixing and placement". The E060 standard indicates that a resistance test must be the average of at least two specimens as long as a mixture design is carried out.

At a quasi-experimental research level with a quantitative approach; It was formulated as a general problem: To what extent does construction debris and steel fibers favor the compressive resistance and absorption of type II paving stones in the Yanacancha district, Pasco department and Pascó region — 2023? and the general hypothesis is presented as: Construction debris and steel fibers positively and significantly favor the compression resistance and absorption of type II paving stones in the Yanacancha district, Pasco Department and Pascó region - 2023.

In conclusion, it has been proven, as shown that the optimal design of the concrete paver with construction rubble and steel fiber as a replacement material, adding the Chema 3 accelerator additive is a 100% replacement for recycled concrete and steel fiber. steel of the coarse aggregate, since the individual resistance of the concrete paver exceeds the resistance of 340 kg/cm^2 .

Keywords: Resistance, absorption, construction debris, recycled concrete, steel fiber.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción deben considerar costos baratos y cuidar el medio ambiente, por ello lo ecológico es fundamental frente al cambio climático que vive el mundo. Los escombros de construcciones y fibras de acero del mantenimiento o demoliciones de edificaciones generan pérdidas económicas y daños en naturaleza. Por tal sentido es una necesidad, buscar nuevos métodos de adquirir resistencia mayor reutilizando los materiales de escombros de construcción con fibras de acero en adoquines tipo II.

El presente informe de investigación consta de cinco capítulos. En el primer capítulo se presenta el problema de investigación basado al objetivo, justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación. En el Segundo capítulo considera el marco teórico como antecedentes, bases teóricas, definiciones conceptuales, hipótesis y variables. En el Tercer capítulo se indica en la metodología de investigación considera necesario el tipo de investigación, enfoque, alcances, diseño, población y muestra. En el cuarto capítulo de los resultados obtenidos se presenta el procesamiento de datos, diseño experimental y el método de Dunnett. Finalmente, en capítulo cinco se tiene que la discusión de resultados presentan una interpretación, resistencia y pruebas de absorción, diseño de mezclas y conclusiones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Perú se puede observar pistas y veredas de vías urbanas en mal estado o incluso la ausencia de estas, esto se debe a una mala administración pública de los recursos que disponen los gobiernos regionales, municipales o locales.

Asimismo, los pavimentos deben elaborarse con la finalidad de brindar un camino cómodo, seguro y agradable al tráfico que se imponga sobre su superficie en delimitado período de tiempo.

El adoquinado es una estructura de pavimento utilizada principalmente en áreas urbanas, portuarias e industriales. Se utiliza tanto para tráfico pesado como ligero. La función estructural de los paralelepípedos es que la carga vertical transmitida por los vehículos pase a las capas inferiores de la estructura del pavimento y también transmitirla horizontalmente a los paralelepípedos adyacentes. Esto se debe al casi inexistente espacio entre los adoquines y la arena fina que ira a posicionarse entre estos.

Los materiales más oportunos a utilizar son los escombros de construcciones demolidas y fibras de acero; la reutilización de estos materiales constituye un aspecto principal a nivel global representando un factor que económicamente causa una mejoría, dado al material que esta incorporado en mal estado — desecho al proceso de construcción y a su vez aporta a que los recursos sean preservados dados por su naturaleza.

Sin embargo, la utilización de árido reciclado presenta limitación al tener impurezas disminuye la densidad y mayor capacidad que tiene absorber el agua respecto a un agregado natural. Esta limitación se ira en aumento en la fracción fina de los áridos reciclados.

En la localidad Pasco actualmente se vienen ejecutando diferentes

obras del año 2022 a su término del año 2023 con la finalidad de mejorar los accesos a las localidades y nuevas edificaciones para mejorar la estabilidad de los centros médicos para esta razón se demolieron diferentes edificaciones y carreteras que están en mal estado. Así mismo, esto ocasiona escombros de construcción y fibras de acero en mal estado. Por tal razón se desarrolla el informe de tesis “Los escombros de construcción y resistencia en las fibras que son de acero a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, Departamento Pasco — 2023”.

Se tomo muestras del distrito de Yanacancha en las cuales se vienen originando proyectos viales y edificaciones de mejoras en sus localidades.

El crecimiento poblacional en la localidad de Pasco según el censo nacional es de 270,065 habitantes en el 2020, ocasionado un incremento en el año 2022 de 295,070 habitantes .Lo mencionado en el censo 2022 , serán los beneficiarios directos en la investigación planteada con la finalidad de disminuir los escombros de construcción y las fibras de aceros de las obras en la Provincia de Pasco y los beneficiarios indirectos son las localidades aledañas

Es decir con los instrumentos de investigación se realizó una resistencia a la comprensión y absorción del adoquín Tipo II para su mejora en los proyectos futuros a desarrollarse.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó — 2023?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión del adoquín tipo

II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023?

- ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023.
- Establecer en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Se busca incorporar el conocimiento acerca del uso óptimo de los escombros de construcción y fibras de acero; para disminuir costos sin

perder la resistencia y la absorción en los adoquines tipo II.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Según el énfasis de la investigación busca disminuir costos de construcción sin perder la calidad y resistencia de los mismos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En la metodología se justifica que se aportara un instrumento de investigación debidamente validado su confiabilidad para ser aplicado en investigaciones de similar índole en otros ámbitos. Así mismo, permite analizar los diseños y procedimientos de datos mediante un análisis de Fc para la verificación in situ y memoria de cálculo que conlleven a una resistencia a la compresión y absorción de adoquín tipo II.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación contiene las siguientes limitaciones:

Esta investigación tiene limitación espacial a la región Pasco, específicamente en la provincia de Pasco y distrito de Yanacancha.

Los parámetros y resultados que daran serán orientas a condiciones de laboratorio.

En la investigación no se han considerado los riesgos de tipo administrativo, organizacional y climático que se hayan presentado en las obras.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA

Cuenta principalmente con información necesaria para realizar la investigación “datos, evidencias y cálculos con referente a la compresión y absorción”.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La investigación cuenta gastos de estudio que serán directamente asumidos por el investigador.

1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL

La población del distritito de Yanacancha cuenta con una participación activa con un gobierno local y junta de directivas de centros poblados aledaños.

1.6.4. VIABILIDAD OPERATIVA

La investigación no presenta restricciones que perjudiquen en su desarrollo.

1.6.5. VIABILIDAD MATERIAL

Se cuenta con obras en ejecuciones y demoliciones para obtener recursos de materiales para la investigación.

1.6.6. VIABILIDAD TIEMPO

No requiere de mucho tiempo para llevar a cabo la investigación, a su vez para la propuesta planteada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mejía (2020) de la investigación realizada “Análisis De La Influencia Del Caucho De llantas recicladas como Agregado en la fabricación. De Adoquines De Concreto”. Tiene como objetivo el uso de residuo sólido contaminante decreciente y negativo; con la finalidad de disminuir el impacto al medio ambiente y con la incorporación en la fabricación de un material de construcción de pavimentos para la fabricación de adoquines de concreto para uso en zonas de tránsito peatonal. Su metodología se basa en experimental; en cuantitativo y cualitativo. Los ensayos de absorción se precisan como positivos, teniendo en cuenta las muestras de adoquines que contenían granos de caucho. Finalmente, los índices de abrasión de más muestras que contenían hasta el 20% de caucho, se obtuvieron viables con un porcentaje de entre 5% y 30% de caucho en sustitución del volumen total de arena.

Montoya (2022) de la investigación “análisis de la resistencia al desgaste y tracción indirecta de adoquín reforzado con fibra de caucho”. Se busca que los adoquines convencionales presentados en las propiedades físicas según la normativa NTE INEN 3040 cumplan con un reforzamiento de fibra de caucho con la finalidad brindar mayor resistencia y tracción. La metodología planteada es experimental; en cuantitativo y cualitativo. Así mismo el análisis de mitología de la mezcla diseñada por ACI-111.1; busca con finalidad hacer una estimación de cantidades de agua, cemento, agregado y caucho para poner a prueba las dosificaciones para una adecuada corrección unitario por peso de la mezcla a realizar una resistencia al desgaste y tracción. En conclusión, se logró un ensayo de desgaste por el método

de Bohme demostrado que la utilización de la mezcla es adecuada para la fibra de caucho que son los adoquines cumplan los requisitos con un desgaste máximo de 20000 mm³/ 5000 mm², el valor máximo de desgaste que se obtuvo fue de 19862.97 mm³/mme para adoquines con 15% de FDC.

Robayo (2022) de la investigación “Hormigón con fibra de acero y caucho reciclado para mitigación ambiental en el sector de la construcción de Guayaquil “. Tiene como objetivo incorporar fibras de caucho y del acero extraído de estos, para aplicar en él un sector de la construcción, aplicando normativas utilizadas en infraestructuras y aspectos técnicos. Así mismo, se estima que el acero se pueda reciclar sin perder sus características, siendo utilizado un 85% en las construcciones aledañas. La metodología a desarrollar es el método deductivo y el método inductivo. Específicamente considerando la posición epistémica en la que se fundamenta paradigmáticamente esta investigación. Mediante pruebas de laboratorio se ha determinado que los porcentajes son óptimos para la incorporación de fibras de acero en el rango de 5 a 10% en reemplazo de un agregado grueso (piedra).).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Tipiana (2019) de la investigación “Uso del concreto reciclado como agregado y su comportamiento en la resistencia, en adoquines de uso peatonal, Lima 2019”. Tiene como objetivo determinar mediante porcentajes de 10%,20%,30% y 40% de concreto reciclado como agregado fino si cumple con un nivel de resistencia a una comprensión de adoquines de uso peatonal.

Método de investigación es Cuantitativa. Donde se recolectaron datos registrando, para comenzar un análisis dado por resultados obtenidos en los ensayos correspondientes. Hernández et al., manifiestan que: “La cuantitativa busca la generalización de los logros alcanzados. De la misma forma permite hacer estudios comparativos” (2010, p.16). Finalmente, se analizó con los datos recopilados de las

facultades físicas y mecánicas tanto para la resistencia constante a la absorción y asimilación de agua, como la comprensión dado por el ensayo que la conducta del agregado fino no es provechoso ya que presenta limitaciones y no favorece en mayor proporción los requisitos exigidos por la NTP 399.611. Por ende, se rechaza la hipótesis de investigación, pero se acepta la hipótesis nula, donde señala que el uso del concreto reciclado según su porcentaje y fibra de acero como agregado fino no cumple de manera favorable en la resistencia a la compresión y nivel de asimilación de agua en adoquines de uso para transeuntes.

Fernández (2019) de la investigación “Análisis de las características Físicas — mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I”. Tiene objetivo calcular los porcentajes de materiales dosificados para la formación de adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado del Tipo I. Así mismo, evaluar un desempeño físico — mecánico del adoquín con Polietileno Tereftalato reciclado. La metodología planteada para abordar la investigación se usa el método científico, ya que a través de este la deducción de los datos obtenidos se han hecho de forma metódica para analizar los hechos y sucesos y secuenciales, cumpliendo con el requisito de la confirmar de la hipótesis, además de investigar, cada una de las variables para generar nuevos puntos críticos que serán argumentados, para ello se pasó a analizar cada método mediante los siguientes pasos: El método que se utiliza en el actual trabajo de investigación es el método comparativo, donde el investigador remarca que: El método comparativo es un procedimiento sistemático de búsqueda de similitudes fonéticas y léxicas en las lenguas con el fin de investigar su familiaridad y eventualmente reconstruir la protolengua que dio lugar a mas de dos lenguas contrastadas en el procedimiento. Sólo tenemos una forma de sacar a la luz fenómeno que es razón de otro; es contrastar los casos en que están simultáneamente existentes o inexistentes y buscar si las variaciones que se dan a conocer en estas diversas combinaciones de circunstancias prueban que uno este

arraigado del otro. Cuando pueden artificialmente producirse, según lo que el investigador requiera, el método utilizado es de experimentación propiamente dicha. Finalmente. Al producir adoquines en proporciones de 0.25%, 0.50%, y 0.75% de PET, aquellas muestras se sometieron a rigurosas pruebas de dimensionalidad (largo, ancho, alto), comprensión, absorción y flexión, que las características físicas mecánicas son admisibles según la norma dada por el NTP 399.611, quedando confirmado que la reutilización del PET es beneficioso, para tomar como reemplazo los áridos del concreto.

Mendoza (2022) de la investigación “Diseño de un adoquín de concreto con adición de cascara de aguaje para mejorar su resistencia a la comprensión, Tarapoto -2021”. Plantea como alternativa determinar la composición de la cáscara de aguaje para el diseño de mezcla de concreto simple $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto — 2021; La metodología para iniciar la investigación es el método científico, ya que mediante la investigación de los datos obtenidos se analizaron los sucesos y echos en forma secuencial y metódica. En relación con la formación del adoquín de hormigón con la adición de cáscara de la fruta del aguaje para producir una mejora de la resistencia a la presión constante para llegar a la meta asignada y la hipótesis propuesta, contaron con el Instituto SAKIARO de Mecánica de Suelos, Hormigón y Pavimentos. Con su consejo profesional, mediante diversas muestras que fueron analizadas, la elaboración de encofrados de hormigón y la administración de herramientas y equipos a utilizar, se debería realizar todos los pasos requeridos para elaborar el pavimento. Hay un equipo de personal adecuado que serán los calibradores certificados. El árido que se toma en cuenta para este desarrollo es el árido específico utilizado en el procedimiento de diseño mixto: árido natural fino despojado del río Cumbaza y grueso (arena triturada) sacudido y sacada del río Huallaga, adquirido desde la cantera GATICA correctamente equipada. En este caso, el material que se está optando para utilizar como porcentaje de remplazo (cáscara de aguaje) fue

administrado por la sociedad de aguajeras de Moyobamba. Finalmente, en base a su primer objetivo específico a través de la investigación bibliográfica, se dio con los componentes de la cáscara de aguaje en base a 100g (fresco), lo cual está conformado de: Energía 592 kcal, Proteína 6.7g., Fibras 21.6 g., Humedad 2.7%, Grasas 26.7g. y Cenizas 2.5g. lo que agregó a la elaboración de la mezcla de concreto ya que será útil para su resistencia y duración a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PAVIMENTOS

Los pavimentos conforman una formación estructural de diferentes capas con material, que se desarrolla sobre terreno que no es artificial, sino natural, para que así los animales, personas o vehículos puedan pasar con gran tranquilidad sobre esta, de forma segura, cómoda y económica.

Los materiales a utilizarse para su desarrollo son de acuerdo a su costo y disponibilidad, y mientras que estas se ubiquen más superficial, mejores (más resistentes) debiendo ser. A la primera capa q se ubica en la zona más superficial se la determina capa de rodadura y esta es la que estará en alcance próximo con el tránsito vehicular y peatonal. A las capas que se encuentra en la parte inferior se considera capa base (solo una) o base y sub base (cuando hay en existencia dos). Al terreno natural o suelo se le llama como subrasante y es el que tiene la importancia de soportar el pavimento.

2.2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

Menéndez (2021) indica que los tipos de pavimentos para su uso en nuestro entorno pueden ser: peatonales, ciclovías, autovías, calles, aparcamientos, aeropuertos, pavimentos industriales, pavimentos portuarios. Y por tipo de superficie de rodadura y respuesta, distinguimos principalmente los siguientes pavimentos: rígido, flexible,

articulado, semirrígido, asertivo.

a) Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos están conformados por una capa de concreto de cemento portland tipo simple o armada que se apoya, que está conformado con grava; esta capa reposa en una capa de suelo compactado, que se denomina subrasante que brindan una rigidez. losa de concreto tiene una dependencia a la resistencia estructural

Está conformado por una losa de concreto hidráulico, situado encima la subrasante o encima una capa, de material seleccionado, la cual se le asigna el nombre de sub base del pavimento rígido. Debido a la a su constitución rígida del concreto hidráulico, así como de su superior coeficiente de elasticidad, una la asignación de los esfuerzos se dará por una zona amplia. Además, como el concreto es capaz de aguantar un grado de esfuerzos a la tensión, la forma de actuar de un pavimento es satisfactorio suficientemente aun cuando existan en zonas con falencias en la subrasante.

Figura 1

Elementos estructurales de un pavimento rígido



Nota. Méndez (2021) Curso Básico de Tecnología del Concreto

b) Pavimentos Flexibles

En términos globales, están conformados por aquella capa muy fina de mezcla asfáltica sobre una capa de base y una capa de sub-base las que su mayoría son de conformado granular. Estas capas

están sobre en una capa de suelo compactado, que se denomina subrasante

Las estructuras de pavimento de diseño tipo flexible son estructuras viales conformados por capas asfáltica que son apoyada en capas de poca rigidez, conformado por material granulado no tratados o ligados (base, sub- base, afirmado y en ciertas circunstancias subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se aguantan sobre el terreno natural o subrasante.

Las tensiones generadas por las cargas vehiculares se verán absorbidas a través de cada una de las capas de la estructura por lo que, al pasar al suelo de cimentación, el aguante mecánico del suelo que la conforma debe ser capaz de poder aguantar dicha tensión sin generar alteraciones que faciliten la función o deterioro estructural de la vía. Además, cada una de las capas de la estructura debe poder resistir el entorno del medio ambiente. La capa asfáltica de un pavimento flexible se compone de la capa de desgaste, la subcapa intermedia y la subcapa asfáltica.

Figura 2

Elementos estructurales de un pavimento flexible



Nota. Méndez (2021) Curso Básico de Tecnología del Concreto

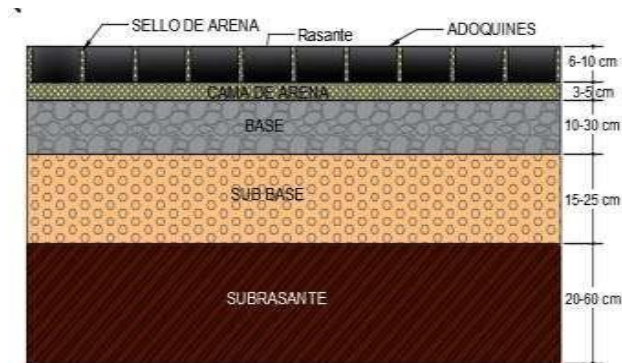
c) Pavimentos Adoquinados o Articulados

Capa de soporte constituida por materiales uniformes de hormigón compactado, llamadas losas, que se posicionaran entre sí y que, por su encaje y la conformación de sus caras laterales, permiten la transmisión de cargas del elemento que la recibe a varios de sus

adyacentes, funcionando firmemente y sin posibilidad de desmantelamiento individual.

Figura 3

Elementos estructurales de un pavimento adoquinado



Nota. Méndez (2021) Curso Básico de Tecnología del Concreto

La estructura de adoquines se diseña con elementos individuales rígidos prefabricados, aquellas se mezclan entre ellas mediante un elemento sellante. Para conservar los adoquines y sellado, se adhiere un espesor compacto de una capa de arena que estará alrededor de 3 a 5 cm. La plataforma de las capas donde se encuentra arena y adoquines puede contener lo mismo que las capas asfálticas en estructuras flexibles semirrígidas.

Los adoquines, como la mayoría de los pavimentos, son estructuras conformadas de capas de diversos materiales que se conforma sobre el terreno natural. Los materiales de cada capa se seleccionan por lo general considerando su disponibilidad y costo.

Estando en este trabajo de investigación orientado y limitado a la investigación de pavimentos articulados.

Ventajas de los Pavimentos Adoquinados: Las ventajas que nos puede brindar estos adoquines tienen una base en que la capa de desgaste está realizada con adoquines de hormigón; nos referimos a, piezas prefabricadas, que pueden fabricarse con equipos simples y pequeños, así como con equipos grandes y técnicos; por productores comerciales, grupos comunitarios o gobiernos municipales, independientemente de la escala o ubicación de los proyectos.

Para su construcción se necesita un mínimo de maquinarias (básicamente una placa vibro compactadora “ranita”) y mucha mano de obra local.

Diseño de Pavimentos Adoquinados: El pavimento de hormigón casi siempre se compone de dos capas: la capa superficial (adoquines) y la capa base. Estas capas son importantes porque los adoquines sin base eventualmente se hunden en el suelo; y la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene suficiente resistencia.

La selección del espesor de estas capas y sus materiales se identifican como Diseño de Pavimento Adoquinado, y es el único método que permite conformar un pavimento correcto para las necesidades y condiciones existentes. Un proyecto “a ojo” dará como resultado un pavimento que se desgaste rápidamente, perdiéndose cada parte o en su totalidad de la inversión; o una acera que supera a lo necesario, con costos económicos muy elevados e irrelevantes.

2.2.3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN PAVIMENTO ARTICULADO

Menéndez (2016) indica que los tipos de pavimentos por su uso en nuestro medio pueden ser: Peatonales, ciclovías, carreteras.

a) Superficie o Capa de Rodadura

Es la capa de rodamiento que está realizada por materiales uniformes compactos con concreto, denominado adoquines, que se posicionaran en un ensamble que, dado a su entrelazado y a la conformación de los lados de sus caras , admiten una circulación de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus colindantes, trabajando sólidamente y sin oportunidad de desmontaje individual (Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala [ICCG], 2016).

La superficie de rodamiento tiene que resistir una capacidad de

fricción y los efectos abrasivos con los vehículos en movimiento y tener suficiente estabilidad evitando un impulso y en las rodadas bajo una carga de tránsito constante; además, para bloquear el ingreso de cantidades sumamente superiores de agua superficial a la base y las sub-rasante dirigido desde arriba. Su principal función es resguardar la base impermeabilizada de la superficie, para prevenir así posibles infiltraciones del agua de lluvia que lograría sobrepasar un total o parcialmente las capas que se encuentran abajo.

b) Las Capas

El espesor de las capas de pavimento vial que soportarán, la dureza del suelo y los materiales con que se construirán estas capas; Deben estar aptas para tener una calidad de pavimento suficiente para que el tráfico y el peso vehicular sea soportado, durante el tiempo requerido de la obra, sin deformarse ni deteriorarse gradualmente. El tráfico que transitará por la vía durante el proceso de diseño, la dureza del suelo y la buena elección de materiales que puedan ser disponibles, determinarán el espesor de la capa de pavimento.

Estas capas son, de arriba a abajo:

- **Capa de Adoquín:** Los adoquines tienen un diseño con espesor de 6 cm - 10cm para todo tráfico de transeúntes, animal o vehicular común.
- **Capa de Arena:** Capa en la cual se diseña con un espesor de 3 cm- 5, con arena suelta, gruesa y limpia, la cual no debería ser compacta antes de colocar los adoquines encima de ella.
- **La Base:** Se le denomina al espesor de la base que depende del material que se requiera para que se construya, del tránsito peatonal y de la calidad del suelo. En las Tablas 2 y 3 se toma en cuenta los espesores de base según la categoría del suelo, el tipo del tránsito a ser sometido y el material que se tiene a disposición.

c) El Suelo

Para tomar en cuenta el suelo en el diseño, se dividirá en tres categorías según sea su dureza y su estabilidad ante la humedad.

- **Suelo Categoría 1(s1):** Considerado como de calidad inferior, es decir cuando se encuentra húmedo se altera con el paso del tránsito de vehículos de carga pesada y se hace muy complicado la circulación sobre este.
- **Suelo Categoría 2(s2):** Es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el tránsito de los vehículos pesados con poca alteración.
- **Suelo Categoría 3(s3):** Es de muy buena calidad y, aun cuando está seco, permite la circulación de vehículos pesados sin deformarse.

d) El Tránsito

La categoría de tráfico que tiene la vía está determinado por la suma de los vehículos pesados que la cruzan, en un día y en ambos sentidos. Se aconseja sumar las que se dan a través de una semana y dividir los resultados entre siete, para tener un promedio que sea diario.

Se consideran cargas pesadas los vehículos equipados con 6 o más neumáticos (furgonetas, camiones, autobuses, etc.), tractores y cargadores de máquinas de obra pública.

Tabla 1

Tipo de tránsito según número de vehículos por día

Número de vehículos pesados por día	1 a 9	10 a 20	21 a 50	51 a 100
Tipo de Transito	T1	T2	T3	T4

Nota. Torre A (2014) Curso Básico de Tecnología del Concreto

e) Espesor de la Base

Después de definir la Categoría del Suelo y el Tipo de Tránsito, se utiliza las tablas 1, 2 y 3 para encontrar el Espesor de la Base a diseñarse, según el material que se tenga o que se pueda obtener para construir bases para pavimentos; y que a la vez resulte el más económico, como: Suelo Cemento y Granular

El espesor de la base que se ubican en estas tablas es el espesor que necesariamente va a tener, después de compactada. Nunca se deberán colocar menos de 8 cm de base de suelo cemento, ni menos de 10 cm de base granular.

Tabla 2

Espesor compactado de la base de suelo cemento, en cm

Categoría del suelo	Tipo de tránsito			
	T1	T2	T3	T4
S1	22	26	31	36
S2	11	13	16	21
S3	9	9	9	11

Nota. Torre A(2014),Curso Básico de Tecnología del Concreto

Tabla 3

Espesor compactado de la base granular, en cm

Categoría del suelo	Tipo de tránsito			
	T1	T2	T3	T4
S1	30	35	40	50
S2	15	18	20	30
S3	10	10	10	15

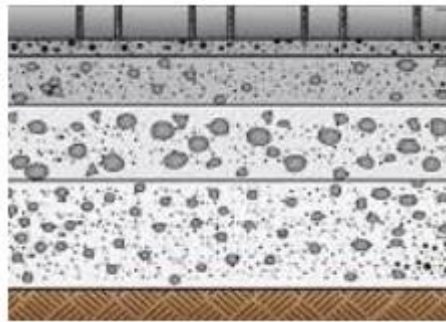
Nota. Torre A(2014),Curso Básico de Tecnología del Concreto

Como se indicó anteriormente, a veces es necesario construir pavimentos pavimentados en caminos que tienen pavimentos de

hormigón, asfalto, piedra o granulares. Si el nivel del piso lo permite, se debe usar el material existente para soportar el nuevo piso; ya que casi siempre son de mejor calidad que el terreno natural que existe debajo de ellos. Además, no es práctico ni económico cavar y desechar este equipo y tener que traer otro equipo que realice la misma función.

Figura 4

Capas del pavimento adoquinado



Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

El primer paso es clasificar el pavimento existente como subrasante, lo que generalmente resulta en una mejor categoría de suelo que el suelo natural. Esto implica que al definir el espesor de la base, utilizando las Tablas 2 y 3, debe ser menor al que se debe colocar sobre el terreno natural.

Figura 5

Comparación pavimento convencional con adoquinado



Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

f) Materiales, Forma y Tamaño de los Adoquines en un Pavimento

El adoquín es una pieza de concreto simple, con forma y

dimensiones comerciales, las dosificaciones del concreto se dan con las relaciones de agua/cemento: 0.6, 0.7, 0.65. Las bondades y ventajas de los adoquines de concreto sobre el pavimento rígido y flexible, dependen principalmente de la geometría, espesor, resistencia a la flexión, durabilidad y su bajo costo de mantenimiento (Ochoa, 2006).

Además, es importante la capacidad portante de la subrasante, la preparación de la base, la cama de asiento de los adoquines, la colocación de los adoquines, la compactación del adoquinado (vibradora) y el llenado de juntas para que en conjunto el ciclo de vida sea más prolongado. Los factores principales de diseño son, resistencia a la flexión (módulo de rotura), resistencia del concreto a la compresión, ensayo a la tracción por compresión diametral.

Los adoquines de concreto buscan facilidad de construcción, implementación y mantenimiento de estos en las vías pues al tratarse de unidades separadas pueden ser sustituidas, además ayuda a disminuir el polvo, así como también mejorar la circulación vehicular y peatonal (Baldeon,1999).

Se encajan bien unos contra los demás, para dar forma a una superficie completa, dejando solo una junta entre ellos, y que se usa como capa de rodadura o superficie para los pavimentos que llevan su nombre. En un adoquín se distinguen los siguientes elementos:

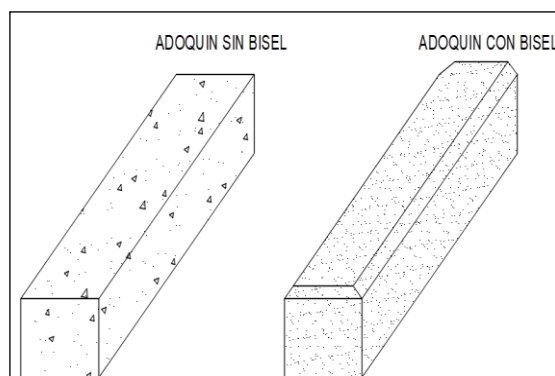
- Cara superior (o superficie de desgaste) sobre la que irá a circular el tránsito y que determina la forma del adoquín.
- Cara inferior, de la misma manera que la superior, sobre la que reposa el adoquín en la capa de arena.
- Caras laterales o paredes, curvas o rectas, pero verticales y sin llaves, que conforman el volumen y determinan el espesor.
- Aristas o bordes donde empalman dos caras o los resquebraja de

la cara lateral.

- Bisel. Es un chaflán o plano inclinado en las aristas o bordes de la cara superior que se puede o no realizar a la hora de su fabricación. No debe pasar más de 1 cm de ancho y aunque esto no es requerido, pero ayudara como se verán los adoquines, facilita su manipulación y contribuye al rellenado de la junta.
- Espesor. Los adoquines se harán en espesores de 6 cm para resistir el tránsito peatonal y vehicular liviano; se hará de un espesor de 8 cm para vías de tránsito pesado y medio (inclusive aeropuertos) y de 10 cm para resistir maquinaria muy pesada (patios de carga y puertos, etc).

Figura 6

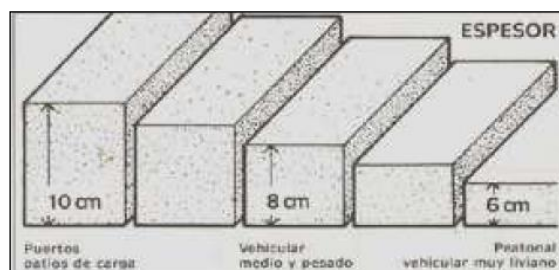
Adoquines con y sin bisel



Nota. En la Gráfico se muestra la dimensión del adoquín sin bisel y con bisel. Adaptada de imagen de adoquines tratados y sin tratar por The least most , 2023, leastmost (<https://leastmost.com/features/not-spots/attachment/curb1/>). (the least most, 2023).

Figura 7

Espesores de un adoquín



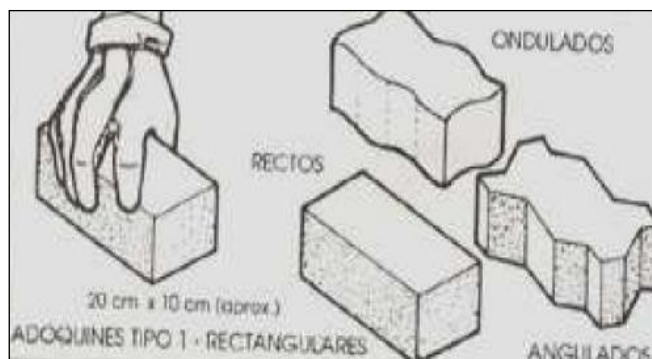
Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

g) Forma de los Adoquines en un Pavimento

La forma del bloque no tiene mucha influencia en el funcionamiento del pavimento; pero por facilidad de producción, colocación y transporte se prefieren bloques diminutos, que se puedan agarrar con una mano, con una longitud máxima de 25 cm, para manejarlos fácilmente y para que no se rompan bajo las cargas del tráfico.

Figura 8

Forma de un adoquín de concreto



Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

2.2.4. TIPOS DE ADOQUINES

a) Tipo 1

Son adoquines rectangulares, los más prácticos y utilizados del mundo por su simpleza de fabricación y colocación, y por permitir trabajar con más detenimientos en el pavimento. Mide 20 cm para el largo por un ancho de 10 cm,. Los hay con paredes que serán rectas, onduladas o inclinadas. Los adoquines de forma rectangular se pueden posicionar en forma de espiga, hilada tejida, cestería, etc. Para el tránsito vehicular, sólo podrán disponerse en forma de espiga o en filas

Figura 9

Entrelazadas y cruzadas en el sentido del tránsito



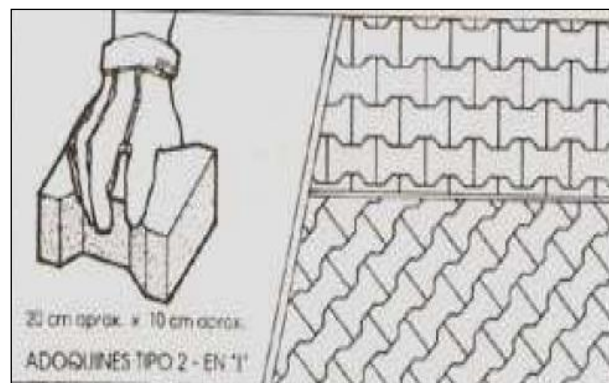
Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

b) Tipo 2

Son los adoquines que se pueden coger con una sola mano pero que no se pueden distribuir según el patrón de espina de pescado, como los adoquines que toman la forma de "I". Estos se posicionarán en hileras trabadas y es necesario procurar que éstas queden atravesadas a la direccionados a la de circulación de los vehículos.

Figura 10

Adoquín Tipo 2



Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

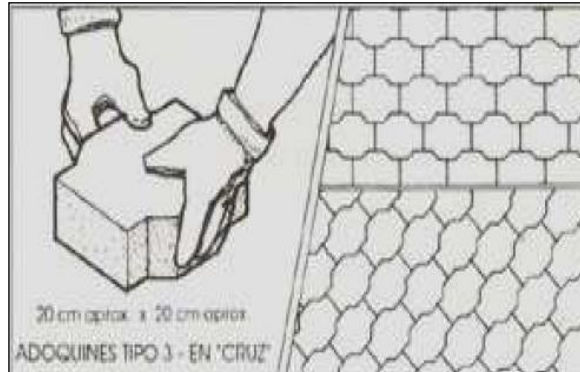
c) Tipo 3

Según el tamaño y peso de estos adoquines, no se pueden coger con una sola mano (pues miden alrededor de 20 cm x 20 cm ó superior) y sólo se pueden posicionar en filas. También se debe buscar de que las hileras queden atravesadas camino de circulación de los vehículos. En este tipo pertenecen los adoquines que tienen similitud

de cruz, trébol, etc.

Figura 11

Adoquín Tipo 3



Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

Los adoquines deberán estar según la NTP 399.611 Adoquines de Concreto para Pavimentos; su espesor y resistencia a la compresión deben ser los que indique el Proyecto, su micro textura debe ser posible de brindar una superficie lisa y persistente al desgaste (MTC, 2013).

2.2.5. CONCRETO

El hormigón es el más común de los materiales convencional y se hará mezclando tres composiciones esenciales, agua, cemento y áridos, a los que se añade opcionalmente un componente adicional que sería el cuarto, que en general se denomina aditivo.

Al realizar la mezcla y producir lo que se denomina hormigón, se introduce simultáneamente un participante adicional que sería el aire sería el quinto (Torre, 2004).

Entre las características más importantes del concreto como material de construcción universal, tenemos:

La colocación que se vaciara en los encofrados es muy fácil de en su mayoría cualquier forma mientras persista una consistencia plástica.

Su elevada durabilidad a la compresión lo que le hace perfecto

para elementos sometidos principalmente a compresión, como arcos y columnas.

Su aumento a la resistencia del fuego y el traspaso del agua. Dentro de los elementos que componen al concreto se encuentran:

a) **Cemento**

- **Cemento Portland:** Tras la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un tipo de cemento hidráulico realizado mediante la pulverización del Clinker compuesto especialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contenga en su mayoría más de una forma sulfato de calcio como agregado durante la molienda, es decir:

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

El Pórtland es un polvo verdoso demasiado fino. Al mezclarse con agua forma una masa (pasta) muy elástica y maleable que, tras endurecer y fraguar, adquiere gran durabilidad y resistencia.

- **Cemento Portland Puzolánico:** Es el cemento que almacena puzolana se obtiene por el conjunto de pulverizaciones de una mezcla de Clinker Pórtland y puzolana con agregado de Sulfato de calcio: La puzolana que está contenida debe estar comprendido en un promedio alrededor de 15 y 40% en total de peso. La puzolana tiene que ser un material de contextura arcilloso o sílico-aluminoso que por sí solo puede tener poco o casi nula desempeño hidráulico pero que está dividida finamente y en presencia de la humedad reacciona con el hidróxido de calcio de forma química a temperaturas ordinarias para darle forma al compuestos que mantiene propiedades hidráulicas.

Sus usos y aplicaciones se encuentran dadas de la siguiente manera:

- Tipo I: Para la elaboración de concreto y mortero de uso genérico

y cuando no se precisa propiedades determinadas, se pone en uso material de cemento que no estén sujetos la agresión de factores muy agresivos como seria la presencia de sulfatos en el piso o en el agua

- Tipo II: En obras donde se busca resistencia considerable a la acción de los sulfatos y/o moderado Calor de hidratación. Se aconseja en construcciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en total en todas aquellas construcciones de volumen considerable, y en climas calientes
- Tipo III: Para obras que requiera alta durabilidad y resistencia aumentadas a edades iniciales, recurrentemente a inferior de una semana.
- Tipo IV: Para Estructuras se requiera menos Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de inmensas cantidades de concreto, además debe tenerse en consideración que este cemento producirá resistencias a una velocidad alarmante ínfima a la de los otros cementos.
- Tipo V: A pesar de las cualidades del Tipo II, es aconsejable para obras donde se necesita elevada resistencia y durabilidad de los sulfatos. Es el ejemplo de las obras portuarias expuesta al agua de mar alta en sal También en canales, túneles, alcantarillas, suelos con contenido superior de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencia de una manera paulatina que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.

b) Agua

Las aguas que no son potables y las que si sea perceptible sus sabores u olores pueden ser útiles para elaborar concreto, peor hay que tener en cuenta, algunas aguas que no son tratadas también podrán ser utilizadas si recaen en algunos requisitos, en nuestro país es constante el trabajo con aguas no tratadas sobre todo cuando son

obras en los exteriores de las ciudades.

El estudio de las características del agua a tomar en la mezcla del concreto tendrá gran relevancia ya que este material intercede en la reacción química con el material cementante (cemento) para tener:

- La formación de gel; se llama gel a la parte más dura de la pasta la cual es la conclusión de la reacción química del cemento con el agua durante el procedimiento de hidratación.
- En estado fresco; faciliten una adecuada aleación y posición de la misma.
- En estado endurecido; la transforma en un resultado de las propiedades y características previstas. Es importante conocer la velocidad de acción entre el cemento y el agua porque esta velocidad dará como determinante el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente retrasada para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es preferible tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como controlador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Portland.
- Torre (2020) Curado del concreto; La resistencia aumentada será continua con la edad mientras se ubique cemento sin hidratar, a requerimiento de que el concreto se mantenga húmedo o adquiera una humedad superior relativamente aproximadamente el 80% y se mantenga favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa que esta dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto valla inferior del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente.

c) Agregados

Torre (2020) se interpreta como agregado al complemento de gránulos inorgánicas de origen artificial o natural que sus proporciones están delimitadas entre los términos fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase que no tiene continuidad del concreto y so material que están encajados en la pasta y que toman cierto grado casi en su totalidad 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

- Tamaño máximo. Corresponde al tamiz inferior por el que pasa toda la muestra de agregado.
- Tamaño máximo nominal. Corresponde al tamiz inferior en el cual se produce el primer retenido.
- Módulo de fineza. A partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material usando la siguiente expresión:

$$MF = \sum \% \text{ Acumulados retenidos} = (1\frac{1}{2}" , \frac{3}{4}" , \frac{3}{8}" , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)$$

Los agregados se clasifican de la siguiente manera:

Por su naturaleza

Los agregados podrán ser artificiales o naturales , siendo los naturales de uso continuo, además los agregados que se tomaran en cuenta en el concreto se pueden asignar como: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global):

- Torre (2020) el agregado fino, se determina como aquel que supera el tamiz 3/8" y queda encerrado en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- Torre (2020) el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la pulverización de las rocas; puede a

su vez se dividirán en piedra chancada y grava.

- Torre (2020) El hormigón, es el material elaborado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en dimensiones arbitrarias se encuentra en forma natural en la en las canteras de la corteza terrestre el cual será extraído para ser empleado.

Por su densidad

Se pueden dividir en agregados de peso específico normal valorizados entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos determinados menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son superiores a 2.75.

En términos descriptivos la formación de los agregados puede ser:

- Angular: Cuyos bordes están bien limitados y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencian un poco de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes
- Respecto de la textura superficial estas pueden ser:
- Lisa.
- Áspera.
- Granular.
- Vítrea.

- Cristalina.

La textura de la superficie depende de que tan grande es el grano, la dureza y las características de la roca madre. La forma y textura del material podría influir en gran medida en la resistencia a la flexión del hormigón, estos atributos deben ser controlados en hormigón de alta resistencia. También se puede decir que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua del hormigón.

Por el tamaño del agregado

Según su dimensión, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas).
- Agregados gruesos (piedras).

Funciones del agregado

El agregado cumple una función dentro del concreto, fundamentalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto básico o relleno correcto para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de aguantar las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan ser efectivas sobre el concreto.
- Disminuir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta (TORRE, 2004).
- Propiedades del agregado
- Propiedades físicas.

- Torre (2020) Densidad: Depende de la gravedad determinada de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente destacable para los casos en que se busca diseñar concretos de alto o bajo peso unitario. Las bajas densidades dan indicios también que el material es poroso y frágil con alta absorción.
- Torre (2020) Porosidad: La palabra porosidad proviene de poro, que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula agregada. Es una de las propiedades más importantes del agregado dado a su influencia sobre sus demás propiedades, las cuales pueden tener una relevancia en la estabilidad química, dando resistencia a la abrasión, resistencia mecánica, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.
- Torre (2020) El peso mínimo del resultado de dividir el peso de las partículas por el volumen total, incluidos los vacíos. Incluyendo los espacios entre las partículas, influye la forma en que están dispuestas. el procedimiento para su determinación se estará estandarizado en las normas ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil principalmente para transformar pesos en volúmenes y viceversa.
- Porcentaje de Vacíos: Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende de la disposición de las partículas por lo que su valor es relativo como en el ejemplo del peso unitario. Se evalúa usando el siguiente método de expresión recomendada por ASTM C 29

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(S \times W - P.U.C.) \times 100}{S \times W}$$

Donde:

S = Peso específico

de masa W =

Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

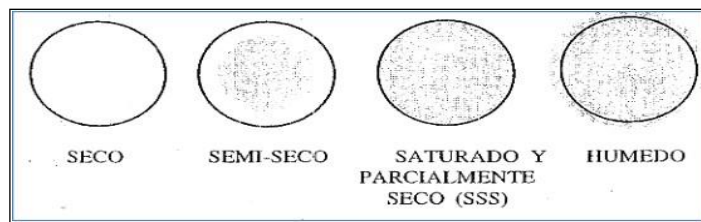
- Humedad Superficial de los agregados:

Condiciones en obra

Los agregados en obra pueden reconocerse en cuanto a su humedad se refiere, en 4 condiciones: 1º totalmente seco, 2º semi-secos (un poco de humedad, pero menos que la requerida para saturarse, 3º saturados, pero superficialmente secos (condición adecuada en que los agregados ni añaden ni disminuyen agua de mezcla), 4º húmedos o mojados (contenido entre sus partículas más agua que la necesaria para saturarse) (Torre, 2020).

Figura 12

Condiciones de obra



Nota. En la Gráfico se muestra las condiciones de saturación en obra.

Contenido de humedad (ω).

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje.

$$\% \text{ humedad} = \% w = ((H-S)/S) \times 100$$

Donde:

H= peso de agregado húmedo

S= peso del agregado en condición seca.

Contenido de humedad (ω).

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje.

$$\% \text{ humedad} = \% w = ((H-S)/S) \times 100$$

Donde:

H= peso de agregado húmedo

S= peso del agregado en condición seca.

Donde:

D= peso de agregado saturado y superficialmente seco S= peso del agregado en condición seca.

Humedad Superficial

Es la diferencia entre el contenido de humedad (ω) y el porcentaje de absorción

(a). Casos que se presentan: Si $(\omega) > (a)$

El agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para encontrar el agua efectiva o neta.

Si $(\omega) < (a)$

El agregado tomará agua de la mezcla (agua que falta) para llegar a la condición esperada, debiendo aumentarse a la mezcla agua para no modificar el aguade diseño.

Para el calcular el agua libre (Si $(\omega) > (a)$) o el agua faltante (Si $(\omega) < (a)$) de un agregado, que en general llamamos aporte de agua, se multiplicará la humedad superficial del mismo expresada en fracción decimal por el peso seco del agregado (ABANTO, 1996).

Aporte de agua = [humedad Superfi(expresada en decimal)] x peso seco

$$Aporte\ de\ agua = ((\%w - \%a)/100) \times S$$

Propiedades resistentes

- Resistencia: La resistencia de los agregados se dará por su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no podrá ser superior que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros

consecuentemente serán frágiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado debe ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

- Tenacidad: Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.
- Dureza: Resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas está relacionada al de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas tienen que ser resistentes a procesos de erosión o abrasión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.
- Módulo de elasticidad: Es esfuerzo que cambia con respecto a la deformación elástica, tomándose en cuenta como una medidor de la resistencia del material a las deformaciones.

El valor de la elasticidad del modulo toma importancia en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse (Abanto, 1996).

Tabla 4

Datos de módulos elásticos en kg/cm²

Tipo de Agregado	Módulo Elástico
Granitos	610000 kg/cm ² 310000
Areniscas	kg/cm ¹ 280000
Calizas	kg/cm ⁰ 860000
Diabasas	kg/cm ¹ 860000
Gabro	kg/cm ²

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

a) Normas y requisitos de los agregados para el concreto.
Granulometría

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012 para obtener una adecuada granulometría considerando el número de malla 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 y N° 16 respectivamente (Torre, 2020).

Tabla 5

Datos granulométricos para el tamizado agregado grueso 4" – 1 1/2"

	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"
Tamaño nominal 3 1/2"	100	90	75	63	50	37.5
a 1 1/2"	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	100	90-100		25-60	-	0-15
2 1/2" 1 1/2"	-	-	100	90-100	35-70	0-15
2" a N°4	-	-	-	100	100	-
1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	95-100
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100
1" a N°4	-	-	-	-	-	100
3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-
2" a 1"	-	-	-	-	-	35-70
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	100	100	90-100
1 a 1/2"	-	-	-	-	100	100

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

Tabla 6*Datos granulométricos para el tamizado agregado grueso 1" – 16"*

	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
Tamaño	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18
nominal 3	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1/2" a 1 1/2"		0-5					
2 1/2" 1 1/2"		0-5	-	-	-	-	-
2" a N°4	35-70	-	10-30-	-	0-5	-	-
1 1/2" a N°4	-	35-70	-	10-30-	0-5	-	-
1" a 3/8"	90-100	40-85	-	0-15	0-5	-	-
1" a N°4	95-100	-	-	-	0-10	0-5	-
3/4" a N°4	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
2" a 1"	0-15	-	0-5	-	-	-	-
1 1/2" a 3/4"	20-55	0-10	-	0-5	-	-	-
1 a 1/2"	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
3/4" a 3/8"	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
1 1/2" a N°4	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
3/8" a N°8	-	-	100	85-100	10-30-	0-10	0-5

Nota. Torre A(2020),Curso Básico de Tecnología del Concreto

Se recomienda considerar los intervalos máximos y mínimos en los tamices de agregado fino y grueso como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7*Requisitos mínimos granulométricos en agregado fino*

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		c	m	f
9.5mm	100	100	100	100
7.75mm	89-100	95-100	85-100	89-100
2.38mm	65-100	80-100	65-100	80-100
1.20mm	45-100	50-85	45-100	70-100
0.60mm	25-100	25-60	25-100	55-100
0.30mm	5-70.	10-30.	5-70.	5-70.
0.15mm	0-12	2-10.	0-12.	0-12.

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

- **Resistencia Mecánica**

El valor del módulo de elasticidad tiene mayor relevancia en el escurrimiento plástico y las contracciones.

Tabla 8

Datos porcentajes máximos de resistencia mecánica

Tipo de Resistencia Mecánica	% Maximo
Abrasión (Método de los Angeles)	50
Impacto	30

Nota. Torre A (2020), Curso Básico de Tecnología del Concreto

- **El agregado global**

La norma (NTP 400.037) contiene un apéndice y a manera de información acerca de parámetros de usos granulométricos considerados óptimos en su malla, para los proporcionar y repartir en finos y gruesos en el proceso de mezclas, los concretos trabajables y compactos dentro de estas. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva as u sus ensayos elaborados.

Tabla 9

Datos de agregados globales

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa		
	Tamaño nominal 37.5 mm (1 1/2 in)	Tamaño nominal 19.0 mm (3/4 in)	Tamaño nominal 9.5 mm (3/8 in)
50mm(2")	100	----	----
37.5 mm (1 1/2")	95 a 100	100	----
19mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	----
12.5mm(1/2")	----	----	100
9.5mm (3/8")	---	----	95 a 100
4.75mm(N°4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36mm(N°8)	---	----	20 a 50
1.18mm(N°16)	---	----	15 a 40
600mm(N°30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300mm(N°50)	---	----	5 a 15
150mm(N°100)	0 a 8	0 a 8	0 a 8"

Nota. Torre A (2020), Curso Básico de Tecnología del Concreto

b) Clasificación del concreto

➤ Por el peso específico

- Ligero, cuyo Peso Unitario ronda entre 1200 – 2000 Kg/m
- Normal, cuyo Peso Unitario ronda entre 2000 – 2800 Kg/m
- Pesado, cuyo Peso Unitario ronda entre >2800 Kg/m

➤ Según su aplicación

- Simple, cuyo Concreto sin ninguna armadura. Resistencia a la compresión buena.
- Armado: Con acero. Resistencia a compresión y a flexión adecuada.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Post tensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

➤ Por su composición

- Simple, cuyo Concreto carece de armadura. Buena resistencia a compresión.
- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le introducimos la pasta árida >25 mm. con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6%.
- Ligero: $1,2 - 2 = 2 \text{ N/mm}^2$ Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a las temperaturas superiores (cemento de aluminato cálcico).

➤ **Por su resistencia**

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- (TORRE, 2004).de alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones y 2% aditivos.

c) Propiedades del concreto

- **Estado Fresco:** El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El Comportamiento Geológico (ciencia del flujo y deformación de la materia) del concreto es una ciencia relativamente reciente; las propiedades reológicas del concreto serán medido siendo esto de sumo valor para la industria de la construcción dado que el concreto es emplazado en su estado fluido. Desfavorablemente dado la compleja composición de materiales del concreto, este no dará cabida para establecer un método exacto para predecir su flujo. Recientemente el uso más promocionado de concretos de alto performance ha dado lugar a la investigación de concretos con propiedades determinadas para una aplicación. El ACI menciona algunos beneficios que son “críticas para una aplicación”: trabajabilidad, estabilidad, compactación, consistencia, compactación, etc.
- **Trabajabilidad:** Es la ventaja favorable que dispone el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se tenga a mano. La trabajabilidad depende de:
- Dimensiones del elemento.
 - Secciones armadas.
 - Medios de puesta en obra.
 - Habrá una mayor trabajabilidad cuando
 - Contenga más agua.

- Más finos.
 - Agregados redondeados.
 - Más cemento.
 - Fluidificantes / plastificantes.
 - Adiciones.
- **Consistencia:** Denominamos consistencia o adaptabilidad a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse a una forma determinada. La consistencia depende:
- Granulometría.
 - Tamaño máximo del agregado.
 - Agua de amasado
 - Forma de los agregados influye mucho el método de compactación. Ahora bien, los tipos de consistencia son:
 - SECA – Vibrado enérgico.
 - PLÁSTICA – Vibrado normal.
 - BLANDA – Apisonado.
 - FLUIDA – Barra.

Tabla 10

Consistencia- Asentamiento

Consistencia	Asiento (m)
Seca	0 - 2
Plástica	3-5.
Blanda	6-9.
Fluida	10-15.

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

- **Homogeneidad y Uniformidad:** La Homogeneidad es la propiedad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan proporcionalmente en la masa y la Uniformidad se le llama cuando

es en varias amasadas. Esta depende:

- Adecuado amasado.
- Adecuado transporte.
- Adecuada puesta en obra.
- Se pierde la homogeneidad por tres causas:
- Mezcla irregular.
- Agua en exceso.
- Cantidad y tamaño en demasía de los agregados gruesos.
Esto producirá:
- Segregación: división de los áridos gruesos y finos.
- Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan encima.

➤ Compacidad:

- Es la relación entre el volumen adecuado de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón.

➤ Segregación:

- Es una propiedad del concreto fresco, que toma en cuenta la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo decir, la separación del agregado grueso del mortero.
- Es un fenómeno contraproducente para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras.
- Generalmente la elaboración y la colocación de los agregados son la principal causa del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación aparece

cuando parte del concreto se mueve a una velocidad mayor que el concreto vecino. Cuando se suelta el concreto de alturas superiores de 1/2 metro el efecto es similar, también se produce segregación cuando es excesivo el vibrado (Torre, 2020).

➤ Exudación:

- Se determina como la subida de una parte del líquido de la mezcla hacia la superficie como repercusión de la precipitación de los sólidos. Este fenómeno se presenta posterior de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. La exudación puede ser resultado de una mala dosificación de la mezcla de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y en la temperatura, en la proporción en que a mayor temperatura mayor será la velocidad de exudación.
- La exudación es negativo para el concreto, pues como secuela de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al aumento de la relación agua-cemento (Torre, 2020).

➤ Contracción:

- Las grietas por contracción plástica se producirán en la superficie del concreto fresco efectivamente después tras el vaciado y durante la permanencia en estado plástico, estas grietas aparecen principalmente en las superficies horizontales.
- Las grietas de contracción plásticas son poco estéticas, pero raramente tienen una repercusión en la durabilidad o la resistencia de los pisos de concreto y los pavimentos. La producción de estas grietas puede ser banalizado si se toman medidas correctas antes y durante el vaciado y el

acabado o terminación del concreto (Torre, 2020).

➤ Unitario:

- El concreto convencional, que es usado comúnmente en edificios, pavimentos y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³. La dureza del concreto varía según la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire enclaustrado o intencionalmente incluido y las cantidades de líquido y cemento. Por otra parte, el tamaño superior del agregado interviene en las cantidades de agua y cemento. Al disminuirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

Tabla 11

Promedio de las densidades para el concreto fresco

Muestra	Densidad aparente seca (kg/m ²)	Coef. Var.	Densidad saturada de agua (kg/m ³)	Coef var.
Control	2120	0.004	2290	0.003
5% CLD	2010	0.015	2200	0.01
10% CLD	2020	0.020	2280	0.009
15% CLD	2070	0.020	2250	0.007

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

Tabla 12

Propiedades típicas del concreto

Propiedad	Rango
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, kg/m ³	1600-2000
Tiempo de fraguado	1
Porosidad % volumen	15-25
Permeabilidad	120-320(0.20-0.54)
Resistencia a compresión	3.5-28
Resistencia a flexión	1-3.8
contracción	200 x 10 ⁻⁶

Nota. Universidad Alicante, Dpto. Ing. de la Construcción 2013

➤ Características fisicoquímicas

- Fraguado

Es el tiempo que se toma en el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se determina en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final (Torre, 2020).

- Impermeabilidad:

Propiedad muy importante del concreto que puede superarse, con frecuencia, disminuyendo la proporción de agua en la mezcla. El excedente de agua producirá vacíos y cavidades posterior a la evaporación y si están relacionadas, el agua puede infiltrarse o puede pasar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado pertinente por tiempo prolongado, suelen subir la impermeabilidad (Abanto, 1996).

- Durabilidad:

Depende de los agentes que alteren su estructura, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen de manera desfavorable son: Calor, Agente, sales, humedad, contaminante.

➤ Características Mecánicas:

Resistencia a la compresión

El Concreto fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que el cemento fragüe. La durabilidad a la compresión del concreto normalmente se la toma en cuenta a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras determinadas como túneles y presas, o cuando se utilizan cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

La durabilidad del concreto se tomará en cuenta en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm. de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales rápidas relativamente (Torre, 2004).

d) Diseño de Mezclas según Método del American concrete Institute ACI

Definición: Según El comité 211 del ACI ha elaborado un procedimiento de Diseño de mezclas bastante fácil el cual, tomando en cuenta algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos brindará un valor de los diversos materiales que integran la unidad cubica del concreto.

- Establecimiento de f'_{cr} en función a los parámetros establecidos por la ACI
- Establecimiento de la cantidad de agua por m³ de concreto según la determinación de las condiciones de trabajabilidad, el tamaño superior de los agregados y ocasionalmente el tipo de cemento
- Definición de la relación agua/cemento en peso en relación con la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad.
- Cálculo de la proporción de cemento en peso en función de la relación agua/cemento y la cantidad de agua definida en A y B.

$$\text{Cemento (Kg)} = \frac{\text{peso del agua (Kg)}}{\text{Relación de A/B}}$$

- Cálculo de los volúmenes absolutos del agua y el cemento

$$\text{Vol. Abs. Cemento(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Vol. Abs. Agua(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

- Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso según el módulo de fineza y el tamaño máximo nominal.

$$\text{Vol. Abs. A. Grueso(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agregado grueso (kg)}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

- Estimación del porcentaje de aire por m³ y el volumen absoluto

que atrapara el concreto en relación de las características granulométricas de los agregados.

- Obtención del volumen absoluto que tomara El agregado fino, restando de 1 m³ los volúmenes hallados de cemento, agua, aire y agregado grueso.

$$\text{Vol. Abs. Agr} = 1 \text{ m}^3 - \text{Vol. Abs. Agua (m}^3) - \text{Vol. Aire (m}^3) - \text{Vol. Abs. Cem (m}^3) - \text{Vol. Abs. A. Gr (m}^3)$$

- Cálculo del peso del agregado fino de acuerdo a su volumen absoluto.

$$\text{Peso Arena (m}^3) = \text{Vol. Abs. Arena (m}^3) * \text{Peso Específico. Arena (Kg/m}^3)$$

- Correcciones por humedad y absorción de diseño

$$\text{Peso Humedo Piedra (Kg)} = \text{Peso Piedra (Kg)} * (1 + \text{Humedad piedra})$$

$$\begin{aligned} \text{Peso Humedo Arena (Kg)} &= \text{Peso Arena (Kg)} + \text{Hpumedo Arena (Kg)} \\ &= \text{Peso Arena (Kg)} * (1 + \text{Humedad arena}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balance agua en la piedra (\%)} &= \text{Humedad piedra} - \text{Absorción piedra} \\ \text{Balance agua en la arena (\%)} &= \text{Humedad arena} - \text{Absorción arena} \\ \text{Contrib. agua piedra (Kg)} &= \text{Balance piedra (\%)} * \text{Peso humedo piedra (Kg)} \\ \text{Contrib. agua arena (Kg)} &= \text{Balance arena (\%)} * \text{Peso humedo arena (Kg)} \\ \text{Agua final} &= \text{Agua (Kg)} - \text{Contr. Agua piedra (Kg)} - \text{Contr. Agua arena (Kg)} \end{aligned}$$

Diseño final agua (kg), peso húmedo piedra (kg), peso húmedo arena (kg), peso cemento (kg).

Tabla 13

F_{cr} aplicable para definir la Desviación estándar

f_c Específico	f_{cr} (kg/cm²)
Menos de 210	f _c +70
210 a 350	f _c +85
Mayor a 350	1.10f _c +49

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

Tabla 14

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferente slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Slump	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	207	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
% de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	218	205	197	184	174	166	154	-
% de aire atrapado recomendado en función del agregado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderado	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

Tabla 15

Relación agua/cemento vs $f'c$

$f'c$ (28 días)	Estimación de la relación agua / cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
140	0.87	0.85	0.8
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

Definición de la relación agua/cemento en peso en basado en la resistencia en compresión requerida para su durabilidad.

Tabla 16

Asentamiento recomendado para diversas obras

Tip o de Estructura	Slump Máxima	Slump Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentación simples y calzadas	3	1
Vigas de muros armados	4	1
Columnas	4	2
Lozas y pavimentos	3	1
concreto ciclópeo	2	1

Nota. Torre A (2020), Curso Básico de Tecnología del Concreto

Tabla 17

Volumen de agregado grueso

Tipo de Estructura	Slump Maxima	Slump Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
cimentación simples y calzadas	3	1
Vigas de muros armados	4	1
Columnas	4	2
Lozas y pavimentos	3	1
concreto ciclópeo	2	1

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

➤ Mezcla de agregados en peso basado en los porcentajes

- P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.
- A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.
- $\%P_n$ = % retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.
- $\%A_n$ = % retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.
- VP_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado P en la malla n.
- VA_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado A en la malla n.

- %VP_n = % retenido acum. del agregado P en la malla n en volumen absoluto.
- %VA_n = % retenido acum. del agregado A en la malla n en volumen absoluto.
- P_t = Peso acumulativo total del agregado P
- A_t = Peso acumulativo total del agregado A
- G_P = Gravedad específica del agregado P.
- G_A = Gravedad específica del agregado A.

El porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de los agregados P y A en peso para la malla n, en la proporción K viene dada por:

$$\% \text{ Mezcla en peso (P+A)}_n = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K+1} \text{ ----- (6)}$$

Esta expresión se puede usar sin inconvenientes para calcular mezclas de agregados de peso determinado en similitud ya que como hemos expresado, no se introduce mucho error en contraste de hacerlo en volumen absoluto, pero cuando varían en demasía se deben poner en efecto las siguientes expresiones:

e) Agregados

- Definición de agregado de escombros de construcción.

La NTP 400.053 (manejo de residuos de la actividad de la construcción.

Reciclaje de concreto de demolición) lo llama granulado de concreto y lo determinan como el material secundario de construcción hasta dirigirlo a partículas de tamaño similar al de los agregados (Cruz, 2019).

- Definición de escombros de construcción

Es aquel concreto obtenido mediante la mezcla de un medio ligante (agua y cemento) y un medio ligado (agregados) además se requieren de aditivos los cuales están en función al uso final del

concreto. Los agregados son el mayor constituyente aproximadamente el 70 % en volumen, esto hace factible la utilización del concreto como material factible, estos pueden ser naturales o artificiales dependiendo de su origen ya que se pueden encontrar en lechos de ríos, depósitos aluviales, etc., u obtenerse de material reciclado de materiales procedentes de las demoliciones de las construcciones (Meza, 2018). La norma Técnica Peruana NTP 400.050, establece el reciclaje y/o reutilización de residuos provenientes de la construcción, mientras que la NTP 400.053 propone posibles usos del agregado reciclado (según su procedencia) para la fabricación de elementos constructivos (Sumari, 2016).

➤ Estado del arte del escombros de construcción

La requerimiento de caracterizar el comportamiento de los áridos reciclados, y su influencia en el accionar del hormigón fresco y endurecido, surge como menester el desarrollar normas adecuadas que garanticen la integridad del uso de los áridos reciclados y abran así la puerta al reciclaje. . mercado, producto de construcción y demolición.

f) Influencia de los agregados reciclados en el comportamiento del concreto en estado fresco

➤ Trabajabilidad.

Buck mediante la observación concluyo que las mezclas que contenían concreto demolido, como agregado grueso o fino, tenían un asentamiento más bajo y un contenido de cemento más alto que las mezclas de concreto. Las mezclas de concreto como agregados de concreto se encontraban húmedas, aunque más áridas que las mezclas de control. Sin embargo, cuando se usó arena natural como agregado fino y concreto demolido como agregado grueso, hubo poca diferenciación en el asentamiento, así como en el contenido de aire o cemento, en comparación con la mezcla equivalente preparada con agregado fresco. Buck además descubrió que era posible lograr una trabajabilidad proporcional con una proporción de agua a cemento

usando una mezcla reductora de agua. Las obras de Malhotra y Frondistou – espátulas. Trabajando en el rango de la relación agua/cemento, hallaron que no había diferencia en la trabajabilidad entre mezclas que contenían un agregado grueso de concreto demolido más un agregado fino de arena natural, y entre mezclas con agregados naturales completamente frescos. Sin embargo, cuando Malhotra usó agregado fino de concreto demolido, encontró un aumento esporádico en la cantidad de agua requerida. (Tesis. Jorge Arturo García — Escombros de construcción).

➤ **Peso Unitario.**

Los agregados reciclados tienen una densidad más baja, pero las variaciones en la densidad no son tan pronunciadas como en el caso de los agregados. Una densidad más baja lógicamente resultará en un concreto de menor peso específico. Torben Hansen destaca que el hormigón con áridos reciclados tiene una densidad un 5% menor.

➤ **Exudación.**

Kim et al. Determino que la exudación del concreto bajara a medida que sube el porcentaje de reemplazo de agregado grueso reutilizado, dado a que el agua de sangrado es absorbida por la pasta de cemento en la superficie de los agregados. Este determinante causara una superior en la hidratación del concreto, debido a que una evaporación del agua superficial veloz, una baja velocidad de exudación podría producir fisuras por contracción plástica.

g) Influencia de los agregados reciclados en el comportamiento del concreto en estado endurecido

➤ **Trabajabilidad.**

Buck y Malhotra hallaron que la resistencia al congelamiento/descongelamiento del concreto preparado con agregados de escombros de construcción era parecida a la de los concretos de control, excepto que Malhotra descubrió que el concreto

preparado con grava de sílice reciclada exhibió una mejor durabilidad al congelamiento/descongelamiento que el concreto elaborado con sílice original. grava. grava de sílice.

Tabla 18

Factor de durabilidad del concreto con agregado reciclado después de un ciclo acelerado de congelamiento / deshielo

Tipo de agregado Utilizado	N° de Ciclos	Factor de Durabilidad
Grava nueva de sílice y arena	300	3
Agregado grueso de concreto demolido	300	23
Concreto demolido	300	28
Agregado grueso	300	62
Agregado grueso de concreto de caliza demolido y arena.	300	45

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

➤ Resistencia a la compresión.

Jorge Muñoz, en 1975, afirmó que puede tener concreto aceptable con buena calidad usando desechos de concreto como agregado grueso cuya resistencia será del orden de 90% de la que resultaría con un agregado simple para una correlación agua / cemento determinado.

Tabla 19

Reducción de la resistencia al usar agregados reciclados dado por diferentes autores

Fuente	Reducción de resistencia
Jorge Muñoz, 1975	10%
Frondestou, 1981	0-36%
Ramamurthy y Gumaste 1998	5%-32%
ACI committee 55, 2001	15%-40%
Pulg, 2003	15%
Romero, 2004	0%-30%
Martinez y Mendoza, 2005	2%-7%
ABOU-ZEID, M. et. Al., 2005	10%-20%
Rahai, 2007	10%
Montrone y Quispe, 2007	5%-20%
Yang et al., 2008	0-40%

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

Diversos autores han demostrado, que la resistencia de un escombros de construcción en relación a un concreto convencional, teniendo en cuenta las características del agregado madre: la propiedad de la absorción es la principal.

Como quedo demostrada por Yang et al, las absorciones de los agregados reciclados siendo en gran parte el contenido de pasta de cemento que será dependiente en su superficie de modo que, a más contenido de pasta de cemento, su absorción será superior.

A partir de este parámetro que finalmente puede comenzar una tipificación de los agregados que permite clasificarlo según al tipo de concreto en el que puedan ser utilizados para dar con un comportamiento adecuado.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

➤ PAVIMENTOS

Estructura de las vías de comunicación terrestre, elaborada por una o más capas materiales elaboradas o no, colocadas encima del terreno acondicionado, que tiene como función el proporcionar el tránsito de vehículos.

➤ ADOQUINES

Los adoquines son materiales prefabricados de hormigón en masa, normalmente bicapa, que pueden tener una gran diversidad de tamaños y formatos.

➤ CONCRETO

El concreto es una mezcla de materiales como la grava, arena y gravilla (también llamado agregados), cemento y agua.

➤ ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN

Los escombros de construcción se caracterizan básicamente por tener en cuenta los agregados de concreto producto de estructuras antiguas y trituradas, el cual se mezcla con cemento, agregado natural (grava y arena), agua y aditivos para obtener un concreto de característica físicas y mecánicas similares a las del concreto común.

➤ FIBRAS DE ACERO

Es un material de la industria de construcción que está conformado por la aleación de Hierro y carbono, con presencia de magnesio, zinc, vanadio, cromo, níquel, aluminio y wolframio. Que se caracteriza por su ductilidad a la distribución de esfuerzos en la masa, con más capacidad de carga que incluso disminuye el espesor de los pisos de concreto.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los escombros de construcción y fibras de acero favorecen positiva y significativamente en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Los escombros de construcción y fibras de acero favorecen positiva y significativamente en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023.

En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero favorece positiva y significativamente en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023?

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X1: Escombros de construcción y fibras de acero:

Definición: Los escombros de construcción son desechados o materiales retirados de una construcción y se encuentran en estado de deterioro. Las fibras de acero es un elemento que está compuesto por hierro y carbono como elementos principales en la aleación química y conforman una ductilidad.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y1: Resistencia a la compresión y absorción

Definición: La resistencia a la compresión es la principal característica mecánica del concreto que soporta una carga por unidad de área y está expresado en términos de esfuerzo generalmente en kg/cm^2 . La absorción es compuesta en fase líquido a gaseoso que entra en contacto con sólido adsorbente y se adhiere a la superficie del mismo.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ITEM	INSTRUMENTO	MEDICION
INDEPENDIENTE Escombros de construcción y fibras de acero	X1: Escombros de construcción	Deterioro de material	Material afectado por el tiempo	Guías de observación de laboratorio, formatos de evaluación de la calidad y de sus propiedades físicas	INTERVALOS
			Material afectado por un factor climático		
		Material extraído construcción	Materiales extraídos (Edificios, Casas y Puentes)		
	X2: Fibras de acero	Resistencia a la comprensión	Resistencia, Masa y Volumen		
		Propiedades mecánicas	Resistencia		
DEPENDIENTE Resistencia a la comprensión y absorción	Y1: Resistencia a la comprensión	Esfuerzo Axial carga por unidad de área	Dosificación	Peso y Volumen	
			25% de agregado grueso reemplazado por escombros de construcción	Guías de observación de laboratorio, formatos de resistencia a la comprensión, NTP 399.611	
			50% de agregado grueso reemplazado por escombros de construcción		

		75% de agregado grueso reemplazado por escombros de construcción
		100% de agregado grueso reemplazado por escombros de construcción
Y2: Absorción	Relación agua cemento	Método de diseño ACI
	Características mecánicas de materiales	Desgaste de los Ángeles
	Característica mecánica del adoquín tipo II	Incremento de masa por agua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1. ENFOQUE

El tipo de acuerdo al énfasis en el manejo de datos será mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, de acuerdo al énfasis en la naturaleza de los datos que se procesan, el tipo de investigación es aplicada porque las fichas son evaluadas de acuerdo a los parámetros de la norma, de acuerdo a su periodo de estudio transversal, según el control de variables cuasi-experimentales y según la ubicación del laboratorio.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Hernández et. (2021) de esta Investigación es de carácter descriptivo-comparativo, pues pretende diferenciar los dos tipos de paralelepípedos (con escombros de construcción y con pavimento convencional) para dar a conocer cuál de los dos es más útil, y el comportamiento de los evaluados. también se describirán muestras.

3.1.3. DISEÑO

El proyecto de investigación es experimental del tipo preexperimental, ya que permite la manipulación directa de las dos variables, los dos ensayos se realizan en laboratorios, en los que se evalúa el comportamiento físico- mecánico del pavimento de hormigón con escombros de construcción y del convencional. Se analizan pavimentos de hormigón. . Las piedras se comparan.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El universo de la investigación serán los adoquines de concretos en vías urbanas y la población está constituida por todos los adoquines

Tipo II de escombros de construcción utilizando escombros de construcción provenientes de la fractura de briquetas de concreto de calidad $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$.

3.2.2. MUESTRA

La muestra de la presente investigación se basará en el capítulo 5 de la norma E-60 (2009): "Calidad del concreto, mezclado y colocación". La norma E060 indica que un ensayo de resistencia debe ser el promedio de al menos dos probetas siempre y cuando se realice un diseño de mezclas.

Según Sampieri (2014) "La muestra no probabilística, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadísticos de generalización" (p.189,2014).

El uso de una muestra no probabilística en esta investigación debido a que las muestras no requieren de una "representatividad" de elementos de una población, ya que se ensayaran todas las muestras generadas por los diseños de mezclas de concreto 210 kg/cm^2 , siendo un control cuidadoso de elección de casos con características específicas ya que el investigador será el que elabore las muestras.

Según Sampieri (2014) al realizar una investigación experimental según tabla 8.6. "Tamaños de muestra mínimos en estudios cuantitativos" se debe realizar 15 muestras por cada grupo representado mínimamente. (p.188).

Llegando a la siguiente conclusión:

Tabla 20*Tamaños de muestra mínimos en estudios cuantitativos*

Tipo de estudio	Tamaño mínimo de muestra
Transeccional descriptivo o correlacional	30 casos por grupo o segmento universo
Encuesta a gran escala	100 casos para el grupo o segmento mas importante del universo y de 20 a 50 casos
Causa	15casos por variables independientes
Experimental o Cuasiexperimental	15 por grupo

Nota. Metodología de la Investigación Sampieri (2014, p.188)

La muestra estará formada por 60 adoquines tipo II de concreto de resistencia 210kg/cm² en la cual se reemplazó los agregados seleccionados por escombros de construcción y fibras de acero.

Tabla 21*Diagrama de numero de muestras*

Prueba	Grupo de control			
	Concreto con Hormigón			
% de material	25	50	75	100
# de muestra	15	15	15	15

*Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto***Tabla 22***Descripción de la muestra seleccionada para ensayo compresión*

Descripción de las Muestras	Números de Muestras para Compresión
Adoquines Tipo II	60

Nota. Torre A (2020) Curso Básico de Tecnología del Concreto

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El plan o estrategia diseñada para obtener la información esperada es la siguiente:

- Iniciaremos identificando las variables independientes (diseño de mezcla) tales como agregados, aditivo y agua), para posteriormente programar la forma, el procedimiento y el nivel en que serán

manipuladas.

- Se realizarán los ensayos a los escombros para identificar las propiedades físico mecánicas.
- Se realizará el diseño de mezcla del concreto con escombros de construcción, que serán llenados en moldes de adoquines de 8x10x20cm, ya que serán ensayados en estado fresco y en estado endurecido.
- Las muestras serán sometidas a esfuerzos de compresión axial, mediante un ensayo de carga por unidad de área hasta provocar su falla. El proceso consiste en introducir la muestra del material que se requiere ensayar en una máquina para prueba de compresión, una vez allí la muestra va recibiendo una mayor presión siguiendo el régimen estandarizado hasta que se rompe, quedando cerciorados todos los datos requeridos en los indicadores de la máquina.
- Las muestras serán sometidas a ensayos de absorción, mediante la saturación de la muestra, lo que permitirá conocer la capacidad de absorción.
- Finalmente se realizará el análisis interpretativo de los resultados obtenidos

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Primero, se analizarán todos los datos, incluidos los valores atípicos; Por esta razón, es importante saber que (Kuehl, 2001), en su libro, menciona a (Fisher, 1926), quien señaló que la aleatorización por sí sola proporciona estimaciones válidas de la varianza del error para las estadísticas de métodos de inferencia justificadas para la evaluación y la prueba. suposiciones en el experimento. La aleatorización es la asignación aleatoria de tratamientos a unidades experimentales.

Para desarrollar el análisis de datos con ANOVA, es necesario tener un

diseño balanceado, es decir, tener el mismo número de repeticiones para cada tratamiento. Por lo tanto, se asignarán números aleatorios a todas las muestras, obteniendo así 6 repeticiones para cada tratamiento, por ser este el valor más bajo de repeticiones de resistencia a compresión en concreto sin escombros y con escombros a los 28 días, para este cálculo se siguen los siguientes pasos seguidos:

- Enumere los datos restantes del análisis visual.
- Usando el Minitab se genera los números aleatorios y estos se ordenan en forma ascendente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tras el análisis visual de las muestras ensayadas, es importante comprobar la presencia de datos atípicos de los datos de los grupos a estudiar, un dato o un outlier, es una observación con un valor que no corresponde al parecer con el resto de datos. los valores en el grupo de datos.

Para el procesamiento de datos se procederá con la identificación de datos atípicos, para lo cual hay dos herramientas que serán básicas: Siendo una la representación gráfica (gráficos de puntos) y la prueba estadística: las utilizadas son: prueba de Dixon y prueba de Grubbs (Murphy & Lau, 2008).

(ASTM.E178, 2008), este estándar menciona cómo tratar los valores atípicos, contiene diversos procedimientos estadísticos para realizar pruebas de valores atípicos. Además, indica que estas pruebas estadísticas se realizan para determinar valores atípicos, no para eliminarlos del conjunto de datos. Una vez identificados los valores atípicos, se realizará un análisis de los datos con y sin los valores atípicos, verificando así si las conclusiones son diferentes debido a estos valores atípicos.

4.1.1. PROCESAMIENTO DE DATOS CONSIDERANDO LOS DATOS ATÍPICOS

Primero, se analizarán todos los datos, incluidos los valores atípicos; Por esta razón, es importante saber que (Kuehl, 2001), en su libro, menciona a (Fisher, 1926), quien señaló que la aleatorización por sí sola proporciona estimaciones válidas de la varianza del error para las estadísticas de métodos de inferencia justificadas para la estimación y la prueba. . suposiciones en el experimento. La aleatorización es la asignación de manera aleatoria de tratamientos a unidades experimentales.

Para desarrollar el análisis de datos con ANOVA, es necesario tener un diseño balanceado, es decir, tener el mismo número de repeticiones para cada tratamiento. Por tanto, se asignarán números aleatorios a todas las muestras, obteniendo así 6 repeticiones para cada tratamiento, por ser el valor de repeticiones más bajo que existe para la resistencia a compresión en hormigón sin escombros. y con escombros de construcción después de 28 días (ver Tabla 29). Para este cálculo, siga estos pasos:

- Enumere los datos restantes del análisis visual,
- Usando el Minitab se genera los números aleatorios y estos se ordenan en forma ascendente.
- Buscar e identificar las resistencias a la compresión de los adoquines de concreto

➤ **Peso compactado del agregado grueso con Concreto reciclado**

Equipos y materiales utilizados:

- Balanza de 12 kilos.
- Varilla para compactar de 5/8" y unos 60 cm de largo.
- Molde Cilíndrico máximo de altura 30cm.
- Bandejas de metal.
- Badilejo y espátula.
- Horno con temperatura uniforme

110 ± 5 °C. Procedimiento:

- Se procede a pesar todos los moldes de cilíndrico
- La tercera parte de la muestra y la arena se introduce al molde cilíndrico hasta 1/3 de su capacidad.
- Se apisona con la varilla con 25 golpes dentro del molde y se introduce más hasta 2/3 y se apisona con la varilla con 25 golpes.
- Se quita la muestra excedente del molde con una regla al nivel del molde de cilindro.

- Finalmente se procede a pesar la muestra compactada con el molde cilíndrico.

Datos obtenidos:

Tabla 23

Peso compactado con concreto reciclado

DESCRIPCION	Muestra	Muestra	Muestra
PESO DE LA MUESTRA + PESO DE RECIPIENTE(gr)	24780	26650	26040
DEL RECIPIENTE(gr)	5838.7	5838.7	5838.7
PESO DE LA MUESTRA(1-2)(gr)	20141.3	20811.3	20201.3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE(m3)	0.01410	0.01410	0.01410
PESO UNITARIO COMPACTO(kg/m3)	1429	1476	1433
PROMEDIO P.U. Compacto		1446	

Nota. Los datos obtenidos de laboratorio con concreto reciclado peso de muestra compactado.

➤ **Porcentaje de Humedad de agregado grueso con concreto reciclado**

Equipos y materiales utilizados:

- Balanza
- Horno con temperatura uniforme 110 ± 5 °C. Procedimiento:
 - Recoger agregado fino en estado original mayor a 2000 gr.
 - Pesar la muestra.
 - Llevar al horno con temperatura uniforme 110 ± 5 °C.
 - Después de sacar la muestra del horno esperar uno 15 min. Para que se enfríe dicha muestra para luego pesarla.

Datos obtenidos:

Tabla 24*Humedad del concreto reciclado*

DESCRIPCION	MUESTRA 1
Peso de tara +muestra húmeda (gr)	5000.00
Peso de tara+muestra seca (gr)	4988.00
Peso del agua contenida(gr)	12.00
Peso de la muestra seca (gr)	4988.00
Contenido de Humedad	0.24%

Nota. Los datos obtenidos de laboratorio con concreto reciclado % de humedad

➤ **Peso específico y absorción agregado grueso (concreto reciclado)**

Equipos y materiales utilizados:

- Balanza de 12 kilos.
- Canastilla
- Balanza
- Horno con temperatura uniforme 110 ± 5 °C. Procedimiento:
- La muestra lo saturamos la muestra durante 24 horas
- Extender la muestra sobre un recipiente no absorbente, para obtener la muestra en estado saturado con superficie seca, con un paño absorbente desaparecer toda película de agua visible, en este proceso se debe tener cuidado con la evaporación.
- Pesar el material en estado saturado con superficie seca
- Luego colocar a la canastilla y se determina su peso en el agua a una temperatura de $21^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$.
- Introducir la muestra al horno, después del secado pesar.
- Se pesa la muestra saturada con superficie seca, luego llevar al horno durante 24 horas, para luego enfriar a temperatura medio ambiente, para posteriormente pesar la muestra.

Datos obtenidos:

Tabla 25*Peso específico del concreto reciclado*

DESCRIPCION	Muestra 1
Peso de la Muestra Saturada con superficie Seca (gr)	5995.90
Peso de la muestra saturada + Peso de la canastilla dentro del agua (gr)	5995.90
Peso de la Muestra Saturada Sumergida (gr)	3525.00
Peso de la tara (gr)	0.00
Peso de la tara + muestra seca (gr)	5659.20
Peso de la muestra seca (gr)	5659.20
Gravedad Especifica Seca (gr/cm3)	2.29
Gravedad Especifico Saturada (gr/cm3)	2.43
Peso Específico Aparente (gr/cm3)	2.65
Porcentaje de Absorción (gr/cm3)	5.95

Nota. Los datos obtenidos de laboratorio con concreto reciclado

➤ **Granulometría del agregado grueso (concreto reciclado)**

Equipos y materiales utilizados:

- Muestras
- Balanza.
- Once recipientes.
- Brocha
- cepillo de cerdas.
- Tamices 1/2", 3/8", 1/4", № 4
- Agitador eléctrico.
- Horno con temperatura uniforme 110 ± 5 °C. Procedimiento:
- Se procede a cuartar (selección de muestras opuestas)
- Armar los tamices según la norma NTP 400.012
- Se introduce la muestra seca al juego de tamices para que luego el agitador eléctrico realice su función durante 3 minutos.
- Una vez concluido el tamizado, se procede a pesar los pesos retenidos de cada malla incluido el fondo.
- La muestra se pesa en cada tamiz retenido y luego se obtiene el porcentaje retenido.
- El % Acumulado que Pasa, se obtiene de la diferencia entre 100% y el porcentaje retenido acumulado.

Datos obtenidos:

Tabla 26

Granulometría de la piedra chancada

TAMIZ N°	Abertura del Tamiz	Peso retenido (gr)
1/2"	12.5	388.00
3/8"	9.5	1498.00
N° 04	4.75	1820.00
N° 08	2.36	595.00
Fondo		229.00

Nota. Los datos obtenidos de laboratorio con piedra chancada

➤ **Diseño de mezclas**

Procedimiento

- Se realiza la selección del asentamiento de acuerdo al (SLUMP TEST)
- Se realiza la selección del tamaño máximo del agregado
- Estimación del agua de mezcla.
- Selección de la relación agua cemento
- Cálculo del contenido de cemento Kg
- Estimación del contenido de agregado grueso
- Estimación del contenido de agregado fino
- Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Selección de la Resistencia Requerida f'_{cr} :

- Cuando no se conocen estadísticas de la resistencia del concreto (Factor de Seguridad). Según Norma E.060 Concreto Armado, Capítulo 3 Requisitos de la construcción, Artículo 4.3.2 Cálculo de la Resistencia
- Por tanto la Resistencia Promedio Requerida será:

$$f'_{cr} = 478 \text{ kg/cm}^2$$

➤ **Volumen de Agua y Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto**

- Asentamiento = 2"
- Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

Selección del Volumen de Agua por metro cúbico de Concreto:

- V. Agua: 228.55 lt/m³

➤ **Selección de la relación Agua/Cemento por Resistencia**

- V. Aire: 2.50%

Calculo del contenido de cemento

- Cantidad de Cemento = 542.857 kg/m³
- Factor Cemento = 12.77 bolsas/m³

Calculo del volumen absoluto de la pasta por metro cúbico

- V. A. Cemento: 0.172 m³
- V. A. agua: 0.228 m³
- V. A. aire: 0.025 m³
- V. A. pasta: 0.425 m³

Dato de Vol. Absolutos de los Agregados Grueso y Fino

- V. A. agregados: 0.575 m³

Dato de Vol. del Agregado Grueso con Método ACI 211

- T.M.N = 1/2"
- Módulo de Fineza del Agregado Grueso = 2.38
- Factor de Agregado Grueso (b/b_o) = 0.5922
- P. Unitario Varillado del Agregado Grueso = 1455 kg/m³
Peso del Agregado Grueso = 861.41 kg

- P. E. Aparente del Agregado Grueso = 2.70 gr/cm³
- Volumen Absoluto del Agregado Grueso = 0.319 m³

Dato de volúmenes Absolutos de los Agregados Fino

- Volumen Absoluto del Agregado Grueso = 0.319 m³
- Volumen Absoluto del Agregado Fino = 0.2804 m³

Dato de pesos Secos de Agregados Grueso y Fino

- Peso Específico del Agregado Grueso = 2.70 gr/cm³
- Peso Específico del Agregado Fino = 2.64 gr/cm³
- Peso Seco del Agregado Grueso = 861.41 gr/cm³
- Peso Seco del Agregado Fino = 674.91 kg/m³

Tabla 27

Pesos secos de los agregados

Materiales	Pesos Secos (kg/m³)
Cemento	542.86
Agua	228.00
Agregado Grueso	861.41
Agregado Fino	674.91

Nota. Los datos obtenidos de laboratorio peso seco de materiales

Corrección de los Agregados por Humedad

- Peso Seco del Agregado Grueso = 861.41 kg/m³
- Peso Seco del Agregado Fino = 674.91 kg/m³
- Contenido de Humedad del Agregado Grueso = 0.07%
- Contenido de Humedad del Agregado Fino = 0.10%
- Peso Húmedo del Agregado Grueso = 862.0 kg/m³
- Peso Húmedo del Agregado Fino = 675.59 kg/m³

Ajustes por Humedad y Absorción de los agregados

- Capacidad de absorción del Agregado G, = -0.55 %
- Capacidad de absorción del Agregado F, = -1.15%
- Ajuste de Agua del Agregado Grueso = -4.70 lt
- Ajuste de Agua del Agregado Fino 1 = -7.74 lt
- Contribución Total de Agua = -12.44 lt
- Agua de Diseño = 228.00 lt/m³ Agua Efectiva=
- 240.44 lt/m³

Cantidad de materiales por m³ corregidos por humedad

Tabla 28

Materiales corregidos por humedad

Materiales	Pesos Secos (kg/m ³)
Cemento	542.86
Agua	240.44
Agregado Grueso	862.00
Agregado Fino	675.59
a/c efectiva	0.443

Nota. Los datos obtenidos de la corrección por humedad

➤ Tablas y Diagramas elaborado en el laboratorio

Pesos por tandas de un saco

- Agua: 18.82 lt/saco
- Cemento: 42.50 kg.
- Piedra: 67.49 kg
- Arena: 52.89 kg

Dosificación en peso corregido por humedad

Tabla 29

Dosificación en peso

C	A	P	Agua
1	1.235	1.585	18.854 lt/saco

Nota. Dosificación de peso con la obtención de humedad

Dosificación en volumen suelto

Tabla 30

Datos replanteados

C	A	P	Agua
1	1.24	1.87	18.854 lt/saco

Nota. Dosificación de volumen suelto

Diseño convencional 0% de material con concreto reciclado

- $F'c = 380 \text{ kg/cm}^2$
- Nro. probetas = 4
- Peso c/u = 4 kg
- Total de concreto = 16 kg

Tabla 31

Dosificación con material reciclado

C	P	A	Agua
1	1.671	1.235	18.824 lt/saco

Nota. Dosificación 0% de material de concreto reciclado

Calculo de diseñado para 16 kilos:

$$16 = (1 + 1.59 + 1.24)X$$

$$X = 4.096$$

Por lo cual la dosificación sería

Tabla 32*Dosificación de adoquín convencional a 16 kg*

C	P	A	Agua
4.096	6.63	5.17	-----

Nota. Los datos obtenidos de para el calculo de 16kg

Donde el agua

$$42.50 \underline{\hspace{1cm}} 18.82$$

$$4.096 \underline{\hspace{1cm}} X$$

$$X = 1.813$$

Y la relación agua cemento esa/c=0.415

Diseño de concreto reciclado al 25%

Para el diseño propuesto con concreto reciclado al 25%, reemplazaremos la piedra chancada por un 25% de agregado grueso reciclado.

Tabla 33*Dosificación de adoquín convencional concreto reciclado*

C	P	A	CR	Total
4.096	4.97	5.20	1.66	16.00

Nota. Dosificación de peso con la obtención de humedad

$$42.50 \underline{\hspace{1cm}} 0.50$$

$$4.096 \underline{\hspace{1cm}} X$$

$$X = 0.048$$

Diseño de concreto reciclado al 50%

Reemplazare la piedrachancada con un 50% de A. Grueso reciclado

Tabla 34*Dosificación con 50% concreto reciclado*

C	P	A	CR	Total
4.096	3.31	5.20	3.31	16.00

$$42.50 \dots 0.50$$

$$4.096 \dots X$$

$$X = 0.049$$

Diseño concreto reciclado al 75%

Reemplazare la piedrachancada con un 75% de A. Grueso reciclado.

Tabla 35

Dosificación de adoquín con 75% concreto reciclado por 16 kg

C	P	A	CR	Total
<u>4.049</u>	<u>1.66</u>	<u>5.20</u>	<u>4.97</u>	<u>16.00</u>

Nota. Dosificación de peso con la obtención de humedad

$$42.50 \dots 0.50$$

$$4.096 \dots X$$

$$X = 0.049$$

Diseño concreto reciclado al 100%

Reemplazare la piedrachancada con un 100% de A. Grueso

Tabla 36

Dosificación de adoquín con 100% concreto reciclado por 16 kg

C	P	A	CR	Total
<u>4.17</u>	<u>0.00</u>	<u>5.20</u>	<u>6.63</u>	<u>16.00</u>

Nota. Los datos obtenidos de 100% de concreto reciclado

$$42.50 \dots 0.50$$

$$4.17 \dots X$$

$$X = 0.049$$

4.1.2. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño a comprobar es la utilización del método científico para obtener nuevos discernimientos sobre un proceso o sistema a través de exámenes debidamente planificadas. Este método se ha consolidado como un agregado de técnicas estadísticas y de

ingeniería, que permiten una mejor comprensión de situaciones complicadas de relaciones de causa y efecto. El diseño experimental utilizado fue un diseño experimental unifactorial o un diseño completamente al azar.

➤ **Diseño experimental con un solo factor**

Este diseño se utiliza para comparar dos o más tratamientos, ya que considera solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. Además, el diseño experimental de factor único para esta investigación se explica a continuación:

Para “resistencia a compresión del concreto” (variable dependiente), dado su factor “efectividad de lechada de construcción” (variabilidad independiente), que consta de dos tratamientos experimentales: con lechada de construcción y sin lechada de construcción fibras; y un tratamiento control: espécimen monolítico. En el análisis de diseños, la técnica estadística central se denomina análisis de varianza ANOVA.

a) ANOVA (Análisis de varianza)

El objetivo de análisis de varianza en el diseño experimental con un solo factor es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable dependiente. Del cual se definen la hipótesis nula H_0 y alterna H_A :

H_0 : La resistencia a la compresión del adoquín de concreto de $f'_{c'} = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción es igual, con respecto al adoquín de concreto convencional

H_A : La resistencia a la compresión del adoquín de concreto de $f'_{c'} = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción es diferente, con respecto al adoquín de concreto convencional

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

μ_1 = Media de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto de $f'_{c'} = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción
 μ_2 = Media de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto de $f'_{c'} = 380 \text{ kg/cm}^2$

Así, para un nivel de significancia α prefijado, se rechaza H_0 si: $F_o > F_{\alpha, k-1, N-k}$

Donde: $F_{\alpha, k-1, N-k}$ = percentil $(1-\alpha) \times 100$ de la distribución F. También se rechaza H_0 si:

$$\text{Valor} - p < \alpha,$$

Dónde: Valor — p es el área bajo la distribución $F_{k-1, N-k}$ a la derecha del estadístico F_o , es decir, el valor — p = $P(F > F_o)$.

Por lo mismo toda la información necesaria para calcular el estadístico F_o hasta llegar al “valor — p” se escribe en la tabla de análisis de varianza (ANOVA) que se muestra en la siguiente figura:

Donde:

Y_{ij} = j – esima observación que se hizo en el tratamiento i.

Y_i = suma de las observaciones del tratamiento i.

$\bar{Y}_i$ = Media de las observaciones del tratamiento i.

$Y_{..}$ = Suma total de las $N = n_1 + n_2 + \dots + n_k$ mediciones.

$\bar{Y}_{..}$ = Media global o promedio de todas las observaciones.

n_i = Número de repeticiones o replicas observadas en el tratamiento i.

k = Número de tratamientos.

N = Número total de muestras u observaciones.

SCT = Suma total de cuadrados.

SCE = Suma de cuadrados de error.

$SCTRAT$ = Suma de cuadrados de tratamientos.

$CMTRAT$ = Cuadrado medio de tratamientos.

CME = Cuadrado medio de error.

F_o = Estadístico de prueba.

Luego se tienen el modelo estadístico lineal por: $Y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$
donde:

Y_{ij} Es la j — esima observación que se hizo en el tratamiento i , μ_i es la media del nivel del factor i — esimo, y ε_{ij} es el error atribuible a la medición Y_{ij} .

b) Verificación de los supuestos del análisis de varianza

La validez de los resultados que se obtienen en cualquier análisis de varianza está sujeta a los supuestos del modelo a respetar. Esa suposiciones son: normalidad, varianza constante (misma varianza de tratamientos) e independencia. Es decir, la respuesta (y) debe tener una distribución normal, con la misma varianza en cada tratamiento, y las medidas deben ser independientes.

En una práctica común utilizar los residuos de la muestra para reafirmar los supuestos del modelo, ya que los supuestos cumplen lo requerido, los residuos o residuales se pueden ver como una muestra aleatoria de una normal distribución con media cero y varianza constante. Los residuos e_{ij} ,

se definen como la diferencia entre la respuesta observada (Y_{ij}) y la respuesta predicha por el modelo ($\bar{Y}_j$), lo cual facilitara hacer un diagnóstico más directo de la calidad del modelo.

Los supuestos del modelo, en términos de los residuos, son:

1. Los e_{ij} siguen una distribución normal.
2. Los e_{ij} son independientes entre sí.
3. Los residuos de cada tratamiento tienen la misma varianza σ^2 .

- Normalidad:

Cumplir con el supuesto de normalidad residual implica trazar los residuos en la gráfica de probabilidad en papel común o normal. Esta suposición se cumple si los residuos siguen una repartición normal, cuando se grafican tienden a alinearse en una línea recta (que no es una línea de regresión), por lo que si no se alinean claramente, se deduce que la suposición de normalidad es incorrecto. Cabe mencionar que el ajuste de los puntos a una línea recta no necesita ser perfecto, ya que el análisis de varianza es robusto a pequeñas y moderadas desviaciones del supuesto de normalidad. Se realizan los cálculos necesarios para la tabla de probabilidad en papel normal para sacar los pares (e_{ij}, Z_i) .

- Varianza constante

Una forma de verificar el supuesto de varianza constante es graficando los predichos contra los residuos ($\bar{Y}_j$ vs e_{ij}), por lo general $\bar{Y}_j$ va en el eje horizontal y los residuos en el eje vertical. Si los puntos en la gráfica dada se distribuyen de manera aleatoria en una banda horizontal (sin ningún patrón claro y contundente), entonces es señal inmediata de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

- Independencia:

La independencia que se supone se puede verificar trazando el orden en que se recolectaron los datos contra el residual

correspondiente. De esta forma, si al graficar el tiempo (orden de ejecución) en el eje horizontal y los residuales en el eje vertical, se detecta una tendencia o patrón no aleatorio claramente delimitado, esto demuestra que existe una correlación entre los errores, por ejemplo, Por lo tanto, el supuesto de independencia no se cumple. Si el comportamiento de los puntos es aleatorio en un rango horizontal, la hipótesis se cumple.

➤ **Método de Dunnett (comparación de tratamientos de un control)**

Una vez que se rechaza H_0 con el ANOVA, en ocasiones uno de los “k” tratamientos a comparar es el llamado tratamiento control y el interés principal es contrastar los “k-1” tratamientos restantes con dicho control. Por facilidad, tomemos en cuenta como tratamientos control al k-esimo tratamiento. Hacer comparaciones con respecto al control implica probar las “k-1” hipótesis dadas por:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2; H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

Para cada hipótesis se calculan las diferencias observadas en las medias muestrales: $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k|$; $i=1, 2; k=c$

Además, cada diferencia de medias muestrales el valor absoluto que sea superior que él es estadístico de prueba de Dunnett se declara significativa y a la vez se rechaza la hipótesis nula como se indica.

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_k| > D_{\alpha(K-1,l)} * \sqrt{\frac{2 * CM_E}{n}}$$

Donde:

$D_{\alpha(K-1,l)}$ se encuentra en la tabla 2 del anexo 5; l son los grados de libertad del cuadrado medio del error.

- Comparación de tratamientos con un control (método de

Dunnett)

Se tiene:

$$|Y_l - Y_k| > D_{\alpha(K-1, I)} * \sqrt{\frac{2 * CME}{n}}$$

- Numero de réplicas: n=4
- Tratamientos: k=5; N=n*k=20
- Grados de libertad del error: I = N-K=15
- Constante para la prueba de Dunnett:

De tabla de valores críticos en la tabla 3 del Anexo VI:
 $D_{\alpha(4;15)}=2.73$

Valor estadístico de prueba: D

$$D_{\alpha(K-1, I)} * \sqrt{\frac{2 * CME}{n}} = 62.84$$

Media de los tratamientos

Tabla 37

Media de tratamientos para prueba de Dunnett a 28 días

MEDIA	DESCRIPCION	DIFERENCIAS
$\bar{Y}_1 = 389.93$	Concreto con 25% CR	$\bar{Y}_1 - \bar{Y}_5 = -37.77$
$\bar{Y}_2 = 335.56$	Concreto con 50% CR	$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_5 = -92.14$
$\bar{Y}_3 = 327.84$	Concreto con 75% CR	$\bar{Y}_3 - \bar{Y}_5 = -99.85$
$\bar{Y}_4 = 316.24$	Concreto con 100% CR	$\bar{Y}_4 - \bar{Y}_5 = -111.46$
$\bar{Y}_5 = 427.70$	Concreto convencional	

Tabla 38

Prueba de Dunnet a 28 días de curado

PRUEBA DE DUNNET	DESICION	INTERPRETACION
$ \bar{Y}_1 - \bar{Y}_c = 37.77 < 62.84$	Concreto con 25% CR	Con el reemplazo de 25% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia cercana al adoquín convencional
$ \bar{Y}_2 - \bar{Y}_c = 92.14 > 62.84$	Concreto con 50% CR	Con el reemplazo de 50% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia medianamente cerca al adoquín convencional
$ \bar{Y}_3 - \bar{Y}_c = 99.85 > 62.84$	Concreto con 75% CR	Con el reemplazo de 75% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia medianamente lejana al adoquín convencional
$ \bar{Y}_4 - \bar{Y}_c = 111.46 > 62.84$	Concreto con 100% CR	Con el reemplazo de 100% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia lejana al adoquín convencional, sin embargo, llega a una resistencia aceptable

- Gráfica de las medias de los tratamientos y un control

Esta grafica permite hacer visualmente una comparación y estadística de las medias de los tratamientos. De manera determinada, los intervalos en la gráfica de medias, se obtienen con:

$$\left[\bar{Y}_{i.} - t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-K\right)} * \sqrt{\frac{CM_E}{n}} ; \bar{Y}_{i.} + t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-K\right)} * \sqrt{\frac{CM_E}{n}} \right]$$

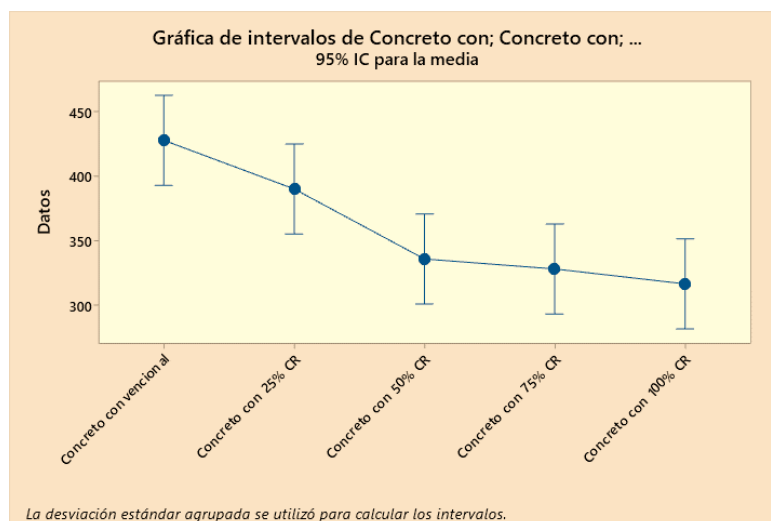
De esta forma, si dos intervalos se traslapan no se hallarán diferencias entre las medias de los tratamientos correspondientes.

$$\sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

Nótese que $\sqrt{\frac{CM_E}{n}}$ se está considerando como el fallo estándar o desviación estándar de la correspondiente media muestral. Por lo que se obtiene lo siguiente.

Figura 13

Intervalos de concreto



Nota. Elaborado en programa Minitab

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

- Hipótesis específica N°01: Los escombros de construcción y fibras de acero favorecen positiva y significativamente en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%, 50%, 75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023. Con los resultados que se muestran, se puede afirmar que la resistencia a la compresión de adoquín tipo II con el método estadístico de análisis de datos ANOVA; se indica reemplazando en un 25% el agregado grueso por escombros de construcción y fibras de acero supera los 380 kg/cm² de resistencia a la compresión por lo que este reemplazo favorece a la resistencia a la compresión.

- Hipótesis específica N°02: Los escombros de construcción y fibras de acero favorece positiva y significativamente en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023? Considerando los resultados obtenidos en la evaluación de la resistencia a la absorción del adoquín tipo II, no se confirma esta hipótesis ya que al reemplazar el agregado grueso por escombros de construcción disminuye la resistencia a la absorción del adoquín tipo II.

4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

El análisis de los datos para el diseño experimental con un solo factor se hizo a todos los resultados que se obtuvieron de los ensayos a la edad de los 28 días.

A. DEFINICION DE HIPÓTESIS

B. S NULA Y ALTERNA

Del ítem III.5.1.1. se tiene:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (hipótesis nula)

$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ (hipótesis alterna)

C. CALCULOS PARA EL ANOVA

Tabla 39

Cálculos para el Anova con 28 días de curado

CALCULO PARA EL ANOVA					
OBSERVACIONES	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A 28 DIAS				
	Concreto convencional	Concreto con 25%	Concreto con 50%	Concreto con 75%	Concreto con 100%
		CR	CR	CR	CR
	461.17	407.93	357.22	348.16	278.96
	396.72	350.10	344.29	344.96	354.38
	465.66	390.20	350.67	285.75	301.48

	387.24	411.48	290.04	332.50	330.13
PROMEDIO	427.70	389.93	335.56	327.84	316.24

El análisis de los datos para el diseño experimental con un único factor se realizó a todos los resultados que se recolecto de los ensayos a la edad de los 28 días.

Calculo de la suma de cuadrados

$$SC_T = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N} = 502312.74$$

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^K \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2}{N} = 400119.22$$

$$SC_E = SC_T - SC_{TRAT} = 16133.52$$

Luego se calcula los grados de libertad (GL), los cuadrados medios (CM) el estadístico de prueba de acuerdo a la tabla n.

$$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K-1} = 121544.80$$

$$CM_E = \frac{SC_E}{N-K} = 1075.57$$

$$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E} = 113.01$$

Calculo del valor – p:

El “valor – p” o valor de la significancia observada es el área bajo la curva de la distribución: $F_{k-1, N-k} = F_{4,15}$ a la derecha de

$F_0=113.01$; usando el programa de Minitab, se obtuvo:

Tabla 40

Cálculos para el valor -p, para 28 días de curado

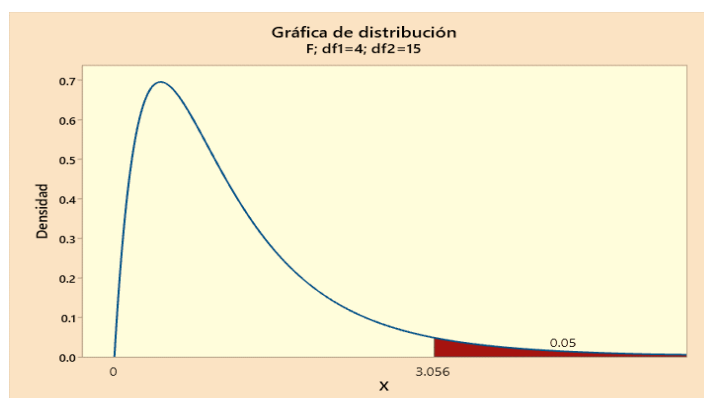
Fo	GL-N=K-1	GL-D=N-K
113.01	4	15
VALOR-P=P(F>F0)=		0

Valor – p = $p(F > F_0) = 0.000$

Y gráficamente se puede observar:

Figura 14

Distribución para los 28 días de curado



Nota. Elaborado en programa Minitab

Para este cálculo se usa las tablas de la distribución F, en el apéndice la tabla n, del que se lee el valor crítico F para $\alpha = 0.05$ es $F_{0.05,4,15} = 3.056$.

Construcción final de tabla para el ANOVA:

Tabla 41

Cálculos para el ANOVA

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor -P	Valor crit F
TRATAMIENTOS	486179.22	4.00	121544.80	113.01	0.00	3.06
ERROR	16133.52	15.00	1075.57			
TOTAL	502312.74	19.00	26437.51			

Luego $F_0 = 113.01 > F = 3.056$ Y VALOR $-P = 0.000 < \alpha = 0.05$

Entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_A con lo cual se concluye que si hay diferencia o efecto de la unión tratada en cuanto a la resistencia a la compresión del adoquín de concreto.

➤ **Verificación de supuestos**

Verificación del supuesto de normalidad:

Para verificar analíticamente el supuesto de normalidad se realizó la prueba de Shapiro-wilks, mediante las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos proceden de una distribución normal.

H_A : Los datos no proceden de una distribución normal. Los pasos para la prueba de Shapiro-Wilks son:

1. Se calculan los residuos e_{ij} , luego se ordenan de menor a mayor. Denotemos los datos ordenados por $X_1, X_2, \dots, X_I$

Tabla 42

Residuos del adoquín para el ANOVA a 28 días de curado

Descripción de la muestra	Observado	Predicho	Residuo
	(Y_{ij})		
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	%
M 01 - 0% CONVENCIONAL	461.17		33.47
	396.72	427.70	-30.98
	465.66		37.97
	387.24		-40.46
	407.93		18.00
M 01 - 25 % CONCRETO RECICLADO Y FIBRA DE ACERO	350.10	389.93	-39.83
	390.20		0.27
	411.48		21.55
	357.22		21.66
M 01 - 50 % CONCRETO RECICLADO Y FIBRA DE ACERO	344.29	335.56	8.73
	350.67		15.12
	290.04		-45.51
	348.16		20.32
M 01 - 75 % CONCRETO	344.96	327.81	17.12

RECICLADO Y	285.75	-42.10
FIBRA DE ACERO		
	332.50	4.66
	278.96	-37.28
M 01 - 100 %		
CONCRETO	354.38	38.14
RECICLADO Y	301.48	316.24
FIBRA DE ACERO		-14.75
	330.13	13.89

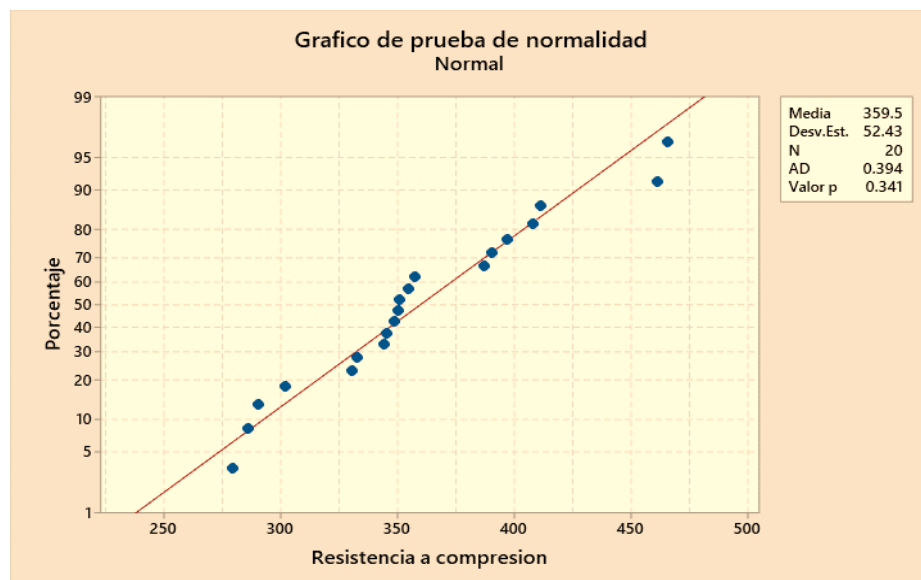
Se obtienen los coeficientes $a_1, a_2, \dots, a_k$, donde k es aproximadamente $n/2 = 20/2 = 10$ con el programa minitab. Se calcula el estadístico W con el programa minitab definido como:

$$W = \frac{1}{(n-1) * s^2} * \left[\sum_{i=1}^k a_i * (X_{(n-i+1)} - X_i) \right]^2$$

Donde S^2 es la varianza muestral. Lo anterior se resume en la siguiente tabla:

Figura 15

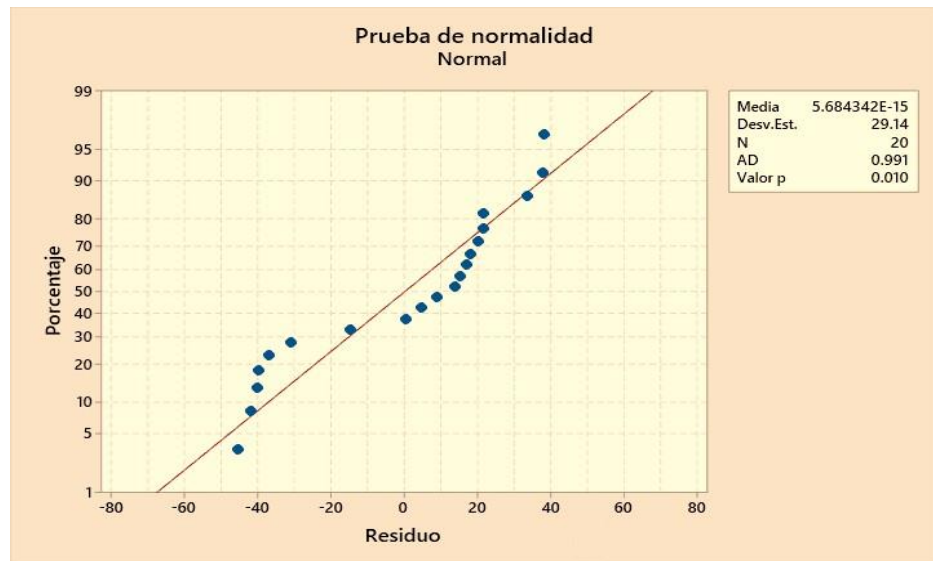
Prueba de normalidad a los 28 días de curado



Nota. Elaborado en programa Minitab

Figura 16

Probabilidad de los residuos a los 28 días de curado



Nota. Elaborado en programa Minitab

De lo anterior se observa que el supuesto de normalidad se cumple, concordando con lo analizado en la prueba de Shapiro- Wilks.

➤ Verificación del supuesto de varianza constante

Para verificar analíticamente el supuesto de homogeneidad de varianzas o varianza constante, se realizó el examen de Bartlett, mediante las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2 = \sigma^2 = \dots \sigma^2 = \sigma^2_k$$

$$H_A: \sigma^2_i \neq \sigma^2_j \text{ para algun } i \neq j$$

Los pasos para la prueba de Bartlett son:

1. Se tienen los k=5 tratamientos, de los que se calcularon los residuos e_{ij} , como se muestra en la tabla n.
2. Se calcula el estadístico X_o^2 definido como:

$$X_o^2 = \frac{\left[\ln \left(\frac{\sum S^2 * (n-1)}{\sum (n-1)} \right) * \sum (n-1) \right] - \sum \ln [S^2 * (n-1)]}{1 + \frac{k+1}{3 * (k-1) * (n-k)}}$$

Donde S^2 es la varianza muestral, $n=4$, luego se hacen los cálculos necesarios que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 43

Calculo para el estadístico de Bartlett de los datos a 28 días

GRUPOS	n	n-1	S^2	$S^{2*}(n-1)$	$\ln(S^2)$	$\ln(S^{2*}(n-1))$
CONVENCIONAL	4	3	1719.56	5158.68	7.45	8.55
25%	4	3	791.61	2374.83	6.67	7.77
50%	4	3	948.52	2845.56	6.85	7.95
75%	4	3	833.23	2499.69	6.73	7.82
100%	4	3	1084.91	3254.73	6.99	8.09
TOTAL	20	15		16133.49		40.19

Para verificar analíticamente el supuesto de homogeneidad de varianzas o varianza constante

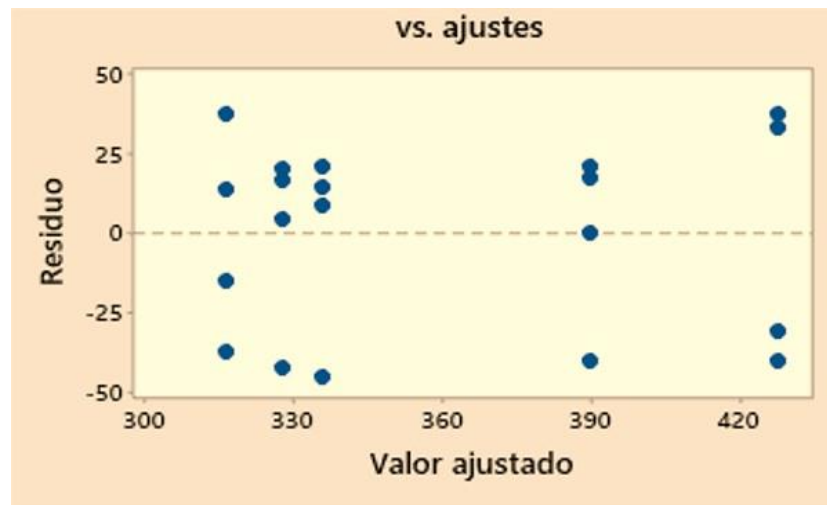
De los datos anteriores reemplazando en la formula se obtiene:

$X^2 = 62.441$. con el tamaño de tratamientos $k=5$, del programa de minitab se lee que el cuantil 95 es $X_{(\alpha,k-1)}^2 = X_{(0.05,4)}^2 = 9.488$.

3. Por último, el valor del estadístico es superior que su valor critico al nivel α seleccionado: $X_0^2 > X_{(\alpha,k-1)}^2$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y no se cumple el supuesto de varianza constante de los datos.
4. Para verificar gráficamente el supuesto de varianza constante se realizó la gráfica de predichos residuos contra $(\bar{Y}_y \text{ vs } e_{ij})$, que se muestra a continuación:

Figura 17

Residuos vs predichos a 28 días de curado



Nota. Elaborado en programa Minitab

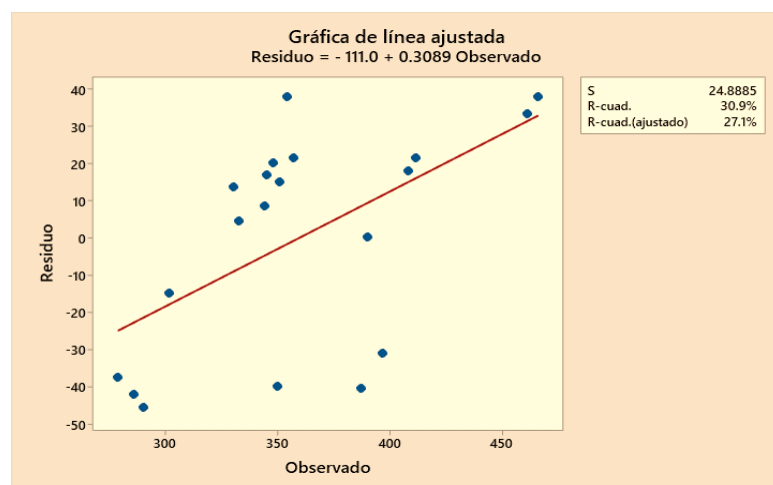
De la gráfica anterior se puede observar que el supuesto de varianza constante no se cumple, concordando con lo analizado en la prueba de Bartlett.

➤ **Verificación del supuesto de independencia**

Con los 20 residuos se procede a realizar la gráfica de orden de corrida contra residuos que se muestra a continuación:

Figura 18

Línea ajustada del residuo



Nota. Elaborado en programa Minitab

De lo anterior se observa que el supuesto de independencia se cumple ya que los datos tienen una tendencia aleatoria.

Luego se requiere comparar las resistencias de los adoquines de concreto adicionadas con escombros de construcción con respecto a la probeta convencional, para lo cual se siguen los siguientes pasos

➤ **Decisión de la prueba de hipótesis**

- Entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_A con lo cual se concluye que si hay diferencia o efecto de la unión tratada en cuanto a la resistencia a la compresión del adoquín de concreto.
- De la Hipótesis alterna H_A queda demostrado que es aceptada el 25% de concreto con material reciclado cumple con $F_c > 380 \text{ kg/cm}^2$ como se indica en la tabla 24 (el porcentaje de 50%, 75%, y 100% no alcanzaron el $F_c > 380 \text{ kg/cm}^2$).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se tiene el ANOVA para los 28 días de edad del concreto con escombros de construcción de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ y concreto convencional que se indica en la siguiente tabla:

Tabla 44

Análisis de varianza (ANOVA) para 28 días de curado

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor -P	Valor crit F
TRATAMIENTOS	486179.22	4.00	121544.80	113.01	0.00	3.06
ERROR	16133.52	15.00	1075.57			
TOTAL	502312.74	19.00	26437.51			

Nota. Análisis de Varianza según el error de Anova

De la tabla anterior se observa que $F_o=113.01$ es mayor al valor critico F y el valor $p = 0.000$ es menor que 0.05, por lo que se rechazó la hipótesis nula; además este análisis nos demuestra que existe variabilidad entre los tratamientos experimentales y de control ya que la suma de cuadrados de tratamientos (SC_{trat}) para 28 días es mucho más que la suma de cuadrados del error (SC_{error}); por lo que se concluye que la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ mediante el uso de escombros de construcción, supera cuando se reemplaza 25% de concreto reciclado y fibra a acero, y se encuentra cercano y con una resistencia aceptable cuando se reemplaza en 50%, 75% y 100%, este último superando en promedio los 316.24 kg/cm^2

Luego se tiene la prueba de Dunnett calculada en la tabla 62 para los 28 días de edad del concreto de $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción y concreto convencional como se muestra:

Tabla 45

Prueba de Dunnet 28 días de curado

PRUEBA DE DUNNET	DESICION	INTERPRETACION
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 = 37.77 < 62.84$	Concreto con 25% CR	Con el reemplazo de 25% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia cercana al adoquín convencional
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_3 = 92.14 > 62.84$	Concreto con 50% CR	Con el reemplazo de 50% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia medianamente cerca al adoquín convencional
$ \bar{y}_3 - \bar{y}_4 = 99.85 > 62.84$	Concreto con 75% CR	Con el reemplazo de 75% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia medianamente lejana al adoquín convencional
$ \bar{y}_4 - \bar{y}_5 = 111.46 > 62.84$	Concreto con 100% CR	Con el reemplazo de 100% de CR del agregado grueso, se obtiene una resistencia lejana al adoquín convencional, sin embargo, llega a una resistencia aceptable

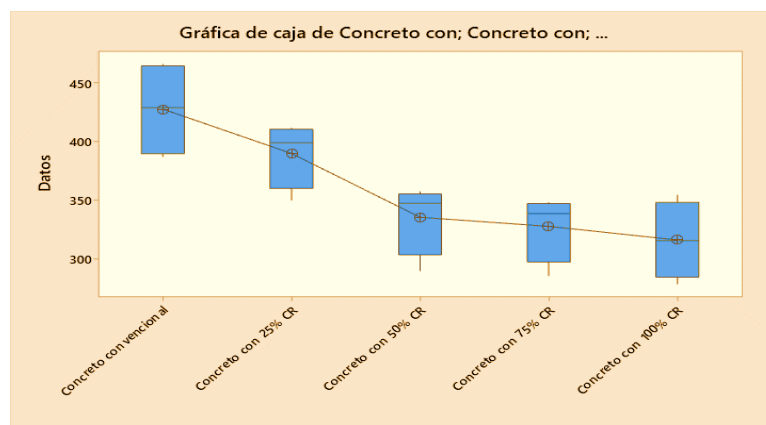
Nota. Intervalo de interpretación según el CR

Se observa que la diferencia entre la resistencia a la compresión del concreto de $f'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el reemplazo de escombros de construcción por el agregado grueso a un 25% de lo mencionado anteriormente en el diseño y el concreto convencional a los 28 días de curado es 37.77, su valor absoluto es el mismo valor y es inferior cercano al 62.84; y la diferencia entre la resistencia a la compresión del concreto de $f'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el reemplazo de escombros de construcción por el agregado grueso a un 50% de lo mencionado anteriormente en el diseño y el concreto convencional a los 28 días de curado es 92.14, su valor absoluto es el mismo valor y es superior al 62.84, y la diferencia que hay entre la resistencia a la compresión del concreto de $f'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con el

reemplazo de escombros de construcción por el agregado grueso a un 75% de lo mencionado anteriormente en el diseño y el concreto convencional a los 28 días de curado es 99.85, su valor absoluto es el mismo valor y es superior al 62.84 y finalmente la diferencia entre la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción como agregado grueso a un 100% de lo mencionado anteriormente en el diseño y el concreto convencional a los 28 días de curado es 111.46, su valor absoluto es el mismo valor y es superior lejano a 62.84; de lo que se concluye que se tienen mejoras en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$; de lo anterior se observa que a medida que se reemplaza el escombros de construcción en un porcentaje mayor por el agregado grueso disminuye su resistencia, siendo necesario precisar que la resistencia mínima promedio a los 28 días de curado es de 316.24 kg/cm², resistencia aceptable al reemplazar como agregado grueso en su totalidad al escombros de construcción; además con la prueba de Dunnett también se obtuvo la gráfica de medias como se indica:

Figura 19

Medidas a 28 días de curado



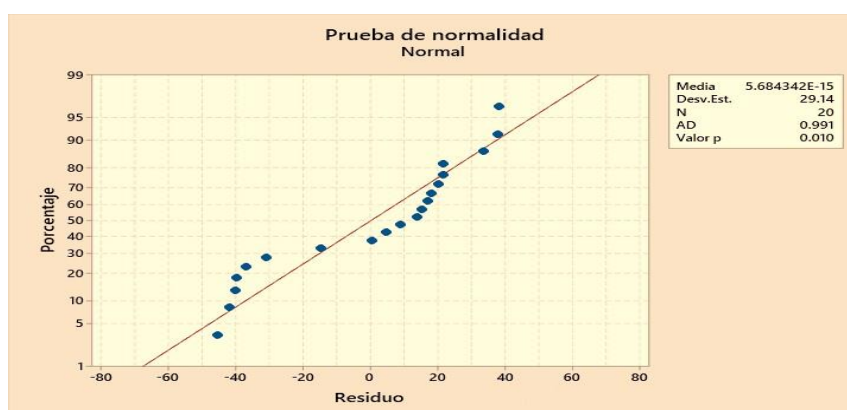
Nota. Elaborado en programa Minitab

De la Gráfico anterior se tiene: la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$ con el uso de escombros de construcción a los 28 días de curado se observa que su resistencia disminuye conforme se aumenta los escombros de construcción; en un 25% de reemplazo con respecto al concreto convencional es de 8.83% menor, cuando se reemplaza 50% de escombros de construcción se obtienen un 21.54% menor en su

resistencia a la compresión que en las probetas convencional, cuando se reemplaza 75% de escombros de construcción se obtienen un 23.35% menor en su resistencia a la compresión que en las probetas convencional y si se reemplaza en su totalidad a un 100% de escombros de construcción se obtiene un 26.06% menor respecto a la probeta convencional. Los supuestos para el análisis de resultado a los 28 días de edad de concreto se indica en la Figura 20 para la normalidad, Figura 21 para la varianza constante y la Figura 22 para la independencia; los mismos que se muestran a continuación:

Figura 20

Normalidad de los residuos a los 28 días de curado

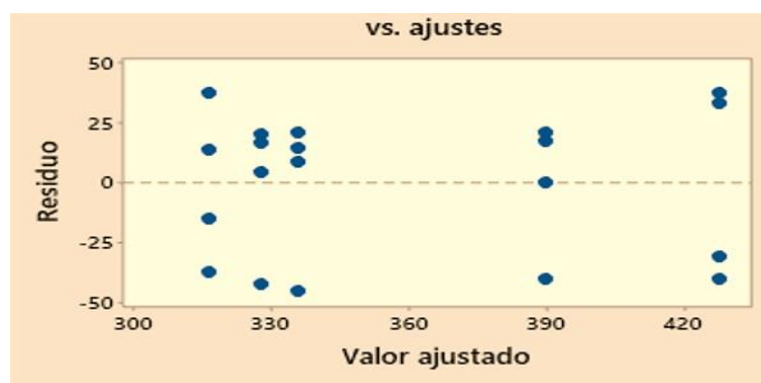


Nota. Elaborado en programa Minitab

En estos gráficos anteriores para el supuesto de normalidad se puede observa que todos los puntos tratan de ajustarse a la línea recta por lo que este supuesto se cumple con lo requerido.

Figura 21

Residuos vs predichos a 28 días de curado

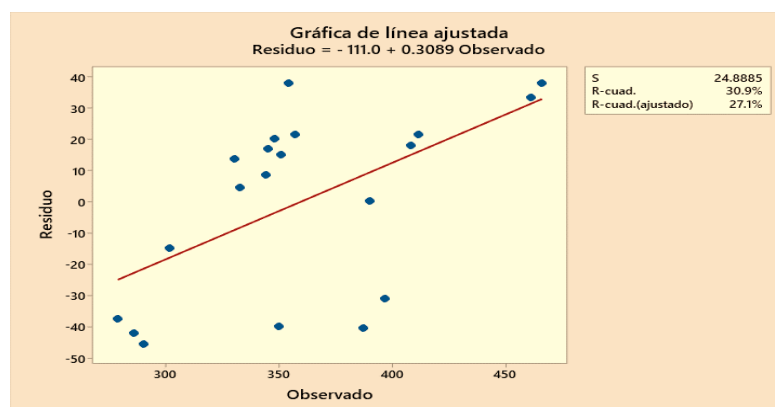


Nota. Elaborado en programa Minitab

De la Gráfico anterior, el supuesto de varianza constante no se cumple ya que se observa que los puntos del concreto de $f'c = 380\text{kg/cm}^2$ con uso de escombros de construcción a un 25% de 28 días de edad tienen varianza menor que de las probetas convencionales y además que las varianzas son cercanas, en adoquines de concretos con escombros de construcción a un 50% tienen menor varianza y además que son muy cercanas, similar en concretos con escombros de construcción a un 75% tienen menor varianza y además que son muy cercanas y cuando reemplazamos el 100% de escombros de construcción se tiene mayor varianza que en las mencionadas anteriormente y las probetas convencionales y que son cercanas en un grupo y en los restos no son muy cercanas, en los puntos de la probeta convencional se observa que sus varianzas son similares y que es mayor después del concreto con escombros de construcción en un 100%.

Figura 22

Independencia, residuos vs orden de corrida



Nota. Elaborado en programa Minitab

En la Figura 22 se observa que el supuesto de independencia se cumple para 28 días de edad de concreto ya que los puntos ordenados de acuerdo al orden de corrida no se ajustan a ninguna función o patrón no aleatorio; es decir los puntos son independientes

5.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 46

Resistencia individual y promedio a los 7 días de curado

N°	Descripción de la muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad	Área bruta	Carga Máxima	Resistencia obtenida	Resistencia requerida	Porcentaje obtenido respecto al requerido	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
					cm2	Kgf	Kg/cm2	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%
01	M 01 - 0% CONV	21/09/2023	28/09/2023	7	95.978	33592.997	350.01	380.00	92.11%		
02	M 02 - 0% CON	21/09/2023	28/09/2023	7	98.475	38209.179	388.01	380.00	102.11%		
										341.27	89.81%
03	M 03 - 0% CONV	21/09/2023	28/09/2023	7	97.020	29558.044	304.66	380.00	80.17%		
04	M 04 - 0% CONV	21/09/2023	28/09/2023	7	98.000	31596.424	322.41	380.00	84.85%		
05	M 01 - 25 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.998	29558.044	295.59	380.00	77.79%		
06	M 02 - 25 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	101.003	34914.528	345.68	380.00	90.97%	337.15	88.72%
07	M 03 - 25 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.998	34237.447	342.38	380.00	90.10%		

8	M 04 - 25 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	101.000	36858.076	364.93	380.00	96.03%		
09	M 01 - 50 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	98.500	31998.186	324.85	380.00	85.49%		
10	M 02 - 50 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.000	28484.3	287.72	380.00	75.72%	303.38	79.84%
11	M 03- 50 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	96.983	29935.333	308.67	380.00	81.23%		
12	M 04 - 50 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	97.500	28495.517	292.26	380.00	76.91%		
13	M 01 - 75 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	101.003	30535.936	302.33	380.00	79.56%		
14	M 02 - 75 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.003	31872.763	321.94	380.00	84.72%	303.25	79.80%
15	M 03- 75 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.998	28567.915	285.69	380.00	75.18%		
16	M 04 - 75 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	101.000	30606.296	303.03	380.00	79.75%		
17	M 01 - 100 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.998	25699.499	257.00	380.00	67.63%		
18	M 02 - 100 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	97.013	26643.741	274.64	380.00	72.27%	264.00	69.47%
19	M 03- 100 % CR	21/09/2023	28/09/2023	7	99.998	27475.817	274.77	380.00	72.31%		

Según Lovon y Lovon (2019), la resistencia de los adoquines de concreto con concreto reciclado a los 07 días de edad alcanzan una resistencia promedio de $f'c=261 \text{ kg/cm}^2$, en comparación con la presente tesis a los 07 días de edad en reemplazo del agregado grueso en un 25%, 50%, 75% y 100% alcanzan una resistencia de

337.15 kg/cm^2 , 303.38 kg/cm^2 , 303.25 kg/cm^2 y 264.00 kg/cm^2 que representa el 88.72%, 79.84%, 79.80% y 69.47% respectivamente, en los cuatro casos, los valores de la resistencia a la compresión están por encima de la tesis comparada a lo que se concluye que el aditivo acelerante influye en la ganancia de resistencia del adoquín de concreto en menor tiempo.

Figura 23

Resistencia individual a los 7 días en kg/cm²



Nota. Resistencia al 100% del CR

Tabla 47

Resistencia individual y promedio a los 14 días de curado

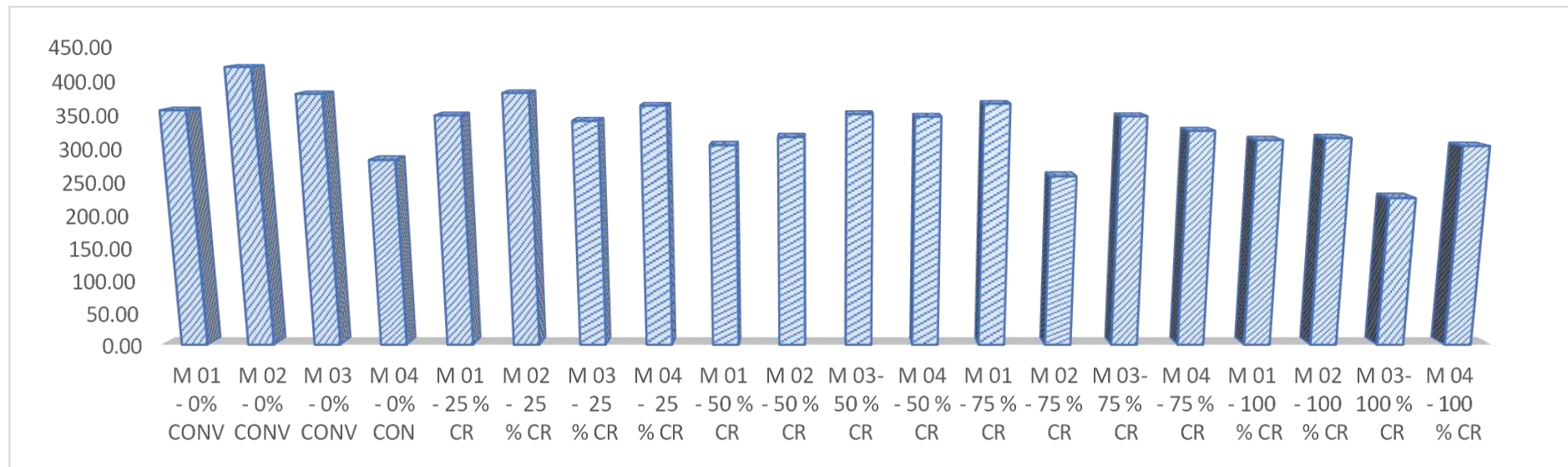
N°	Descripción de la muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad	Área bruta	Carga Máxima	Resistencia obtenida	Resistencia requerida	Porcentaje obtenido respecto al requerido	Resistencia a promedio	Porcentaje promedio
01	M 01 - 0% CONV	21/09/2023	5/10/2023	14	97.515	34681.017	355.65	380.00	93.59%		
02	M 02 - 0% CONV	21/09/2023	5/10/2023	14	96.525	40424.987	418.80	380.00	110.21%	359.09	94.50%
03	M 03 - 0% CONV	21/09/2023	5/10/2023	14	97.485	37013.071	379.68	380.00	99.92%		
04	M 04 - 0% CONV	21/09/2023	5/10/2023	14	96.525	27240.266	282.21	380.00	74.27%		
05	M 01 - 25 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	99.998	34812.558	348.13	380.00	91.61%		
06	M 02 - 25 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	99.978	38100.071	381.09	380.00	100.29%	357.97	94.20%
07	M 03 - 25 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	97.500	33158.605	340.09	380.00	89.50%		
08	M 04 - 25 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	98.993	35891.401	362.57	380.00	95.41%		
09	M 01 - 50 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	101.003	30726.62	304.22	380.00	80.06%	329.19	86.63%

10	M 02 - 50 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	103.013	32575.336	316.23	380.00	83.22%		
11	M 03- 50 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	104.545	36593.974	350.03	380.00	92.11%		
12	M 04 - 50 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	104.500	36186.094	346.28	380.00	91.13%		
13	M 01 - 75 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	103.525	37817.614	365.30	380.00	96.13%		
14	M 02 - 75 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	105.023	27078.134	257.83	380.00	67.85%	323.84	85.22%
15	M 03- 75 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	99.960	34669.8	346.84	380.00	91.27%		
16	M 04 - 75 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	100.495	32699.74	325.39	380.00	85.63%		
17	M 01 - 100 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	98.993	30853.063	311.67	380.00	82.02%		
18	M 02 - 100 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	96.000	30209.632	314.68	380.00	82.81%	288.63	75.95%
19	M 03- 100 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	99.978	22512.937	225.18	380.00	59.26%		
20	M 04 - 100 % CR	21/09/2023	5/10/2023	14	100.495	30447.222	302.97	380.00	79.73%		

Lovon y Lovon (2019), en su investigación usó residuos de construcción para calcular la resistencia de los adoquines de concreto con concreto reciclado a los 14 días de edad, alcanzando una resistencia promedio de $f'c=323 \text{ kg/cm}^2$, en comparación con la presente tesis donde al ensayar a los 14 días de edad el adoquín de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 25%, 50%, 75% y 100% alcanzan una resistencia de 357.97 kg/cm^2 , 329.19 kg/cm^2 , 323.84 kg/cm^2 y 288.63 kg/cm^2 que representa el 94.20%, 86.63%, 85.22% y 75.95% respectivamente, en los tres primeros casos, los valores de la resistencia a la compresión están por encima de la tesis comparada a lo que se concluye que el aditivo acelerante influye en la ganancia de resistencia del adoquín de concreto en menor tiempo; sin embargo al reemplazar en un 100% al agregado grueso la resistencia se encuentra por debajo de la tesis comparada

Figura 24

Resistencia individual a los 14 días en kg/cm²



Nota. Resistencia al 100% a los 14 días del CR

Tabla 48

Resistencia individual y promedio a los 28 días de curado

N°	Descripción de la muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad	Area bruta	Carga Máxima	Resistencia obtenida	Resistencia requerida	Porcentaje obtenido respecto al requerido	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
01	M 01 - 0% CONV	21/09/2023	19/10/2023	28	104.018	47969.747	461.17	380.00	121.36%		
02	M 02 - 0% CONV	21/09/2023	19/10/2023	28	98.008	38881.161	396.72	380.00	104.40%	427.70	112.55%
03	M 03 - 0% CONV	21/09/2023	19/10/2023	28	97.888	45582.629	465.66	380.00	122.54%		
04	M 04 - 0% CONV	21/09/2023	19/10/2023	28	98.993	38333.582	387.24	380.00	101.90%		
05	M 01 - 25 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	96.963	39554.163	407.93	380.00	107.35%		
06	M 02 - 25 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	97.510	34138.536	350.10	380.00	92.13%	389.93	102.61%
07	M 03 - 25 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	98.490	38430.454	390.20	380.00	102.68%		
08	M 04 - 25 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	98.500	40531.036	411.48	380.00	108.28%		
	M 01 - 50 %										

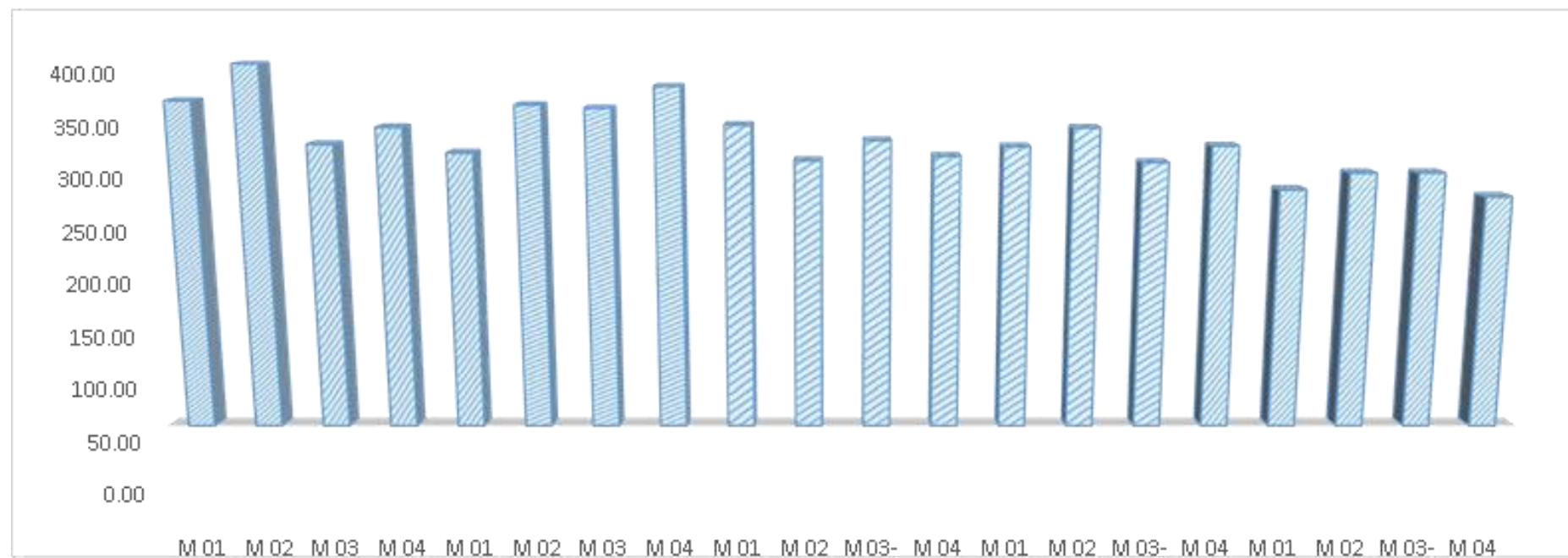
09	CR	21/09/2023	19/10/2023	28	101.003	36080.045	357.22	380.00	94.01%	335.56	88.30%
10	M 02 - 50 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	101.505	34947.158	344.29	380.00	90.60%		
11	M 03- 50 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	98.000	34365.929	350.67	380.00	92.28%		
12	M 04 - 50 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	101.505	29440.778	290.04	380.00	76.33%		
13	M 01 - 75 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	102.010	35516.151	348.16	380.00	91.62%		
14	M 02 - 75 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	103.978	35867.948	344.96	380.00	90.78%	327.84	86.27%
15	M 03- 75 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	100.940	28843.234	285.75	380.00	75.20%		
16	M 04 - 75 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	98.993	32914.896	332.50	380.00	87.50%		
17	M 01 - 100 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	102.983	28728.008	278.96	380.00	73.41%		
18	M 02 - 100 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	99.485	35255.108	354.38	380.00	93.26%	316.24	83.22%
19	M 03- 100 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	98.993	29844.58	301.48	380.00	79.34%		
20	M 04 - 100 % CR	21/09/2023	19/10/2023	28	99.000	32682.405	330.13	380.00	86.88%		

Nota. Ensayos al 100% de la resistencia promedio de las muestras

Según Lovon y Lovon (2019), la resistencia de los adoquines de concreto con concreto reciclado a los 28 días de edad alcanzan una resistencia promedio de $f'c=387 \text{ kg/cm}^2$, en comparación con la resistencia obtenida a los 28 días de edad para el adoquín de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 25%, 50%, 75% y 100% alcanzan una resistencia de 389.93 kg/cm^2 , 335.56 kg/cm^2 , 327.84 kg/cm^2 y 316.24 kg/cm^2 que representa el 102.61%, 88.30%, 86.27% y 83.22% respectivamente, en los tres últimos casos, los valores de la resistencia a la compresión están por debajo de la tesis comparada; sin embargo al reemplazar en un 25% al agregado grueso la resistencia se encuentra por encima de la tesis comparada.

Figura 25

Resistencia individual a los 28 días en kg/cm²



Nota. El porcentaje de absorción con 25% de CR es bueno como se muestra en la grafica en 28 días

5.3. PRUEBA DE ABSORCIÓN

Tabla 49

Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 7 días

N°	IDENTIFICACION	peso seco	peso saturado	absorción	promedio
		(g)	(g)	%	%
1	M 01 -C-7dias	1489	1502	0.87	0.96
2	M 02-C-7dias	1515	1530	0.99	
3	M 03 -C-7dias	1436	1451	1.04	
4	M 04-C-7dias	1522	1536	0.92	
5	M 01 -25% CR -7dias	1642	1669	1.64	1.41
6	M 02- 25% CR-7dias	1525	1545	1.31	
7	M 03 -25% CR-7dias	1505	1520	1.00	
8	M 04-25% CR-7dias	1616	1643	1.67	
9	M 01 -50 % CR-7dias	1644	1668	1.46	1.55
10	M 02- 50 % CR-7dias	1722	1746	1.39	
11	M 03 -50 % CR-7dias	1767	1799	1.81	
12	M 04-50 % CR-7dias	1645	1670	1.52	
13	M 01 -75 % CR-7dias	1587	1608	1.32	1.35
14	M 02- 75 % CR-7dias	1677	1705	1.67	
15	M 03 -75 % CR-7dias	1711	1731	1.17	
16	M 04-75 % CR-7dias	1766	1788	1.25	
17	M 01 -100 % CR-7dias	1635	1667	1.96	1.50
18	M 02- 100 % CR-7dias	1725	1750	1.45	
19	M 03 -100 % CR-7dias	1566	1584	1.15	
20	M 04-100 % CR-7dias	1614	1637	1.43	

Nota. Prueba de absorción de las 20 muestras al 100% con fibras de acero a un promedio máximo 1.50

Tabla 50

Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 14 días

N°	IDENTIFICACION	peso seco	peso saturado	absorción	promedio
		(g)	(g)	%	%
1	M 01 -C-14 días	1621	1638	1.05	1.05
2	M 02-C-14 días	1513	1528	0.99	
3	M 03 -C-14 días	1564	1581	1.09	
4	M 04-C-14 días	1420	1435	1.06	
5	M 01 -25% CR-14 días	1576	1599	1.46	1.54
6	M 02- 25% CR-14 días	1533	1556	1.50	
7	M 03 -25% CR-14 días	1672	1701	1.73	
8	M 04-25% CR-14 días	1563	1586	1.47	
9	M 01 -50 % CR-14 días	1715	1741	1.52	1.46
10	M 02- 50 % CR-14 días	1778	1801	1.29	
11	M 03 -50 % CR-14 días	1604	1626	1.37	
12	M 04-50 % CR-14 días	1578	1604	1.65	
13	M 01 -75 % CR-14 días	1682	1703	1.25	1.31
14	M 02- 75 % CR-14 días	1598	1617	1.19	
15	M 03 -75 % CR-14 días	1765	1788	1.30	
16	M 04-75 % CR-14 días	1736	1762	1.50	
17	M 01 -100 % CR-14 días	1558	1579	1.35	1.37
18	M 02- 100 % CR-14 días	1703	1730	1.59	
19	M 03 -100 % CR-14 días	1455	1474	1.31	
20	M 04-100 % CR-14 días	1674	1695	1.25	

Nota. Prueba de absorción de las 20 muestras al 100% con fibras de acero a un promedio máximo 1.54

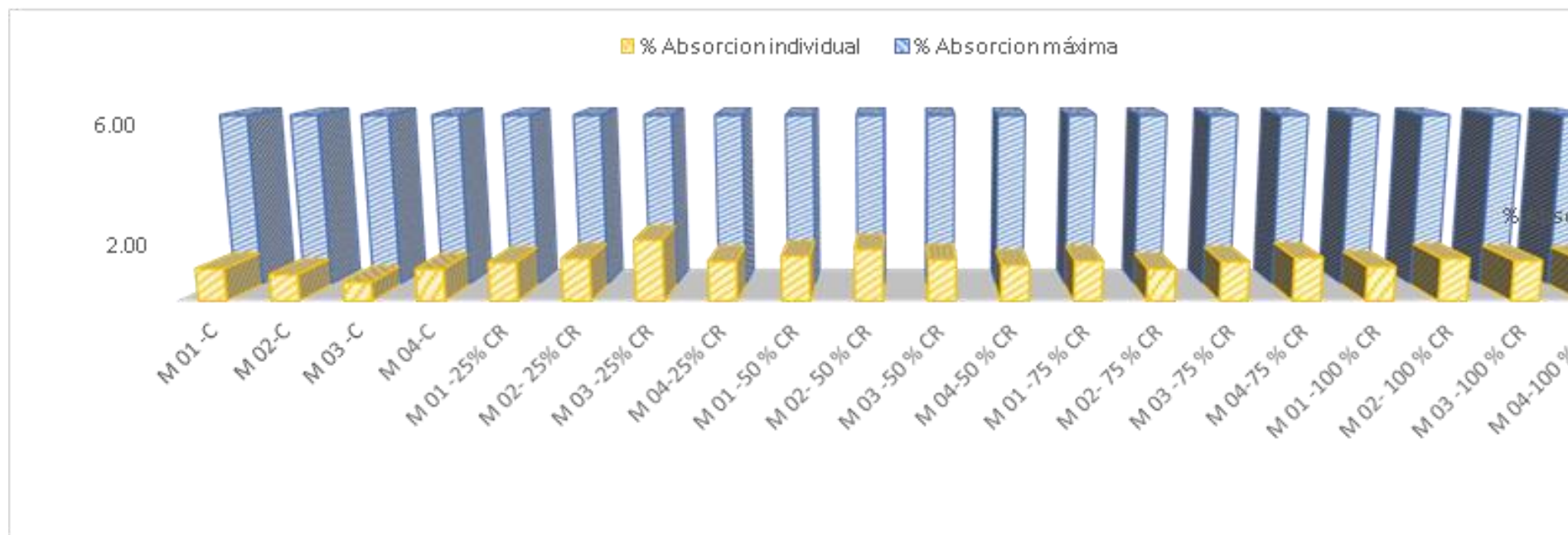
Tabla 51*Absorción del adoquín con concreto reciclado y fibra de acero en 28 días*

N°	IDENTIFICACION	peso seco	peso saturado	absorción	promedio
		(g)	(g)	%	%
1	M 01 -C-28días	1532	1549	1.11	0.94
2	M 02-C-28días	1541	1555	0.91	
3	M 03 -C-28días	1392	1401	0.65	
4	M 04-C-28días	1459	1475	1.10	
5	M 01 -25% CR-28días	1510	1530	1.32	1.56
6	M 02- 25% CR-28días	1509	1531	1.46	
7	M 03 -25% CR-28días	1675	1710	2.09	
8	M 04-25% CR-28días	1542	1563	1.36	
9	M 01 -50 % CR-28días	1745	1772	1.55	1.50
10	M 02- 50 % CR-28días	1801	1833	1.78	
11	M 03 -50 % CR-28días	1547	1569	1.42	
12	M 04-50 % CR-28días	1620	1640	1.23	
13	M 01 -75 % CR-28días	1812	1837	1.38	1.33
14	M 02- 75 % CR-28días	1715	1734	1.11	
15	M 03 -75 % CR-28días	1635	1657	1.35	
16	M 04-75 % CR-28días	1680	1705	1.49	
17	M 01 -100 % CR- 28días	1778	1799	1.18	1.34
18	M 02- 100 % CR- 28días	1784	1810	1.46	
19	M 03 -100 % CR- 28días	1583	1605	1.39	
20	M 04-100 % CR-28días	1645	1667	1.34	

Nota. Prueba de absorción de las 20 muestras al 100% con fibras de acero a un promedio máximo 1.56

Figura 26

Porcentaje de absorción del adoquín de concreto a 28 días



Nota. El porcentaje de absorción con 25% de CR es bueno como se muestra en la grafica

Según Sumari (2016) para una concentración de cemento de 508 kg/m³ la muestra reciclada tiene una absorción de 13.51% y para un contenido de cemento de 604 kg/m³, la muestra reciclada tiene una absorción de 13.21%; al comparar los resultados obtenidos en la ejecución de los ensayos realizados en la presente investigación, el porcentaje de absorción del adoquín de concreto se encuentra por debajo del 2% debido a la acción del aditivo acelerante que no permite que los agregados reciclados absorban rápidamente el agua, aunado a la adición de agua en el trompo antes de la colocación del cemento se obtiene porcentajes de absorción que cumplen la NTP 399.611.

5.4. DISEÑO DE MEZCLAS

➤ Cálculo de diseño de mezcla mediante ACI 211, 2-98:

Cálculo de la resistencia promedio

Se considerará la resistencia del promedio con que uno debe establecer una mezcla, teniendo en consideración lo siguiente f'_{cr} considerando la siguiente tabla:

Tabla 52

Resistencia Promedio

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Nota. La resistencia $f_c=380\text{kg/cm}^2$ y $f_c=410\text{kg/cm}^2$

Determinar el asentamiento y tamaño máximo nominal agregado.

El asentamiento se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 53

Consistencia y asentamientos

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0"(0mm) a 2"(50mm)
PLÁSTICA	3"(75mm) a 4"(100mm)
FLUIDA	$\geq 5"$ (125 mm)

Nota. Se considera apropiado en plástica para obtener mayor resistencia

Por lo cual usaremos el slump = 3"

Ahora bien el Tamaño Máximo Nominal, obtenido de los datos de los agregados previos al Diseño de Mezclas; siendo el Tamaño Máximo Nominal = $\frac{1}{2}$ "

Determinar el contenido de agua de diseño y el contenido de aire

Se determina el contenido de Agua de acuerdo al máximo tamaño nominal del agregado grueso, el cual es de 1/2 pulg., así también el aire incorporado que tendrá el concreto. Para ello se hará la siguiente tabla:

Tabla 54

Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire

Agua l/m3 para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicado			
Asentamiento con aire atrapado	3/8 pulgada	1/2 pulgada	3/4 pulgada
Concreto sin aire incorporado			
1-2	207	199	190
3-4	228	216	205
5-6	243	228	216
Concreto con aire incorporado			
1-2	181	175	168
3-4	202	193	184
5-6	216	205	197

Nota. Comité 211 ACI (2015) Tamaño máximo nominal

El comité 211 del ACI, que se debe considerar el Tamaño Máximo Nominal, su asentamiento o slump y teniendo en consideración si tiene o no aire incorporado. En nuestro caso el Tamaño Máximo Nominal es de 3/8", el slump varía de 3" - 4", y sin aire incorporado el valor sería:

$$\text{Volumen unitario de agua} = 228.55 \text{ Lt/m}^3$$

Determinar la Relación Agua Cemento (A/C)

Se determina la relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto, empleando la siguiente tabla:

Tabla 55*Relación agua- cemento y resistencia a compresión*

F'cr(Kg/cm ²)	RELACION AGUA CEMENTO APROXIMADA, EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Nota. Comité 211 ACI (2015) incorporación de aire

Ya que el valor que nosotros necesitamos es de $f'_{cr} = 478$ Kg/cm², interpolamos los datos para obtener la adecuada relación a/c:

$$\begin{array}{rcl}
 450 & \text{-----} & 0.38 \\
 410 & \text{-----} & X \\
 400 & \text{-----} & 0.43 \\
 X = 0.38 - (450-410) \times \frac{(0.38-0.43)}{(450-400)}
 \end{array}$$

$$X = 0.42$$

Factor cemento y Volumen del Cemento

Se calculó el factor cemento con la relación agua cemento y peso del Agua de mezcla:

$$\begin{aligned}
 FC &= \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c} \\
 FC &= \underline{542.857}
 \end{aligned}$$

Volumen del agregado grueso

Se determinó el volumen del agregado utilizando el módulo de fineza del agregado grueso estándar, de la siguiente tabla:

Tabla 56

Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto

TAMAÑO MAXIMO N. DEL AGREGADO	Volumen de agregado grueso seco y compactado con varilla por volumen unitario para diferentes módulos de fineza de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

Nota. Tabla de volumen de agregado grueso para el análisis de inerpolaridad

Teniendo en cuenta que el módulo de fineza de nuestro agregado combinado es de 2.38, se requiere interpolar:

2.40	-----	0.59
2.38	-----	X(ag)
2.60	-----	0.57

$$X = \frac{0.59 - (2.40 - 2.38) \times}{(0.59 - 0.57)}$$

$$(2.40 - 2.60)$$

$$X = 0.5922 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = 0.5922 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso: } 861.41 \text{ kg}$$

Volumen del aire

Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes depresiones y tamaños máximos nominales de agregados, se calculó el volumen de aire a partir del Porcentaje de aire Atrapado:

Porcentaje de aire Atrapado=2.5 %

$$\text{Volumen de aire} = \frac{2.5}{100}$$

Volumen del aire=0.025 m³

Tabla 57

Contenido de aire para diferentes tamaños máximos nominales

	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
% aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Nota. Cuadro de tamaño máximo para la interpolación al cálculo de volumen absoluto

Calculo del volumen absoluto

Tabla 58

Volumen absolutos

Descripcion	Cantidad	Unidad
Volumen de agua	0.228	M3
Volumen de cemento	0.172	M3
Volumen de agregado grueso	0.319	M3
Volumen de aire	0.025	M3
Total	0.744	M3

Nota. Descripción de la cantidad de volumen obtenido de las 20 muestras del ensayo en un promedio

Volumen de agregado fino =

1 - 0.744 Volumen absoluto

de arena =0.256 m³

Diseño de mezcla planteado

Tabla 59

Diseño de mezcla planteado

DISEÑO DE MEZCLA ADOQUIN DE CONCRETO $f'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$			
Proporción de materiales para 1.00 m3 de mezcla de concreto			
	Insumo	Cantidad	Unidad
Proporción en volumen de concreto $F'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$	Cemento Tipo I	1.00	kg
	Arena	1.24	kg
	Piedra chancada	1.59	kg
	Agua	18.82	Lt/bolsa
	Aditivo	0.5	Lt/bolsa
Proporción en volumen de concreto $F'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con 25%CR	Cemento Tipo I	1.00	kg
	Arena	1.24	kg
	Piedra chancada	1.19	kg
	Concreto reciclado y fibra de acero	0.4	kg
	Agua	18.82	Lt/bolsa
	Aditivo	0.5	Lt/bolsa
Proporción en volumen de concreto $F'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con 50%CR	Cemento Tipo I	1.00	kg
	Arena	1.24	kg
	Piedra chancada	0.795	kg
	Concreto reciclado y fibra de acero	0.795	kg
	Agua	18.82	Lt/bolsa
	Aditivo	0.5	Lt/bolsa
Proporción en volumen de concreto $F'_c = 380 \text{ kg/cm}^2$ con 75%CR	Cemento Tipo I	1	kg
	Arena	1.24	kg
	Piedra chancada	0.40	kg
	Concreto reciclado y fibra de acero	1.19	kg
	Agua	18.82	Lt/bolsa
	Aditivo	0.5	Lt/bolsa
Proporción en volumen	Cemento Tipo I	1	kg
	Arena	1.24	kg
	Piedra chancada	0	kg

de concreto $F'c = 380$ kg/cm ² con 100%CR	Concreto reciclado y fibra de acero	1.59	kg
	Agua	18.82	Lt/bolsa
	Aditivo	0.5	Lt/bolsa

Nota. Diseño de mezcla plateado

Según Girio (2015) en su tesis titulada “Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², utilizando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos por unidad vs concreto con agregado natural, barranca - 2015”. Al evaluar la influencia de dosificaciones de 25%, 50% y 100% en peso de agregados gruesos naturales reemplazados por agregados gruesos reciclados sobre la resistencia a la compresión, la mayor resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 21 y 28 días de edad para las resistencias 210 y 280 kg/cm², el reemplazo más óptimo es el 25% del agregado natural por el agregado reciclado, lo cual coincide con el presente estudio como se observa en la gráfica 07 donde el adoquín de concreto con 25 CR% supera los 380 kg/cm²

CONCLUSIONES

- Se llegó a las siguientes conclusiones tras la revisión y del análisis de los ensayos realizados para los agregados y los concretos en estudio, las variaciones de los resultados del adoquín de concreto convencional respecto al adoquín de concreto con el uso de escombros de construcción y fibra de acero, adicionando el aditivo acelerante Chema 3, son las siguientes

La variación de la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 25%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 son:

- A los 7 días disminuye 1.21%
- A los 14 días disminuye 0.31%
- A los 28 días disminuye 8.83%
- La resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 50%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 335.56 kg/cm²
 - A los 7 días disminuye 11.10%
 - A los 14 días disminuye 8.33%
 - A los 28 días disminuye 21.54%
- La resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 75%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 327.84 kg/cm²
 - A los 7 días disminuye 11.14%
 - A los 14 días disminuye 9.82%
 - A los 28 días disminuye 23.35%
- La resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado

grueso en un 100%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 316.24 kg/cm²

- A los 7 días disminuye 22.64%
 - A los 14 días disminuye 19.62%
 - A los 28 días disminuye 26.06%
- Del trabajo de investigación se ha demostrado que los adoquines de concreto con escombros de construcción y fibras de acero como material de reemplazo, adicionando el aditivo acelerante Chema 3, cumplen la Norma NTP 399.611, que menciona la norma como máximo de 6 % como promedio de tres muestras y de 7.5% por unidad individual de adoquín, obteniendo los siguientes resultados:
 - Porcentaje de absorción máxima de los adoquines de concreto convencional tiene un promedio de 0.94% cumpliendo la norma siendo menor al 6.00%
 - Porcentaje absorción máxima de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 25%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 1.56%, cumpliendo la norma siendo menor al 6.00%
 - Porcentaje absorción máxima de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 50%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 1.50%, cumpliendo la norma siendo menor al 6.00%
 - Porcentaje absorción máxima de los adoquines de concreto con adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 75%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 1.33%, cumpliendo la norma siendo menor al 6.00%
 - El porcentaje absorción máxima de los adoquines de concreto con

adición de escombros de construcción en reemplazo del agregado grueso en un 100%, adicionando aditivo acelerante Chema 3 a 28 días de curado es de 1.34%, cumpliendo la norma siendo menor al 6.00%

- El diseño optimo del adoquín de concreto con escombros de construcción y fibra de acero como material de reemplazo, adicionando el aditivo acelerante Chema 3 es a un 100% de reemplazo del concreto reciclado y fibra de acero del agregado grueso, ya que la resistencia individual del adoquín de concreto supera la resistencia de 340 kg/cm².

RECOMENDACIONES

- Como esta investigación es cuasi-experimental, los resultados obtenidos son propios de los parámetros establecidos, por lo que se recomienda interpolar los datos para posteriores trabajos de investigación, ya que un proyecto se define por las propiedades y cantidad de materiales utilizados.
- Para posteriores ensayos es preferible el empleo de máquinas trituradoras con el fin de obtener resultados con mayor precisión y uniformes.
- Para obtener resultados confiables y válidos se debe tomar en cuenta usar el método científico con la aplicación del diseño experimental en investigaciones para ingeniería ya que su análisis estadístico es el más preciso en pruebas experimentales.
- La elaboración de los adoquines de concreto en estudio tiene varias características considerables que se pueden aprovechar, cada proyecto debe ser analizado cuidadosamente para determinar la mejor opción en cada caso, haciendo un análisis cuidadoso y juicioso de todos los factores que intervienen en el . proceso del proyecto. Además de condiciones ambientales, estudios de ingeniería de tránsito, geotecnia, drenaje y subdrenaje, disponibilidad de materiales y equipos de construcción.
- En la ejecución de obras viales articuladas, se recomienda utilizar escombros de construcción en lugar de agregados gruesos, ya que permite fortalecer la integración de las comunidades vecinas para la creación de nuevos caminos, además contribuye a la reducción del concreto de demolición que se envía a vertederos y principalmente que su instalación y mantenimiento cuestan menos en comparación con las formas tradicionales existentes, por lo que genera impactos sociales, ambientales y económicos positivos.
- Se recomienda utilizar agregado grueso proveniente de la trituración de

escombros y con un 100% de reposición, considerando que la fuente sea de buena calidad y que el personal y equipo sean adecuados para el adecuado control: de las propiedades escombros, diseño de mezclas y control del hormigón fresco y endurecido.

- Se recomienda profundizar investigaciones en la utilización de los adoquines de concreto con escombros de construcción en zonas con heladas, debido a que el material poroso tiene facilidad de aguantar las heladas a comparación de un material denso
- Se recomienda más investigación sobre el uso de pavimentos de hormigón con escombros de construcción en áreas de congelación, ya que el material poroso puede resistir fácilmente la congelación en comparación con el material denso.
- Debido a la gran absorción del árido reciclado, se recomienda saturarlo con la misma agua antes de introducirlo en la mezcladora, con el fin de mejorar su trabajabilidad con el tiempo y evitar que los escombros de obra absorban el agua de amasado en menor tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, C. (1996). *Tecnología del Concreto*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- ASTM E 178:02 – Standard Practice for Dealing with Outlying Observations
- Alemán, F. y Cantos, S. (2016) *Evaluación del diseño de pavimentos con adoquines de concreto en las parroquias pertenecientes a la administración zonal quitumbe en el sur de Quito. Casos de estudio: Calles pertenecientes a las parroquias Chillogallo y la Ecuatoriana*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Baldeon, M. (1999). *Diseño de adoquines de concreto para carretera de tránsito pesado $f'c=210\text{kg/cm}^2$* . Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Corinaldesi V. and Moriconi, G. (2009). *Behaviour of Cementitious Mortars Containing Different Kinds of Recycled Aggregate*. Construction and Building Materials, 23, 289-294.
- Cruz García, J. A. (2004). Escombros de construcción. Recuperado de [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4860/284_CONCRETO%20REC ICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4860/284_CONCRETO%20REC%20ICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cuenca G. (2019). *Utilización de árido reciclado en morteros de albañilería*. Universidad de Granada, España.
- Girio, J. (2015). *Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm^2 , empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Bautista Lucio, P. (2008) *Metodología de la Investigación*. Mc Graw – Hill/Interamericana/S.A.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación* (2ed.). México: Thomson.
- Lovon A. y Lovon D. (2019) *“Evaluación comparativa de las propiedades Físico- Mecánicas del Adoquín 8 – Tipo II, utilizando agregado grueso procedente del escombros de construcción seleccionado, agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho, Cemento IP y agua potable*

- comparado según la NTP 399.611". (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco.*
- Martinez, I. & Mendoza, C. (2005). *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados*. Ingeniería Investigación y Tecnología, 7(3).
- Menéndez Acurio, J. R. (2016). *Ingeniería De Pavimentos*. Lima: Instituto de la Construcción Y Gerencia.
- Meza F. (2018). *Estudio de las características del escombros de construcción fresco y endurecido, con sustitución parcial y total del agregado grueso 2018*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MTC.
- Murphy, T. & Lau, A.T. 2008. *Manejo de valores atípicos. ¿Cómo se evalúa un valor aberrante o inconsistente único?* ASTM Standardization News.
- Nina B. y Condori E. (2018) *Evaluación e influencia de los aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento en especímenes de concreto usando cemento tipo IP en la ciudad de Tacna*. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- NTP 399.611. (2010). *Adoquines de concreto para pavimentos*. Lima: INDECOPI. NTP 400.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: INDECOPI.
- Ochoa J. (2006). *Pavimentación con adoquines hexagonales de concreto para tráfico de carga pesada. Aplicación experimental en la plataforma de descarga de las estaciones ferroviarias de Ancaya y Sta. Clara*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pérez, J. (2007). *Las Variables en el Método Científico*. Sociedad Química del Perú, 73(3), 171-177
- Ponce J. y Quinde B. (2018). *Revista Perú Construye*, 53, 78-79.
- Pacherres, W. (1997). *Determinación de las propiedades del concreto por la adición de aditivo acelerante de fragua utilizando cemento tipo II*. Tesis

- de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rivva, E. (1992). *Diseño de mezclas*. (1ed.). Lima: Editorial HOZLO S.C.R.L.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto* (1ed.). Lima: Capítulo Peruano del American Concrete Institute ACI PERÚ.
- Serrano M. (2011). *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados*. Ingeniería Investigación y Tecnología, 7(3).
- Sotil, A. (2014). Pavimentos. *Slideshare*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/kevinromerolatorre/tipos-de-pavimentos>
- Santos, M. (2019). *La arena recurso más utilizado*. Diario El ágora del agua.
- España Sumari, J. (2016). *Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento portland tipo 1*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Tingal, W. (2013). *Comparación entre el diseño de pavimento tradicional (aashto) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vélchez Murga de la ciudad de Cutervo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para Ingenieros Civiles*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Robles Cuestas, E. (2023). *Escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo ii, distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIONES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1975-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 06 de setiembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1352-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 434355-0000007768, del Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 434355-0000007768, presentado por el (la) Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 2103-2022-D-FI-UDH, de fecha 22 de octubre de 2022, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS al Mg. Joel Luis Guarniz Flores; quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 2103-2022-D-FI-UDH, de fecha 22 de octubre de 2022.

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS al Mg. Juan Augusto Vasquez Salcedo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Montano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nio

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1135-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de mayo de 2023

Visto, el Oficio N° 793-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2103-2022-D-FI-UDH, de fecha 24 de octubre de 2022, perteneciente al Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS se le designó como ASESOR(A) al Mg. Joel Luis Guarniz Flores, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 793-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Hamilton Denniss Abal García (Secretario) y Mg. Charly Fernando Rodríguez Ponce (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Morzono Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2174-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de setiembre de 2023

Visto, el Of. N° 1497-2023-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 434357-0000007770 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. **Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS**, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO - 2023"**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Art. N° 38 y 39 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Investigación (Tesis) por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad; y,

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **NOMBRAR**, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y FIBRAS DE ACERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN TIPO II, DISTRITO YANACANCHA, DEPARTAMENTO PASCO Y REGIÓN PASCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **Eduardo Antonio ROBLES CUESTAS**, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| ➤ Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas | PRESIDENTE |
| ➤ Mg. Bladimir Jhon Abal García | SECRETARIO |
| ➤ Mg. Charly Fernando Rodríguez Ponce | VOCAL |

Artículo Segundo. - Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Informe Final del Trabajo de Investigación (Tesis).

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE,



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Ing. Ethel Jhonys Muñoz Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Firma]
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

C PAIC - Mat. y Reg. Acad.- Interesado- Jurado (03)- Archivo
BCR/EJML/nio.

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL: • ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023?	OBJETIVO GENERAL • Evaluar en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023	HIPÓTESIS GENERAL H1: Los escombros de construcción y fibras de acero favorece positiva y significativamente en la resistencia a la compresión y absorción del adoquín tipo II en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023.	DEPENDIENTE • Y1: Resistencia a la compresión y absorción	Y1: Resistencia a la compresión y absorción Y2: Absorción	ENFOQUE INVESTIGACIÓN El tipo según el énfasis de manejo de datos será mixto, es decir cuantitativo y cualitativo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS • ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito YANACANCHA, departamento Pasco y región Pasco — 2023?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS • Determinar en qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023. • Establecer en qué medida	HIPOTESIS ESPECIFICOS H2: Los escombros de construcción y fibras de acero favorecen positiva y significativamente en la resistencia a la compresión del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pasco — 2023. H3: En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero favorece positiva y	INDEPENDIENTE • X1: Escombros de construcción y fibras de acero.	X1: Escombros de construcción X2: Fibras de acero	TIPO DE INVESTIGACIÓN Es un estudio descriptivo-comparativo.
					POBLACION/UNIVERSO • El universo de la investigación serán los adoquines de concretos en vías urbanas y la población está constituida por todos los adoquines Tipo II de escombros de construcción utilizando escombros de construcción provenientes de la fractura de briquetas de concreto de calidad $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$.

• ¿En qué medida favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó – 2023?

favorece los escombros de construcción y fibras de acero en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó — 2023

significativamente en la resistencia a la absorción del adoquín tipo II con agregado grueso a un 25%,50%,75% y 100% en el distrito Yanacancha, departamento Pasco y región Pascó — 2023.

MUESTRA

Se considera 60 adoquines tipo II de concreto de resistencia 210kg/cm² en la cual se reemplazó los agregados seleccionados por escombros de construcción y fibras de acero.

ANEXO 3

ENSAYOS DE LABORATORIO



PROYECTO: ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II UTILIZANDO ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y ADITIVOS ACCELERANTES EN VÍAS URBANAS

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (N.E.P. 00017 ASTM C-29)

I. PESO UNITARIO SUELTO

AGREGADO FINO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	9900	6015	6012
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	8117	4232	4229
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S. (3-4)*1000	kg/m ³	1497	1510	1516
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m ³		1507	

II. PESO UNITARIO COMPACTO

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6415	6402	6412
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4632	4619	4620
4	Volumen del Recipiente	m ³	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C	kg/m ³	1657	1648	1658
7	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m ³		1653	

III. HUMEDAD

		Nº	4		
1	Peso de la Tara	gr	0		
2	Peso de la Tara + Muestra Humeda	gr	5000.00		
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	4995.00		
4	Peso del Agua Contendida (2-3)	gr	5.00		
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr	4995.00		
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%	0.10		

5

Dirección: Urb. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILCO MARCA - HUANUCO - celular:
970093790 INVERSIONES-CHIEC-SRL@hotmail.com

PROYECTO: ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II UTILIZANDO ENCOMBRIDOS DE CONSTRUCCION Y ADITIVOS ACCELERANTES EN VÍAS URBANAS

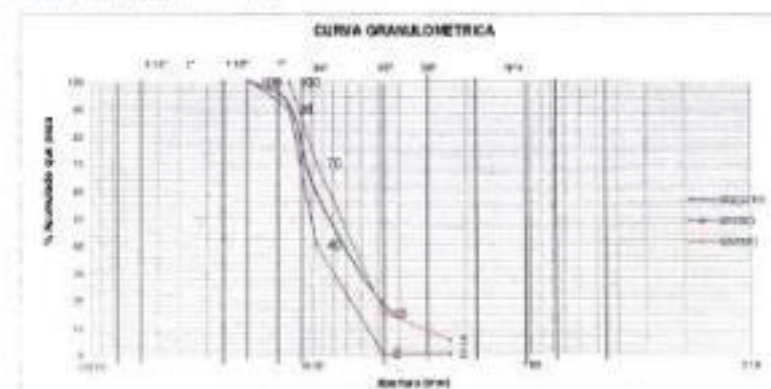
ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO (ASTM C 33) CONCRETO RECICLADO (C.R.)

Peso Específico: 2.70 g/cm³
 Humedad Natural: 0.07 %
 % Absorción: 5.95 %
 Peso Volumétrico Sucho: 1275 kg/m³
 Peso Volumétrico Compactado: 1455 kg/m³
 % Material Fino < Malla Nro. 200: 0.91 %
 Dureza Comprimidos: 7

Peso Muestra: 4530.00 gms.

TAMM	PTM	%	%	%	%	%
	RETENIDO	RETENIDO	PASA	ACUMULADA (%)	MIN	MAX
2 1/2"			100.00	0.00		
2"			100.00	0.00		
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00		
1"	0.00	0.00	100.00	0.00		
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	100	100
1/2"	586.00	8.57	91.43	85.7	100	100
3/8"	1098.00	23.87	66.37	41.63	400	700
Nro. 4	1650.00	36.18	18.19	23.80	0	150
Nro. 8	105.00	2.33	5.56	94.54	0	5
100.00	220.00	5.06	0.00	100.00		

Tamaño Máximo Nominal: 1/2"




Ing. Edwin Valenzuela
 CIP: 16820

F ₁₀	α
200.000	0.35
100	0.4
50	0.43

α = 0.42

6) **Factor Correctivo** = 542.805 = 12.77 metros de concreto

7) **Contenido de Agregado Grueso**

NOVENO (9) METODOS CORRENTES POR VOLUMEN (VOLUMEN)

Volúmenes de agregado grueso seco compactado con vacíos
por volúmenes totales para diferentes volúmenes de forma de concreto

Forma de concreto M. Jol Agregado	2.00	2.05	2.10	2.15	2.20	2.25	2.30	2.35	2.40
3.0"	0.50	0.48	0.46	0.44					
3.2"	0.50	0.47	0.45	0.43					
3.4"	0.50	0.46	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30
3.6"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
3.8"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
4.0"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
4.2"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
4.4"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
4.6"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
4.8"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29
5.0"	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29

M ₁	α
2.00	0.59
2.30	0.6
2.60	0.57

M₁ = 2.30

Contenido de Ag. Grueso α p = 0.5022 vol

8) **Determinación del volumen de aire atrapado**

De la tabla se obtiene el volumen del aire atrapado por m³ de concreto = 0.028 vol

9) **Contenido de agregado grueso**

Factor multiplicador el peso seco compactado del agregado grueso por el
Volumen del Agregado Grueso

Agregado grueso = 861.45 Kg

10) **Contenido de agregado fino**

- a. Volumen absoluto de agua = 0.236 m³
- b. Volumen absoluto del concreto = 0.172 m³
- c. Volumen absoluto del agregado grueso = 0.519 m³
- d. Volumen absoluto de aire = 0.025 m³
- e. Suma de volúmenes absolutos = 0.952 m³
- f. Volumen absoluto de arena = 0.236 m³
- g. Peso seco Arena = 674.95 Kg

4


Ing. Carlos Valverde Alar
CIP 78878

CONCRETO RECICLADO AL 40%

kg	litro
peso piedra	4
peso arena	4
Total concreto	96

PROPORCION

cemento	piedra	arena	agua
1	1.08	1.24	18.82
16	17.28	19.84	301.12
4.17	4.51	5.20	16.00

DOSIFICACION

cemento	piedra	arena	TOTAL
4.17	6.63	5.20	16.00

AGUA

42.5	18.82
4.17	1.849

WC

0.4290

CONCRETO RECICLADO AL 25%

cemento	piedra	arena	C.R	TOTAL
4.17	4.97	5.20	1.66	16.00

ADITIVO

42.5	0.50	LT
4.17	0.049	

CONCRETO RECICLADO AL 50%

cemento	piedra	arena	C.R	TOTAL
4.17	3.31	5.20	3.31	16.00

ADITIVO

42.5	0.50	LT
4.17	0.049	

CONCRETO RECICLADO AL 75%

cemento	piedra	arena	C.R	TOTAL
4.17	1.66	5.20	4.97	16.00

ADITIVO

42.5	0.50	LT
4.17	0.049	

CONCRETO RECICLADO AL 100%

cemento	piedra	arena	C.R	TOTAL
4.17	0.00	5.20	6.63	16.00

ADITIVO

42.5	0.50	LT
4.17	0.049	



Dr. Gerardo Villanueva Abad
 C.R. 11023

4



PROYECTO : "APOYQUES DE CONCRETO TIPO B UTILIZANDO ESCOMBROS DE CONSTRUCCION Y ADITIVOS ACILIRANTES EN LAS FIBRAS".

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.604

OBJETIVO: Documentar la resistencia a la compresión de los materiales de albañilería de concreto.

[illegible]

Adquiridos de concreto de 20x10x40 cm, con circulo y dobladura proporcional por el ancho de la

Capping: New + Cemento

Pressa Digital STYF - 3000 (Marka: KALZACORP)

CUADRO DE RESULTADOS.*

Ag	Exposición de la zona al día	Cancha de estacionamiento	Veredas de cemento	Edad	Cancha B (m ²)			Área de la cancha	3° etapa (Máximo)	1° etapa (Máximo)	Distancia en metros
					Cal 1	Cal 2	Cal 3		km ²	km ²	km ²
01	37,00 x 30,00 6.000 m ² (1800 x 30)	12,00 x 10,00	10,00 x 20,00	20	10,00	10,00	10,00	100,00	100,00	100,00	100,00
02	40,00 x 30,00 1.200 m ² (1200 x 30)	20,00 x 20,00	10,00 x 20,00	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	40,00 x 30,00 1.200 m ² (1200 x 30)	10,00 x 20,00	10,00 x 20,00	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	40,00 x 30,00 1.200 m ² (1200 x 30)	20,00 x 20,00	10,00 x 20,00	20	10,00	10,00	10,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Journal of Management Education 35(1)

L47 *Archipræda mitterei*

1.2.2.1. Large model forecasts

LA3: Archimedes' postulate

Large mean response

Nota: Las directrices que regirán en 2016 se están desarrollando actualmente. Se espera que estén disponibles en la forma

4

Dirección Urb. SAN ANDRÉS AZÚCAR IT. 6, P.O. BOX 10000 - HUANCLO - central 029601000 (SA) (P) 029601000 (SA)



PROYECTO : "ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II UTILIZANDO ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y ADITIVOS ACELERANTES EN VÍAS URBANAS"

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.604

OBJETIVO: Determinar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto.

NOBIMA TECNICA PERUANA SPT 316.604 "UNIDADES DE ALBANE FRLA, MÓDULO DE MUESTRO Y MÓDULO DE MUESTRO DE MUESTRO"

MUESTRA: Adequinos de concreto de 20x10x8 cm, con diámetro y densidad con proporciones adecuadas para el voladizo.

Capping Ycso - Cementing

EQUPOS;
Prensa Digital STYE - 2000, (Matriz: KATZACORP)CUADRO DE RESULTADOS^a 1

N°	Descripción de la muestra	Fecha de identificación	Fecha de análisis	Edad	Tamaño (mm)			Área (mm²)	Forma	Grav. Máxima	Grav. Mínima	Resistencia
					LxJ	LxL	LxH	H²		kg	kg	MPa
60	M 60 - 100 % CONCRETO RECTEADO	21/05/2020	01/07/2020	20	10.40	10.30	9.90	10.00	102.00	2972.00	2817.75	27.36
61	M 60 - 100 % CONCRETO RECTEADO	21/05/2020	09/07/2020	20	10.30	10.00	9.50	9.00	98.00	2828.00	2687.74	26.79
62	M 60 - 100 % CONCRETO RECTEADO	21/05/2020	09/07/2020	20	9.80	9.80	10.00	10.00	96.00	2844.00	2621.00	29.87
63	M 60 - 100 % CONCRETO RECTEADO	21/05/2020	09/07/2020	20	10.00	10.00	9.90	9.80	99.00	2765.00	2703.11	32.37

— *Quercus*

LAI Analysis method description

L42: Anche molto grande

Nota: Las dimensiones que resultan son según la mitad aproximada del ancho. De acuerdo a lo expuesto antes en la norma.

Light: Large indoor shelter

1.612 Large media studies

Directum: 1°b SAN ANDRÉS VZ "C" LT "67 PILICO MARCA - HUANICO - celular 020603300 INVERSIÓN/18 JULIA - SRL - Internet 1991



ABSORCIÓN EN UNIDADES DE ALBANILERÍA

PROYECTO : "ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II UTILIZANDO ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN Y ADITIVOS ACCELERANTES EN VÍAS URBANAS"

NORMA TECNICA PERUANA NTP 399.604

OBJETIVO: Determinar la absorción de las unidades de albanilería de concreto

REFERENCIAS: NORMA TECNICA PERUANA, NTP 399.604 " UNIDADES DE ALBANILERÍA.

MUESTRA: Adoquines de concreto de 20x10x8 cm. con diseño y dosificación proporcionados por el solicitante.

NRO.	IDENTIFICACION	peso seco		peso saturado		%	
		(g)		(g)		absorción	
1	M 01 -25% CR-28dlm	1510		1530		1.32	
2	M 02 -25% CR-28dlm	1508		1531		1.45	
3	M 03 -25% CR-28dlm	1675		1710		2.09	
4	M 04 -25% CR-28dlm	1542		1563		1.35	
				% Absorción Promedio		1.56	

$$A = \frac{P_s - P_{seco}}{P_{seco}} \times 100$$



4





University of London
Institution of Chemical Engineers

$$A = \frac{P_A - P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}}$$

NRO.	IDENTIFICACION	peso seco	peso saturado	% absorcion
1	M 01 - C-28d34	1532	1549	1.11
2	M 02 - C-28d35	2542	1555	0.91
3	M 03 - C-28d36	1992	1601	0.65
4	M 04 - C-28d35	1619	1475	1.10
			% Absorcion Promedio	0.94

$$A = \frac{P_A - P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}} \times 100$$

Adoquines de concreto de 20x10x8 cm, con diseño y dosificación proporcionados por el solicitante.

ANEXO 4

PANEL FOTOGRAFICO

TRABAJO EN LABORATORIO

