



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN
ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN
PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN,
CUSCO 2023”

Línea de investigación: Ciencia y Tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

Cuno Zapana, María Alexandra

([orcid.org/ 0009-0001-8704-6997](https://orcid.org/0009-0001-8704-6997))

Quispe Sullca, Annie Milagros

([orcid.org/ 0009-0001-5762-5082](https://orcid.org/0009-0001-5762-5082))

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Ing. Kildare Jussety Ascue Escalante

([orcid.org/ 0000-0003-1309-4280](https://orcid.org/0000-0003-1309-4280))

CUSCO - PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor 1	
Nombres y apellidos	Maria Alexandra Cuno Zapana
Número de documento de identidad	71428950
URL de Orcid	orcid.org/ 0009-0001-8704-6997
Datos del autor 2	
Nombres y apellidos	Annie Milagros Quispe Sullca
Número de documento de identidad	76907373
URL de Orcid	orcid.org/ 0009-0001-5762-5082
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Kildare Jussety Ascue Escalante
Número de documento de identidad	45246758
URL de Orcid	orcid.org/ 0000-0003-1309-4280
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Walter Roberto Álvarez Monterola
Número de documento de identidad	24660325
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Jorge Álvarez Espinoza
Número de documento de identidad	23818765
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Nico Yheison Gonzales Mamani
Número de documento de identidad	41604353
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Raul Tagle Sanchez
Número de documento de identidad	23965986
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Ciencia y Tecnología en el uso de materiales



Digital Receipt

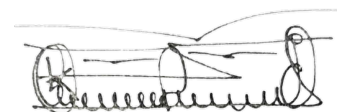
This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: **MARIA ALEXANDRA CUNO ZAPANA**
 Assignment title: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MEC...**
 Submission title: **TESIS ADOQUIN**
 File name: **TESIS_FINAL_-_ADOQUIN_-_CUNO_-_QUISPE_-_15-12-23.pdf**
 File size: **18.72M**
 Page count: **288**
 Word count: **50,113**
 Character count: **250,622**
 Submission date: **18-Dec-2023 03:29PM (UTC-0500)**
 Submission ID: **2262145232**



Copyright 2023 Turnitin. All rights reserved.





TESIS CUNO M - QUISPE A

por Maria - Annie Cuno - Quispe

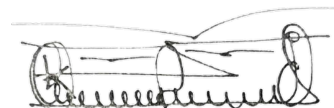
Fecha de entrega: 23-sep-2023 00:23p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2174717429

Nombre del archivo: TESIS_ADOQUIN_CUNO-QUISPE.pdf (21.45M)

Total de palabras: 49398

Total de caracteres: 247608





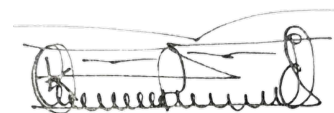
TESIS ADOQUIN

ORIGINALITY REPORT

17% SIMILARITY INDEX	15% INTERNET SOURCES	4% PUBLICATIONS	3% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.upla.edu.pe Internet Source	5%
2	repositorio.uandina.edu.pe Internet Source	5%
3	docplayer.es Internet Source	2%
4	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	1%
5	es.scribd.com Internet Source	1%
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Internet Source	1%
7	vsip.info Internet Source	1%
8	AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "ITS para la Ampliación de las Operaciones de la Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos del	1%





Dedicatoria

Esta investigación la dedicamos a Dios, al universo, a nuestros queridos padres Hernán Cuno Soncco, Jacqueline Eva Zapana Vargas y Ernesto Quispe Villa, Celestina Sullca Moreno, por su amor, paciencia y apoyo incondicional de manera económica y moral. A nuestros hermanos Jennifer y Johan, familiares y amigos más cercanos, y a nuestras mascotas, a todos ellos que son lo más valioso que Dios nos ha dado.

María & Annie



Agradecimientos

Agradecemos a Dios y al universo, por guiarnos y darnos aprendizajes, agradecemos a nuestros padres por los valores que nos inculcaron y sus buenos deseos, a nuestros hermanos por las experiencias juntos, al Ing. Abelardo por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la tesis, al Ing. Cesar Marín e Ing. Manuelito que contribuyeron con sugerencias y críticas constructivas. Al señor Jorge por brindarnos sus conocimientos y experiencia al realizar los adoquines. A nuestros amigos por el tiempo compartido y los buenos recuerdos durante nuestro periodo universitario y a nuestro asesor Ing. Kildare por la confianza y el apoyo que nos brindó para la culminación de esta tesis.

GRACIAS TOTALES

Annie & María



Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar las propiedades físico – mecánicas de un adoquín con sustitución de plástico PET, en porcentajes de 15%, 25% y 35% con respecto a un adoquín patrón, esta investigación tiene un diseño cuasi – experimental, por el motivo que se cuenta con una variable independiente la cual vendría a ser el plástico PET reciclado triturado, que al ser manipulado en porcentajes causa una variación en la variable dependiente, la cual vienen a ser las propiedades físico – mecánicas del adoquín tipo I.

El plástico triturado lo obtuvimos de una recicladora ubicada en Huasao, los agregados usados en la tesis fueron agregado fino (Arena de Cunyac), Agregado grueso (piedra de 3/8 de vicho) y confitillo (vicho), este último ayudo a equilibrar los agregados para que estén dentro de la curva granulométrica. Para la realización de los ensayos se tuvo que realizar en total 116 adoquines para que estos sean sometidos a ensayos, de absorción, densidad, resistencia a la compresión y flexión. Para esto nos apoyamos en las normas NTP 399.611 y la ITINTEC 399.124 para el ensayo de flexión. Todos los ensayos que se desarrollaron en nuestra tesis fueron en el laboratorio de la universidad Andina del Cusco, distrito de San Jerónimo, departamento de Cusco. Para el diseño de mezcla se usó la ACI 211, una vez hecho el diseño los porcentajes de plástico PET en la elaboración de adoquines fueron sustituidos en porcentajes de 15%, 25% y 35% de acuerdo al peso retenido en cada tamiz del agregado grueso.

Nuestro adoquín patrón, tuvo una resistencia a la compresión a los 28 días de 347.64 kg/cm², teniendo así que el adoquín al que se le adiciono 15% de plástico PET llego a una resistencia de 323.70 kg/cm², siendo este grupo el que estuvo más próximo a llegar a la resistencia que menciona la norma, por ello se puede decir que a mayor cantidad de plástico PET, menor será la resistencia. En cuanto al ensayo de flexión los resultados fueron óptimos para todas las unidades de adoquín, tanto para los adoquines patrón como para los que tienen sustitución con plástico PET. También se observó que los adoquines con porcentaje de plástico PET presentan mayor adherencia en comparación al adoquín patrón. La trabajabilidad durante el vaciado de adoquines se hizo dificultosa debido al tamaño del plástico PET.

Palabras clave: Adoquín, plástico PET, propiedades físico - mecánicas



Abstract

The objective of this research is to analyze the physical-mechanical properties of a paver with PET plastic replacement, in percentages of 15%, 25% and 35% with respect to a pattern paver, this research has a quasi-experimental design, for which For this reason, there is an independent variable which would be the crushed recycled PET plastic, which when manipulated in percentages causes a variation in the dependent variable, which is the physical-mechanical properties of the type I paving stone.

We obtained the crushed plastic from a recycler located in Huasao, the aggregates used in the thesis were fine aggregate (Cunyac sand), coarse aggregate (3/8 vicho stone) and confitillo (vicho), the latter helped balance the aggregates so that they are within the granulometric curve. To carry out the tests, a total of 116 pavers had to be made so that they were subjected to tests on absorption, density, compression and bending resistance. For this we rely on the NTP 399.611 and ITINTEC 399.124 standards for the bending test. All the tests that were developed in our thesis were in the laboratory of the Andina University of Cusco, district of San Jerónimo, department of Cusco. For the mix design, ACI 211 was used. Once the design was made, the percentages of PET plastic in the production of pavers were replaced in percentages of 15%, 25% and 35% according to the weight retained in each sieve of the coarse aggregate.

Our standard paver had a compressive strength at 28 days of 347.64 kg/cm², thus having the paver to which 15% of PET plastic was added reached a resistance of 323.70 kg/cm², this group being the one that It was closer to reaching the resistance mentioned in the standard, so it can be said that the greater the amount of PET plastic, the lower the resistance. Regarding the bending test, the results were optimal for both the pattern pavers and those that have been replaced with PET plastic. It was also observed that pavers with a percentage of PET plastic have greater adhesion compared to the pattern paver. Workability during paver pouring became difficult due to the size of the PET plastic.

Keywords: Cobblestone, PET plastic, physical - mechanical properties



Introducción

Alrededor del mundo se tiene un factor que afecta al planeta y a los habitantes, el cual es provocado por las mismas personas. Para tener una idea más clara de lo que está sucediendo en el planeta, la ONU Medioambiente ha indicado que alrededor de 13 millones de toneladas de plástico llegan al océano, generando daños en el ecosistema, la biodiversidad, hábitats de especies en riesgo o peligro de extinguirse y en la salud humana y que si no se toman medidas para el 2050 aproximadamente 12000 millones de toneladas de residuos plástico estarán en la naturaleza (ONU, 2018)

En la Ciudad de cusco, así como en muchos lugares del mundo, se presenta un problema general en cuanto a la gestión de residuos sólidos, en este caso sería el plástico PET. Este genera contaminación al medio ambiente, y baja la calidad de vida de las personas. El diario (LA HORA, 2018) nos comenta que en el país las personas no son ajenas a esta problemática pues se tiene un promedio de 23 mil toneladas diarias de residuos sólidos, entre los cuales se encuentran los residuos plásticos como primordial causante de esta contaminación; siendo la parte fundamental de este problema.

Por este motivo, en esta investigación se va utilizar lo que es el plástico PET, este se va emplear de manera triturada, el cual será sustituido en porcentajes de 15%, 25% y 35% con respecto al peso del agregado grueso, se toman estos valores debido a que se revisó los antecedentes, en ellos se encontró que se utilizó el plástico PET en porcentajes menores, por tal motivo se experimentó con un porcentaje mucho mayor. Lo que se quiere la realizar esta investigación es probar, que propiedades puede tener un adoquín al sustituir el plástico PET con porcentajes mayores, ya que solo se ha experimentado en otras investigaciones con porcentajes mínimos de plástico PET. Se ha de considerar 116 unidades, de las cuales 29 unidades serán de adoquín patrón, 29 unidades de adoquín con adición del 15% de PET, 29 unidades de adoquín con adición de 25% de PET y 29 unidades de adoquín con adición de 35% de PET. Estas serán sometidas a ensayos por cada porcentaje de adición (60 unidades para el ensayo de resistencia a la compresión, 12 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión, 24 unidades para el ensayo de absorción y 20 unidades para ensayo de densidad). Lo que se quiere lograr es elaborar adoquines ecosostenibles que cumplan con las mismas funciones de un adoquín tipo I (uso peatonal) convencional. Para ello se consideró estas evaluaciones, tomando en cuenta las normas técnicas NTP 399.611 (Unidades de albañilería), ITINTEC 399.124 y NTP 399.604. Las unidades de albañilería serán analizadas en porcentajes de 15%, 25% y 35%, en comparación de nuestro adoquín patrón.



Índice General

Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción	10
1. Capítulo I: Planteamiento del Problema	20
1.1. Identificación del problema	20
1.1.1. Descripción del problema	20
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	24
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación	25
1.2.1. Justificación técnica	25
1.2.2. Justificación Social	25
1.2.3. Justificación por viabilidad	25
1.2.4. Justificación por relevancia.....	26
1.3. Delimitación de la investigación	26
1.4. Objetivo de la investigación.....	26
1.4.1. Objetivo General.....	26
1.4.2. Objetivos Específicos.....	27
Capítulo II: Marco Teórico	28
2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual	28
2.1.1. Antecedente a Nivel Local	28
2.1.2. Antecedentes Nacionales	29
2.1.3. Antecedentes Internacionales.....	31
2.2. Bases Teóricas.....	33
2.2.1. Plástico.....	33
2.2.2. Polietileno Tereftalato (PET).....	33
2.2.3. Reciclaje.....	36
2.2.4. Residuos PET en la ciudad del Cusco.....	37
2.2.5. Adoquín	38
2.2.6. Cemento	44
2.2.7. Agregados	46
2.2.8. Agua.....	51
2.2.9. Aditivos.....	51
2.2.10. Concreto	51
2.2.11. Diseño de mezcla de concreto	52
2.3. Hipótesis	55
2.3.1. Hipótesis General	55
2.3.2. Hipótesis Específicas	55
2.4. Definición de Variables.....	56



2.4.1. Variables	56
2.4.2. Operacionalización de Variables.....	57
Capítulo III: Método	58
3.1. Metodología de la investigación	58
3.1.1. Enfoque de la investigación	58
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación	58
3.2. Diseño de la Investigación	58
3.2.1. Diseño Metodológico	58
3.2.2. Diseño de Ingeniería	59
3.3. Población y muestra	60
3.3.1. Población.....	60
3.3.2. Muestra	60
3.4. Instrumentos.....	64
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos.....	64
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	78
3.5. Procedimiento de recolección de datos y análisis de datos	78
3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos.....	78
3.5.2. Cálculos vinculados con pruebas de laboratorio	132
3.5.3. Diseños.....	195
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	202
4.1. Tolerancia dimensional NTP 399.604.....	202
4.2. Densidad NTP 399.604	204
4.3. Absorción NTP 399.604.....	205
4.4. Resistencia a la compresión NTP 399.604.....	208
Resistencia a la flexión ITINTEC 339.124	214
Capítulo V: Discusión.....	216
5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes.....	216
5.2. Interpretación de resultados obtenidos en la investigación.	216
5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis	218
5.4. Aporte de la investigación.....	218
Conclusiones	219
Sugerencias	222
Referencias.....	223
Apéndices.....	224



Índice de Tablas

Tabla 1: Gestion integral de residuos solidos.....	20
Tabla 2: Población por provincias.....	21
Tabla 3: Composición química del PET	34
Tabla 4: Datos técnicos del PET	35
Tabla 5: Siete categorías para clasificar plásticos	36
Tabla 6: Espesor nominal y resistencia a la compresion.....	39
Tabla 7: Resistencia a la flexión	40
Tabla 8: Tolerancia dimensional.....	40
Tabla 9: Absorción.....	41
Tabla 10: Tabla de límites permitidos.....	47
Tabla 11: Granulometria del agregado fino	50
Tabla 12: Granulometria del agregado grueso	50
Tabla 13: Resistencia mecánica	50
Tabla 14 : Limites permisibles para el agua de mazcla y curado	51
Tabla 15: Agua de mezclado según el slump – en litros	53
Tabla 16: Relación agua – cemento (a/c) por resistencia a la compresión en kg/cm2	54
Tabla 17: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto según el tamaño máximo	54
Tabla 18: Obtención del porcentaje de aire atrapado según el tamaño máximo del agregado	55
Tabla19: Cuadro de operacionalización de variables.....	57
Tabla 20: Cuantificación de la muestra.....	61
Tabla 21: Cuantificacion de la muestra para ensayo de resistencia a la compresion	61
Tabla 22: Cuantificacion de la muestra para ensayo de resistencia a la flexion.....	62
Tabla 23: Cuantificacion de la muestra para ensayo de absorción y densidad.....	62
Tabla 24: Ficha para ensayo de la Malla N°200	64
Tabla 25: Ficha para ensayo de granulometria de agregados finos	65
Tabla 26: Ficha para ensayo de granulometria de agregado grueso.....	66
Tabla 27: Ficha para ensayo de peso unitario y vacíos en agregado fino.....	67
Tabla 28: Ficha para ensayo de peso unitario y vacíos de agregado grueso	68
Tabla 29: Ficha ensayo de peso especifico y absorcion de agregados finos	69
Tabla 30: Ficha para ensayo de peso especifico y absorción de agregados gruesos	70
Tabla 31: Ficha para ensayo de Contenido de humedad para agregados	71
Tabla 32: Ficha para ensayo de Abrasión los Ángeles	72
Tabla 33: Ficha para ensayo de tolerancia dimensional.....	73
Tabla 34: Ficha para ensayo de densidad de los adoquines	74
Tabla 35: Ficha para ensayo de absorción de adoquines.....	75
Tabla 36: Ficha para ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines.....	76
Tabla 37: Ficha para ensayo de resistencia a la flexión de adoquines.....	77
Tabla 38: Datos obtenidos en el ensayo de Malla N°200.....	80
Tabla 39: Datos del ensayo de Ganulometria Agregado Fino.....	84



Tabla 40: Datos del ensayo de Granulometria Agregado Grueso	85
Tabla 41: Datos del ensayo de Granulometria PET	86
Tabla 42: Datos del ensayo de Peso especifico y absorción de Agregados Finos	90
Tabla 43: Datos del ensayo de Peso especifico y Absorción de Agregados gruesos	93
Tabla 44: Datos de ensayo de de Peso unitario suelto y compactado de agregado fino	97
Tabla 45: Datos de ensayo de de Peso unitario suelto y compactado de agregado grueso	98
Tabla 46: Datos del ensayo de contenido de humedad de los agregados	100
Tabla 47: Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles	104
Tabla 48: Datos del ensayo de Tolerancia dimensional de adoquines	114
Tabla 49: Datos del ensayo de densidad de adoquines	118
Tabla 50: Datos del ensayo de absorción de adoquines	122
Tabla 51: Datos del ensayo de resistencia a la compresion de adoquines a los 28 dias de edad	125
Tabla 52: Datos del ensayo de resistencia a la compresion de adoquines a los 21 dias de edad	126
Tabla 53: Datos del ensayo de resistencia a la compresion de adoquines a los 28 dias de edad	127
Tabla 54: Datos del ensayo de resistencia a la flexión de adoquines a los 28 dias de curado	131
Tabla 55: Porcentaje de agregado fino que pasa por la malla N°200	132
Tabla 56: Porcentaje de agregado grueso que pasa por la malla N°200	132
Tabla 57: Granulometria de agregado fino	133
Tabla 58: Granulometria de agregado grueso	134
Tabla 59: Granulometria de plástico PET	134
Tabla 60: Peso especifico de agregado fino	138
Tabla 61: Peso especifico de gregado grueso	139
Tabla 62: Peso unitario suelto de agregado fino	141
Tabla 63: Peso unitario compactado de agregado fino	141
Tabla 64: Peso unitario suelto de agregado grueso	142
Tabla 65: Peso unitario compactado de agregado grueso	142
Tabla 66: Porcentaje de humedad de agregado fino	143
Tabla 67: Porcentaje de humedad de agregado grueso	143
Tabla 68: Abrasión los Ángeles agregado grueso	144
Tabla 69: Tolerancia dimensional de adoquin patron	145
Tabla 70: Tolerancia dimensional de adoquin con 15% de PET	145
Tabla 71: Tolerancia dimensional de adoquin con 25% de PET	146
Tabla 72: Tolerancia dimensional de adoquin con 35% de PET	146
Tabla 73: Densidad de adoquin patron	149
Tabla 74: Densidad de adoquines con 15% de PET	149
Tabla 75: Densidad de adoquines con 25% de PET	150
Tabla 76: Densidad de adoquines con 35% de PET	150
Tabla 77: Absorción de adoquin patron	153
Tabla 78: Absorción de los adoquines con 15% de PET	153
Tabla 79: Absorción de los adoquines con 25% de PET	154



Tabla 80: Absorción de los adoquines con 35% de PET.....	154
Tabla 81: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 7 dias	158
Tabla 82: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 21 dias	158
Tabla 83: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 28 dias	159
Tabla 84: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 7 dias.....	159
Tabla 85: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 21 dias.....	160
Tabla 86: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 28 dias.....	160
Tabla 87: Resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 7 dias.....	161
Tabla 88: Resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 21 dias.....	161
Tabla 89: Resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 28 dias.....	162
Tabla 90: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 7 días.....	162
Tabla 91: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 21 días.....	163
Tabla 92: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 28 días.....	163
Tabla 93: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin patron a los 7 dias	164
Tabla 94 : Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin patron a los 21 dias	165
Tabla 95: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin patron a los 28 dias	165
Tabla 96: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 7 dias	165
Tabla 97: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 21 dias	165
Tabla 98: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 28 dias	166
Tabla 99: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 7 dias	166
Tabla 100: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 21 dias	166
Tabla 101: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 28 dias	166
Tabla 102: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 7 dias	167
Tabla 103: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 21 dias	167
Tabla 104: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 28 dias	167
Tabla 105: Resistencia a la flexion de los adoquines patron a los 28 dias	187
Tabla 106: Resistencia a la flexion de los adoquines con 15% de PET a los 28 dias	187
Tabla 107: Resistencia a la flexion de los adoquines con 25% de PET a los 28 dias	187
Tabla 108: Resistencia a la flexion de los adoquines con 35% de PET a los 28 dias	188
Tabla 109: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días	189
Tabla 110: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 15% de PET a los 28 días.....	190
Tabla 111: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 25% de PET a los 28 días.....	190
Tabla 112: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 35% de PET a los 28 días.....	190
Tabla 121: Resultados de tolerancia dimensional de adoquines	202
Tabla 122: Resultados de Densidad de adoquines	204
Tabla 123: Resultados de absorción de adoquines	205
Tabla 124: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 7 dias.....	208
Tabla 125: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 21 dias.....	210
Tabla 126: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 dias.....	212
Tabla 127: Resultados de resistencia a la flexión de adoquines a los 28 dias	214



Índice de Figuras

Figura 1: Desechos de plásticos en Av. Collasuyo - Distrito de Cusco	21
Figura 2: Botellas de plástico PET recicladas	23
Figura 3: Ciclo de vida de los envases de PET	33
Figura 4: Composición física de residuos del distrito de Cusco	38
Figura 5: Adoquines de Concreto	39
Figura 6: Cemento portland HE	44
Figura 7: Concreto	52
Figura 8: Flujograma.....	59
Figura 9: Cuarteo del agregado fino.....	79
Figura 10: Cuarteo del agregado grueso	79
Figura 11: Lavado de agregados en malla N° 200 y N° 16.....	79
Figura 12: Agregados en proceso de secado en el horno	80
Figura 13: Agregados en la maquina tamizadora	81
Figura 14: Tesistas con los agregados retenidos por cada tamiz.....	82
Figura 15: Tesistas realizando el ensayo de granulometría.....	82
Figura 16: Material retenido luego del tamizado	82
Figura 17: Tesistas tamizando el plástico PET	83
Figura 18: Plástico PET retenido por tamices	83
Figura 19: Agregado fino para el ensayo de peso específico	87
Figura 20: Tesistas apisonando el material en el molde cónico	88
Figura 21: Agregado fino superficialmente seco	88
Figura 22: Procedimiento del ensayo	88
Figura 23: Uso de la Bomba de vacíos.....	89
Figura 24: Material ingresado en el horno	89
Figura 25: Tesistas realizando el secado del agregado.....	91
Figura 26: Tesistas realizando el pesado en la balanza de flotación	92
Figura 27: Cesta metálica y balanza de flotación.....	92
Figura 28: Muestra en el horno	93
Figura 29: Cuarteo de agregado fino.....	94
Figura 30: Cuarteo de agregado grueso.....	94
Figura 31: Equipo que se usó en el ensayo	95
Figura 32: Tesistas realizando el ensayo.....	95
Figura 33: Apisonamiento de los agregados	96
Figura 34: Enrazado de los agregados al nivel del cilindro metálico	96
Figura 35: Peso del agregado más el cilindro metálico	97
Figura 36: Cuarteo del agregado para el ensayo de porcentaje de humedad	99
Figura 37: Peso del material retirado del horno	100
Figura 38: Equipos y materiales que se usaron en el ensayo	101



Figura 39: Maquina de los Ángeles.....	102
Figura 40: Tesistas DJ.....	102
Figura 41: Tamizado del material	103
Figura 42: Agregados y PET para la mezcla de concreto	106
Figura 43: Equipo para la elaboración de los adoquines de concreto	106
Figura 44: Tesistas realizando el ensayo de Cono de Abrams	107
Figura 45: Tamizado del agregado grueso y plástico PET	107
Figura 46: Prueba de SLUMP	108
Figura 47: Colocación de petróleo en las adoquineras	108
Figura 48: Colocación de la mezcla en las adoquineras.....	109
Figura 49: Adoquines esperando secado para desmoldar.....	109
Figura 50: Vaciado de adoquines con sustitución de PET en 15%, 25% y 35%	110
Figura 51: Adoquines desmoldados	110
Figura 52: Rotulado de adoquines.....	111
Figura 53: Adoquines en pozo de curado en la Universidad Andina de Cusco	111
Figura 54: Unidades de adoquín y equipo para el ensayo	112
Figura 55: Toma de medidas del adoquín	112
Figura 56: Tesistas realizando el ensayo de tolerancia dimensional	113
Figura 57: Registro del peso saturado de una unidad de adoquín	115
Figura 58: Adoquín en la canastilla metálica	116
Figura 59: Tesista realizando el ensayo de absorción	116
Figura 60: Adoquines retirados del horno.....	117
Figura 61: Registro del peso seco	117
Figura 62: Adoquines saturados.....	119
Figura 63: Tesista colocando el adoquín en la canastilla	120
Figura 64: Tesistas realizando el ensayo de Absorción.....	120
Figura 65: Adoquines llevados al horno	121
Figura 66: Adoquines retirados del horno, para ser pesados.....	121
Figura 67: Adoquines Patrón para ensayo de compresión	123
Figura 68: Adoquines con PET para ensayo de compresión	123
Figura 69: Tesistas realizando ensayo de resistencia a la compresión	124
Figura 70: Unidad de adoquín lista para ser ensayada	124
Figura 71: Unidades de adoquín para ensayo de resistencia a la flexión	128
Figura 72: Unidad de adoquín en el ensayo de resistencia a la flexión.....	129
Figura 73: Tesistas realizando el ensayo de flexión.....	129
Figura 74: Adoquines luego de ser sometidos al ensayo de flexión.....	130
Figura 75: Curva Granulométrica del agregado fino.....	135
Figura 76: Curva Granulométrica de Agregado Grueso.....	135
Figura 77: Curva Granulométrica del Plástico PET	136
Figura 78: Tolerancia dimensional del adoquín patrón.....	147



Figura 79: Tolerancia dimensional de adoquín con 15% de PET	147
Figura 80: Tolerancia dimensional de adoquín con 25% de PET	148
Figura 81: Tolerancia dimensional de adoquín con 35% de PET	148
Figura 82: Densidad de adoquín patrón	150
Figura 83: Densidad de adoquines con 15% de PET	151
Figura 84: Densidad de adoquines con 25% de PET	151
Figura 85: Densidad de adoquines con 35% de PET	152
Figura 86: Absorción de adoquín patrón.....	155
Figura 87: Absorción de los adoquines con 15% de PET	155
Figura 88: Absorción de los adoquines con 25% de PET	156
Figura 89: Absorción de los adoquines con 35% de PET	156
Figura 90: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 7 días	168
Figura 91: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 21 días	168
Figura 92: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 28 días	169
Figura 93: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 7 días	169
Figura 94: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 21 días	170
Figura 95: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 28 días	170
Figura 96: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 7 días	171
Figura 97: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 21 días	171
Figura 98: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 28 días	172
Figura 99: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 7 días	172
Figura 100: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 21 días.....	173
Figura 101: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 28 días.....	173
Figura 102: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 7 días	174
Figura 103: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 21 días	174
Figura 104: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 28 días	175
Figura 105: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 7 días	175
Figura 106: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 21 días	176
Figura 107: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 28 días	176
Figura 108: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 7 días	177
Figura 109: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 21 días	177
Figura 110: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 28 días	178
Figura 111: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 7 días	178
Figura 112: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 21 días	179
Figura 113: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 28 días	179
Figura 114: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 7 días	180
Figura 115: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 21 días	180
Figura 116: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 28 días	181
Figura 117: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 7 días	181
Figura 118: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 21 días	182



Figura 119: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 28 días	182
Figura 120: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 7 días	183
Figura 121: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 21 días	183
Figura 122: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 28 días	184
Figura 123: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 7 días	184
Figura 124: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 21 días	185
Figura 125: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 28 días	185
Figura 126: Resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días	191
Figura 127: Resistencia a la flexión de adoquines con 15% de PET a los 28 días.....	191
Figura 128: Resistencia a la flexión de adoquines con 25% de PET a los 28 días.....	192
Figura 129: Resistencia a la flexión de adoquines con 35% de PET a los 28 días.....	192
Figura 130: Desviación estándar de los adoquines patrón a los 28 días.....	193
Figura 131: Desviación estándar de los adoquines con 15% de PET a los 28 días	193
Figura 132: Desviación estándar de los adoquines con 25% de PET a los 28 días	194
Figura 133: Desviación estándar de los adoquines con 35% de PET a los 28 días	194
Figura 134: Tolerancia dimensional de adoquines	203
Figura 135: Resultados de Densidad de adoquines	204
Figura 136: Resultados de absorción de adoquines.....	206
Figura 137: Tendencia de absorción de adoquines	207
Figura 138: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 7 días	209
Figura 139: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 7 días.....	209
Figura 140: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 21 días	211
Figura 141: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 21 días.....	211
Figura 142: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días	213
Figura 143: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 28 días.....	213
Figura 144: Resultado de resistencia individual a la flexión de adoquines a los 28 días	215
Figura 145: Resultado de resistencia a la flexión de adoquines promedio a los 28 días	215



1. Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El adoquín es un material que sirve para pavimentar en zonas de alta transitabilidad, de uso cotidiano en las obras civiles, por otra parte, el plástico es uno de los contaminantes que más abunda en el medio ambiente, en la mayoría de los sectores o zonas de la ciudad de Cusco, siempre encontraremos de este material, y no se le llega a dar un buen uso.

En Cusco no se cuenta con una buena gestión de residuos sólidos, lo que genera una problemática, y una de las maneras más óptimas de darle un segundo uso a este material es incorporándose a la industria de la construcción, ya que el plástico PET es un material muy reciclable. Debido al crecimiento poblacional, existe no solo en el país, sino también en la ciudad un incremento del consumismo, ya que las personas tienen una vida más agitada y atareada, se les hace más sencillo comprar productos que ya están a su disposición, la mayoría de estos productos vienen en envases de plástico que al ser desechados son una amenaza para el medio ambiente.

De acuerdo al Ministerio del Ambiente, la gestión integral de los residuos sólidos (2022), las 13 provincias generan 234 mil toneladas al año de residuos sólidos municipales, en el cuadro a continuación nos muestra la Generación Municipal Anual (t/año), Generación Municipal Diaria (t/día), Generación Municipal Per Cápita (kg/hab./día), dividida de acuerdo a cada provincia.

Tabla 1: Gestión integral de residuos sólidos

n.º	Provincia	Generación Municipal Anual (t/año)	Generación Municipal Diaria (t/día)	Generación Municipal Per Cápita (kg/hab./día)
1	Acomayo	3 416,63	9,36	0,60
2	Anta	7 670,48	21,02	0,74
3	Calca	9 440,83	25,87	0,76
4	Canas	1 919,37	5,26	0,60
5	Canchis	18 540,15	50,79	0,73
6	Chumbivilcas	8 244,38	22,59	0,99
7	Cusco	129 363,18	354,42	0,72
8	Espinar	9 507,94	26,05	0,69
9	La Convención	22 151,34	60,69	0,86
10	Paruro	2 953,52	8,09	0,74
11	Paucartambo	2 491,81	6,83	0,59
12	Quispicanchi	9 587,52	26,27	0,56
13	Urubamba	9 020,23	24,71	0,72
	Total	234 307,38	641,94	0,72

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, (2021)

Cusco, siendo una de las ciudades más representativas del Perú, por su diversidad cultural, debido a sus recursos naturales y su historia milenaria, comenzó a aumentar su población demográfica, a ese mismo ritmo de crecimiento fue aumentando la generación de residuos sólidos, entre ellos el plástico PET, que diariamente son acumulados en toneladas en el botadero de Haquira el cual está a punto de colapsar.

A pesar de la amplia capacidad que el botadero de Haquira tiene para poder almacenar los residuos sólidos, se percibe que se está excediendo la capacidad máxima que tiene para el almacén de los mismos. Esto genera contaminación, la cual va afectar de manera directa a las comunidades que están a su alrededor.

Figura 1: Desechos de plásticos en Av. Collasuyo - Distrito de Cusco



Fuente: Elaboración propia, 2023

De acuerdo al Gobierno Regional Cusco (2022), y el Censo realizado en el 2017, la provincia que concentra el mayor número de habitantes es la provincia de Cusco, con 447.588 habitantes. Siendo un poco más de la tercera parte de la población del departamento.

Tabla 2: Población por provincias

PROVINCIA	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento anual	2022*	
	Absoluto	%	Absoluto	%	%	Absoluto		%	
CUSCO	367,791	31.40	447,588	37.13	21.70	1.98%	493,761	40.37	
ACOMAYO	27,357	2.34	22,940	1.90	-16.15	-1.75%	21,007	1.72	
ANTA	54,828	4.68	56,206	4.66	2.51	0.25%	56,908	4.66	
CALCA	65,407	5.58	63,155	5.24	-3.44	-0.35%	62,058	5.07	
CANAS	38,293	3.27	32,484	2.69	-15.17	-1.63%	29,919	2.45	
CANCHIS	96,937	8.28	95,774	7.94	-1.20	-0.12%	95,198	7.78	
CHUMBIVILCAS	75,585	6.45	66,410	5.51	-12.14	-1.29%	62,249	5.09	
ESPINAR	62,698	5.35	57,582	4.78	-8.16	-0.85%	55,183	4.51	
LA CONVENCION	166,833	14.24	147,148	12.21	-11.80	-1.25%	138,194	11.30	
PARURO	30,939	2.64	25,567	2.12	-17.36	-1.89%	23,242	1.90	
PAUCARTAMBO	45,877	3.92	42,504	3.53	-7.35	-0.76%	40,912	3.35	
QUISPICANCHIS	82,173	7.01	87,430	7.25	6.40	0.62%	90,183	7.37	
URUBAMBA	56,665	4.84	60,739	5.04	7.15	0.69%	62,873	5.14	
TOTAL	1,171,403	100.00	1,205,527	100.00	2.91	0.29%	1,222,960	100.00	

Fuente: INEI, Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017



En nuestro país se producen 3500 millones de botellas de plástico al año y menos del 50% de ello se recicla, lo cual es bastante alarmante como menciona Hernández (2016, párr. 1). El plástico es un material que tarda alrededor de 150 años en degradarse y si no se le da un segundo uso y nos conformamos con dejarlo en un relleno sanitario, con el pasar de los años terminará colapsando, poniéndonos en aprietos a todas las personas que hasta la actualidad no tomamos conciencia de este grave problema lo cual causa mucha preocupación.

La contaminación ambiental producida por el uso desmedido de envases plástico es preocupante también a nivel mundial, debido a que esto afecta a los humanos, a la naturaleza y a los animales más aun los marinos, ya que muchas veces estos residuos plásticos terminan en el mar y los animales marinos suelen ingerir estos residuos plásticos confundiéndolos con alimento o llegan a morir cuando se enredan o quedan atrapados en estos mismos residuos.

La ONU Medioambiente indicó que alrededor de 13 millones de toneladas de plástico llegan al océano, generando daños en el ecosistema, en la biodiversidad, los hábitats de especies en riesgo o peligro de extinguirse y en la salud humana y si no se hace algo al respecto se estima que para el año 2050 aproximadamente 12000 millones de toneladas de residuos plásticos estarán en la naturaleza (ONU, 2018)

Fernández y Sánchez (2007) comentan que el manejo de los residuos sólidos origina también impactos económicos asociados a los costos para su tratamiento y disposición final.

Para ello la manera de encarar la problemática está relacionada con evitarlos y minimizarlos, con nuestra tesis de investigación se pretende colaborar con el medio ambiente tratando de minimizar la contaminación ambiental producida por el plástico PET, dándole un segundo uso elaborando adoquines con sustitución de plástico PET triturado, en porcentajes del 15%, 25% y 35% con respecto al peso del agregado grueso, en este caso usaremos botellas las cuales serán recicladas y se sustituirá de manera triturada. Resultando así adoquines eco sostenibles, los cuales también representan un aporte innovador para la ingeniería civil en sector de construcción y transportes.

Para alcanzar los estándares de calidad, se ha de considerar 116 unidades, de las cuales 29 unidades serán de adoquín patrón, 29 unidades de adoquín con adición del 15% de PET, 29 unidades de adoquín con adición de 25% de PET y 29 unidades de adoquín con adición de 35% de PET. Estas serán sometidas a ensayos por cada porcentaje de adición (60 unidades para el ensayo de resistencia a la compresión, 12 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión, 24 unidades para el ensayo de absorción y 20 unidades para ensayo de densidad).



Lo que se quiere lograr es elaborar adoquines ecosostenibles que cumplan con las mismas funciones de un adoquín tipo I (uso peatonal). Que tenga el mismo valor de un adoquín convencional en el mercado, y posteriormente que sea considerado en proyectos de pavimentación peatonal en nuestra ciudad de Cusco.

Al pasar de los años, el adoquín ha logrado reemplazar a otros materiales en el rubro de la pavimentación, ya que en esta se necesitaba uniformidad y mayor resistencia, por lo que al presentarse el adoquín causó una revolución en el mundo del transporte, y por ende la industria de la construcción resultó beneficiaria. Por tal motivo se ha elaborado el adoquín de distintos modos y en nuestra presente investigación, se va elaborar un adoquín con sustitución de plástico PET reciclado triturado, con lo que se quiere alcanzar una buena optimización de este plástico reciclado en distintos porcentajes respecto al peso del agregado grueso, para que con el porcentaje ideal alcance la resistencia a la compresión óptima que pueda brindar una mayor durabilidad y sostenibilidad en pavimentaciones peatonales, que cumplan con los estándares requeridos.

Las consecuencias de no innovar en los elementos constructivos, es que las personas sigan construyendo con lo que se viene haciendo, generando mayores costos, causando daños ambientales y explotación de canteras.

Figura 2: Botellas de plástico PET recicladas



Fuente: Elaboración propia, 2023



1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema Específico 01:

¿Cuál es el porcentaje óptimo de dosificación de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?

Problema Específico 02:

¿Cómo varía la resistencia a la compresión de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?

Problema Específico 03:

¿Cómo varía la resistencia a la flexión de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?

Problema Específico 04:

¿Cuál será el porcentaje máximo de absorción de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?

Problema Específico 05:

¿Cómo varía la densidad de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?



1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación técnica

Esta investigación se justifica técnicamente, ya que mediante la elaboración de los adoquines eco sostenibles se podrá reducir la contaminación medio ambiental, dándole un segundo uso al plástico PET, y a su vez se aporta a la industria de la construcción.

Debido a que brindara información importante a los ingenieros del transporte, evaluadores y proyectistas con el propósito de brindar conocimiento sobre la elaboración de este adoquín tipo I con adición de plástico PET reciclado triturado y su uso como por ejemplo en vías peatonales, por lo que posee una forma constructiva diferente e innovadora a las vías peatonales de adoquín tipo I convencionales, que permiten conocer algunas características que el adoquín convencional no muestra como la eco sostenibilidad hacia las vías peatonales, además de conocer, ver e investigar sobre esta situación en el departamento de Cusco con la intención de recoger información de precedente sobre la situación de esta materia.

1.2.2. Justificación Social

La presente investigación busca dar una alternativa eco sostenible para el medio ambiente y que mejore la calidad de vida del área de influencia, dándole un segundo uso al plástico PET para su aplicación como agregado en adición porcentual en el adoquín tipo I.

Los beneficiarios con la presente investigación del distrito de cusco, tendrán una nueva alternativa para mejorar vías peatonales de manera ecológica, considerando la materia prima, caso del plástico PET, que se encuentran en el mismo lugar, se irá aminorando la contaminación ambiental, mejorando de esta manera la calidad de vida de los pobladores.

De la misma manera se busca fomentar la investigación en nuevas tecnologías y alternativas sostenibles, en el rubro de la construcción para que sea un aporte, antecedente y consulta para posteriores trabajos de investigación académicos y proyectos en beneficio de nuestra comunidad profesional y social.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Esta investigación es viable, ya que se hará uso de recursos financieros y de tiempo para el eficaz desarrollo del presente trabajo de investigación, a medida que se cuentan con los equipos de laboratorio necesarios del Laboratorio de Concreto y Suelos Universidad Andina del Cusco, acceso a la materia prima debido a que encontramos mucha cantidad de residuos plásticos PET; así como herramientas informáticas necesarias, la bibliografía contemporánea, normativa correspondiente y demás, para de esta manera poder afirmar que el estudio es viable.



1.2.4. Justificación por relevancia

Esta investigación es de importancia, ya que la Ciudad de Cusco, es una de las ciudades que genera mucha basura al día en el país y una de las que menos aprovechan los residuos que botan. De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, en el país, de las 900.000 toneladas de plástico que se desechan al año, sólo se recicla el 4%. Por tanto, el presente trabajo de investigación radica en dar a conocer si un adoquín Tipo I elaborado con adición de plástico PET triturado reciclado puede cumplir con las propiedades físico mecánicas de un adoquín convencional y así se aminorará la contaminación medio ambiental, y se le dará un segundo uso al mismo, dando así un aporte al sector de la construcción.

1.3. Delimitación de la investigación

- ✚ Uso de plástico PET triturado reciclado de la ciudad del Cusco.
- ✚ Se utilizará plástico PET triturado reciclado en porcentajes de 15; 25 y 35% tomados respecto al peso del agregado grueso, para la elaboración de adoquines ecos sostenibles para uso peatonal.
- ✚ Uso de máquina trituradora de plástico PET, ubicada en la recicladora de Huasao.
- ✚ Se usará el método ACI 211, como alternativa para el diseño de mezcla.
- ✚ Uso de cemento HE.
- ✚ Uso de Agregado Grueso de la cantera de Vicho.
- ✚ Uso de Agregado Fino de las canteras de Cunyac.
- ✚ Uso de confitillo de la cantera de Vicho.
- ✚ Agua proveniente de la red pública del distrito de San Jerónimo.
- ✚ El diseño de mezclas para un adoquín peatonal Tipo I con $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$, como unidad individual y $f'c=320 \text{ kg/cm}^2$ para el promedio de 3 unidades.
- ✚ Aplicación de la Norma Técnica Peruana NTP. 399.611 para la elaboración de adoquines, y la ITINTEC 399.124, para ensayo de flexión.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Analizar comparativamente las propiedades físico - mecánicas de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35% respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.



1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Especifico 01:

Determinar el porcentaje óptimo de dosificación de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

Objetivo Especifico 02:

Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

Objetivo Especifico 03:

Determinar la variación de la resistencia a flexión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

Objetivo Especifico 04:

Analizar la variación del porcentaje máximo de absorción de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

Objetivo Especifico 05:

Analizar la densidad de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1. Antecedente a Nivel Local

Título: “Determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos ecológicos fabricados con plástico reciclado en la ciudad del cusco-2017, UNSAAC”

(Luza Huallpa & Torres Huayta, 2017) Dicen que:

Con el fin de combatir la contaminación producida por la fabricación de ladrillos de arcilla cocida y la no reutilización de las botellas plástico en la ciudad del Cusco. Se propone un ladrillo de concreto con PETT1 que disminuiría: el uso de hornos artesanales que contribuyen a la producción del CO, la explotación de canteras de arcilla para la fabricación de las unidades y la contaminación de botellas de plástico consideradas basura.

Con este diseño de mezcla se procedió a la fabricación del ladrillo patrón sin PETT y posteriormente se incorporó el plástico triturado en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%.

Se sometió a los ensayos de variación dimensional, humedad, alabeo, absorción, succión y compresión axial en unidades, encontrando la óptima dosificación al reemplazo del agregado grueso en un 5% de PETT, con una resistencia de 134.92 kg/cm², clasificándolo como ladrillo tipo IV (norma E070) y tipo 10 (NTP 339.601). La resistencia a compresión axial en pilas tiene una resistencia promedio mayor en la pila fabricada con ladrillos con 5% de PETT obteniendo un $f'm$ de 66.57 kg/cm² y cumple con lo exigido en la Norma E070 de Albañilería. El mayor esfuerzo cortante promedio en muretes que se obtuvo fue en el murete fabricado con ladrillos con 5% de PETT obteniendo un $v'm$ de 8.07 kg/cm².

Se concluyó que el reemplazo del agregado grueso en proporción del 5% de PETT, cumple con requerimientos mínimos establecido por la norma E070 2006 para ladrillos de concreto en todos los casos.

De acuerdo a este antecedente, podemos evidenciar que la relación que encontramos tiene que ver al hecho del porcentaje con el que se trabaja, ya que a menor cantidad de plástico PET mayor será la resistencia a la que alcance, en esta se usaron ladrillos en nuestro caso se hicieron adoquines de concreto.



2.1.2. Antecedentes Nacionales

Título: “Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín – 2017, UCV”

(Meza Domínguez, 2018) Dice que:

El objetivo general de la investigación fue “Determinar el comportamiento de los adoquines elaborados con plástico reciclado con respecto a sus propiedades físico – mecánicas para pavimento peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza Lima Sur, Distrito de Lurín – 2017”, fue una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo. El nivel de investigación es explicativo con un diseño experimental (cuasi – experimental). El tamaño de la muestra para esta investigación está compuesto por 44 adoquines (9 adoquines sin plástico reciclado, 11 adoquines con 3% de plástico reciclado, 11 adoquines con 5% de plástico reciclado, 11 adoquines con 8% de plástico reciclado).

Se lograron los objetivos planteados en la presente investigación al aplicar el plástico reciclado con diversos porcentajes de plástico reciclado (3%, 5% y 8%), logrando obtener aproximadamente las mismas propiedades mecánicas y físicas del adoquín sin plástico reciclado.

Se concluyó que la aplicación del plástico reciclado tiene una influencia significativa más en las propiedades mecánicas que en las propiedades físicas, es por ello que se recomienda mejorar el tipo de diseño y también la dosificación para obtener un mejor resultado.

En esta tesis también podemos identificar lo que ya se viene reiterando, que a mayor porcentaje de plástico PET, va disminuir considerablemente la resistencia, caso contrario lo que ocurre en flexión, donde se observa que el plástico al darle mayor adherencia también logra cumplir con lo que establece la norma para el ensayo de flexión, la razón por la que se utilizó en nuestra investigación valores mayores, fue porque se quería experimentar y luego analizar el que le sucedían a las unidades de adoquín con una sustitución de PET en mayor porcentaje.



Título: “Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura – 2019, UCV”

(Carrasco Laban & Soler Saavedra, 2019) Dicen que:

La presente investigación tuvo como objetivo primordial elaborar un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura - 2019; teniendo en cuenta tres aspectos: el diseño de mezcla, las propiedades físico-mecánicas y el costo económico; para lo cual se definieron teorías relacionadas con los adoquines convencionales de concreto y con el plástico PET. El tipo de investigación es experimental, que usa como técnicas la observación y el análisis documental y los instrumentos como la norma técnica peruana (NTP), análisis de precios unitarios y hojas de Excel. La muestra se escogió por conveniencia; siendo 8 adoquines de concreto tradicional, 8 adoquines con 5% de PET, 8 con 10% de PET, 8 con 15 % de PET, 8 con 20% de PET y 8 con 25% de PET los sometidos a las pruebas para alcanzar los estándares de calidad. La validación de los instrumentos se efectuó gracias al juicio de expertos a través de 3 ingenieros de la Universidad César Vallejo Piura. Obteniendo como resultados que la resistencia y el peso disminuyen al aumentar el porcentaje de PET, que las medidas están dentro de las tolerancias de la NTP 399-611 y que el costo aumenta al incrementar el porcentaje de PET.

Por lo tanto, se concluyó que, si es posible elaborar un adoquín a base de plástico PET reciclado que cumple con los requerimientos de la Norma Técnica Peruana y que los porcentajes de 5%, 10% y 15% son los óptimos para realizar un diseño de mezcla con PET reciclado, contribuyendo a reducir la contaminación ambiental.

De acuerdo a la conclusión a la que llega también se va lograr identificar después de los ensayos que el único porcentaje que trata de ser optimo al momento de realizar el ensayo a resistencia a la compresión es el que tienen 15% de sustitución de PET, ya que al adicionar en mayor porcentaje disminuye la resistencia.



Título: “Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I, UPLA”

(Fernandez Garcia, 2019) Dice que:

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuáles son las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional?, se propuso como objetivo: Determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional; la hipótesis fue : Las características Físicas-Mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado se incrementaran frente al adoquín convencional.

La metodología de investigación fue científica del tipo aplicada, de nivel descriptivo-comparativo de diseño experimental, la población fueron los adoquines del tipo I, el tipo de muestra fue probabilístico no aleatoria.

De todo esto se concluye: Para determinar las características físicas-mecánicas del adoquín tipo I con Polietileno Tereftalato reciclado frente al adoquín convencional, se usó del método ACI para el diseño de mezclas, se fabricaron en proporciones de 0.25%, 0.50%, y 0.75% de PET, dichas muestras se sometieron a ensayos dimensional (largo, ancho, alto), absorción, compresión y flexión, concluyendo que las características físicas mecánicas son aceptables según la norma NTP 399.611, demostrado que la reutilización del PET es favorable, para reemplazar los agregados.

En cuanto a este antecedente, identificamos que el porcentaje a ser usado es mínimo, por ende, se concluye que no afecta para nada la resistencia que exige la norma, lo cual también se pudo comprobar con los ensayos que realizamos, viendo que con valores más altos en porcentaje la resistencia no era la adecuada.

2.1.3. Antecedentes Internacionales

Título: “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda, Universidad Católica de Colombia”

(Piñeros Moreno, 2018) Dice que:

El déficit de vivienda en Colombia y la contaminación ambiental que se genera por la mala o nula disposición final de los residuos plásticos nos han motivado a iniciar esta investigación que permitirá atacar estas dos problemáticas que aquejan a nuestra sociedad.



La importancia de esta investigación radica en brindar un material alternativo de construcción de vivienda a bajo costo, liviana, fácil de transportar que no requiera mano de obra calificada y sea amigable con el ambiente.

Según lo anterior, nuestro planteamiento es lograr incursionar con un nuevo material de construcción como lo es el bloque plástico, donde utilicemos el plástico reciclado como materia prima principal para su elaboración, siendo este uno de los productos que es más desechado y que a su vez más contaminación genera. Proponiendo un nuevo elemento indispensable para la construcción de vivienda con polímeros reciclados, estableciendo una alternativa a otras tecnologías de construcción tradicionales, que consumen recursos no renovables, o que producen un impacto ambiental negativo cumpliendo con los estándares de calidad y normatividad vigente para este tipo de materiales.

Con esta investigación se puede ver que ya en otros países de empezó a emplear el reutilizar el plástico PET como materia prima, ya que es uno de los más desechados y causa demasiada contaminación, así que esta viene a ser una alternativa al momento de realizar trabajos de construcción.

Título: “Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué, Universidad de Ibagué”

(Suarez Puentes, 2020) Dice que:

La presente investigación muestra el estudio de factibilidad para la instauración de una planta de procesamiento y transformación del polietileno de baja densidad generado en Ibagué en adoquines no convencionales para pavimentación peatonal, lo anterior con el propósito de ayudar a disminuir el volumen de residuos plásticos generados en la ciudad y a su vez creando fuentes de empleo, contribuyendo al desarrollo de la región. Para su desarrollo y diseño se empleó una encuesta a la población objetivo implicando 43 encuestados, asumiendo un error muestral del 11,8% debido a la emergencia sanitaria presentada en el país durante su ejecución.

El aporte principal de este trabajo fue, por tanto, el diseño del producto, del proceso y de las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la planta, obteniendo como producto final un adoquín compuesto de arena y LDPE (75—25%) de dimensiones 20x10x6 cm, textura lisa, color gris y peso 1,6 kg; dejando como continuación del trabajo desarrollado la determinación de las características mecánicas que extreman el presente estudio.



Como resultado se obtuvo factibilidad en todos los aspectos estudiados: aceptación en el mercado, factibilidad técnica, organizacional y financiera, logrando un valor presente neto de \$3.649.254.570,65 y una tasa interna de retorno del 460%.

Con este antecedente nos podemos dar una idea de que, si es viable llegar a un adoquín que posea las características óptimas para la aceptación en el mercado, ya que es factible técnica y financieramente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Plástico

Según Gómez, R. y Gil, J. (2018), autores de "Los plásticos y el tratamiento de sus residuos", destacan que el plástico es un producto no natural que se obtiene en la industria a través de reacciones químicas. Es por tanto un producto de síntesis de laboratorio o un producto sintético.

2.2.2. Polietileno Tereftalato (PET)

Para Gennaro (2003, p.1171) es un material plástico que se prepara a partir de etilenglicol y ácido tereftálico o éster dimetílico del ácido tereftálico, los cuales tienen una gran resistencia, excelente transparencia y bajo índice de transmisión de gas y vapor de agua.

Figura 3: Ciclo de vida de los envases de PET



Fuente: (Gennaro, 2003)




2.2.2.1. Propiedades del PET.

De acuerdo con el blog tecnología de los Plásticos (2011) algunas de sus propiedades son las siguientes:

- Alto índice de fortaleza ante el deterioro y erosión.
- Buen índice de deslizamiento.
- Resistencia química y térmica elevada.
- Muy buen obstáculo al CO₂, admisible al O₂ y la humedad.
- Adaptable a otros materiales utilizados como barrera, los cuales mejoran la calidad al ser usados en conjunto.
- Alto índice de translucidez, aunque permite usar diferentes tintes.

2.2.2.2. Composición química del PET.

Tabla 3: Composición química del PET

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICO	TIPO DE POLÍMERO PLÁSTICO	PROPIEDADES	USOS COMUNES EN ENVASES Y CONTENEDORES
	Tereftalato de Polietileno (PET, PETE)	Claridad dureza, resistencia, barrera a los gases y vapor.	Bebidas, gaseosa, botellas de agua y de condimentos para ensaladas; frascos de manteca de maní y mermeladas

Fuente: TECPLAST



Tabla 4: Datos técnicos del PET

Propiedad	Unidad	Valor
Absorción de Agua (24h)	%	0.02
Calidad de mecanizado	..	Excelente
Calidad Óptica	..	Transparente a opaco
Constante dieléctrica (60Hz)	..	3.65
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1,39
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °C	15.2 – 24
Dureza	..	Rockwell M94 – M1001
Efecto luz solar	...	Se decolora ligeramente
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Temperatura de fusión	°C	244 – 254
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento

Fuente: (Richardson y Lokensgard, 2000)

2.2.2.3. Características técnicas del PET.

- Impide liberación de oxígeno.
- Es translúcido, lo cual también permite agregarle colorantes con buena refracción de luz, los colores más destacados son azul, verde, ámbar, entre otros.
- No tóxico, propiedad necesaria en el uso de productos para el contacto con alimentos, químicos entre otros.
- Alta rigidez y dureza convirtiéndolo en resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste.
- Alta resistencia química con excelentes propiedades térmicas.
- Conservación a la intemperie.
- Liviano
- Impermeable
- 100% reciclable. (Minipet, s.f.)

2.2.3. *Reciclaje*

Para Barrientos (2010, p. 78) el reciclaje se define como: “Un proceso fisicoquímico mecánico de trabajo, que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un ciclo de tratamiento total y parcial para obtener una materia prima de un nuevo producto” Según el CONAM (2006), el reciclaje es uno de los conceptos de las erres, las otras dos son reducir, rehusar cuyo objetivo es controlar el exceso de generación de basura, el concepto de reducir implica realizar cambios en la conducta diaria para generar una menor cantidad de residuos, rehusar o recuperar es darles la máxima utilidad a las cosas sin necesidad de destruirlas o desecharlas.

Tabla 5: Siete categorías para clasificar plásticos

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
 PET	PET PolietilenoTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
 HDPE	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
 PVC	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
 LDPE	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, translucido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
 PP	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, translucido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
 PS	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
 PS-E	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
 OTHER	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Fuente: (Álvarez Nieto)



La ASTM Internacional una de las organizaciones más grandes del mundo para el desarrollo voluntario de normas, propuso siete categorías para clasificar plásticos, Wilhelm (2008).

2.2.3.1. Macro selección de componentes.

Es aquella labor primaria que permite seleccionar y agrupar manual o automáticamente los artículos desechados de acuerdo con su naturaleza y destino.

La selección de los polímeros con fines de reutilizarlos se realiza, en parte, empleando la codificación y recomendaciones dadas por la Sociedad de la Industria del Plástico (SPI), que clasifica a los polímeros en siete categorías (Gennaro, 2003)

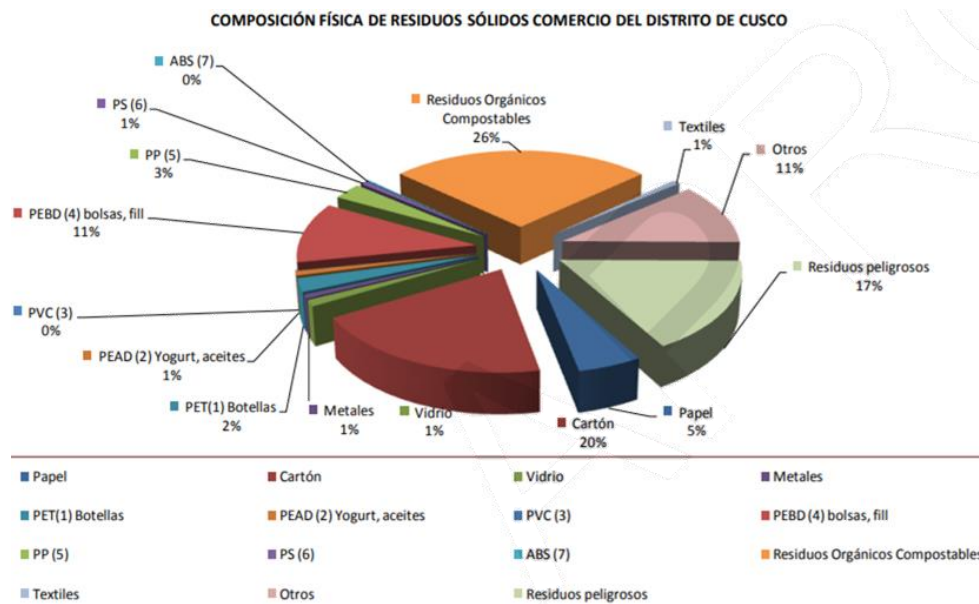
2.2.3.2. Micro selección de componentes.

La micro selección anotada implica separar los polímeros en función de sus tipos, después de haber sido cortados y triturados en pequeños trozos. Actualmente la micro separación comercial se aplica a las botellas PET de refrescos ya que es posible triturar la botella y separar los trozos de PET y de PE-HD y PP para obtener un producto de alta calidad. Este procedimiento implica utilizar una tecnología de flotación extraída de la industria minera en la que los materiales se separan por flotación aprovechando las diferencias de densidad. La tecnología de hidrociclones, empleando la fuerza centrífuga para acelerar la separación gravitacional, puede aplicarse con bastante eficacia para separar polímeros en base a su densidad dentro de un medio acuoso. (Gennaro, 2003)

2.2.4. Residuos PET en la ciudad del Cusco

En la figura 4, se muestra la composición de residuos sólidos del distrito de Cusco, donde se observa el porcentaje de plástico PET, el cual es un material reciclable y muestra un valor de 2%.

Figura 4: Composición física de residuos del distrito de Cusco



Fuente: consorcio Getinsa -Geoconsult (2011)

2.2.5. Adoquín

2.2.5.1. Adoquines

Según Cabezas, “Los adoquines son materiales compactos, prefabricados, elaborados de concreto [...], que resiste bastante bien a las cargas de compresión, se utiliza especialmente en pavimentos [...], cuando se producen con color los adoquines adquieren un valor arquitectónico especial con fines estéticos, para uso en zonas peatonales y plazas, donde el tráfico es básicamente peatonal.” (2014, pág.13).

2.2.5.2. Adoquines de concreto

Elementos prefabricados de concreto compactado, que tienen la forma de un prisma recto, cuya posición de su base puede ser poligonal, lo que permite crear composiciones en un pavimento articulado (NTG 41086, 2012).

2.2.5.3. Clasificación de adoquines de concreto según su tipo

Según la (NTP 399.911, 2015, p.5) se clasifican:

Tipo I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal.

Tipo II: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.

Tipo III: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

Figura 5: Adoquines de Concreto



Fuente: (Concremol SAC, 2022)

2.2.5.4. Adoquines de uso peatonal

Los adoquines se destinarán a zonas peatonales y espacios públicos, eventualmente utilizado para bicicletas y motocicletas, desde tránsito peatonal muy bajo hasta tránsito alto de peatones, como en áreas urbanas con gran afluencia de peatones; centros comerciales, centros educativos, campos deportivos, áreas de mercado (supermercados o plazas): y zonas cercanas a vías principales, en áreas donde se desarrolla actividad comercial u otra similar (NTG 41085, 2015).

2.2.5.5. Requisitos mecánicos para la evaluación de adoquines

2.2.5.5.1. Resistencia a la compresión

Según la resistencia a la compresión de adoquines, la NTP 399.611 menciona:

Tabla 6: Espesor nominal y resistencia a la compresion.

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Fuente: (NTP 399.611, 2015)



2.2.5.5.2. Resistencia a la flexión

Según la ITINTEC 399.124, indica que:

Tabla 7: Resistencia a la flexión

CLASE	Cantidad de especímenes	Resistencia a flexión del adoquín Mpa (Kg/cm ²)
		Mínimo de un adoquín individual
TIPO I	3	4,9 (50)

Fuente: (ITINTEC 399.124)

Donde, según esta norma los clasifica en:

- ✓ **Clase A.** Uso industrial y tránsito pesado. Para uso en zonas sometidas a grandes cargas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios de maniobras en zonas industriales, terminales de autobuses, calles o avenidas principales.
- ✓ **Clase B.** Uso en tránsito liviano. Para uso en arterias o calles secundarias con tránsito vehicular liviano.
- ✓ **Clase C.** Uso peatonal. Para uso exclusivo de zonas peatonales, espacios públicos.

2.2.5.6. Requisitos físicos para la evaluación de adoquines

2.2.5.6.1. Tolerancia dimensional

En cuanto a la tolerancia dimensional, la cual aplica en todos los tipos de adoquín, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 8: Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Fuente: (NTP 399.611, 2015)



2.2.5.6.2. Absorción

Para la absorción la NTP 399.611, nos presenta la siguiente tabla:

Tabla 9: Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Fuente: (NTP 399.611, 2015)

2.2.5.7. Ensayos para adoquines de concreto

2.2.5.7.1. Resistencia a la compresión

(CEMEX PERU, 2019), refiere que la resistencia a la compresión es una característica mecánica que presenta el concreto, y puede definirse como la capacidad de soportar una carga sobre un área, y esta se expresa en kg/cm², Mpa o en libras por pulgadas cuadradas (psi).

Según la NTP 399.604, refiere lo siguiente:

- ✚ Respecto a la máquina de ensayo, esta será equipada mediante dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen y la otra un bloque rígido sobre el cual descansará el espécimen.
- ✚ Refrendar las superficies de apoyo de las unidades por los métodos especificados.
- ✚ Respecto al ensayo de los especímenes, los cuales deben realizarse con el centroide de sus superficies de las cuales se apoyan, en donde estarán alineadas verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo.

✚ Área bruta en (mm²):

Es el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga.

$$A_g = L \times W$$

Dónde:

A_g = Área bruta del espécimen (mm²)

L = Longitud promedio del espécimen (mm²)

W = Ancho promedio del espécimen (mm²)



✚ Resistencia a Compresión del área bruta en (MPa):

Esfuerzo a compresión del área bruta del espécimen.

$$R_c = \frac{P_{max}}{A_g}$$

Dónde:

P_{max} = Carga (N)

A_g = Área bruta del espécimen (mm²)

2.2.5.7.2. Resistencia a la flexión

(NRMCA, 2016), en el artículo CIP 16 – Resistencia a Flexión del concreto, define que la resistencia a la flexión es la medida que existe al momento de fallar (romper), así como también la ASTM C293, refiere a la carga que ha de existir en el punto medio, ya que la aplicar la carga a cada tercio usamos la ASTM C78.

De acuerdo a la norma ITINTEC 399.124:

✚ Módulo de Ruptura (MPa)

$$R = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Donde:

R: Es la resistencia a la tracción por flexión obtenida en cada espécimen, en megapascales.

P: Esta la carga de rotura en newtons.

l: Es la luz entre apoyos del espécimen, en milímetros.

b: Es el ancho promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros

d: Es el espesor promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros.

Factor de conversión:

$$1 \text{ MPa} = 10.1972 \text{ kg/cm}^2$$

Luz entre apoyos:

$$l = A - 20$$



Dónde:

l = Luz entre ejes de apoyos en (mm)

A = Longitud del largo del adoquín A (mm)

2.2.5.7.3. Tolerancia dimensional

La tolerancia dimensional puede definirse como el total permitido que puede variar en una dimensión, o en la fabricación, que esta especificado de acuerdo a una cota nominal que se encuentra en el plano.

Con respecto a las unidades de albañilería la NTP 399.604 (2002), indica unidades para el ancho, la altura y la longitud.

2.2.5.7.4. Absorción

Según la NTP 399.604, refiere lo siguiente:

- ✚ Se harán uso de tres unidades enteras las cuales estén debidamente marcadas, pesadas y registradas.
- ✚ Sumergir los especímenes en agua por un periodo de 24 horas. Registrar los pesos de los especímenes totalmente sumergidos, después de sacarlos del agua y drenado 1 minuto, después del secado de los especímenes (peso secado al horno).
- ✚ Calcular la absorción con la siguiente expresión:

Absorción en (kg/m³):

$$Ab = [(Ws - Wd)/(Ws - Wi)] \times 1000$$

Absorción en (%):

$$Ab = [(Ws - Wd)/Wd] \times 100$$

Dónde:

Ws = Peso saturado del adoquín en (kg)

Wi = Peso sumergido del adoquín en (kg)

Wd = Peso seco del adoquín en (kg)

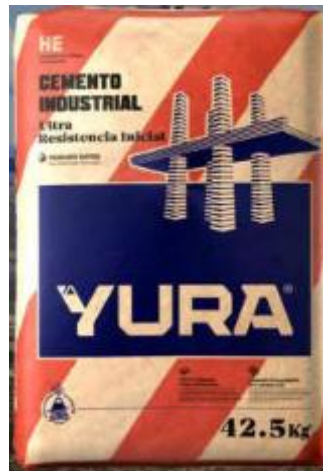


2.2.6. *Cemento*

2.2.6.1. **Cemento portland.**

Según la NTP 334.009, El cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda. El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad. (Torre, 2004)

Figura 6: Cemento portland HE



Fuente: Cementos YURA.

2.2.6.2. **Propiedades físicas y mecánicas del cemento.**

- Fraguado y endurecido

El fraguado es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. La velocidad de fraguado viene limitada por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado. Este proceso es controlado por medio del ensayo de la aguja de Vicat (NB 063; ASTM C191), que mide el inicio y fin del fraguado en mediciones de penetraciones cada 15 min, de la siguiente manera:

- a) Inicio del Fraguado. - Cuando la aguja no penetra más de 25 mm en la pasta. Se recomienda que una vez iniciado el fraguado el cemento ya deba estar totalmente colocado y no debe moverse de su lugar, ya que se originan fisuras.
- b) Fin del Fraguado. - Cuando la aguja no deja marcas en la superficie de la pasta.
- c) Falso Fraguado o endurecimiento prematuro. - Se manifiesta por un endurecimiento rápido del hormigón poco después del mezclado. Si este es resultado de la deshidratación del yeso durante el proceso de molido, por lo general desaparecerá con un mezclado adicional. Si es resultado de la interacción cemento aditivo, es posible que se requiera agua



y mezclado adicionales para mitigar el problema.

d) Fraguado por compactación. - En ocasiones, en el manejo del cemento a granel, se encuentra que el cemento presenta cierta dificultad para fluir o que fluye mal.

Este “fraguado por compactación”, no tiene efecto sobre las propiedades del cemento para producir el hormigón. El problema suele ser la humedad, instalaciones de manejo inadecuadamente diseñadas o haber dejado que el cemento se asentara, por demasiado tiempo sin moverlo.

El fraguado por compactación puede presentarse en donde, durante el tránsito, la vibración ha eliminado la mayor parte del aire que rodea las partículas de cemento, como en los vagones de ferrocarril. Se puede tener una situación semejante en los silos de almacenamiento. Por lo general, la aplicación de chorros de aire esponja bastante el cemento como para permitir que fluya. El uso de sustancias para ayudar a la pulverización del cemento ha reducido de manera significativa los problemas de flujo. Los sistemas modernos de aireación, los vibradores adecuados para los depósitos y los depósitos y silos correctamente diseñados experimentan pocos problemas, en caso de haberlos.

2.2.6.3. Tipos de Cemento y sus Aplicaciones Principales.

Los tipos de cementos y sus aplicaciones principales se dan de la siguiente manera:

- I De uso general, donde no se requiere de propiedades especiales
- II Moderados calor de hidratación y resistencia a los sulfatos Moderado C3A
- III Alta resistencia con elevado calor de hidratación, uso climas fríos.
- IV Bajo calor de hidratación Alto C2S.
- V Alta resistencia a los sulfatos Bajo.

2.2.6.4. Cemento portland HE

Yura (2022) El cemento portland de última generación, es un cemento elaborado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico altamente reactivo y yeso, lo cual permite que este tipo de cemento se use para la fabricación de concretos que pretendan llegar a una alta resistencia. Su fabricación está controlada por una gestión de calidad ISO 9001, y de gestión medio ambiental ISO 14001, ya que su fabricación reduce la emisión de CO₂, lo que contribuye a reducir los gases con efecto invernadero.



Propiedades:

- ✓ Alta durabilidad y alta resistencia inicial.
- ✓ Mejor trabajabilidad y plasticidad.
- ✓ Impermeable
- ✓ Menor calor de hidratación.

Beneficios Ambientales:

- ✓ Menor consumo energético
- ✓ Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su fabricación

2.2.7. Agregados

Es el conjunto compuesto de gravas, gravillas, arenas o partículas inertes de diferentes formas y tamaños que se encuentran destinados a ser aglomerantes; se obtienen de rocas naturales en canteras o ríos, y muchas veces por el tamaño en que se encuentran deben ser triturados para poder ser usados en el sector de la construcción. Por otro lado, lo ideal es encontrarlos libres de arcillas, sales y materias orgánicas. Los agregados para usar en la mezcla deben cumplir con la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037).

La NTP 400.037 (2014), define lo siguiente:

- Agregado para concreto: Llamados también áridos, componen un conjunto de partículas, de origen natural o artificial las cuales pueden ser elaboradas o tratadas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la presente norma NTP 400.037.
- Arena: Agregado fino el cual proviene de la desintegración natural de las rocas.
- Grava: Es el agregado grueso que proviene de la desintegración natural de material pétreo, usualmente depositados de forma natural en lechos de ríos y canteras.
- Piedra chancada: Es el agregado grueso producto de la trituración artificial o mecánica de las gravas o rocas, escorias u otros.
- Tamaño máximo: Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.
- Tamaño máximo nominal: Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, el cual produce el primer retenido entre 5% y 10%.



Es recomendable que la granulometría se encuentra dentro se encuentra dentro de los límites de la tabla:

Tabla 10: Tabla de límites permitidos

Tamiz	% Que atraviesa el tamiz
$\frac{3}{8}$ " (9.500mm)	100
Nº 4 (4.750mm)	95 – 100
Nº 8 (2.360mm)	80 – 100
Nº 16 (1.180mm)	50 – 85
Nº 30 (600.000um)	25 – 60
Nº 50 (300.000um)	10 – 30
Nº 100 (150.000um)	2 - 10

Fuente: (NTP 400.037).

2.2.7.1. Clasificación de los agregados

A) Por su naturaleza

Según Torre C. (2004), los clasifica en:

- ❖ El agregado fino: Definido como aquel que pasa el tamiz $\frac{3}{8}$ ", quedando retenido en la malla Nº200, siendo el más usual la arena producto de la desintegración de las rocas.
- ❖ El agregado grueso: Queda retenido en el tamiz Nº 4, el cual proviene de la desintegración de las rocas, es posible clasificarse en piedra chancada y grava.
- ❖ El hormigón: Conformado por una mezcla en proporciones arbitrarias de arena y grava, se utiliza tal cual se extrae en la cantera ya que se encuentra en forma natural en la cortea terrestre.

B) Por su origen, forma y textura superficial

La forma de los agregados según Torre C. (2004), pueden ser:

- Angular: Con bordes bien definidos, escasa evidencia de desgaste en bordes y caras, formado por la intersección de sus caras planas.



- Sub angular: Se evidencia poco desgaste en caras y bordes. Sin embargo, las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable es el desgaste en sus bordes y caras.
- Redondeada: Los bordes están desgastados, casi eliminados
- Muy redondeada: Sin presencia de caras ni bordes.

Con referencia a la textura superficial pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea

D) Por su tamaño

Torre C. (2004) indica que para concreto la siguiente clasificación

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

E) Propiedades de los agregados

a) Densidad:

Es la gravedad específica de sus componentes sólidos y porosidad del mismo material. Esta propiedad de los agregados es importante cuando se busca el diseño de concreto de bajo o alto peso unitario. La baja densidad significa que el material es poroso, débil y muy absorbente (TORRE C., 2004).

b) Porosidad:

La palabra porosidad proviene de poros, que significa espacios no ocupados por materia. Es muy importante para los sólidos y las partículas de agregado porque afecta a otras propiedades tales como: estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica, propiedades elásticas, gravedad específica, permeabilidad y absorción (TORRE C., 2004).

c) Peso Unitario:

Esto incluye el resultado de dividir el peso de las partículas por el volumen total incluyendo los vacíos. Para su determinación se sigue el procedimiento estandarizado en la norma ASTM C 29 y NTP 400.017. Este es el valor que permite la transformación de peso a volumen y viceversa (TORRE C., 2004).



d) Porcentaje de vacíos:

PASQUEL (1998) define el porcentaje de vacíos como la medida de volumen que esta expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados.

También depende de cómo se acomoden las partículas entre sí, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La misma norma ASTM C-29 proporciona la fórmula para calcularlo, utilizando valores de peso específico y peso unitario estándar:

$$\% \text{ de Vacíos} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{S \times W} \right]$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

M = Peso unitario compactado seco

e) Humedad

TORRE (2004) define la humedad como la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, influye en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla: En donde:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

2.2.7.2. Requisitos normativos para agregados

✓ Granulometría

Tanto para el agregado grueso como para el agregado fino se tienen las siguientes especificaciones, las cuales vienen dadas en la norma NTP 400.037



Agregado fino

Tabla 11: Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Agregado grueso

Tabla 12: Granulometría del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
94	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Resistencia mecánica

Tabla 13: Resistencia mecánica

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

Fuente: Torre C., 2004



2.2.8. Agua

El agua utilizada para hacer la mezcla debe cumplir con la Norma Técnica Peruana NTP 339.088.

Tabla 14 : Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Fuente: (NTP 339.088, 2006)

2.2.9. Aditivos

Son elementos orgánicos o inorgánicos que se incorporan a la mezcla en estado fresco en pequeñas proporciones con la finalidad de modificar algunas propiedades originales y cambiar el comportamiento del conglomerante, en este caso del cemento (INGENIERÍA CIVIL, 2009). Dichos aditivos en este caso deben de cumplir con lo decretado en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.089) y (NTP 334.088).

2.2.10. Concreto

El concreto es una piedra artificial compuesto de conglomerante y materiales inertes, obteniendo mayor resistencia de trabajo con el pasar del tiempo. El conglomerante es la mezcla de cemento y agua.

Los materiales inertes se agregan a la mezcla, ya que poseen resistencias similares a la piedra artificial, estos deben ser de diferente tamaño para que el volumen de la pasta a utilizar sea mínimo.

La resistencia para concretos normales está en el rango de 180 a 500 (kg/cm²) con densidades alrededor de 2400 (kg/cm³), mientras que para los concretos especiales alcanzan resistencias hasta 2000 (kg/cm²) con densidad de más de 3200 (kg/cm³).



Figura 7: Concreto



Fuente: (Reinar, 2016)

2.2.11. Diseño de mezcla de concreto

“El empleo adecuado de los materiales que compone el concreto determinan la resistencia y durabilidad del material, de esa forma es donde se enfoca el diseño de mezcla como la proporción de los materiales que componen la unidad cubica, además de mantener una rigurosa selección de los ingredientes y de la combinación más conveniente, económica, con la final de obtener un material que en el estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada”

“Las tablas presentadas desarrollan el concepto de diseño de mezcla que plantea el COMITÉ 211 DEL ACI, permite obtener materiales que conforman la unidad cubica del concreto, el proceso de realización empleada por el método mantiene una secuencia determinada”

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada.
- Selección del tamaño máximo nominal
- Selección del asentamiento
- Selección del volumen unitario del agua de diseño
- Selección del contenido de aire
- Selección de la relación agua – cemento por resistencia
- Determinación del factor del cemento
- Determinación del contenido del agregado grueso



- Determinación de los volúmenes absolutos de los materiales, % aire, agua
- Por diferencia determinación del peso seco del agregado fino
- Determinación de los valores de diseño.
- Corrección de los valores de diseño.
- Determinación de la proporción de diseño y en obra.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

Tabla 15: Agua de mezclado según el slump – en litros

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	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"	216	205	197	184	174	166	154	-----
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: comité ACI 211



Tabla 16: Relación agua – cemento (a/c) por resistencia a la compresión en kg/cm²

f'c a 28 Días (Kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: comité ACI 211

Tabla 17: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto según el tamaño máximo

Tamaño Máximo de agregado	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos 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
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: comité ACI 211



Tabla 18: Obtención del porcentaje de aire atrapado según el tamaño máximo del agregado

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

Fuente: comité ACI 211

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Un adoquín Tipo I, sustituido con PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, muestra un desempeño similar respecto a un adoquín patrón.

2.3.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis Específica 01:

La dosificación óptima del adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado estará dentro del rango 15% AL 35%, respecto a un adoquín patrón.

Hipótesis Específica 02:

El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la resistencia a la compresión de un adoquín convencional según la NTP 399.611.

Hipótesis Específica 03:

El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la resistencia a la flexión indicada en la NTP 399.079:2015.

Hipótesis Específica 04:

El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con el porcentaje máximo de absorción según la NTP 399.611.

Hipótesis Específica 05:

El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la densidad según la NTP 399.611.



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables

2.4.1.1 Variable Independiente

Plástico PET reciclado triturado

Es un material fuerte de peso ligero de poliéster claro. Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros. Siendo un polímero, las moléculas de tereftalato del polietileno consisten en cadenas largas de unidades repetidas que sólo contienen el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), todos elementos orgánicos (OLIVARES, 2006)

Indicadores de Variables Independientes

Sustitución de plástico PET reciclado triturado respecto al peso del agregado grueso en porcentajes de 15%, 25% y 35%

2.4.1.2. Variable Dependiente

Propiedades físico – mecánicas

Las propiedades mecánicas son características que determinan el comportamiento del material cuando se sujeta a esfuerzos mecánicos, en cuanto a las propiedades físicas es aquella que trata especialmente de la estructura del material, es decir se define mediante la observación y la medición.

Indicadores de Variables Dependientes

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión
- Absorción
- Peso



2.4.2. Operacionalización de Variables

Tabla 19: Cuadro de operacionalización de variables

OPERALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLES INDEPENDIENTES						METODOLOGIA
Variables	Descripción de la variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento	
PET reciclado triturado	Es un material fuerte de peso ligero de poliéster claro. Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros. Siendo un polímero, las moléculas de tereftalato del polietileno consisten en cadenas largas de unidades repetidas que sólo contienen el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), todos elementos orgánicos (OLIVARES, 2006)	Porcentaje de PET reciclado triturado que será sustituido respecto al peso del agregado grueso .	Sustitución de PET reciclado triturado respecto al peso del agregado grueso en porcentajes de 15%, 25% y 35%	%	Guías y manuales de observación de laboratorio	METODO DE INVESTIGACIÓN: Hipotético - Deductivo NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Correlacional ENFOQUE DE LA INVESTIGACION: Cuantitativa DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Cuasi – Experimental POBLACIÓN: Las unidades de población son todos y cada uno de los ADOQUINES producidos para la presente investigación, además de los adoquines adquiridos en el mercado local.
VARIABLES DEPENDIENTES						
Variables	Descripción de la variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento	
Propiedades físico - mecánicas	Las propiedades mecánicas son características que determinan el comportamiento del material cuando se sujeta a esfuerzos mecánicos, en cuanto a las propiedades físicas es aquella que trata especialmente de la estructura del material, es decir se define mediante la observación y la medición.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Kg/cm2	Ensayo de Resistencia a la compresión	TÉCNICA: Observación directa y documentación INSTRUMENTO: Fichas para recolección de datos
			Resistencia a la flexión	Kg/cm2	Ensayo de Resistencia a la flexión	
		Propiedad física	Absorción	%	Ensayo de porcentaje de Absorción	
			Densidad	%	Ensayo de densidad	



Capítulo III: Método

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

El presente estudio de investigación se basa en el tipo cuantitativa porque conllevó a una descripción y análisis de un hecho real para dar un aporte científico tomando en cuenta el número apropiado de especímenes según establece la norma NTP 399.611. Hernández, (2010) menciona que: “la investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de nuestra investigación es Descriptiva - correlacional, ya que vamos a conocer el comportamiento de las variables dependientes partir de la independiente, así mismo también busca la especificación de las propiedades y características de lo que se analiza. Hernández, Fernández & Baptista (2014).

Es un tipo de estudio que tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular). Mide el grado de relación entre dos o más variables [...] Tales correlaciones se expresan en hipótesis sometidas a prueba.

3.2. Diseño de la Investigación

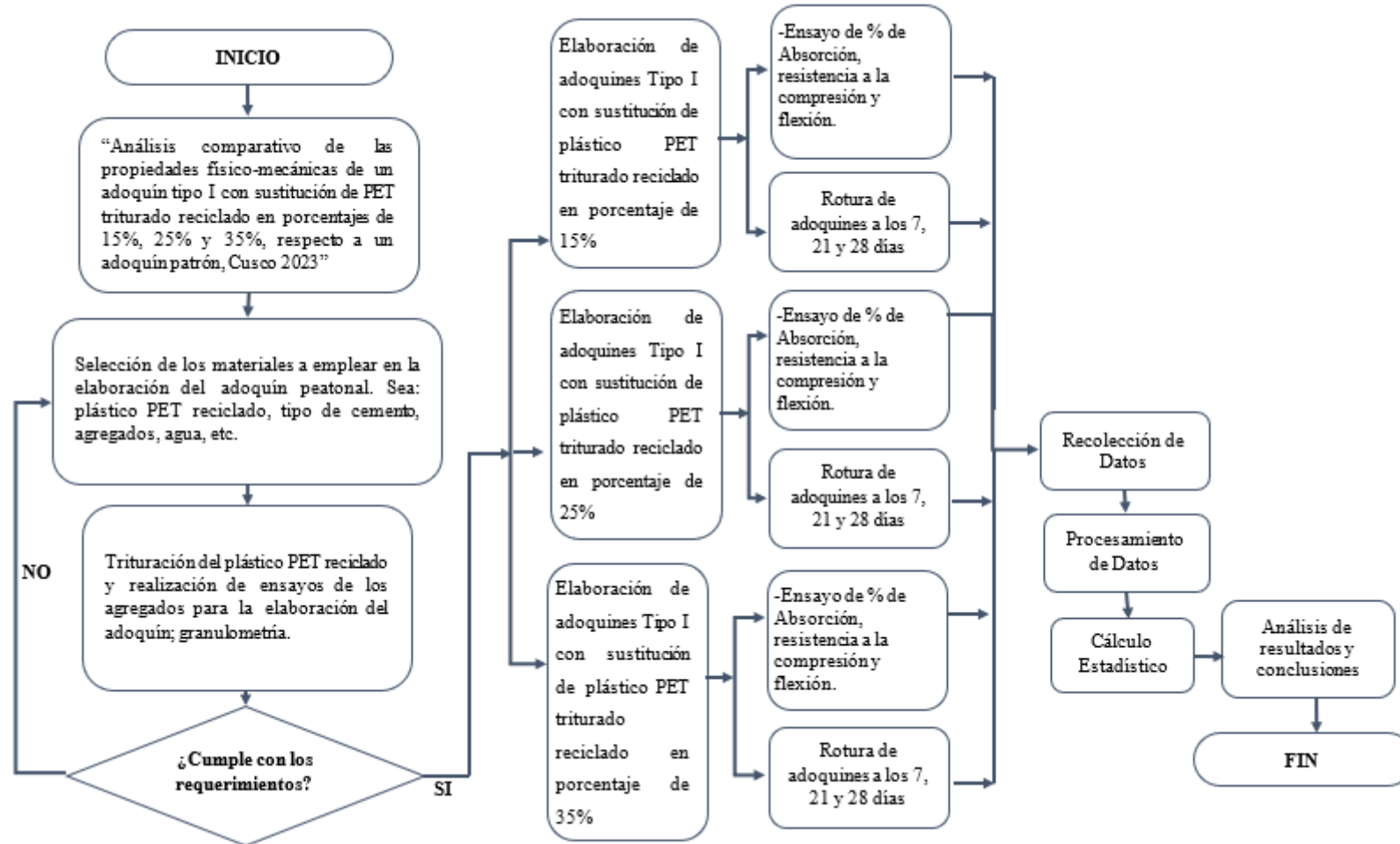
3.2.1. Diseño Metodológico

El diseño de investigación busca responder las preguntas, cumplir con los objetivos planteados y poner a prueba la hipótesis. La presente investigación se ubica en el diseño experimental de cuasi – experimental, porque se va a manipular la variable independiente y ver cuáles son los efectos que causa a la variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 151). En el diseño cuasi – experimental, es necesario que exista un Grupo Experimental y un Grupo de Control.



3.2.2. Diseño de Ingeniería

Figura 8: Flujograma



Fuente: Propia (2023)



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según Tamayo La población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrado un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación (2003, p. 176)

La cuantificación de la población de las unidades de adoquín será todas las unidades de Adoquín tipo I, que cumplen con la norma NTP 399.611.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la Muestra

La muestra utilizada para la investigación está compuesta por adoquines tipo I, la muestra es de tipo censal ya que la muestra estudiada incluye todos los elementos de la población.

Según (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014) Se considera censal ya que se ha de seleccionar la totalidad de la población, en este sentido podemos decir que este tipo de muestreo es aquel donde todas las unidades serán consideradas muestras.

Se ha de considerar 116 unidades, de las cuales 29 unidades serán de adoquín patrón, 29 unidades de adoquín con adición del 15% de PET, 29 unidades de adoquín con adición de 25% de PET y 29 unidades de adoquín con adición de 35% de PET. Estas serán sometidas a ensayos por cada porcentaje de adición (60 unidades para el ensayo de resistencia a la compresión, 12 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión, 24 unidades para el ensayo de absorción y 20 unidades para ensayo de densidad).



Tabla 20: Cuantificación de la muestra

ADOQUINES	Resistencia a la compresión			Resistencia a la flexion	Ensayo de Absorción	Ensayo de Densidad
Tiempo	7	21	28	28	6	5
Adoquin Patron	5	5	5	3		
Adoquien con 15% de PET	5	5	5	3	6	5
Adoquien con 25% de PET	5	5	5	3	6	5
Adoquien con 35% de PET	5	5	5	3	6	5
ADOQUINES POR ENSAYO	20	20	20	12	24	20
TOTAL DE ADOQUINES (UND)	116					

Fuente: Propia (2023)

3.3.2.2. Método de muestreo

El método de muestreo será de tipo censal. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Tabla 21: Cuantificación de la muestra para ensayo de resistencia a la compresion

ADOQUINES	Resistencia a la compresión		
Tiempo	7	21	28
Adoquin Patron	5	5	5
Adoquien con 15% de PET	5	5	5
Adoquien con 25% de PET	5	5	5
Adoquien con 35% de PET	5	5	5
ADOQUINES POR ENSAYO	20	20	20
TOTAL DE ADOQUINES (UND)	60		

Fuente: Propia (2023)



Tabla 22: Cuantificación de la muestra para ensayo de resistencia a la flexión

ADOQUINES	Resistencia a la flexión
Tiempo	28
Adoquin Patron	3
Adoquien con 15% de PET	3
Adoquien con 25% de PET	3
Adoquien con 35% de PET	3
TOTAL ADOQUINES POR ENSAYO	12

Fuente: Propia (2023)

Tabla 23: Cuantificación de la muestra para ensayo de absorción y densidad

ADOQUINES	Ensayo de Absorción	Ensayo de Densidad
Tiempo		
Adoquin Patron	6	5
Adoquien con 15% de PET	6	5
Adoquien con 25% de PET	6	5
Adoquien con 35% de PET	6	5
TOTAL ADOQUINES POR ENSAYO	24	20

Fuente: Propia (2023)



3.3.2.3. Criterios de evaluación de muestra

Muestras ensayadas en el laboratorio de materiales y concreto de la Universidad Andina del Cusco, se procedió a la realización de los ensayos, con un respectivo control de los datos obtenidos en el laboratorio. Previa revisión de las muestras previamente se estudió las normas la NTP 399.611 y la norma ITINTEC 399.124. Para la fabricación de los adoquines tipo I con adición de plástico PET reciclado triturado, utilizamos moldes de acero verificando los anchos largos y altura de los mismos.

Las dimensiones del prototipo de adoquín tipo I con adición de plástico PET reciclado triturado son de:

20cm*10cm*4cm. Según indica la NTP 399.611.

El vaciado fue realizado de acuerdo al diseño de mezcla que se realizó.

El curado de los adoquines se llevó a cabo en las pozas de curado de la universidad Andina de Cusco.

3.3.2.4. Criterios de inclusión

- ✓ Los adoquines tipo I fueron dimensionados en 20cm*10cm*4cm según indica la NTP 399.611
- ✓ Las unidades fueron elaboradas con cemento Yura tipo HE.
- ✓ El agua usada es potable de la red pública de San Jerónimo.
- ✓ Uso de Agregado Grueso de la cantera de Vicho.
- ✓ Uso de Agregado Fino de las canteras de Cunyac.
- ✓ Uso de confitillo de la cantera de Vicho.
- ✓ Las unidades se realizaron para uso peatonal
- ✓ Los adoquines fabricados fueron debidamente seleccionados e identificados como: adoquín patrón, adoquín con 15% de plástico PET reciclado triturado, adoquín con 25% de plástico PET reciclado triturado y adoquín con 35% de plástico PET reciclado triturado.

Es así que, ya contando con todas las muestras listas para la evaluación, se realizaron los respectivos ensayos, con respecto a las normas técnicas específicas para cada caso.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos (encuestas, entrevistas, guías de observación). La presente investigación se realizará ensayos para determinar u obtener resultados de las variables de investigación, por el cual se elaboró una ficha de recolección de información y datos en la cual se desglosa cada variable y la medición a través de sus respectivos indicadores con la finalidad de que la investigación tenga credibilidad.

🚧 Ensayo de Malla N°200 (MTC E 202)

Tabla 24: Ficha para ensayo de la Malla N°200

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso		Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos				
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO FINO MEZCLA</u>				
Descripción		Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial				
Peso seco de la muestra lavada				
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO GRUESO MEZCLA</u>				
Descripción		Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial				
Peso seco de la muestra lavada				

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Granulometría de agregados Finos y Gruesos (MTC E 204)

Tabla 25: Ficha para ensayo de granulometria de agregados finos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado fino mezcla	Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial =			
<u>Agregado fino</u>			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
3/8"	9.50		
N°	4.75		
N°8	2.36		
N°16	1.18		
N° 30	0.60		
N° 50	0.30		
N° 100	0.15		
N° 200	0.075		
Fondo			
TOTAL			

Fuente: Propia (2023)



Tabla 26: Ficha para ensayo de granulometria de agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado grueso	Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial =			
<u>Agregado grueso</u>			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50		
3/8"	9.50		
N°4	4.75		
N°8	2.36		
N° 16	1.18		
N° 50	0.30		
Fondo			
TOTAL			

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Peso Unitario y vacíos de los agregados (MTC E 203)

Tabla 27: Ficha para ensayo de peso unitario y vacíos en agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Fino		Fecha:	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado				
Peso del recipiente				
Peso del agregado				
Volumen del recipiente				
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado				
Peso del recipiente				
Peso del agregado				
Volumen del recipiente				

Fuente: Propia (2023)



Tabla 28: Ficha para ensayo de peso unitario y vacíos de agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Grueso		Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado				
Peso del recipiente				
Peso del agregado				
Volumen del recipiente				
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado				
Peso del recipiente				
Peso del agregado				
Volumen del recipiente				

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Gravedad Especifica y absorción de agregados finos (MTC E 205)

Tabla 29: Ficha ensayo de peso especifico y absorcion de agregados finos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO REICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca		
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO FINO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del material secado al horno			
Peso del picnómetro + peso de agua			
Peso del pignómetro			
Peso del pignómetro + peso del agua + peso del material			
Peso del material superficialmente seco			

Fuente: Propia (2023)



Tabla 30: Ficha para ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca		
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso de la muestra seca en el aire (A)			
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)			
Peso en el agua de la muestra saturada (C)			
Peso de la muestra seca en el horno (D)			

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Contenido de humedad (MTC E 215)

Tabla 31: Ficha para ensayo de Contenido de humedad para agregados

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Porcentaje de humedad de Agregados		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO FINO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo			
Peso del Agregado Seco			
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo			
Peso del Agregado Seco			

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Abrasión de los Ángeles (MTC E 207)

Tabla 32: Ficha para ensayo de Abrasión los Ángeles

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Abrasión los ángeles		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados Grueso	Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>ABRASIÓN LOS ÁNGELES DE AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Seco Inicial			
Peso después del proceso de desgaste			
	* Tamaño Nominal Máximo		
	* Gradación de la muestra de ensayo		

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de Tolerancia Dimensional (NTP 399.604 -2022)

Tabla 33: Ficha para ensayo de tolerancia dimensional

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Tolerancia Dimensional de adoquines		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>TOLERANCIA DIMENSIONAL DE ADOQUINES</u>			
Descripción de Adoquines	Longitud L (mm)	Ancho A (mm)	Espesor E (mm)
AD - Patron 1			
AD - Patron 2			
AD - Patron 3			
AD - Patron 4			
AD - Patron 5			
AD - 15% PET 1			
AD - 15% PET 2			
AD - 15% PET 3			
AD - 15% PET 4			
AD - 15% PET 5			
AD - 25% PET 1			
AD - 25% PET 2			
AD - 25% PET 3			
AD - 25% PET 4			
AD - 25% PET 5			
AD - 35% PET 1			
AD - 35% PET 2			
AD - 35% PET 3			
AD - 35% PET 4			
AD - 35% PET 5			

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de densidad (NTP 399.604 – 2002)

Tabla 34: Ficha para ensayo de densidad de los adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Densidad de Adoquines			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha:	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
<u>DENSIDAD DE ADOQUINES</u>				
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	
AD - Patron 1				
AD - Patron 2				
AD - Patron 3				
AD - Patron 4				
AD - Patron 5				
AD - 15% PET 1				
AD - 15% PET 2				
AD - 15% PET 3				
AD - 15% PET 4				
AD - 15% PET 5				
AD - 25% PET 1				
AD - 25% PET 2				
AD - 25% PET 3				
AD - 25% PET 4				
AD - 25% PET 5				
AD - 35% PET 1				
AD - 35% PET 2				
AD - 35% PET 3				
AD - 35% PET 4				
AD - 35% PET 5				

Fuente: Propia (2023)



Ensayo de Absorción (NTP 399.604 -2002)

Tabla 35: Ficha para ensayo de absorción de adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Absorción de Adoquines			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha:	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
<u>ABSORCIÓN DE ADOQUINES</u>				
Descripción de Adoquines	Peso Saturado W_s (Kg)	Peso Sumergido W_i (Kg)	Peso Seco W_d (Kg)	
AD - Patron 1				
AD - Patron 2				
AD - Patron 3				
AD - Patron 4				
AD - Patron 5				
AD - 15% PET 1				
AD - 15% PET 2				
AD - 15% PET 3				
AD - 15% PET 4				
AD - 15% PET 5				
AD - 25% PET 1				
AD - 25% PET 2				
AD - 25% PET 3				
AD - 25% PET 4				
AD - 25% PET 5				
AD - 35% PET 1				
AD - 35% PET 2				
AD - 35% PET 3				
AD - 35% PET 4				
AD - 35% PET 5				

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 399.604 -2002)

Tabla 36: Ficha para ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha de moldeo:	AD-P				
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	AD-Pet				
	Annie Milagros Quispe Sullca		Lab. IC-UAC				
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320						
AD - Patron 2	320						
AD - Patron 3	320						
AD - Patron 4	320						
AD - Patron 5	320						
AD - 15% PET 1	320						
AD - 15% PET 2	320						
AD - 15% PET 3	320						
AD - 15% PET 4	320						
AD - 15% PET 5	320						
AD - 25% PET 1	320						
AD - 25% PET 2	320						
AD - 25% PET 3	320						
AD - 25% PET 4	320						
AD - 25% PET 5	320						
AD - 35% PET 1	320						
AD - 35% PET 2	320						
AD - 35% PET 3	320						
AD - 35% PET 4	320						
AD - 35% PET 5	320						

Fuente: Propia (2023)



✚ Ensayo de resistencia a la flexión (NTG 41087 h1)

Tabla 37: Ficha para ensayo de resistencia a la flexión de adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
Ensayo:	Resistencia a la Flexión				
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”				
Datos Generales					
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha de moldeo:	AD-P	
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	AD-Pet	
	Annie Milagros Quispe Sullca			Lab. IC-UAC	
Datos Específicos					
<u>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</u>					
Descripción de Adoquines	Edad (días)	Longitud de Largo A (mm)	Longitud de ancho B (mm)	Longitud de Espesor H (mm)	Carga Maxima aplicada (N)
AD - Patron 1					
AD - Patron 2					
AD - Patron 3					
AD - Patron 4					
AD - Patron 5					
AD - 15% PET 1					
AD - 15% PET 2					
AD - 15% PET 3					
AD - 15% PET 4					
AD - 15% PET 5					
AD - 25% PET 1					
AD - 25% PET 2					
AD - 25% PET 3					
AD - 25% PET 4					
AD - 25% PET 5					
AD - 35% PET 1					
AD - 35% PET 2					
AD - 35% PET 3					
AD - 35% PET 4					
AD - 35% PET 5					

Fuente: Propia (2023)



3.4.2. Instrumentos de ingeniería






- o Balanza de precisión
- o Moldes metálicos para adoquines
- o Regla metálica
- o Martillo de goma
- o Pozas de curado
- o Máquina de compresión axial
- o Horno a temperatura de 110°
- o Máquina Vibradora
- o Tamizadora eléctrico
- o Tamices
- o Cucharón metálico
- o Vernier
- o Jarra de graduación en litros
- o Espátulas
- o Recipientes metálicos
- o Wincha de mano

3.5. Procedimiento de recolección de datos y análisis de datos

3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos

3.5.1.1. Ensayo de Malla N° 200 (MTC E 202)

A) Equipos a utilizar

-  Tamices (N° 200 y N° 16)
-  Cucharón
-  Recipientes metálicos
-  Balanza
-  Horno



B) Procedimiento

El procedimiento se realizó de acuerdo a la normal MTC E 202, para esto se seleccionó una muestra representativa del material tanto para agregado fino y agregado grueso, se procedió a realizar el cuarteo hasta obtener dos partes similares.



Figura 9: Cuarteo del agregado fino



Figura 10: Cuarteo del agregado grueso

Seguidamente se secó las muestras en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, luego se dejó enfriar y se determinó su peso correspondiente. Ya con esto se procedió con el lavado de los materiales con la malla N° 200 y N° 16.



Figura 11: Lavado de agregados en malla N° 200 y N° 16



El lavado se realizó hasta que el agua se torne de un color transparente, luego se procedió a colocar cada material en un recipiente metálico, para seguidamente ser colocados en el horno.



Figura 12: Agregados en proceso de secado en el horno

Al día siguiente los agregados fueron retirados del horno, se esperó que estén fríos para obtener el paso de cada agregado.

C) Toma de datos

- ❖ Malla N° 200 de agregado fino y grueso.

Tabla 38: Datos obtenidos en el ensayo de Malla N°200

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200		
Tesis:	"Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un adoquín tipo I incorporando PET triturado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, con relación a un adoquín patrón, Cusco 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	30/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: AGREGADO FINO MEZCLA			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1802.57	gr	
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: AGREGADO GRUESO MEZCLA			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1795.02	gr	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.2. Ensayo de Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos (MTC E 204)

A) Equipos a utilizar

- + Tamizadora
- + Tamices: 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200
- + Tapa y fondo
- + Balanza
- + Recipientes metálicos
- + Brocha
- + Cucharón

B) Procedimiento

Para realizar este ensayo, se tomó las muestras de agregado fino y grueso del ensayo de la malla N° 200, los cuales ya estaban preparados, seleccionados, lavados y secados.

En este caso, para realizar la granulometría del agregado fino, se seleccionaron los tamices (3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200) con tapa y fondo, para luego ser colocados en la maquina tamizadora durante 3 minutos.



Figura 13: Agregados en la maquina tamizadora

De ello se obtuvo el material retenido en cada tamiz, el cual fue debidamente pesado, para ser ingresado en la tabla de datos.



Figura 14: Tesistas con los agregados retenidos por cada tamiz

Los agregados finos tuvieron la siguiente proporción (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac), se tomó de esta manera para que se pueda cumplir con la curva granulométrica. Se uso estos valores por el hecho de que tenía que realizarse un tanteo que sea favorable para que nuestro material pueda estar dentro de los límites de granulometría.

De la misma manera se inició con el ensayo de granulometría del agregado grueso, para lo cual se seleccionó los siguientes tamices 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16 y N° 50 con tapa y fondo. Colocamos el agregado en los tamices para luego llevarlo a la maquina tamizadora.



Figura 15: Tesistas realizando el ensayo de granulometría

Al igual que con el agregado fino, se pesó el material retenido por matiz, para proceder a su correcta colocación en nuestra tabla de datos.



Figura 16: Material retenido luego del tamizado



El agregado grueso tuvo la siguiente proporción 37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho, esto para que pueda llegar a cumplir con lo que establece la curva granulométrica.

De igual manera se realizó la granulometría del plástico PET debidamente triturado, el cual fue previamente lavado, secado a temperatura ambiente, y tamizado con la malla de 1/2", para que pueda cumplir con el TMN. La granulometría que se realizó al plástico PET se realizara con los tamices que se consideran para una granulometría de agregado grueso, ya que este plástico va sustituir en porcentajes a dicho agregado.



Figura 17: Tesistas tamizando el plástico PET

De este procedimiento se obtuvo también los pesos retenidos por mallas, los cuales también se colocaron en la tabla de datos.



Figura 18: Plástico PET retenido por tamices



C) Toma de datos

❖ Agregado Fino

Tabla 39: Datos del ensayo de Ganulometria Agregado Fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado fino mezcla (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)	Fecha:	31/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 712.00 gr			
<u>Agregado fino mezcla (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)</u>			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
3/8"	9.50	0.00	
N°	4.75	33.13	
N°8	2.36	81.15	
N°16	1.18	80.26	
N° 30	0.60	132.38	
N° 50	0.30	182.15	
N° 100	0.15	152.22	
N° 200	0.075	48.49	
Fondo		1.70	
TOTAL		711.48	

Fuente: Propia (2023)



❖ Agregado Grueso

Tabla 40: Datos del ensayo de Granulometría Agregado Grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO REICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado grueso mezcla (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho)	Fecha:	31/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 669.00			
<u>Agregado grueso mezcla (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho)</u>			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0.00	
3/8"	9.50	70.41	
N°4	4.75	350.03	
N°8	2.36	129.57	
N° 16	1.18	66.34	
N° 50	0.30	30.57	
Fondo		21.77	
TOTAL		668.69	

Fuente: Propia (2023)



❖ Plástico PET

Tabla 41: Datos del ensayo de Granulometría PET

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Plástico PET		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Plástico PET	Fecha:	30/06/2023
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca		
Datos Específicos			
Peso inicial = 700.00			
<u>PLASTICO PET</u>			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0	
3/8"	9.50	313.56	
N°4	4.75	181.56	
N°8	2.36	164.52	
N° 16	1.18	35.17	
N° 50	0.30	2.77	
Fondo		0.17	
TOTAL		697.75	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.3. Ensayo de Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205).

A) Equipos a utilizar

- ✚ Bomba de vacíos
- ✚ Picnómetro
- ✚ Balanza
- ✚ Cono más pisón
- ✚ Horno
- ✚ Pizeta
- ✚ Embudo
- ✚ Recipientes metálicos
- ✚ Bocha
- ✚ Cucharón
- ✚ Espátula

B) Procedimiento

Se obtuvo el material fino ya mezclado en la siguiente proporción (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac), se inició con el cuarteo y se obtuvo la muestra con la cual se trabajó.



Figura 19: Agregado fino para el ensayo de peso específico

Esta muestra se hizo remojar durante 24 horas, luego de ello se procede a colocar la muestra sobre una bandeja para que esta seque al aire hasta lograr que la muestra este superficialmente seca.

Una vez esté listo, se coloca el agregado dentro del molde para ser apisonado con la varilla dándole 25 golpes, y se procede a levantar el cono.

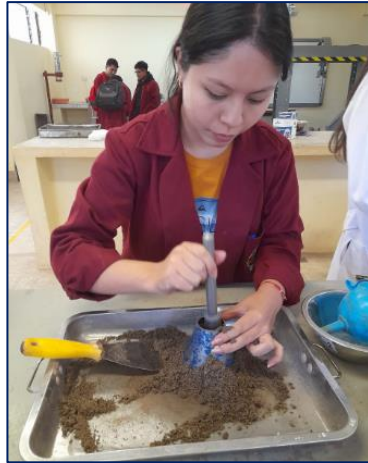


Figura 20: Tesistas apisonando el material en el molde cónico



Figura 21: Agregado fino superficialmente seco

Luego de ello se pesó el picnómetro, así como el picnómetro con agua hasta la marca que indica, y se retira parte de ella para que se introduzca el agregado para ser pesado.



Figura 22: Procedimiento del ensayo



Seguidamente se procedió a la extracción de las burbujas de aire, para lo cual se utilizó la bomba de vacíos y se pesó el picnómetro más el agua más el agregado.



Figura 23: Uso de la Bomba de vacíos

Luego de ello se retira el agregado del picnómetro para ser colocado en un recipiente, el cual será llevado al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, una vez seco se obtuvo el peso.



Figura 24: Material ingresado en el horno



C) Toma de datos

Tabla 42: Datos del ensayo de Peso específico y absorción de Agregados Finos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	02/06/2023
Tesis:	María Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca		
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO FINO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del material secado al horno		406.82	g
Peso del picnómetro + peso de agua		699.81	g
Peso del pignómetro		201.84	g
Peso del pignómetro + peso del agua + peso del material		991.37	g
Peso del material superficialmente seco		500.00	g

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.4. Ensayo de Gravedad específica y absorción de agregados gruesos (MTC E 206.).

A) Equipos a utilizar

- ✚ Tamices N° 4 y N° 8
- ✚ Cesta metálica
- ✚ Balanza de flotación
- ✚ Depósito de agua
- ✚ Paño absorbente
- ✚ Cucharón
- ✚ Brocha
- ✚ Horno

B) Procedimiento

Se tuvo el material ya en proporciones (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho), teniendo en cuenta la norma MTC E 206, la cual indica que se debe descartar el material que pasa por el tamiz N°4, pero de tener una considerable cantidad de finos, se ha de utilizar el tamiz N° 8.

Para este ensayo se colocó la muestra ya tamizada en un recipiente que reposo durante 24 horas, pasado este tiempo se retiró el agua y se colocó sobre un paño absorbente, para secar al aire hasta que este superficialmente seca.



Figura 25: Tesistas realizando el secado del agregado



Una vez concluido ello se coloca en el molde metálico para obtener el peso superficialmente seco, y se hace uso de la cesta metálica, donde se coloca este material que será sumergido en el agua y obtener el peso sumergido en la balanza de flotación.



Figura 26: Tesistas realizando el pesado en la balanza de flotación



Figura 27: Cesta metálica y balanza de flotación



Finalmente se retiró la muestra del agua y se colocó en un recipiente metálico para ser llevado al horno, una vez secado se procede a tomar su peso.



Figura 28: Muestra en el horno

C) Toma de datos

Tabla 43: Datos del ensayo de Peso específico y Absorción de Agregados gruesos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos		
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO REICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	02/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso de la muestra seca en el aire (A)		1524.57	g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)		1671.50	g
Peso en el agua de la muestra saturada (C)		646.00	g
Peso de la muestra seca en el horno (D)		1488.31	g

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.5. Ensayo de Peso unitario y vacíos de los agregados (MTC E 203.)

A) Equipos a utilizar

- ✚ Recipiente cilíndrico de metal
- ✚ Varilla de apisonado
- ✚ Balanza
- ✚ Cucharón
- ✚ Bandeja metálica
- ✚ Wincha
- ✚ Brocha

B) Procedimiento

Para realizar este ensayo, como se vio en los anteriores, se toma las proporciones que se han de usar, tanto para agregado fino como para agregado grueso, teniendo así la muestra seca ya lista para el ensayo por método de cuarteo.



Figura 29: Cuarteo de agregado fino



Figura 30: Cuarteo de agregado grueso



Figura 31: Equipo que se usó en el ensayo

Para empezar, se tomó un cucharón con el cual nos ayudamos a descargar el material desde una altura que no sobrepase las 2", llenando así todo el recipiente, se procede a limpiar los bordes y se obtiene el peso.



Figura 32: Tesistas realizando el ensayo



Seguidamente se realizó el peso unitario compactado para ambos agregados, donde se apisono en tres capas, usando la varilla metálica dando 25 golpes por capa hasta llegar al final del recipiente y luego nivelar con la varilla.



Figura 33: Apisonamiento de los agregados



Figura 34: Enrazado de los agregados al nivel del cilindro metálico

Finalmente se limpian los excesos de los bordes con una brocha para pesar el recipiente con el agregado.



Figura 35: Peso del agregado más el cilindro metálico

C) Toma de datos

❖ Agregado fino

Tabla 44: Datos de ensayo de de Peso unitario suelto y compactado de agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	07/06/2023	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC	
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	12150.00	12145.00	12145.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	4605.00	4600.00	4600.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13525.00	13550.00	13390.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5980.00	6005.00	5845.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3

Fuente: Propia (2023)



❖ Agregado grueso

Tabla 45: Datos de ensayo de de Peso unitario suelto y compactado de agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Grueso		Fecha:	07/06/2023
Tesistas:	María Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13110.00	13075.00	13015.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5565.00	5530.00	5470.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	14175.00	14165.00	14170.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	6630.00	6620.00	6625.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.6. Ensayo de Contenido de humedad (MTC E 215.)

A) Equipos a utilizar

- ✚ Recipientes metálicos
- ✚ Balanza
- ✚ Horno
- ✚ Brocha
- ✚ Cucharón

B) Procedimiento

Se realizó la mezcla en proporciones para los agregados, tanto fino como grueso, así mismo se realizó el método del cuarteo para así obtener una muestra representativa de cada material para este ensayo.



Figura 36: Cuarteo del agregado para el ensayo de porcentaje de humedad

Primero se registró el peso de los agregados, tanto de finos como de grueso, y se coloca en recipientes metálicos, los cuales serán llevados al horno, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Seguidamente se retiró del horno, se enfrió el material para registrar los pesos de los agregados.



Figura 37: Peso del material retirado del horno

C) Toma de datos

Tabla 46: Datos del ensayo de contenido de humedad de los agregados

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Porcentaje de humedad de Agregados		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	16/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO FINO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo		2000.00	g
Peso del Agregado Seco		1938.60	g
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción		Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo		2000.50	g
Peso del Agregado Seco		1955.30	g

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.7. Ensayo de Abrasión los Ángeles (MTC E 207)

A) Equipos a utilizar

- + Tamices: (3/8", 1/4" y N° 4), (N°10)
- + Tapa y fondo
- + Máquina de los Ángeles
- + Billas
- + Llave inglesa
- + Bandejas metálicas
- + Balanza
- + Cucharon
- + Horno

B) Procedimiento

Se tomo el agregado grueso previamente mezclado en las proporciones antes mencionadas, se realizó el método de cuarteo para obtener así nuestra muestra representativa. Nos basamos en la norma MTC E 207, la cual menciona que nuestro agregado pertenece a la gradación de tipo "C", que tendrá como medida de tamices a 3/8", 1/4", y N°4.



Figura 38: Equipos y materiales que se usaron en el ensayo



Ya que estamos dentro de la gradación “C”, se tiene que considerar el número de esferas a usar, para este tipo de gradación corresponde 8 esferas que se usaran dentro de la máquina de los ángeles.



Figura 39: Maquina de los Ángeles

Ya teniendo el agregado listo, se procedió a colocar la muestra y las esferas en la máquina de los Ángeles, la cual ensayara a una velocidad que menciona la MTC E 207, donde indica que se debe colocar (30rpm a 33rpm), por 500 revoluciones.



Figura 40: Tesisistas DJ



Luego se retiró el agregado, procediendo a tamizar y lavar con el tamiz N°10, puesto que no se contaba con el tamiz N°12.



Figura 41: Tamizado del material

Finalmente se llevó al horno para que pueda secar a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, para luego tomar el peso del proceso de desgaste.



C) Toma de datos

Tabla 47: Datos del ensayo de Abrasión los Ángeles

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Abrasión los ángeles		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados Grueso	Fecha:	16/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
ABRASIÓN LOS ÁNGELES DE AGREGADO GRUESO			
	Descripción	Cantidad	Unidad
	Peso del Agregado Seco Inicial	5000.00	g
	Peso después del proceso de desgaste	3969.20	g
	* Tamaño Nominal Máximo	3/8"	
	* Gradación de la muestra de ensayo	C	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.8. Vaciado de los adoquines de concreto

A) Equipo a utilizar

- ✚ Mezcladora tipo carretilla
- ✚ Moldes de adoquín
- ✚ Pala
- ✚ Jarra medidora
- ✚ Balanza
- ✚ Recipientes
- ✚ Cucharón
- ✚ Badilejo
- ✚ Espátula
- ✚ Varilla metálica
- ✚ Cono de Abrams
- ✚ Regla
- ✚ Petróleo
- ✚ Brocha

B) Procedimiento

El vaciado de los adoquines se realizó en la Universidad Andina del Cusco, para ello se tuvo listo los materiales respectivamente pesados según el diseño de mezcla y el equipo que se debía usar. Teniendo como dichos materiales al agregado fino, agregado grueso, plástico PET, agua, cemento HE, se hizo uso de este cemento debido a que nuestra tesis tiene un aporte medio ambiental puesto que este cemento al producirse no genera CO₂ y a su vez cumple con el ISO9001, este cemento HE es de secado rápido, lo cual era ideal ya que para este vaciado se mandó a fabricar adoquineras, teniendo así 30 moldes en total, así que se requería desmoldarlos anticipadamente, puesto que el vaciado se realizó en un solo día. Las dimensiones de dicho molde fueron 20cm de largo, 10cm de ancho y 4cm de espesor, esto de acuerdo a la NTP 399.611.

La mezcla de concreto se preparó de acuerdo a las siguientes proporciones, para el agregado fino se tomó 33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac, y para agregado grueso 37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho



Figura 42: Agregados y PET para la mezcla de concreto



Figura 43: Equipo para la elaboración de los adoquines de concreto



Para empezar con la preparación de la mezcla se realizó un pequeño lavado del trompo, para eliminar los residuos de concreto seco. Seguidamente se hecho la mitad de la cantidad de agua total que requería nuestro diseño, para luego colocar los agregados, el plástico PET y el cemento, y luego se culminó con la cantidad de agua restante. Se coloco la mezcla en una bandeja para realizar el ensayo de cono de Abrams.



Figura 44: Tesistas realizando el ensayo de Cono de Abrams

Para el vaciado de los adoquines con sustitución de plástico PET, primero se tamizo el plástico PET y el agregado grueso, para de acuerdo a ello realizar una sustitución con PET según el porcentaje de 15%, 25% y 35% del material retenido en cada tamiz.



Figura 45: Tamizado del agregado grueso y plástico PET



Así mismo también para la mezcla de adoquines con sustitución de PET, se realizó el ensayo de cono de Abrams, para medir el Slump.



Figura 46: Prueba de SLUMP

Teniendo ya la mezcla bien preparada, se procede a la colocación en los moldes de adoquín, los cuales estaban previamente bañados con desmoldante, para evitar que el concreto se pegue a los moldes y su desmoldado sea más complicado.



Figura 47: Colocación de petróleo en las adoquineras



Figura 48: Colocación de la mezcla en las adoquineras



Figura 49: Adoquines esperando secado para desmoldar



Figura 50: Vaciado de adoquines con sustitución de PET en 15%, 25% y 35%



Figura 51: Adoquines desmoldados



Figura 52: Rotulado de adoquines



Figura 53: Adoquines en pozo de curado en la Universidad Andina de Cusco



3.5.1.9. Ensayo de Tolerancia Dimensional (NTP 399.604)

A) Equipos a utilizar

- Regla metálica
- Bandejas

B) Procedimiento

Para este ensayo se seleccionó 5 unidades de adoquín, los cuales serán sometidos al registro de sus medidas (longitud, ancho y altura).



Figura 54: Unidades de adoquín y equipo para el ensayo

Por ende, se seleccionó 5 unidades de adoquín patrón, 5 unidades de adoquín con 15% de PET, 5 unidades con 25% de PET y 5 unidades con 35% de PET. Lo cual hace un total de 20 adoquines para este ensayo.



Figura 55: Toma de medidas del adoquín

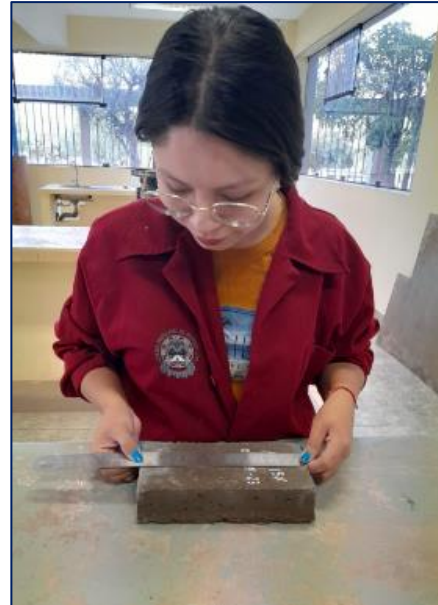


Figura 56: Tesistas realizando el ensayo de tolerancia dimensional



C) Toma de datos

Tabla 48: Datos del ensayo de Tolerancia dimensional de adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Tolerancia Dimensional de adoquines			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha:	25/08/2023
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
<u>TOLERANCIA DIMENSIONAL DE ADOQUINES</u>				
Descripción de Adoquines	Longitud L (mm)	Ancho A (mm)	Espesor E (mm)	
AD - Patron 1	200.00	100.00	45.00	
AD - Patron 2	201.00	102.00	44.00	
AD - Patron 3	202.00	100.00	42.00	
AD - Patron 4	200.00	100.00	40.50	
AD - Patron 5	200.00	101.00	44.00	
AD - 15% PET 1	200.50	100.00	42.00	
AD - 15% PET 2	201.00	101.00	43.00	
AD - 15% PET 3	201.00	101.00	42.00	
AD - 15% PET 4	200.00	100.00	45.00	
AD - 15% PET 5	200.00	100.00	41.00	
AD - 25% PET 1	201.00	100.00	43.00	
AD - 25% PET 2	202.00	100.00	41.00	
AD - 25% PET 3	201.00	100.00	45.00	
AD - 25% PET 4	200.00	101.00	44.00	
AD - 25% PET 5	200.50	100.00	44.00	
AD - 35% PET 1	200.00	100.00	44.00	
AD - 35% PET 2	190.00	100.00	42.00	
AD - 35% PET 3	200.00	100.00	44.00	
AD - 35% PET 4	201.00	100.00	43.00	
AD - 35% PET 5	201.00	101.00	43.00	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.10. Ensayo de Densidad (NTP 399.604)

A) Equipos a utilizar

- + Balanza
- + Canastilla metálica
- + Balanza de flotación
- + Bandejas
- + Horno

B) Procedimiento

Para este ensayo primero se seleccionó 5 unidades de adoquín, tanto para el adoquín patrón como para los adoquines con porcentaje de sustitución, Haciendo así un total de 20 unidades de adoquines.

Los adoquines estuvieron saturados durante 24 horas, pasado ese tiempo se sacaron del agua para ser ensayados, se registraron los pesos saturados de cada adoquín.



Figura 57: Registro del peso saturado de una unidad de adoquín

Seguidamente se colocó cada unidad a la cesta metálica para así poder registrar los pesos sumergidos, para finalmente ser colocados en las bandejas y enviados al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.



Figura 58: Adoquín en la canastilla metálica



Figura 59: Tesista realizando el ensayo de absorción



Luego de ser retirados del horno, se procede a esperar que las unidades de adoquín estén frías, para poder registrar los pesos secos.



Figura 60: Adoquines retirados del horno



Figura 61: Registro del peso seco



C) Toma de datos

Tabla 49: Datos del ensayo de densidad de adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Densidad de Adoquines			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha:	24/08/2023
Tesis:	María Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
DENSIDAD DE ADOQUINES				
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	
AD - Patron 1	1.980	1.208	1.863	
AD - Patron 2	1.970	1.102	1.882	
AD - Patron 3	2.000	1.185	1.895	
AD - Patron 4	2.008	1.180	1.902	
AD - Patron 5	1.985	1.205	1.891	
AD - 15% PET 1	1.845	1.270	1.735	
AD - 15% PET 2	1.875	1.406	1.760	
AD - 15% PET 3	1.855	1.390	1.725	
AD - 15% PET 4	1.850	1.275	1.720	
AD - 15% PET 5	1.870	1.400	1.755	
AD - 25% PET 1	1.935	1.300	1.825	
AD - 25% PET 2	1.990	1.298	1.875	
AD - 25% PET 3	1.960	1.283	1.835	
AD - 25% PET 4	1.950	1.290	1.870	
AD - 25% PET 5	1.970	1.285	1.835	
AD - 35% PET 1	1.860	1.165	1.740	
AD - 35% PET 2	1.915	1.241	1.820	
AD - 35% PET 3	1.915	1.179	1.795	
AD - 35% PET 4	1.880	1.170	1.790	
AD - 35% PET 5	1.905	1.205	1.780	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.11. Ensayo de Absorción (NTP 399.604)

A) Equipos a utilizar

- ✚ Balanza de flotación
- ✚ Bandejas
- ✚ Canastilla metálica
- ✚ Horno

B) Procedimiento

Se selecciono para este ensayo 6 unidades de adoquín, por ende, se tuvo 6 unidades de adoquín patrón, 6 unidades con 15% de PET, 6 unidades con 25% de PET, y 6 unidades con 35% de PET. Haciendo un total de 24 unidades que serán ensayadas.

Los adoquines se colocaron en agua por un tiempo de 24 horas para tener así el peso saturado.



Figura 62: Adoquines saturados



Luego son retirados del agua, para registrar el peso saturado de cada uno de los adoquines, seguidamente son colocados en la canastilla metálica para poder registrar el peso sumergido.



Figura 63: Tesista colocando el adoquín en la canastilla



Figura 64: Tesistas realizando el ensayo de Absorción



Finalmente, estos son colocados en bandejas para ser llevados al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, 24 horas después son retirados del horno, se esperó que enfríen para poder tomar el peso seco de los adoquines.



Figura 65: Adoquines llevados al horno



Figura 66: Adoquines retirados del horno, para ser pesados



C) Toma de datos

Tabla 50: Datos del ensayo de absorción de adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Absorción de Adoquines			
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”			
Datos Generales				
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)		Fecha:	24/08/2023
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana		Lugar:	Laboratorio IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca			
Datos Específicos				
ABSORCIÓN DE ADOQUINES				
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	
AD - Patron 1	1.980	1.161	1.849	
AD - Patron 2	1.960	1.152	1.901	
AD - Patron 3	2.010	1.098	1.848	
AD - Patron 4	2.015	1.112	1.850	
AD - Patron 5	1.975	1.110	1.900	
AD - Patron 6	1.950	1.105	1.900	
AD - 15% PET 1	1.860	1.339	1.765	
AD - 15% PET 2	1.825	1.335	1.725	
AD - 15% PET 3	1.820	1.320	1.730	
AD - 15% PET 4	1.860	1.320	1.775	
AD - 15% PET 5	1.840	1.330	1.740	
AD - 15% PET 6	1.855	1.335	1.765	
AD - 25% PET 1	2.010	1.291	1.885	
AD - 25% PET 2	1.900	1.210	1.880	
AD - 25% PET 3	1.865	1.162	1.760	
AD - 25% PET 4	1.915	1.218	1.840	
AD - 25% PET 5	1.900	1.220	1.800	
AD - 25% PET 6	1.885	1.150	1.770	
AD - 35% PET 1	1.815	1.231	1.705	
AD - 35% PET 2	1.820	1.175	1.730	
AD - 35% PET 3	1.824	1.167	1.725	
AD - 35% PET 4	1.800	1.160	1.740	
AD - 35% PET 5	1.820	1.700	1.779	
AD - 35% PET 6	1.815	1.155	1.725	

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.12. Ensayo de Resistencia a la compresión (NTP 399.604)

A) Equipos a utilizar

- ✚ Máquina de compresión
- ✚ Placas metálicas
- ✚ Bandejas
- ✚ Regla

B) Procedimiento

Para este ensayo se eligieron 5 muestras de cada grupo para ser ensayadas, teniendo de este modo 5 unidades de adoquín, por ende, se tuvo 5 unidades de adoquín patrón, 5 unidades con 15% de PET, 5 unidades con 25% de PET, y 5 unidades con 35% de PET. Este ensayo fue realizado a los 7, 21 y 28 días de curado, por lo que se tienen un total de 60 adoquines que serán ensayados.



Figura 67: Adoquines Patrón para ensayo de compresión



Figura 68: Adoquines con PET para ensayo de compresión



Figura 69: Tesistas realizando ensayo de resistencia a la compresión

Primero se registró las dimensiones de cada unidad a ser ensayada, seguidamente se colocaron las piezas metálicas para que tenga soporte nuestra unidad de adoquín en la máquina de compresión.



Figura 70: Unidad de adoquín lista para ser ensayada



C) Toma de datos

❖ Datos de Rotura a los 28 días de curado

Tabla 51: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días de edad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)					Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23
Tesis:	Maria Alexandra Cuno Zapana					Lugar:	Lab. IC-UAC
	Annie Milagros Quispe Sullca						
Datos Específicos							
<u>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</u>							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	31/07/2023	4.10	20.00	10.20	204.00	42420.00
AD - Patron 2	320	7 días	4.00	20.20	10.00	202.00	41950.00
AD - Patron 3	320		4.05	20.00	10.10	202.00	41510.00
AD - Patron 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	42900.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.10	10.00	201.00	41340.00
AD - 15% PET 1	320		10/08/2023	4.00	20.00	10.10	202.00	35514.00
AD - 15% PET 2	320	7 días	4.10	21.00	10.00	210.00	35180.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35411.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.10	10.00	201.00	34991.00
AD - 15% PET 5	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35484.00
AD - 25% PET 1	320		10/08/2023	4.00	20.10	10.00	201.00
AD - 25% PET 2	320	7 días	4.10	20.10	10.20	205.02	33480.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.00	10.00	200.00	32179.00
AD - 25% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	32761.00
AD - 25% PET 5	320		4.10	20.00	10.00	200.00	32942.00
AD - 35% PET 1	320		10/08/2023	4.10	20.00	10.00	200.00
AD - 35% PET 2	320	7 días	4.10	20.00	10.00	200.00	34850.00
AD - 35% PET 3	320		4.00	20.20	10.20	206.04	34160.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	33512.00
AD - 35% PET 5	320		4.00	20.00	10.00	200.00	35320.00

Fuente: Propia (2023)



❖ Datos de Rotura a los 21 días de curado

Tabla 52: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de adoquines a los 21 días de edad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23				
Tesisistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	AD-Pet 03/08/23				
	Annie Milagros Quispe Sullca		Lab. IC-UAC				
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	14/08/2023	4.50	20.00	10.00	200.00	63760.00
AD - Patron 2	320	21 días	4.40	20.00	10.05	201.00	62890.00
AD - Patron 3	320		4.20	20.05	10.00	200.50	63360.00
AD - Patron 4	320		4.05	20.00	10.00	200.00	63450.00
AD - Patron 5	320		4.20	20.00	10.10	202.00	62980.00
AD - 15% PET 1	320		24/08/2023	4.20	20.05	10.00	200.50	58220.00
AD - 15% PET 2	320	21 días	4.30	20.10	10.10	203.01	58630.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.10	10.10	203.01	58690.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.00	10.00	200.00	58140.00
AD - 15% PET 5	320		4.10	20.00	10.00	200.00	58120.00
AD - 25% PET 1	320		24/08/2023	4.30	20.10	10.00	201.00
AD - 25% PET 2	320	21 días	4.10	20.20	10.00	202.00	59640.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.10	10.00	201.00	59590.00
AD - 25% PET 4	320		4.40	20.00	10.10	202.00	59540.00
AD - 25% PET 5	320		4.40	20.05	10.00	200.50	59720.00
AD - 35% PET 1	320		24/08/2023	4.40	20.00	10.00	200.00
AD - 35% PET 2	320	21 días	4.20	19.00	10.00	190.00	61280.00
AD - 35% PET 3	320		4.40	20.00	10.00	200.00	61360.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.10	10.00	201.00	61040.00
AD - 35% PET 5	320		4.30	20.10	10.10	203.01	61370.00

Fuente: Propia (2023)



❖ Datos de Rotura a los 28 días de curado

Tabla 53: Datos del ensayo de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días de edad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023”						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)				Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana				Lugar:	AD-Pet 03/08/23	
	Annie Milagros Quispe Sullca					Lab. IC-UAC	
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm2)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm2)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	21/07/2023	4.10	20.05	10.10	202.51	68140.00
AD - Patron 2	320	28 días	4.30	20.10	10.00	201.00	69364.00
AD - Patron 3	320		4.30	20.10	10.00	201.00	69875.00
AD - Patron 4	320		4.10	20.00	10.00	200.00	68723.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.00	10.05	201.00	68580.00
AD - 15% PET 1	320		31/08/2023	4.30	20.00	10.00	200.00
AD - 15% PET 2	320	28 días	4.20	20.10	10.00	201.00	64100.00
AD - 15% PET 3	320		4.30	20.00	10.10	202.00	63980.00
AD - 15% PET 4	320		4.20	20.10	10.00	201.00	63340.00
AD - 15% PET 5	320		4.15	20.00	10.00	200.00	64550.00
AD - 25% PET 1	320		31/08/2023	4.20	20.00	10.00	200.00
AD - 25% PET 2	320	28 días	4.10	20.00	10.00	200.00	61930.00
AD - 25% PET 3	320		4.10	20.10	9.90	198.99	62740.00
AD - 25% PET 4	320		4.15	20.00	10.10	202.00	61780.00
AD - 25% PET 5	320		4.25	20.00	10.00	200.00	62100.00
AD - 35% PET 1	320		31/08/2023	4.25	20.10	10.10	203.01	60920.00
AD - 35% PET 2	320	28 días	4.30	20.15	10.10	203.52	61120.00
AD - 35% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	61340.00
AD - 35% PET 4	320		4.20	20.00	10.10	202.00	59780.00
AD - 35% PET 5	320		4.15	20.15	10.10	203.52	59945.00

Fuente: Propia (2023)



3.5.1.13. Ensayo de resistencia a la flexión (ITINTEC 339.124)

A) Equipos a utilizar

- ✚ Máquina de compresión
- ✚ Piezas metálicas
- ✚ Regla metálica
- ✚ Varilla de acero circular

B) Procedimiento

Según la norma, indica que se deberán seleccionar 3 unidades para ser ensayadas como valor máximo, por ende, se tuvo 3 unidades de adoquín patrón, 3 unidades con 15% de PET, 3 unidades con 25% de PET, y 3 unidades con 35% de PET. Este ensayo fue realizado a los 28 días de curado, por lo que se tienen un total de 12 adoquines que serán ensayados.

De acuerdo a la norma ITINTEC 399.124, los especímenes deberán estar saturados por un tiempo de 24 horas, para luego ser sacadas del agua y dejar escurrir el agua.



Figura 71: Unidades de adoquín para ensayo de resistencia a la flexión



Seguidamente se marca los adoquines en los puntos donde están las varillas de la pieza para este ensayo, y se procede a encender la máquina de compresión, se configuro una carga a 0.5MPa por segundo.



Figura 72: Unidad de adoquín en el ensayo de resistencia a la flexión



Figura 73: Tesisistas realizando el ensayo de flexión



Figura 74: Adoquines luego de ser sometidos al ensayo de flexión



C) Toma de datos

Tabla 54: Datos del ensayo de resistencia a la flexión de adoquines a los 28 días de curado

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
Ensayo:	Resistencia a la Flexión					
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"					
Datos Generales						
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23			
Tesis:	María Alexandra Cuno Zapana	Lugar:	AD-Pet 15/08/23			
	Annie Milagros Quispe Sullca		Lab. IC-UAC			
Datos Específicos						
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN						
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Longitud de Largo A (mm)	Longitud de ancho B (mm)	Longitud de Espesor H (mm)	Carga Maxima aplicada (N)
AD - Patron 1	50	28 días	210.00	100.10	40.30	380.00
AD - Patron 2	50		200.00	100.00	40.25	390.00
AD - Patron 3	50		201.00	100.20	40.00	360.00
AD - 15% PET 1	50		200.10	100.20	40.20	310.00
AD - 15% PET 2	50		201.00	100.00	40.15	300.00
AD - 15% PET 3	50		200.00	100.10	40.10	310.00
AD - 25% PET 1	50		200.00	100.20	40.30	320.00
AD - 25% PET 2	50		200.00	100.20	40.10	310.00
AD - 25% PET 3	50		201.00	100.00	40.10	330.00
AD - 35% PET 1	50		200.00	100.20	40.00	350.00
AD - 35% PET 2	50		201.00	100.20	40.20	350.00
AD - 35% PET 3	50		200.00	100.00	40.25	340.00

Fuente: Propia (2023)



3.5.2. Cálculos vinculados con pruebas de laboratorio

3.5.2.1. Malla N°200 (MTC E 202)

A) Cálculos de la prueba

Para este procedimiento se utilizó la norma técnica MTC E 202, donde:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje que pasa por la malla N° 200 en (%)

B = Peso seco de la muestra inicial en (g)

C = Peso seco de la muestra lavada en (g)

B) Tablas

Tabla 55: Porcentaje de agregado fino que pasa por la malla N°200

%QUE PASA LA MALLA N°200 - AGREGADO FINO		
Descripcion	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	2000.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	1802.57	g
Porcentaje de material que pasa por la malla N°200 (A)	9.87	%

Tabla 56: Porcentaje de agregado grueso que pasa por la malla N°200

%QUE PASA LA MALLA N°200 - AGREGADO GRUESO		
Descripcion	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	2000.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	1795.02	g
Porcentaje de material que pasa por la malla N°200 (A)	10.25	%

C) Análisis de la prueba

Para este ensayo se hizo el lavado de los agregados para obtener los porcentajes óptimos de agregados combinados y continuar con el ensayo de granulometría



3.5.2.2. Análisis Granulométrico de Agregados finos y gruesos (MTC E 204)

A) Cálculos de la prueba

✚ Porcentaje retenido, retenido acumulado y porcentaje que pasa:

$$\text{Porcentaje retenido (\%)} = \frac{\text{Peso retenido (g)}}{\text{Peso retenido total (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ retenido acumulado (\%)} = \% \text{ retenido acumulado anterior} + \% \text{ retenido}$$

$$\text{Porcentaje que pasa (\%)} = 100 - \text{Porcentaje acumulado (\%)}$$

✚ Porcentaje de error:

$$\text{Porcentaje de error (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final(total) (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

✚ Módulo de fineza

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (11/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100)}}{100}$$

B) Tablas y diagramas

B.1. Tablas

❖ Agregado Fino

Tabla 57: Granulometria de agregado fino

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	Agregado fino	
N°	mm		Total %	Acumulado %		Lim. Inf.	Lim. Sup.
3/8"	9.50	0	0	0	100	100	100
N° 4	4.75	33.13	4.6565	4.6565	95.3435	95	100
N° 8	2.36	81.15	11.4058	16.0623	83.9377	80	100
N° 16	1.18	80.26	11.2807	27.3430	72.6570	50	85
N° 30	0.60	132.38	18.6063	45.9493	54.0507	25	60
N° 50	0.30	182.15	25.6016	71.5509	28.4491	5	30
N° 100	0.15	152.22	21.3948	92.9457	7.0543	0	10
N° 200	0.08	48.49	6.8154	99.7611	0.2389	0	0
FONDO		1.7	0.2389	100.0000			
Peso Total (gr)		711.48					
Peso Inicial	712.00	MF	2.59	Error	0.07		



❖ Agregado Grueso

Tabla 58: Granulometria de agregado grueso

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	Agregado grueso	
N°	mm		Total %	Acumulado %		Lim. Inf.	Lim. Sup.
1/2"	12.50	0	0.000	0.000	100.000	100	100
3/8"	9.50	70.41	10.530	10.530	89.470	90	100
N° 4	4.75	350.03	52.346	62.875	37.125	20	55
N° 8	2.36	129.57	19.377	82.252	17.748	5	30
N° 16	1.18	66.34	9.921	92.173	7.827	0	10
N° 50	0.30	30.57	4.572	96.744	3.256	0	5
FONDO		21.77	3.256	100.000			
Peso Total (gr)		668.69					
	Peso Inicial	669.00	MF:	5.45	Error	0.05	

❖ Plástico PET

Tabla 59: Granulometria de plástico PET

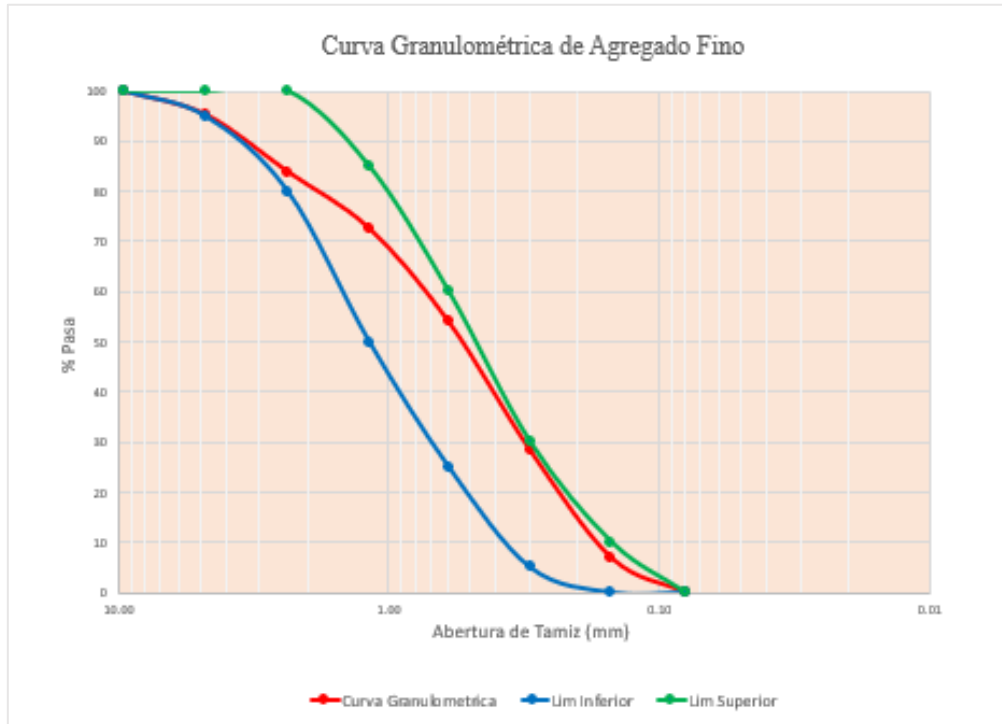
Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	
N°	mm		Total %	Acumulado %		
1/2"	12.50	0	0.000	0.000	100.000	
3/8"	9.50	313.56	44.939	44.939	55.061	
N° 4	4.75	181.56	26.021	70.960	29.040	
N° 8	2.36	164.52	23.579	94.538	5.462	
N° 16	1.18	35.17	5.040	99.579	0.421	
N° 50	0.30	2.77	0.397	99.976	0.024	
FONDO		0.17	0.024	100.000		
Peso Total (gr)		697.75				
	Peso Inicial	700.00	MF:	6.10	Error	0.3



B.2. Diagramas

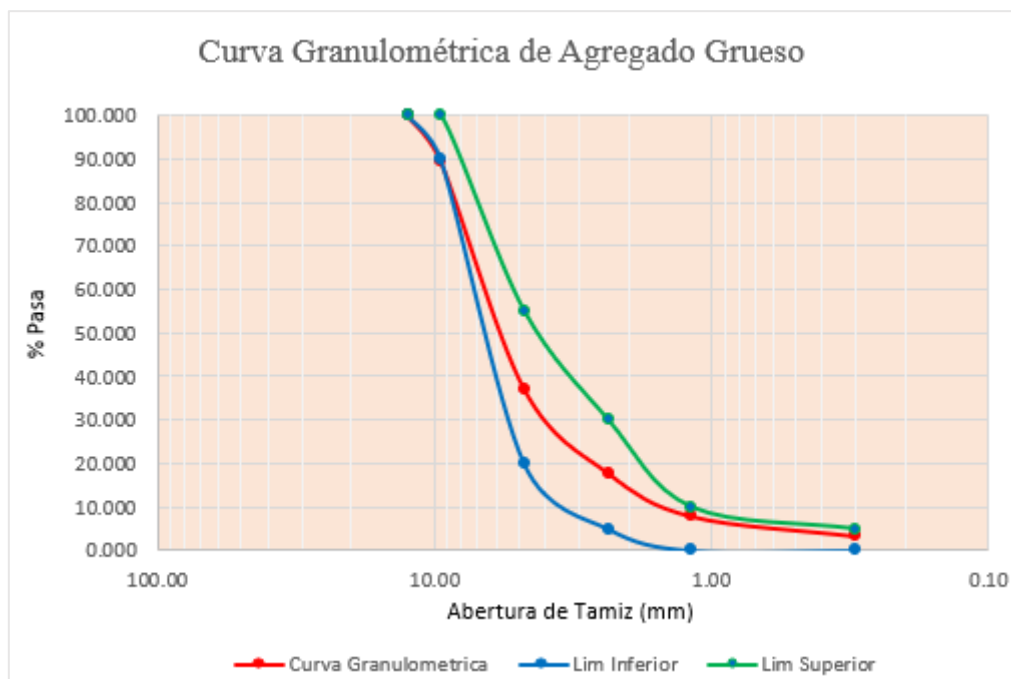
❖ Agregado fino

Figura 75: Curva Granulométrica del agregado fino



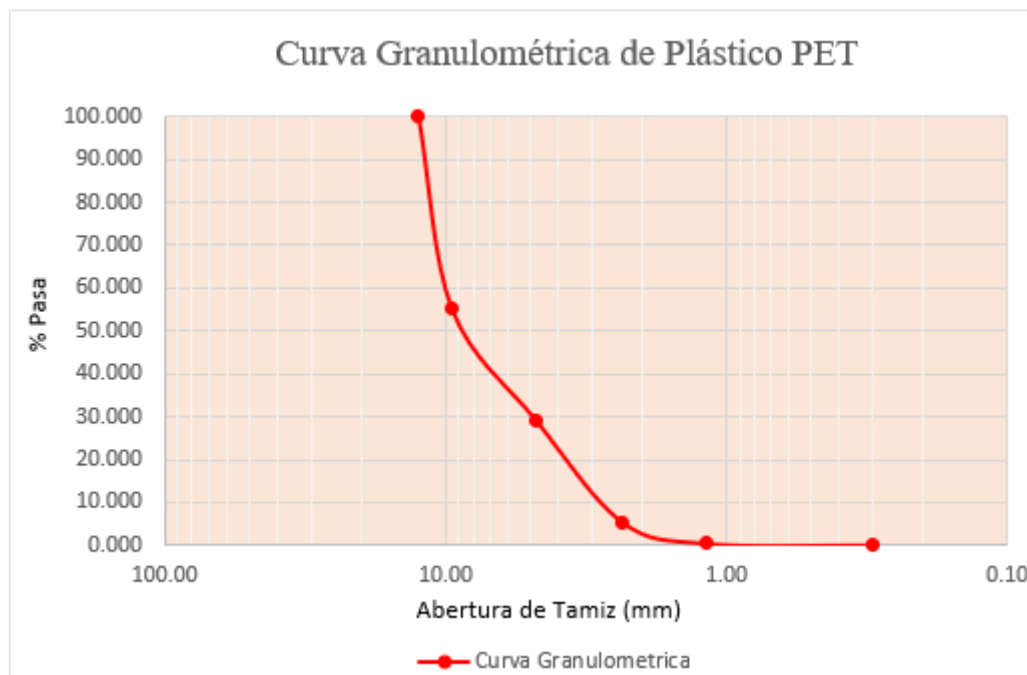
❖ Agregado Grueso

Figura 76: Curva Granulométrica de Agregado Grueso



❖ Plástico PET

Figura 77: Curva Granulométrica del Plástico PET



C) Análisis de la prueba

El ensayo de granulometría se realizó con la mezcla de confitillo tanto para la mezcla de agregado fino y grueso, en porcentajes para alcanzar la combinación óptima, para lograr tener estos porcentajes se realizó previamente mezclas con otros porcentajes de cada material, teniendo en cuenta la curva que nos salía al culminar la granulometría, finalmente para una correcta curva granulométrica que se encuentre dentro de los límites establecidos se tomó consiguientemente en cuanto al agregado grueso (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho), y para agregado fino (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)



3.5.2.3. Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205)

Para este ensayo se consideró la MTC E 205 y la NTP 400.022, de donde:

A) Cálculos de la prueba

✚ Gravedad específica

$$\text{Gravedad específica} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad específica saturado superficialmente seca} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Donde:

A = Peso del material secado al horno en (g)

B = Peso del picnómetro + peso del agua en (g)

C = Peso del picnómetro + peso de agua + peso del material en (g)

S = Peso del material superficialmente seca en (g)

✚ Absorción

$$\text{Absorción \%} = 100 \times \left[\frac{(S - A)}{A} \right]$$

Donde:

A = Peso del material secado al horno en (g)

S = Peso del material superficialmente seca en (g)



B) Tabla

Tabla 60: Peso específico de agregado fino

PESO ESPECIFICO DE AGREGADO FINO		
Descripcion	Cantidad	Unidad
Peso del material secado al horno (A)	487.82	g
Peso del picnómetro + peso de agua (B)	699.81	g
Peso del pignómetro	201.84	g
Peso del pignómetro + peso del agua + peso del material (C)	991.37	g
Peso del material superficialmente seco (S)	500.00	g
Peso específico =A/(B+S-C)	2.34	-
Peso específico saturado superficialmente seca =S/(B+S-C)	2.40	-
Peso específico aparente =A/(B+A-C)	2.49	-
ABSORCION (Ab%)=100x(S-A)/A	2.50	%
Peso específico seco (gravedad especifica)	2.34	
Porcentaje de absorción	2.5	

C) Análisis de la prueba

El proceso de realizo mediante la norma mencionada, teniendo como valores obtenidos, peso específico 2.34 y un porcentaje de absorción de 2.50.

3.5.2.4. Peso específico y absorción de agregado grueso (MTC E 206)

Para este ensayo se consideró la MTC E 206 y la NTP 400.021, de donde:

A) Cálculos de la prueba

 Peso Especifico

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso específico de masa saturada con superficie seca} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$



Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en (g)

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en (g)

C = Peso en el agua de la muestra saturada en (g)

 Absorción

$$\text{Absorción \%} = \left[\frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en (g)

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en (g)

B) Tabla

Tabla 61: Peso específico de gregado grueso

PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO		
Descripcion	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra seca en el aire (A)	1524.57	g
Peso de la (muestra + canastilla) sumergida (B)	1671.50	g
Peso de la canastilla sumergida (C)	646.00	g
Peso de la muestra seca en el horno (D)	1486.31	g
Peso de la muestra sumergida (E=B-C)	1025.50	
Volumen de la muestra (F=A-E)	499.07	
Peso específico seco (D/F)	2.98	
Peso específico SSS (A/F)	3.05	
Absorción (A-D)/D%	2.57	%
Peso específico seco (gravedad específica)	2.98	
Porcentaje de absorción	2.57	

C) Análisis de la prueba

Se siguió el procedimiento que menciona la norma.



3.5.2.5. Peso Unitario y Vacíos de los agregados (MTC E 203)

A) Cálculos de la prueba

✚ Peso Unitario Suelto o Compactado

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en (kg/m³)

G = Peso del recipiente más el agregado en (kg)

T = Peso del recipiente en (kg)

V = Volumen del recipiente en (m³)

✚ Porcentaje de Vacíos

$$\% \text{ Vacios} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

Donde:

A = Peso específico aparente de acuerdo a MTC E 205

B = Peso unitario de los agregados en (kg/m³)

W = Densidad del agua, 1000 kg/m³

✚ Volumen de recipiente metálico

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V = Volumen de recipiente metálico en (cm³)

r = Radio de recipiente metálico en (cm)

h = Altura del recipiente metálico en (cm)

$$V = 3528.11 \text{ cm}^3$$



B) Tabla

❖ Agregado Fino

Tabla 62: Peso unitario suelto de agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado (G)	12150.00	12145.00	12145.00	g
Peso del recipiente (T)	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado (G-T)	4605.00	4600.00	4600.00	g
Volumen del recipiente (V)	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
PESO UNITARIO SUELTO (M)	1.30523	1.30381	1.30381	g/cm ³
Peso unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.30429			g/cm ⁴
Peso unitario suelto promedio (kg/cm ³)	1304.29			kg/cm ³
Peso específico aparente del agregado fino	2.49	(gr/cm ³)		
Densidad de agua	1000	kg/cm ³		
% de vacíos	47.62			

Tabla 63: Peso unitario compactado de agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado (G)	13525.00	13550.00	13390.00	g
Peso del recipiente (T)	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado (G-T)	5980.00	6005.00	5845.00	g
Volumen del recipiente (V)	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO (M)	1.69496	1.70204	1.65669	g/cm ³
Peso unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.68457			g/cm ⁴
Peso unitario suelto promedio (kg/cm ³)	1684.565768			kg/cm ³
Peso específico aparente del agregado fino	2.49	(gr/cm ³)		
Densidad de agua	1000	kg/cm ³		
% de vacíos	32.35			



❖ Agregado Grueso

Tabla 64: Peso unitario suelto de agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado (G)	13110.00	13075.00	13015.00	g
Peso del recipiente (T)	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado (G-T)	5565.00	5530.00	5470.00	g
Volumen del recipiente (V)	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
PESO UNITARIO SUELTO (M)	1.57733	1.56741	1.55041	g/cm ³
Peso unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.56505			g/cm ⁴
Peso unitario suelto promedio (kg/cm ³)	1565.049465			kg/cm ³
Peso específico aparente del agregado grueso	3.05	(gr/cm ³)		
Densidad de agua	1000	kg/cm ³		
% de vacíos	48.69			

Tabla 65: Peso unitario compactado de agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado (G)	14175.00	14165.00	14170.00	g
Peso del recipiente (T)	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado (G-T)	6630.00	6620.00	6625.00	g
Volumen del recipiente (V)	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO (M)	1.87919	1.87636	1.87778	g/cm ³
Peso unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.87778			g/cm ⁴
Peso unitario suelto promedio (kg/cm ³)	1877.77592			kg/cm ³
Peso específico aparente del agregado grueso	3.05	(gr/cm ³)		
Densidad de agua	1000	kg/cm ³		
% de vacíos	38.43			

C) Análisis de la prueba

Se siguió todos los procedimientos que indica la norma.



3.5.2.6. Contenido de humedad (MTC E 2015)

A) Cálculos de prueba

Para este se consideró la MTC E 215, donde:

$$P = \frac{100 * (w - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido de humedad

W = Peso del agregado húmedo en (g)

D = Peso del agregado seco en (g)

B) Tablas

Tabla 66: Porcentaje de humedad de agregado fino

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo (W)	2000.00	g
Peso del Agregado Seco (D)	1938.60	g
Contenido de humedad (P)	3.17	%

Tabla 67: Porcentaje de humedad de agregado grueso

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Húmedo (W)	2000.50	g
Peso del Agregado Seco (D)	1928.30	g
Contenido de humedad (P)	3.74	%

C) Análisis de la prueba

Se determino el contenido de humedad para los agregados tanto fino como grueso.



3.5.2.7. Abrasión los Ángeles (MTC E 207)

A) Cálculos de la prueba

Se tomo en cuenta la MTC E 207, donde:

$$D = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Donde:

D = Porcentaje de desgaste en (%)

A = Peso del agregado seco inicial en (g)

B = Peso del agregado después del proceso de desgaste en (g)

B) Tabla

Tabla 68: Abrasión los Ángeles agregado grueso

ABRASIÓN LOS ANGELES DE AGREGADO GRUESO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del Agregado Seco Inicial (A)	5000.00	g
Peso después del proceso de desgaste (B)	3969.20	g
Porcentaje de desgaste (D)	20.62	%
* Tamaño Nominal Máximo	3/8"	
* Gradación de la muestra de ensayo	C	

C) Análisis de la prueba

De acuerdo a los resultados de este ensayo, se determinó que el desgaste es de 20.62%, el cual está dentro de los parámetros que establece la norma.



3.5.2.8. Tolerancia dimensional NTP 399.604 – 2002

A) Cálculos de la prueba

La NTP 399.604 – 2002, menciona que se debe medir el ancho, la altura y el espesor de cada uno de los adoquines, y de esta forma fueron registrados para verificar si está dentro de los parámetros que establece la NTP 399.611. Para lo cual se usó la fórmula:

$$\text{Variación Dimensional (mm)} = \text{Dimensión real} - \text{Dimensión prevista}$$

Tabla 69: Tolerancia dimensional de adoquin patron

Descripción de Adoquines	Dimensión según Norma			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+/- 1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+/- 3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
AD - Patron 1	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - Patron 2	200.00	100.00	40.00	201.00	101.20	41.60	1.00	1.20	1.60		
AD - Patron 3	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.90	0.50	0.00	-0.10		
AD - Patron 4	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.50	0.00	0.00	0.50		
AD - Patron 5	200.00	100.00	40.00	200.00	101.00	41.00	0.00	1.00	1.00		

Tabla 70: Tolerancia dimensional de adoquin con 15% de PET

Descripción de Adoquines	Dimensión según Norma			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+/- 1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+/- 3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
AD - 15% PET 1	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	40.50	0.50	0.00	0.50	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - 15% PET 2	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	41.40	1.00	1.00	1.40		
AD - 15% PET 3	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	42.00	1.00	1.00	2.00		
AD - 15% PET 4	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80		
AD - 15% PET 5	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	41.00	0.00	0.00	1.00		



Tabla 71: Tolerancia dimensional de adoquin con 25% de PET

Descripción de Adoquines	Dimensión según Norma			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+/-1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+/-3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
AD - 25% PET 1	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	42.00	1.00	0.00	2.00	(±) 1.6	(±) 3.2
AD - 25% PET 2	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	41.20	0.50	0.00	1.20		
AD - 25% PET 3	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	40.50	1.00	0.00	0.50		
AD - 25% PET 4	200.00	100.00	40.00	200.00	101.00	40.80	0.00	1.00	0.80		
AD - 25% PET 5	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.80	0.50	0.00	-0.20		

Tabla 72: Tolerancia dimensional de adoquin con 35% de PET

Descripción de Adoquines	Dimensión según Norma			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+/-1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+/-3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
AD - 35% PET 1	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	41.00	0.00	0.00	1.00	(±) 1.6	(±) 3.2
AD - 35% PET 2	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.90	0.50	0.00	-0.10		
AD - 35% PET 3	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80		
AD - 35% PET 4	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	42.00	1.00	0.00	2.00		
AD - 35% PET 5	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	41.50	1.00	1.00	1.50		



B) Diagramas

Figura 78: Tolerancia dimensional del adoquín patrón

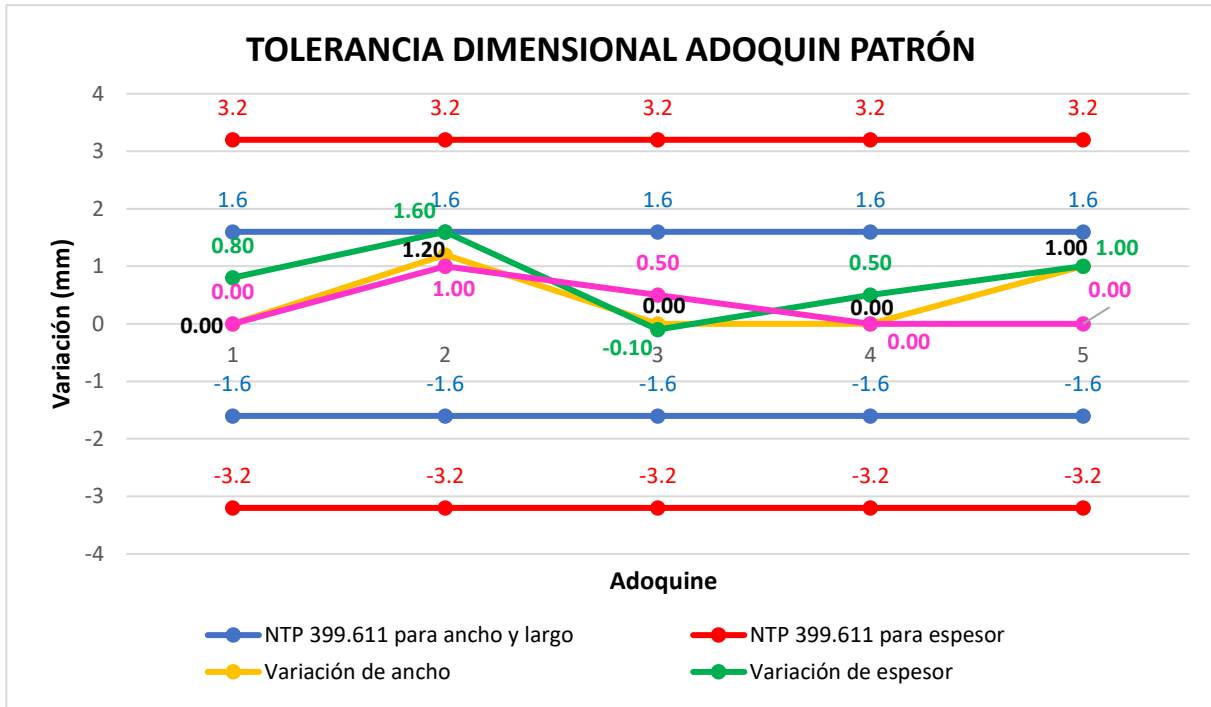


Figura 79: Tolerancia dimensional de adoquín con 15% de PET

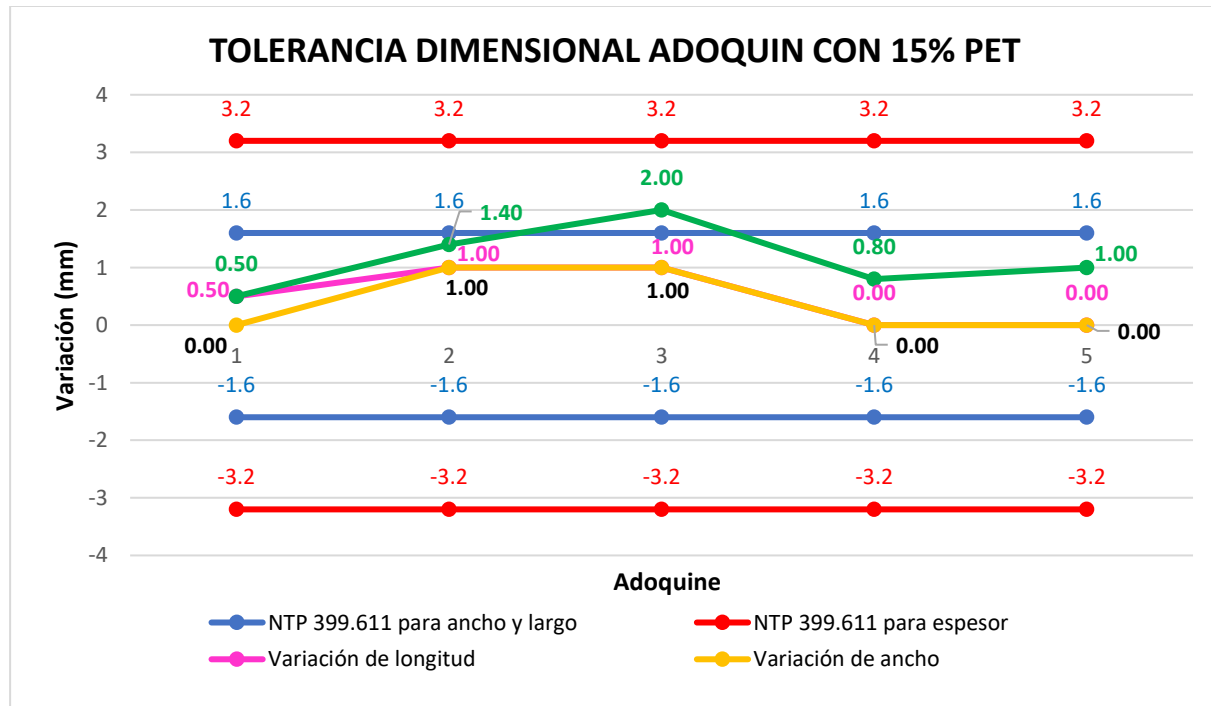




Figura 80: Tolerancia dimensional de adoquín con 25% de PET

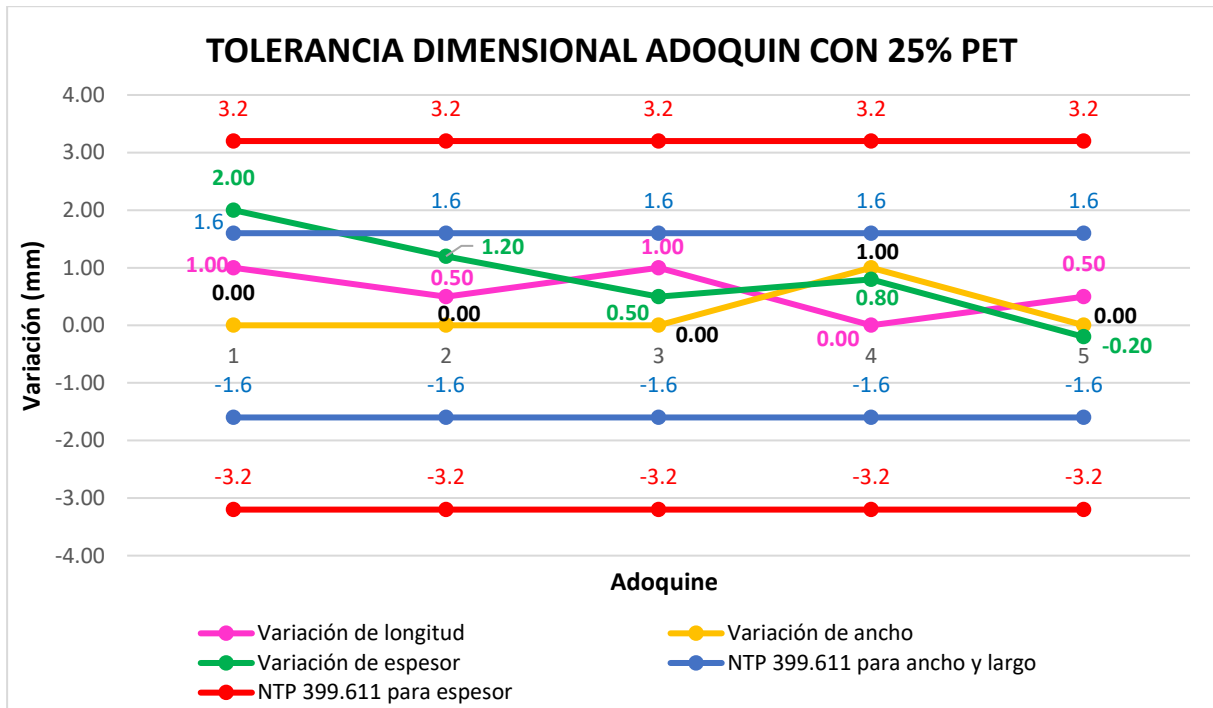
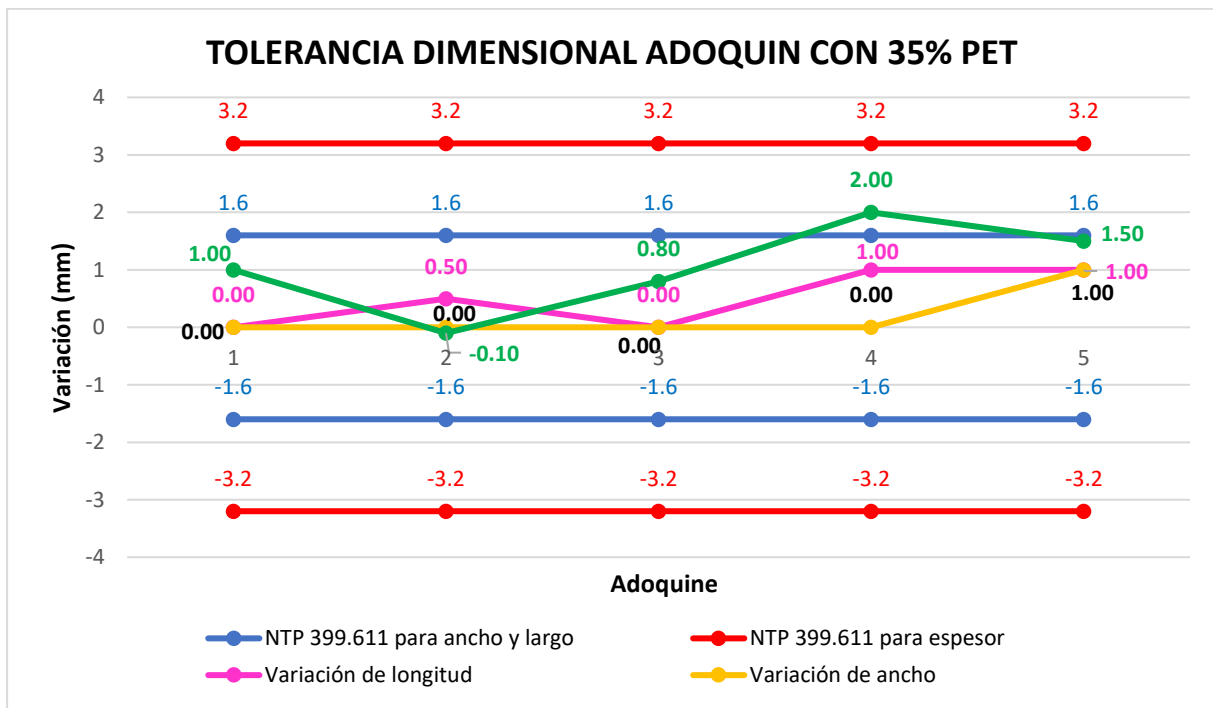


Figura 81: Tolerancia dimensional de adoquín con 35% de PET





C) Análisis de la prueba

Según lo visto en el ensayo de Tolerancia dimensional, se observó que, si bien hay variación en las medidas de ancho, altura y espesor, estas no sobrepasan los límites que establece la norma.

3.5.2.9. Densidad (NTP 399.604 -2002)

A) Cálculos de la prueba

Densidad en (kg/m³):

$$D = [Wd / (Ws - Wi)] \times 1000$$

Donde:

Wd = Peso seco del adoquín en (kg)

Ws = Peso saturado del adoquín en (kg)

Wi = Peso sumergido del adoquín en (kg)

B) Tablas y diagramas

B.1. Tablas

Tabla 73: Densidad de adoquin patron

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m ³)		
				Unidades Individuales	Promedio 3 unidades	Promedio
AD - Patron 1	1.980	1.208	1.863	2413.212	2302.190	2325.606
AD - Patron 2	1.970	1.102	1.882	2168.203		
AD - Patron 3	2.000	1.185	1.895	2325.153		
AD - Patron 4	2.008	1.180	1.902	2297.101		
AD - Patron 5	1.985	1.205	1.891	2424.359		

Tabla 74: Densidad de adoquines con 15% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m ³)		
				Unidades Individuales	Promedio 3 unidades	Promedio
AD - 15% PET 1	1.845	1.270	1.735	3017.391	3493.245	3441.016
AD - 15% PET 2	1.875	1.406	1.760	3752.665		
AD - 15% PET 3	1.855	1.390	1.725	3709.677		
AD - 15% PET 4	1.850	1.275	1.720	2991.304		
AD - 15% PET 5	1.870	1.400	1.755	3734.043		



Tabla 75: Densidad de adoquines con 25% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m3)		
				Unidades Individuales	Promedio 3 unidades	Promedio
AD - 25% PET 1	1.935	1.300	1.825	2874.016	2764.680	2761.241
AD - 25% PET 2	1.990	1.298	1.875	2709.538		
AD - 25% PET 3	1.960	1.283	1.835	2710.487		
AD - 25% PET 4	1.950	1.290	1.870	2833.333		
AD - 25% PET 5	1.970	1.285	1.835	2678.832		

Tabla 76: Densidad de adoquines con 35% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m3)		
				Unidades Individuales	Promedio 3 unidades	Promedio
AD - 35% PET 1	1.860	1.165	1.740	2503.597	2547.584	2541.347
AD - 35% PET 2	1.915	1.241	1.820	2700.297		
AD - 35% PET 3	1.915	1.179	1.795	2438.859		
AD - 35% PET 4	1.880	1.170	1.790	2521.127		
AD - 35% PET 5	1.905	1.205	1.780	2542.857		

B.2) Diagramas

Figura 82: Densidad de adoquín patrón

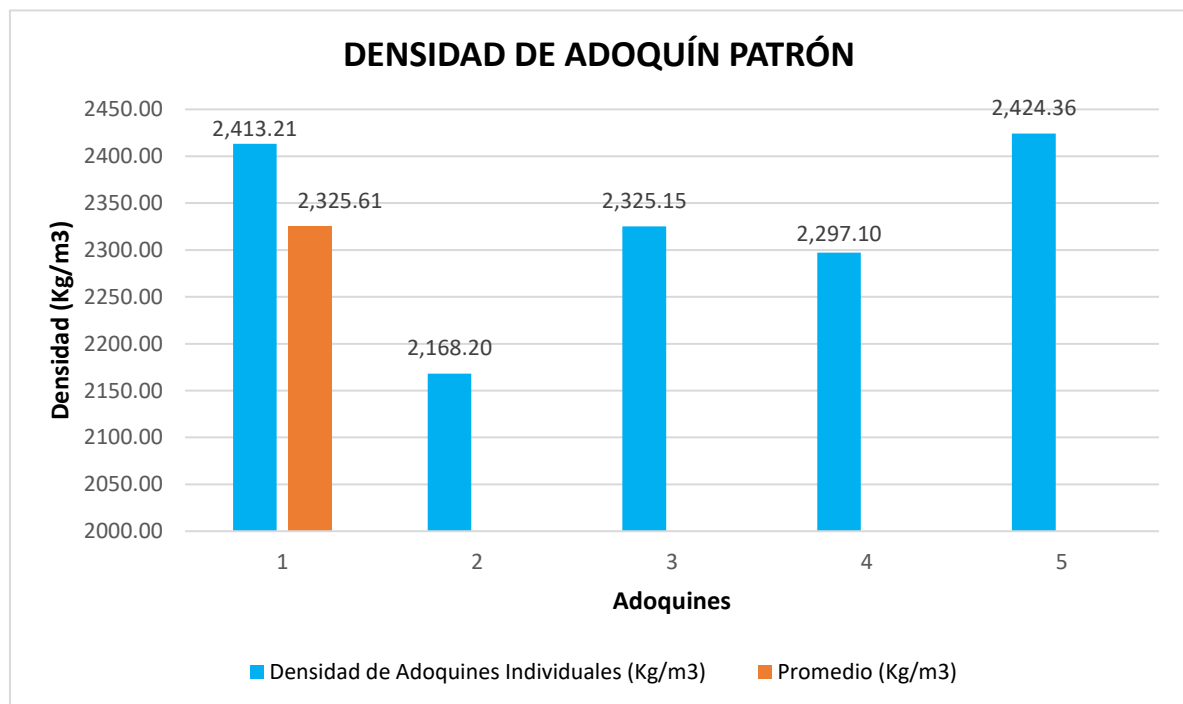




Figura 83: Densidad de adoquines con 15% de PET

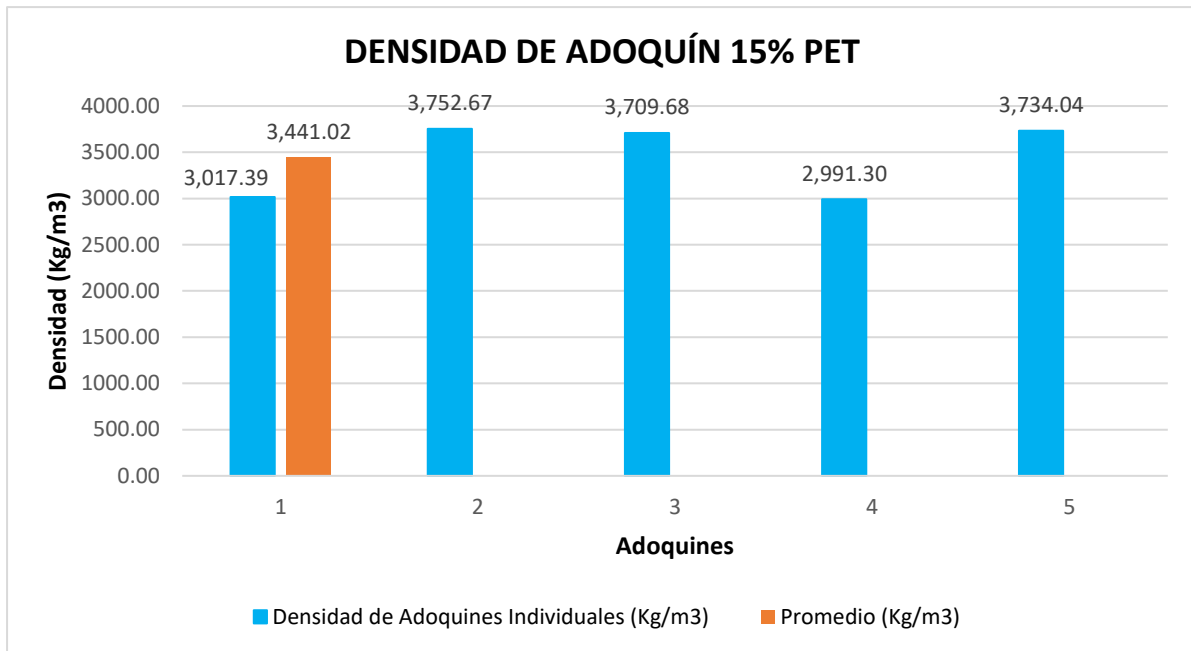


Figura 84: Densidad de adoquines con 25% de PET

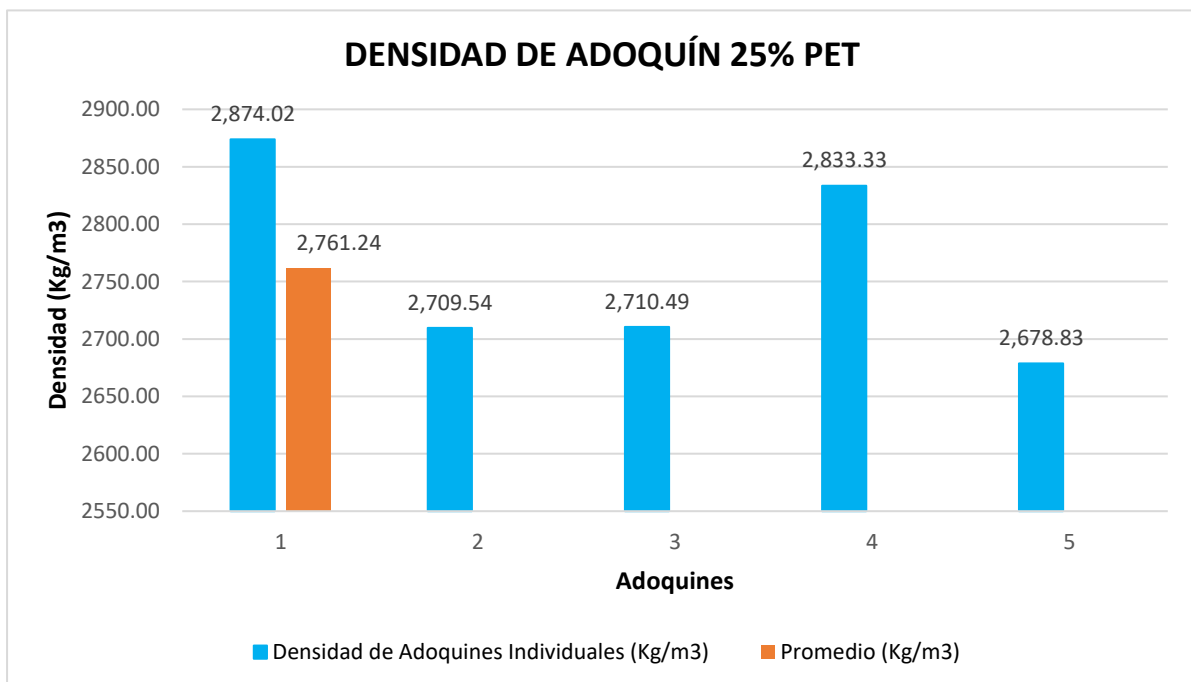
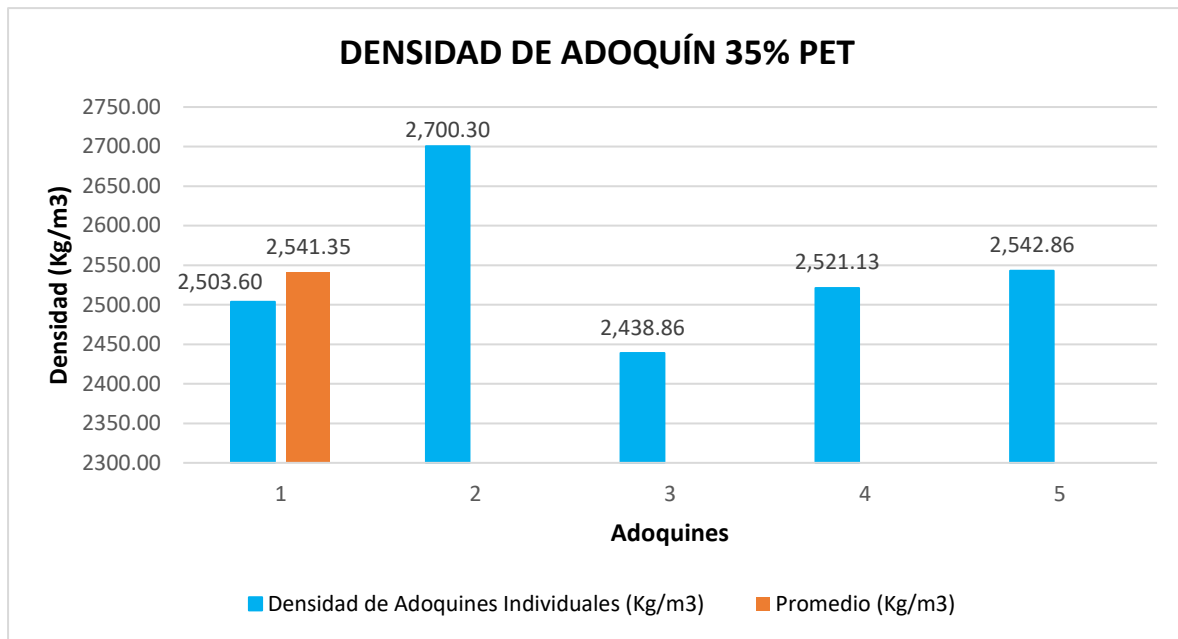




Figura 85: Densidad de adoquines con 35% de PET



C) Análisis de la prueba

Se observó con el ensayo que se realizó que el grupo con una densidad mayor es la que contiene PET en un 15%, a diferencia del resto de los adoquines.

3.5.2.10. Absorción (NTP 399.604 -2002)

A) Cálculos de la prueba

Absorción en (kg/m³):

$$Ab = [(Ws - Wd)/(Ws - Wi)] \times 1000$$

Absorción en (%):

$$Ab = [(Ws - Wd)/Wd] \times 100$$

Donde:

Ws = Peso saturado del adoquín en (kg)

Wi = Peso sumergido del adoquín en (kg)

Wd = Peso seco del adoquín en (kg)



Tabla 77: Absorción de adoquin patron

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m ³)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades Individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades Individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
AD - Patron 1	1.980	1.161	1.849	159.951	7.085	5.813	5.165	7.50	6.00
AD - Patron 2	1.960	1.152	1.901	73.020	3.104			7.50	6.00
AD - Patron 3	1.982	1.098	1.848	151.584	7.251			7.50	6.00
AD - Patron 4	1.979	1.112	1.850	148.789	6.973	4.517		7.50	6.00
AD - Patron 5	1.975	1.110	1.900	86.705	3.947			7.50	6.00
AD - Patron 6	1.950	1.105	1.900	59.172	2.632			7.50	6.00

Tabla 78: Absorción de los adoquines con 15% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m ³)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades Individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades Individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
AD - 15% PET 1	1.860	1.339	1.765	182.342	5.382	5.461	5.336	7.50	6.00
AD - 15% PET 2	1.825	1.335	1.725	204.082	5.797			7.50	6.00
AD - 15% PET 3	1.820	1.320	1.730	180.000	5.202			7.50	6.00
AD - 15% PET 4	1.860	1.320	1.775	157.407	4.789	5.212		7.50	6.00
AD - 15% PET 5	1.840	1.330	1.740	196.078	5.747			7.50	6.00
AD - 15% PET 6	1.855	1.335	1.765	173.077	5.099			7.50	6.00



Tabla 79: Absorción de los adoquines con 25% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m ³)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades Individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades Individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
AD - 25% PET 1	2.010	1.291	1.885	173.853	6.631	4.554	4.965	7.50	6.00
AD - 25% PET 2	1.900	1.210	1.880	28.986	1.064			7.50	6.00
AD - 25% PET 3	1.865	1.162	1.760	149.360	5.966			7.50	6.00
AD - 25% PET 4	1.915	1.218	1.840	107.604	4.076	5.376		7.50	6.00
AD - 25% PET 5	1.900	1.220	1.800	147.059	5.556			7.50	6.00
AD - 25% PET 6	1.885	1.150	1.770	156.463	6.497			7.50	6.00

Tabla 80: Absorción de los adoquines con 35% de PET

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m ³)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades Individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades Individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
AD - 35% PET 1	1.815	1.231	1.705	188.356	6.452	5.798	4.727	7.50	6.00
AD - 35% PET 2	1.820	1.175	1.730	139.535	5.202			7.50	6.00
AD - 35% PET 3	1.824	1.167	1.725	150.685	5.739			7.50	6.00
AD - 35% PET 4	1.800	1.160	1.740	93.750	3.448	3.657		7.50	6.00
AD - 35% PET 5	1.820	1.700	1.779	341.667	2.305			7.50	6.00
AD - 35% PET 6	1.815	1.155	1.725	136.364	5.217			7.50	6.00



B) Diagramas

Figura 86: Absorción de adoquín patrón

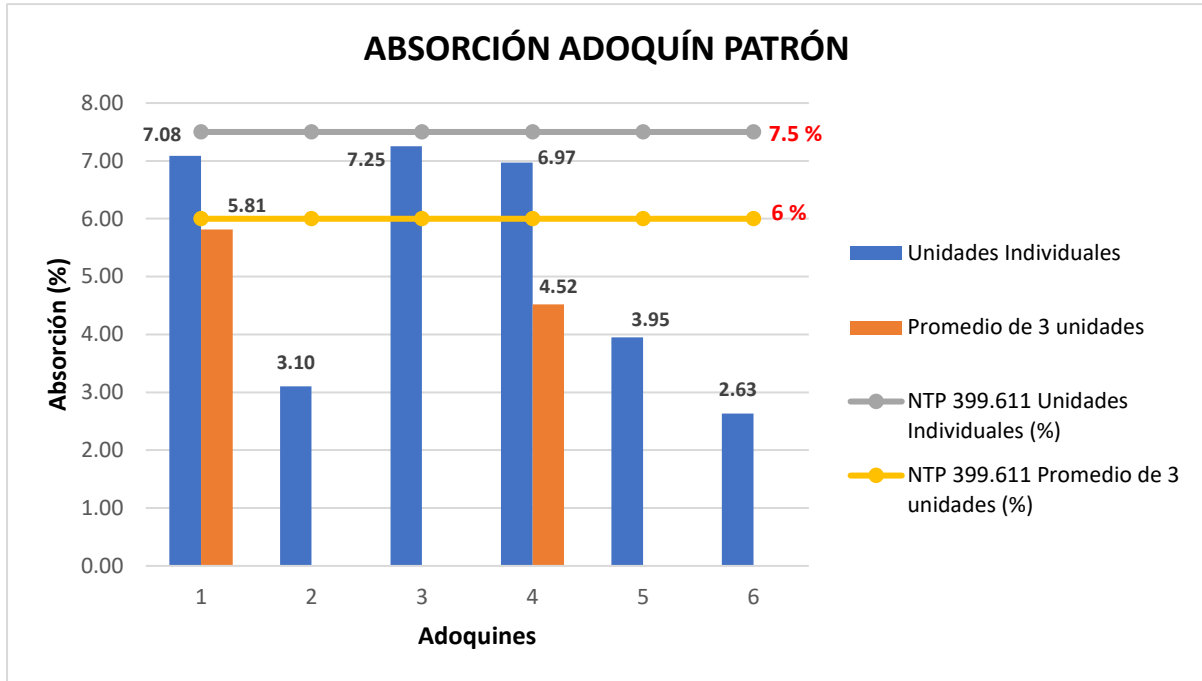


Figura 87: Absorción de los adoquines con 15% de PET

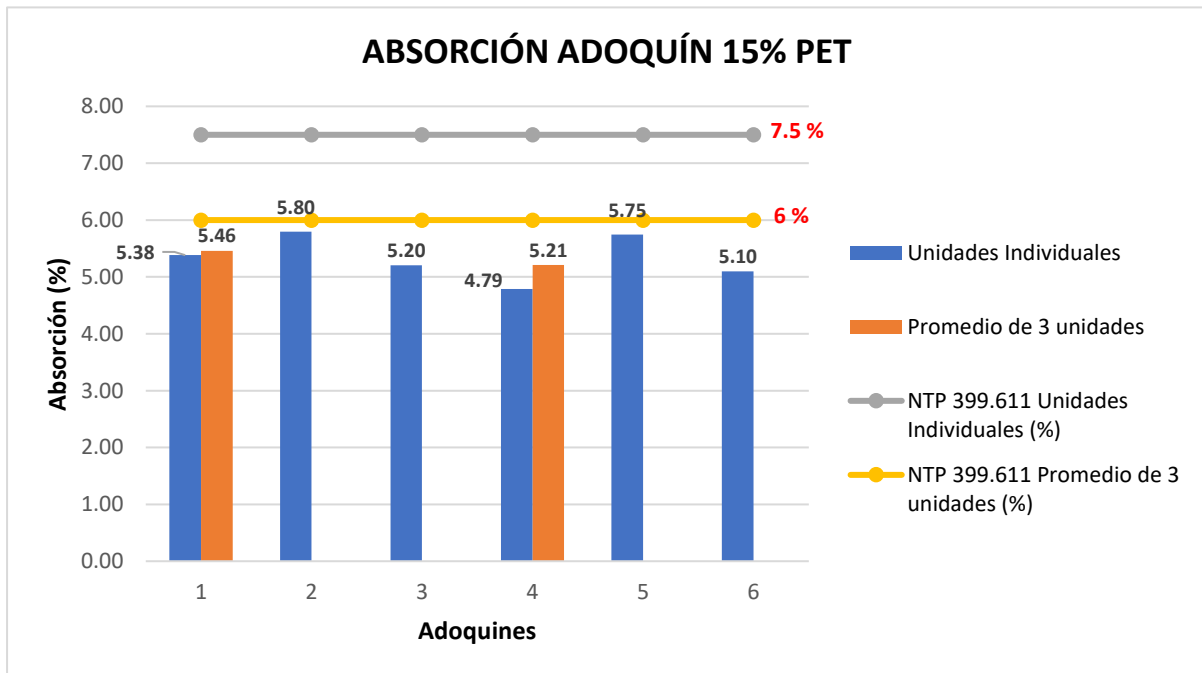




Figura 88: Absorción de los adoquines con 25% de PET

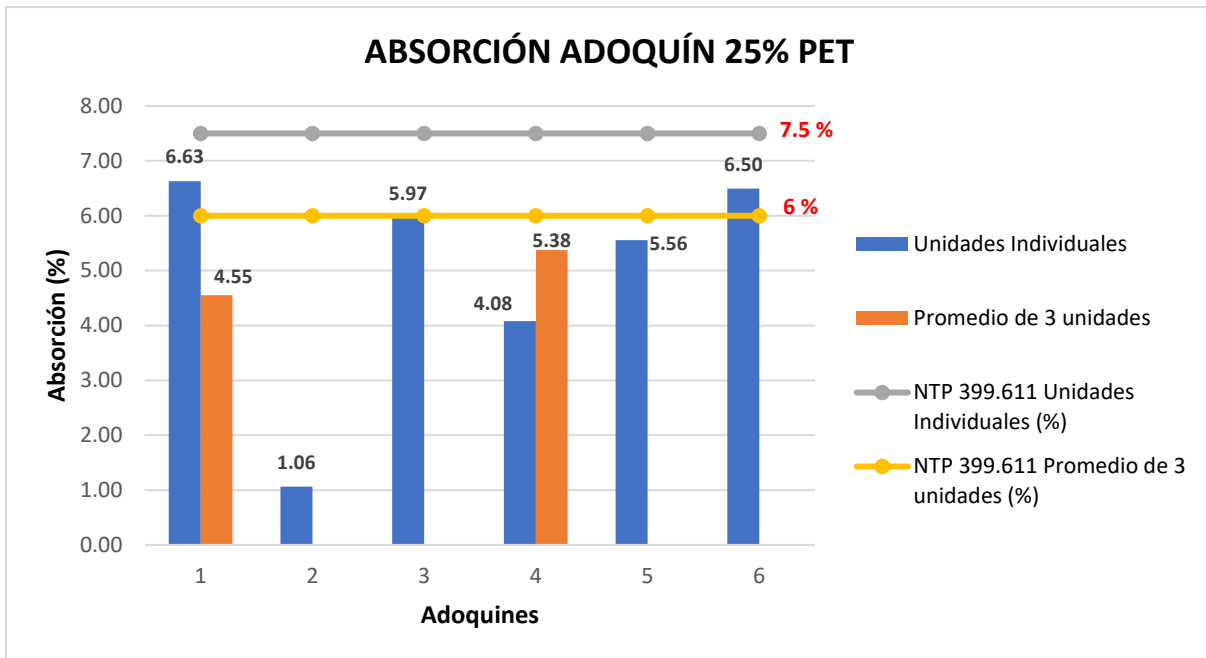
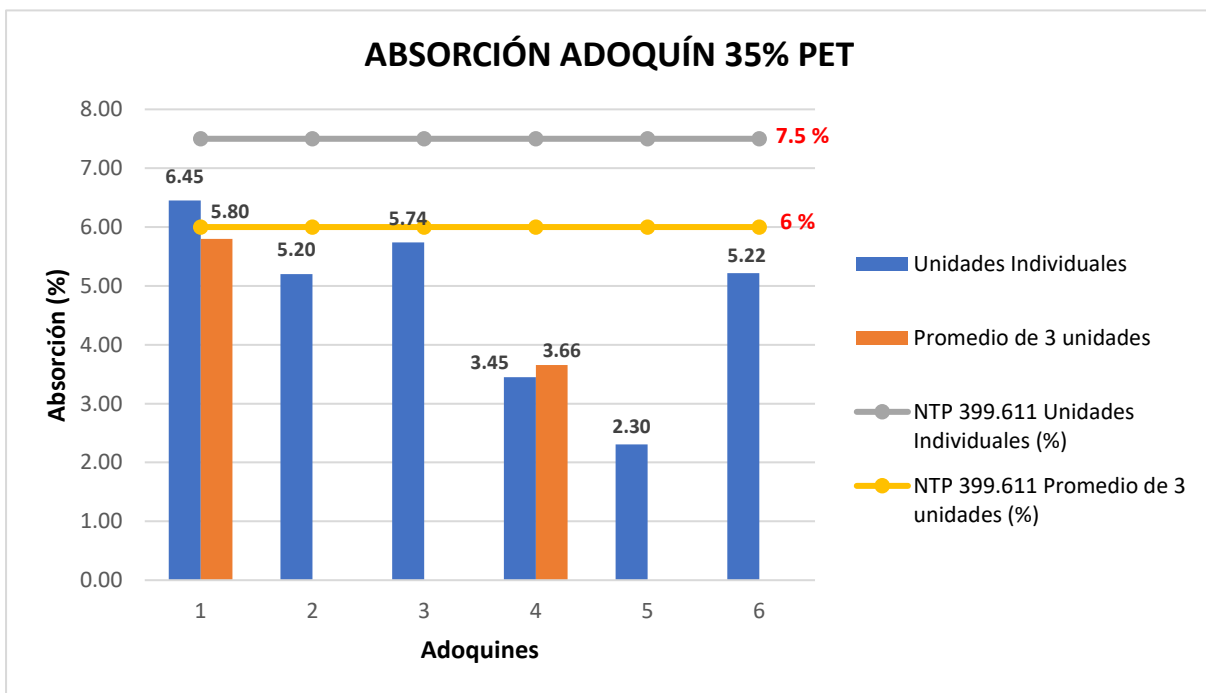


Figura 89: Absorción de los adoquines con 35% de PET



C) Análisis de prueba

De acuerdo a lo que se identifica en las gráficas, podemos ver que el porcentaje de absorción en las unidades que tienen plástico PET, están por debajo de lo establecido, por ende, tenemos que, a mayor porcentaje de plástico, menor absorción.



3.5.2.11. Resistencia a la compresión (NTP 399.604 – 2002)

A) Cálculos de la prueba

✚ Área Bruta (cm²)

$$A_g = L \times W$$

Donde:

L = Longitud promedio del adoquín (cm)

W = Ancho promedio del adoquín (cm)

✚ Resistencia a la compresión del área bruta (kg/cm²)

$$R_c = \frac{P_{max}}{A_g}$$

Donde:

P_{max} = Carga de compresión máxima (kg)

A_g = Área bruta del adoquín (cm²)

✚ Porcentaje (%)

$$P = \frac{R_c}{F'_c} \times 100$$

Donde:

R_c = Resistencia a Compresión del área bruta en (kg/cm²)

F'_c = Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm²)



Tabla 81: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	42420.00	20.00	10.20	204.00	207.94	207.04	208.26	65.08	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	41950.00	20.20	10.00	202.00	207.67				290.00	
AD - Patron 3	320	41510.00	20.00	10.10	202.00	205.50				290.00	
AD - Patron 4	320	42900.00	20.00	10.00	200.00	214.50				290.00	
AD - Patron 5	320	41340.00	20.10	10.00	201.00	205.67				290.00	

Tabla 82: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 21 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	63760.00	20.00	10.00	200.00	318.80	315.90	315.35	98.55	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	62890.00	20.00	10.05	201.00	312.89				290.00	
AD - Patron 3	320	63360.00	20.05	10.00	200.50	316.01				290.00	
AD - Patron 4	320	63450.00	20.00	10.00	200.00	317.25				290.00	
AD - Patron 5	320	62980.00	20.00	10.10	202.00	311.78				290.00	



Tabla 83: Resistencia a la compresión adoquin patron a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	68140.00	20.05	10.10	202.51	336.49	343.07	342.81	107.13	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	69364.00	20.10	10.00	201.00	345.09				290.00	
AD - Patron 3	320	69875.00	20.10	10.00	201.00	347.64				290.00	
AD - Patron 4	320	68723.00	20.00	10.00	200.00	343.62				290.00	
AD - Patron 5	320	68580.00	20.00	10.05	201.00	341.19				290.00	

Tabla 84: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 15% PET 1	320	35514.00	20.00	10.10	202.00	175.81	173.46	174.38	54.49	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	35180.00	21.00	10.00	210.00	167.52				290.00	
AD - 15% PET 3	320	35411.00	20.00	10.00	200.00	177.06				290.00	
AD - 15% PET 4	320	34991.00	20.10	10.00	201.00	174.08				290.00	
AD - 15% PET 5	320	35484.00	20.00	10.00	200.00	177.42				290.00	



Tabla 85: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 21 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 15% PET 1	320	58220.00	20.05	10.00	200.50	290.37	289.43	289.92	90.60	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	58630.00	20.10	10.10	203.01	288.80				290.00	
AD - 15% PET 3	320	58690.00	20.10	10.10	203.01	289.10				290.00	
AD - 15% PET 4	320	58140.00	20.00	10.00	200.00	290.70				290.00	
AD - 15% PET 5	320	58120.00	20.00	10.00	200.00	290.60				290.00	

Tabla 86: Resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 15% PET 1	320	64740.00	20.00	10.00	200.00	323.70	319.78	319.44	99.83	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	64100.00	20.10	10.00	201.00	318.91				290.00	
AD - 15% PET 3	320	63980.00	20.00	10.10	202.00	316.73				290.00	
AD - 15% PET 4	320	63340.00	20.10	10.00	201.00	315.12				290.00	
AD - 15% PET 5	320	64550.00	20.00	10.00	200.00	322.75				290.00	



Tabla 87: Resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	320	33892.00	20.10	10.00	201.00	168.62	164.27	164.27	51.33	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	33480.00	20.10	10.20	205.02	163.30				290.00	
AD - 25% PET 3	320	32179.00	20.00	10.00	200.00	160.90				290.00	
AD - 25% PET 4	320	32761.00	20.00	10.00	200.00	163.81				290.00	
AD - 25% PET 5	320	32942.00	20.00	10.00	200.00	164.71				290.00	

Tabla 88: Resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 21 dias

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	320	59970.00	20.10	10.00	201.00	298.36	296.69	296.54	92.67	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	59640.00	20.20	10.00	202.00	295.25				290.00	
AD - 25% PET 3	320	59590.00	20.10	10.00	201.00	296.47				290.00	
AD - 25% PET 4	320	59540.00	20.00	10.10	202.00	294.75				290.00	
AD - 25% PET 5	320	59720.00	20.05	10.00	200.50	297.86				290.00	



Tabla 89: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	320	62700.00	20.00	10.00	200.00	313.50	312.81	310.96	97.17	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	61930.00	20.00	10.00	200.00	309.65				290.00	
AD - 25% PET 3	320	62740.00	20.10	9.90	198.99	315.29				290.00	
AD - 25% PET 4	320	61780.00	20.00	10.10	202.00	305.84				290.00	
AD - 25% PET 5	320	62100.00	20.00	10.00	200.00	310.50				290.00	

Tabla 90: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	320	36180.00	20.00	10.00	200.00	180.90	173.65	173.02	54.07	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	34850.00	20.00	10.00	200.00	174.25				290.00	
AD - 35% PET 3	320	34160.00	20.20	10.20	206.04	165.79				290.00	
AD - 35% PET 4	320	33512.00	20.00	10.00	200.00	167.56				290.00	
AD - 35% PET 5	320	35320.00	20.00	10.00	200.00	176.60				290.00	



Tabla 91: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 21 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	320	61400.00	20.00	10.00	200.00	307.00	312.11	308.46	96.39	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	61280.00	19.00	10.00	190.00	322.53				290.00	
AD - 35% PET 3	320	61360.00	20.00	10.00	200.00	306.80				290.00	
AD - 35% PET 4	320	61040.00	20.10	10.00	201.00	303.68				290.00	
AD - 35% PET 5	320	61370.00	20.10	10.10	203.01	302.30				290.00	

Tabla 92: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	320	60920.00	20.10	10.10	203.01	300.08	302.37	299.52	93.60	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	61120.00	20.15	10.10	203.52	300.32				290.00	
AD - 35% PET 3	320	61340.00	20.00	10.00	200.00	306.70				290.00	
AD - 35% PET 4	320	59780.00	20.00	10.10	202.00	295.94				290.00	
AD - 35% PET 5	320	59945.00	20.15	10.10	203.52	294.55				290.00	



✚ Desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds = Desviación estándar

X_{prom} = Resistencia promedio

X = Resistencia individual

N = Número de ensayos

✚ Coeficiente de Variación

$$V = \frac{Ds}{X_{prom}} \times 100$$

Donde:

Ds = Desviación estándar

X_{prom} = Resistencia promedio

Tabla 93: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin patron a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (X _{prom}) (Kg/cm ²)	X-X _{prom} (Kg/cm ²)	(X-X _{prom}) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coeficiente de variación V (%)	Limite Máximo L _{max} (Kg/cm ²)	Limite Mínimo L _{min} (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	207.94	208.26	-0.32	0.10	3.66	1.76	211.92	204.59
AD - Patron 2	207.67	208.26	-0.58	0.34			211.92	204.59
AD - Patron 3	205.50	208.26	-2.76	7.62			211.92	204.59
AD - Patron 4	214.50	208.26	6.24	38.98			211.92	204.59
AD - Patron 5	205.67	208.26	-2.58	6.68			211.92	204.59



Tabla 94 : Desviación estandar de resistencia a la compresión aduquin patron a los 21 dias

Descripción de Aduquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm2)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm2)	X-Xprom (Kg/cm2)	(X-Xprom) ² (Kg/cm2)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm2)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm2)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm2)
AD - Patron 1	318.80	315.35	3.45	11.93	2.95	0.93	318.29	312.40
AD - Patron 2	312.89	315.35	-2.46	6.05			318.29	312.40
AD - Patron 3	316.01	315.35	0.66	0.44			318.29	312.40
AD - Patron 4	317.25	315.35	1.90	3.63			318.29	312.40
AD - Patron 5	311.78	315.35	-3.56	12.70			318.29	312.40

Tabla 95: Desviación estandar de resistencia a la compresión aduquin patron a los 28 dias

Descripción de Aduquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm2)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm2)	X-Xprom (Kg/cm2)	(X-Xprom) ² (Kg/cm2)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm2)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm2)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm2)
AD - Patron 1	336.49	342.81	-6.32	39.94	4.24	1.24	347.04	338.57
AD - Patron 2	345.09	342.81	2.29	5.24			347.04	338.57
AD - Patron 3	347.64	342.81	4.83	23.34			347.04	338.57
AD - Patron 4	343.62	342.81	0.81	0.66			347.04	338.57
AD - Patron 5	341.19	342.81	-1.61	2.60			347.04	338.57

Tabla 96: Desviación estandar de resistencia a la compresión aduquin con 15% de PET a los 7 dias

Descripción de Aduquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm2)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm2)	X-Xprom (Kg/cm2)	(X-Xprom) ² (Kg/cm2)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm2)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm2)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm2)
AD - 15% PET 1	175.81	174.38	1.43	2.05	4.05	2.32	178.43	170.33
AD - 15% PET 2	167.52	174.38	-6.86	46.99			178.43	170.33
AD - 15% PET 3	177.06	174.38	2.68	7.16			178.43	170.33
AD - 15% PET 4	174.08	174.38	-0.29	0.09			178.43	170.33
AD - 15% PET 5	177.42	174.38	3.04	9.25			178.43	170.33

Tabla 97: Desviación estandar de resistencia a la compresión aduquin con 15% de PET a los 21 dias

Descripción de Aduquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm2)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm2)	X-Xprom (Kg/cm2)	(X-Xprom) ² (Kg/cm2)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm2)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm2)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm2)
AD - 15% PET 1	290.37	289.92	0.46	0.21	0.89	0.31	290.81	289.02
AD - 15% PET 2	288.80	289.92	-1.11	1.24			290.81	289.02
AD - 15% PET 3	289.10	289.92	-0.82	0.67			290.81	289.02
AD - 15% PET 4	290.70	289.92	0.78	0.62			290.81	289.02
AD - 15% PET 5	290.60	289.92	0.68	0.47			290.81	289.02



Tabla 98: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 15% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 15% PET 1	323.70	319.44	4.26	18.13	3.72	1.16	323.16	315.72
AD - 15% PET 2	318.91	319.44	-0.54	0.29			323.16	315.72
AD - 15% PET 3	316.73	319.44	-2.71	7.34			323.16	315.72
AD - 15% PET 4	315.12	319.44	-4.32	18.65			323.16	315.72
AD - 15% PET 5	322.75	319.44	3.31	10.94			323.16	315.72

Tabla 99: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	168.62	164.27	4.35	18.93	2.81	1.71	167.08	161.45
AD - 25% PET 2	163.30	164.27	-0.96	0.93			167.08	161.45
AD - 25% PET 3	160.90	164.27	-3.37	11.36			167.08	161.45
AD - 25% PET 4	163.81	164.27	-0.46	0.21			167.08	161.45
AD - 25% PET 5	164.71	164.27	0.44	0.20			167.08	161.45

Tabla 100: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 21 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	298.36	296.54	1.82	3.32	1.57	0.53	298.11	294.96
AD - 25% PET 2	295.25	296.54	-1.29	1.66			298.11	294.96
AD - 25% PET 3	296.47	296.54	-0.07	0.00			298.11	294.96
AD - 25% PET 4	294.75	296.54	-1.78	3.18			298.11	294.96
AD - 25% PET 5	297.86	296.54	1.32	1.74			298.11	294.96

Tabla 101: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 25% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	313.50	310.96	2.54	6.47	3.65	1.17	314.61	307.30
AD - 25% PET 2	309.65	310.96	-1.31	1.71			314.61	307.30
AD - 25% PET 3	315.29	310.96	4.34	18.80			314.61	307.30
AD - 25% PET 4	305.84	310.96	-5.12	26.17			314.61	307.30
AD - 25% PET 5	310.50	310.96	-0.46	0.21			314.61	307.30



Tabla 102: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 7 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	180.90	173.02	7.88	62.08	6.29	3.64	179.31	166.73
AD - 35% PET 2	174.25	173.02	1.23	1.51			179.31	166.73
AD - 35% PET 3	165.79	173.02	-7.23	52.24			179.31	166.73
AD - 35% PET 4	167.56	173.02	-5.46	29.82			179.31	166.73
AD - 35% PET 5	176.60	173.02	3.58	12.81			179.31	166.73

Tabla 103: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 21 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	307.00	308.46	-1.46	2.14	8.12	2.63	316.58	300.34
AD - 35% PET 2	322.53	308.46	14.06	197.81			316.58	300.34
AD - 35% PET 3	306.80	308.46	-1.66	2.76			316.58	300.34
AD - 35% PET 4	303.68	308.46	-4.78	22.85			316.58	300.34
AD - 35% PET 5	302.30	308.46	-6.16	37.96			316.58	300.34

Tabla 104: Desviación estandar de resistencia a la compresión adoquin con 35% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Resistencia a Compresión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a compresión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	300.08	299.52	0.56	0.32	4.74	1.58	304.26	294.77
AD - 35% PET 2	300.32	299.52	0.80	0.64			304.26	294.77
AD - 35% PET 3	306.70	299.52	7.18	51.57			304.26	294.77
AD - 35% PET 4	295.94	299.52	-3.58	12.80			304.26	294.77
AD - 35% PET 5	294.55	299.52	-4.97	24.71			304.26	294.77



B) Diagramas

Figura 90: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 7 días

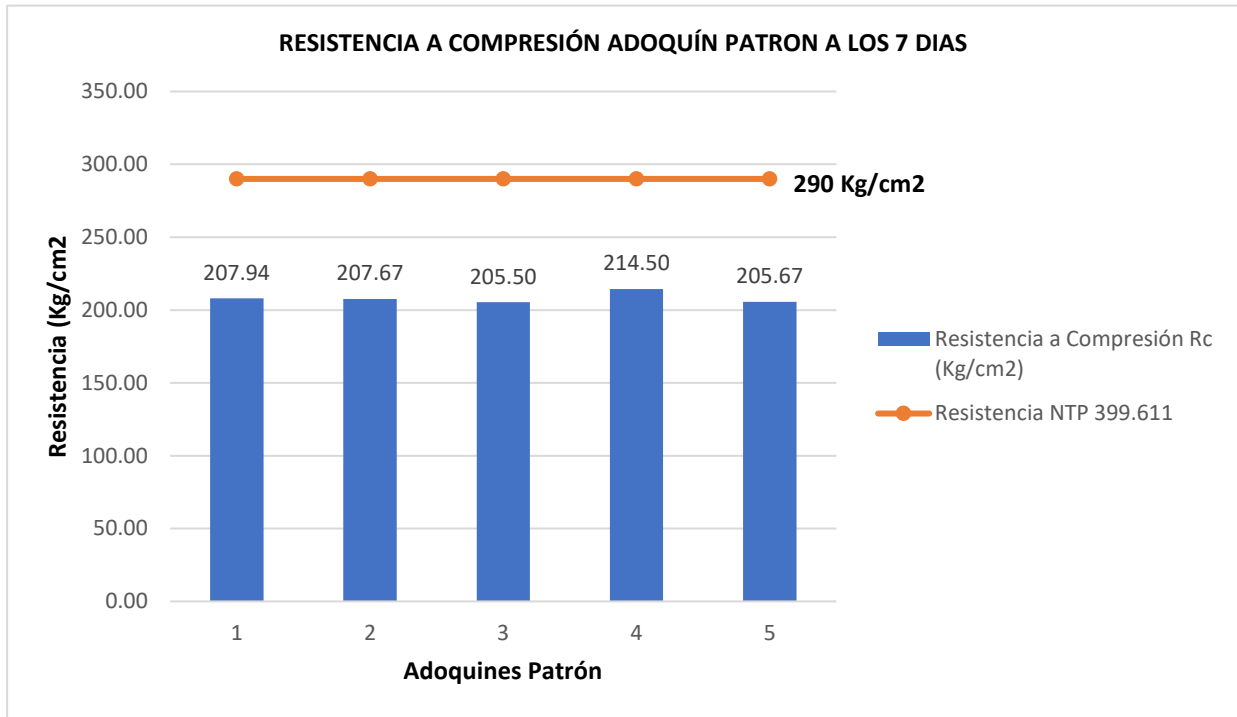


Figura 91: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 21 días

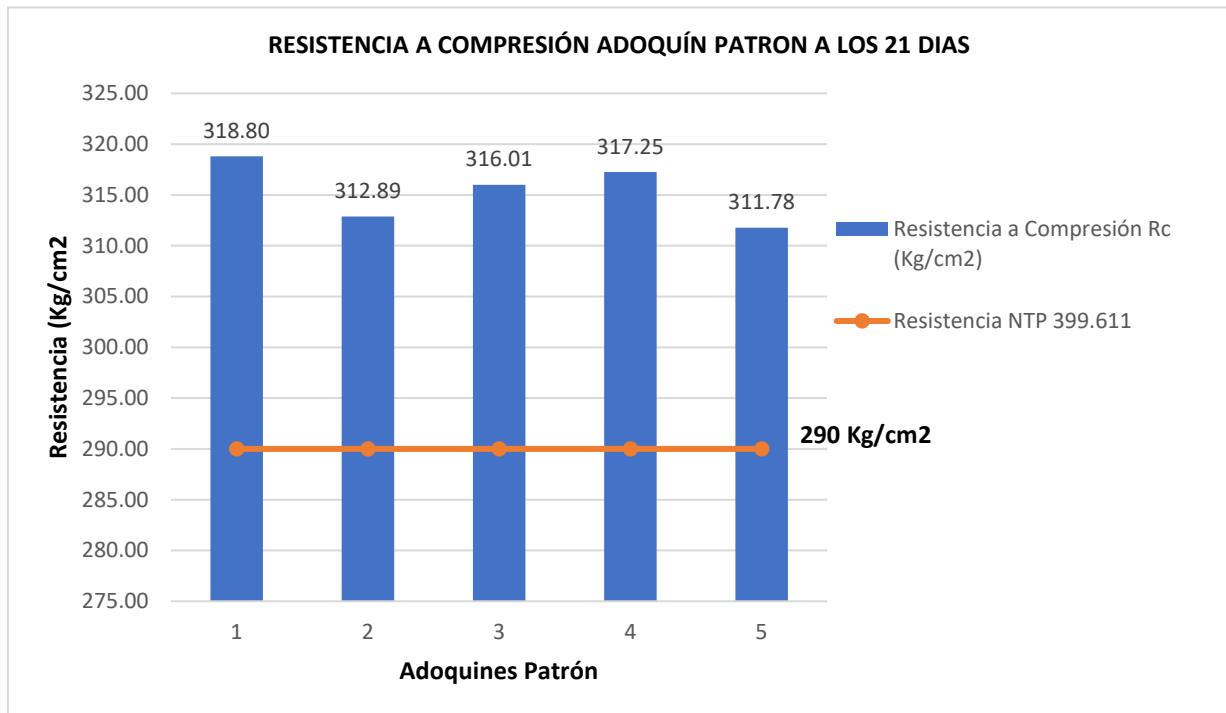




Figura 92: Resistencia a la compresión adoquín patrón a los 28 días

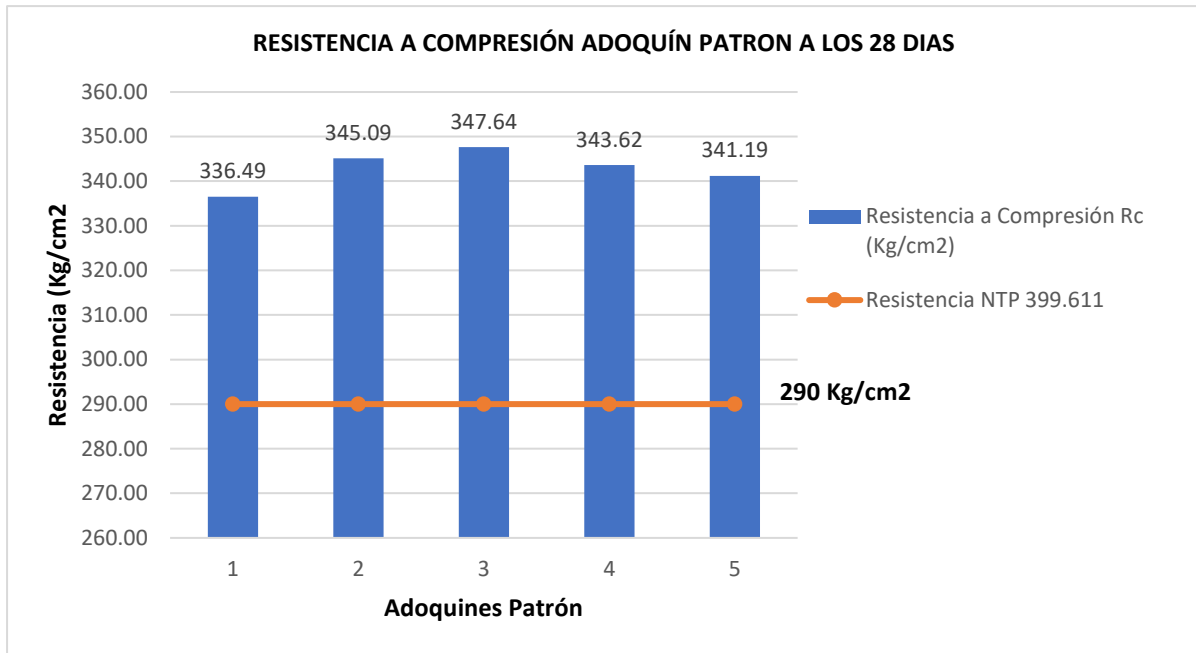


Figura 93: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 7 días

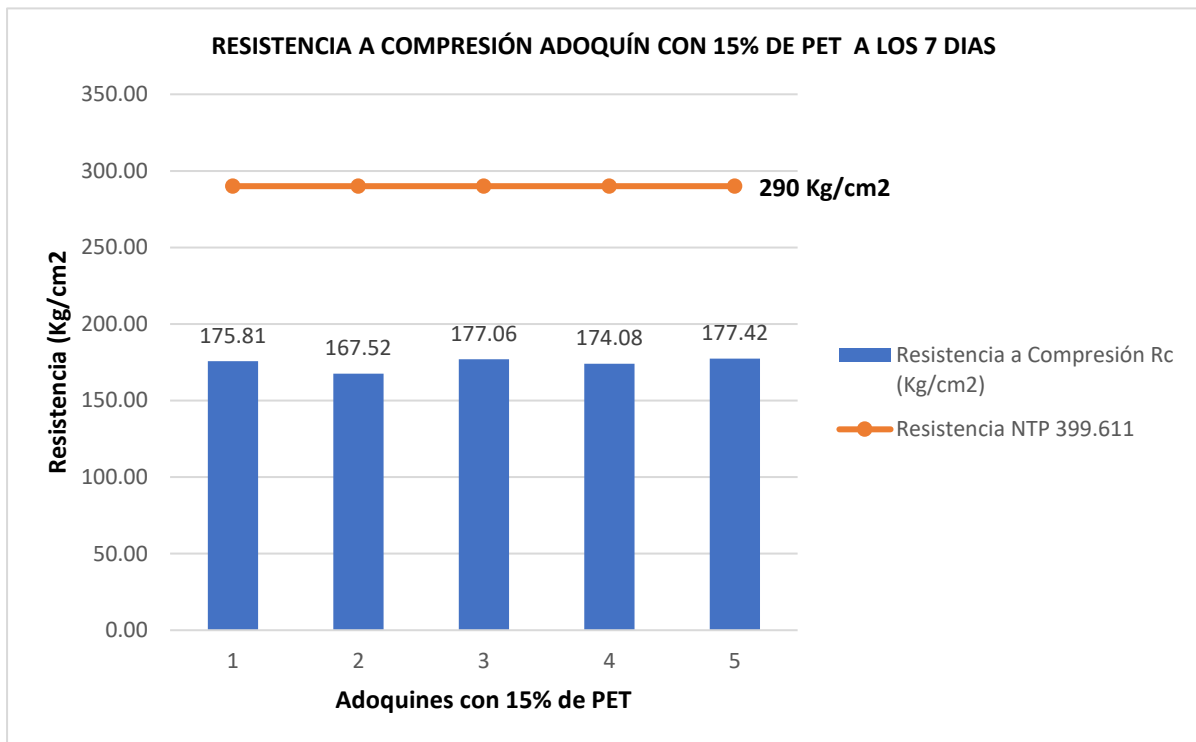




Figura 94: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 21 días

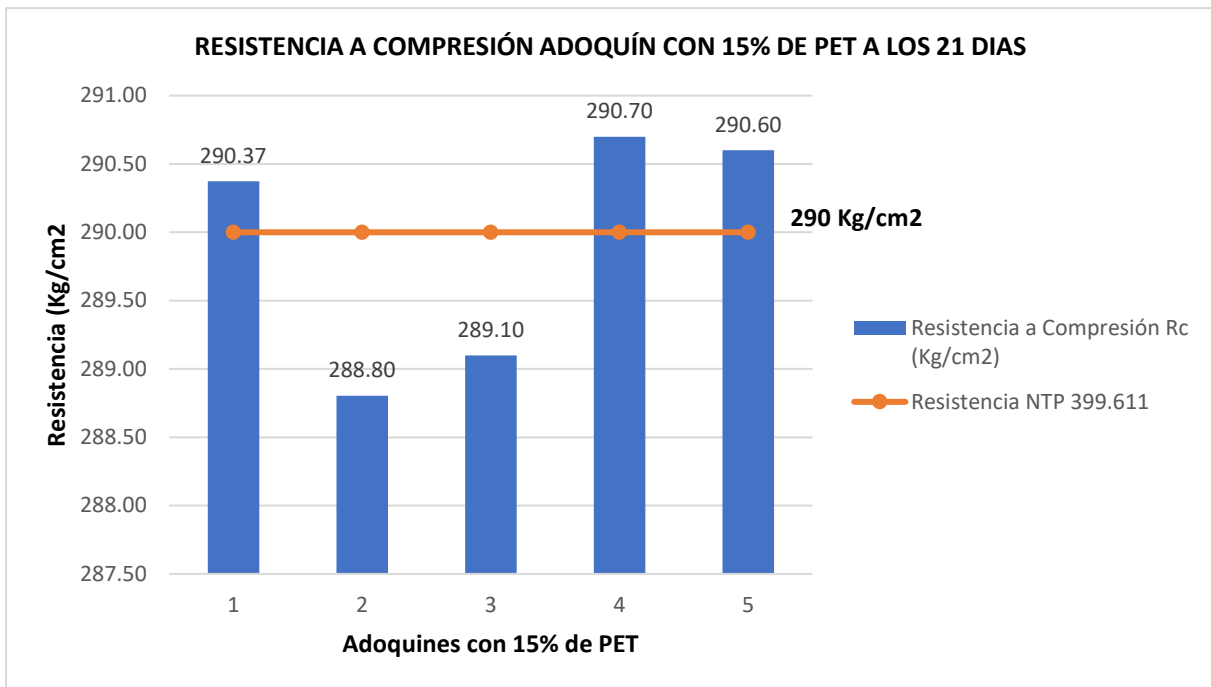


Figura 95: Resistencia a la compresión adoquín con 15% de PET a los 28 días

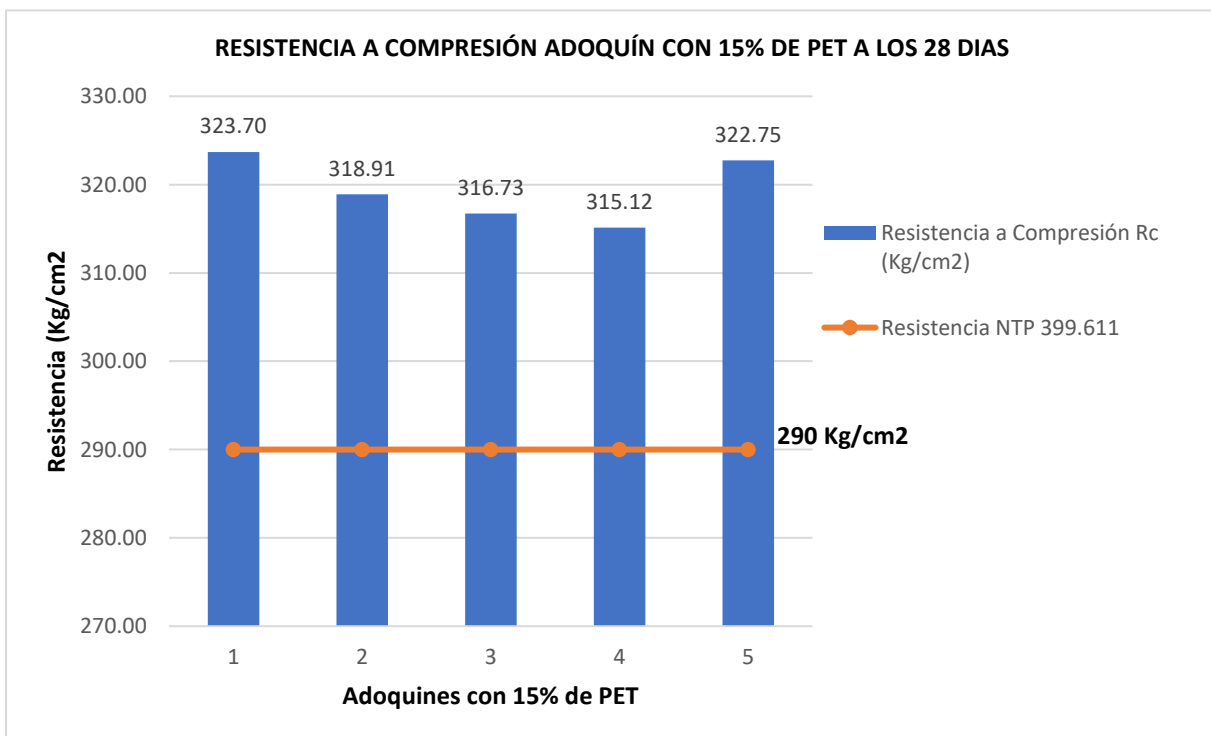




Figura 96: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 7 días

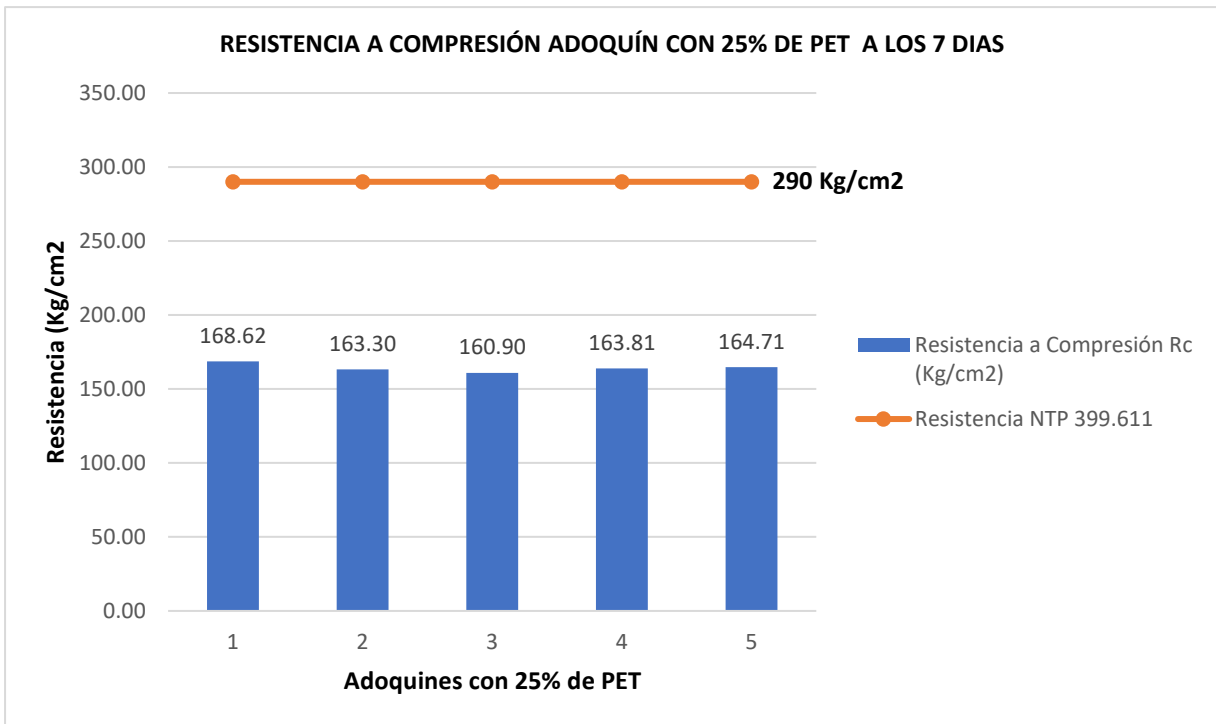


Figura 97: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 21 días

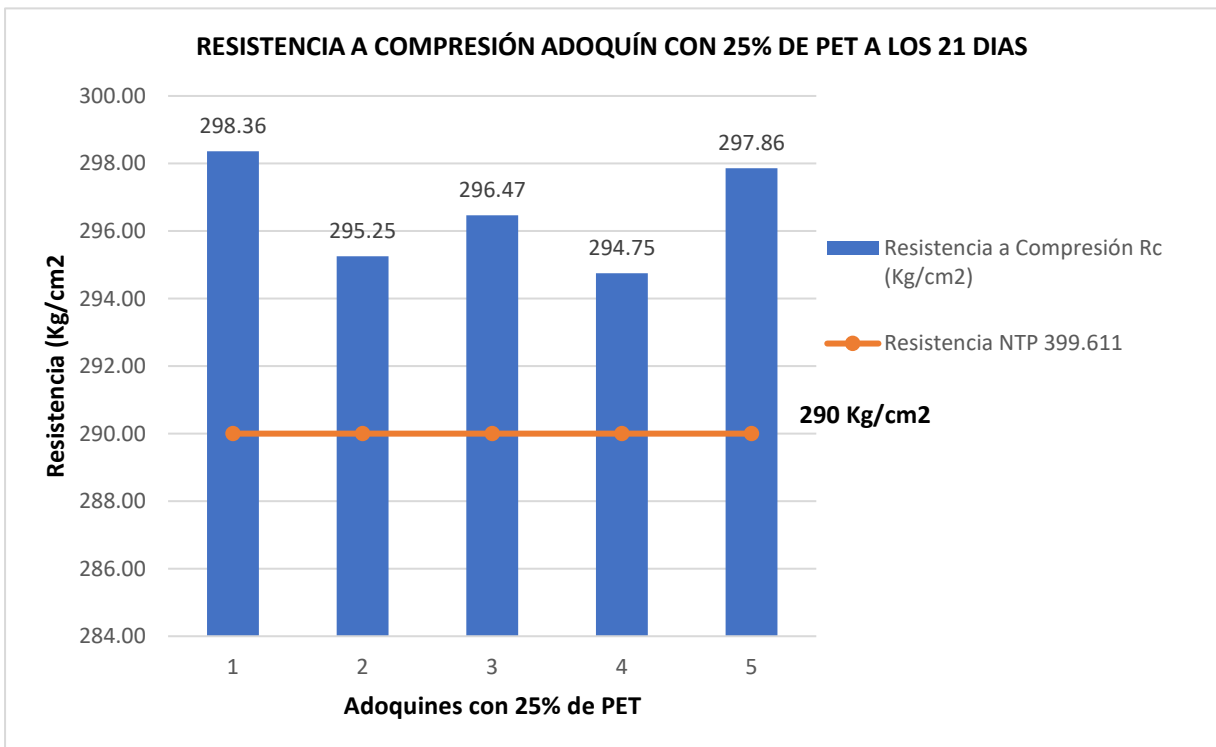




Figura 98: Resistencia a la compresión adoquín con 25% de PET a los 28 días

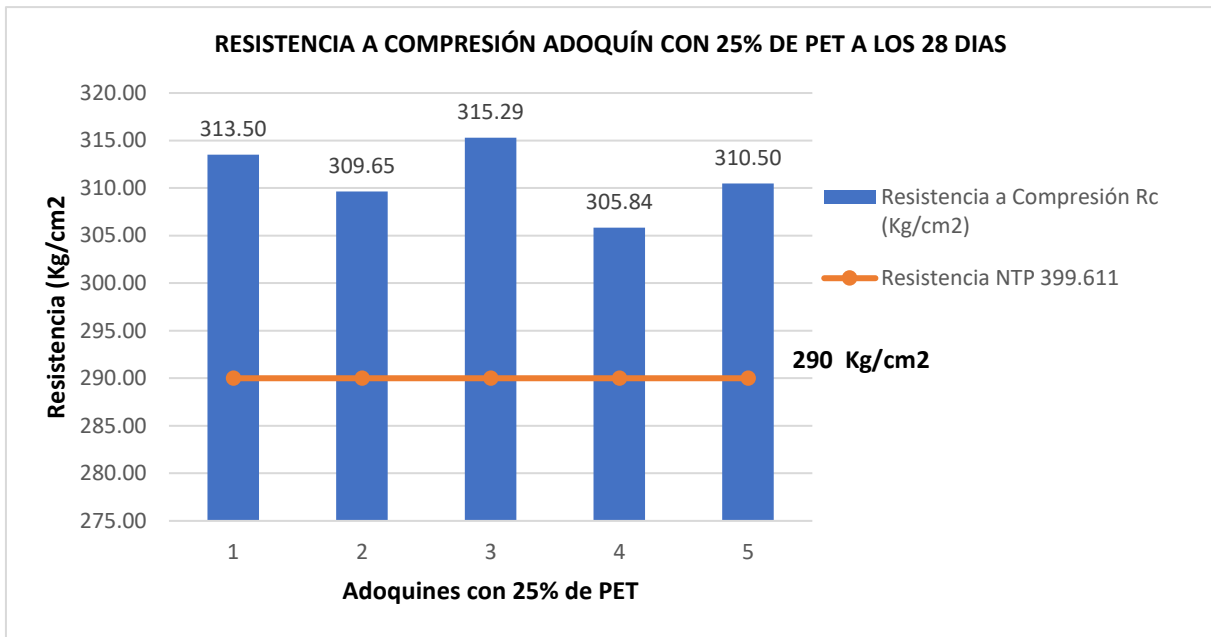


Figura 99: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 7 días

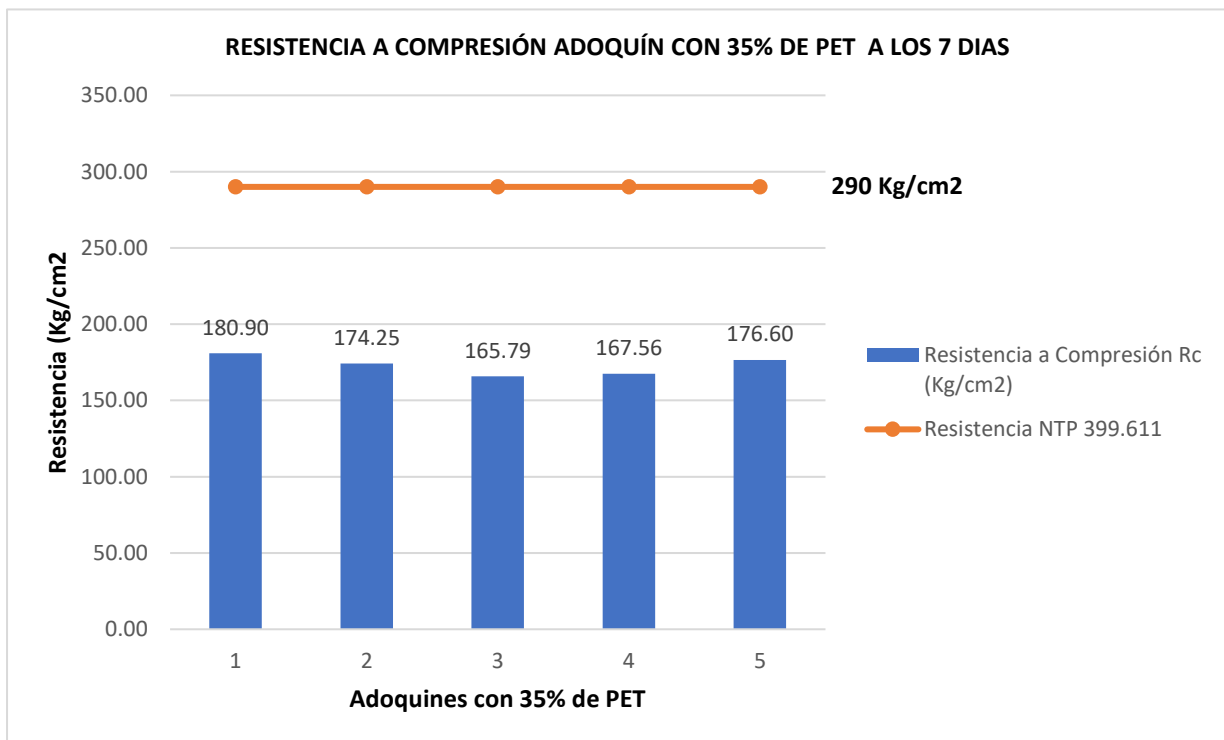




Figura 100: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 21 días

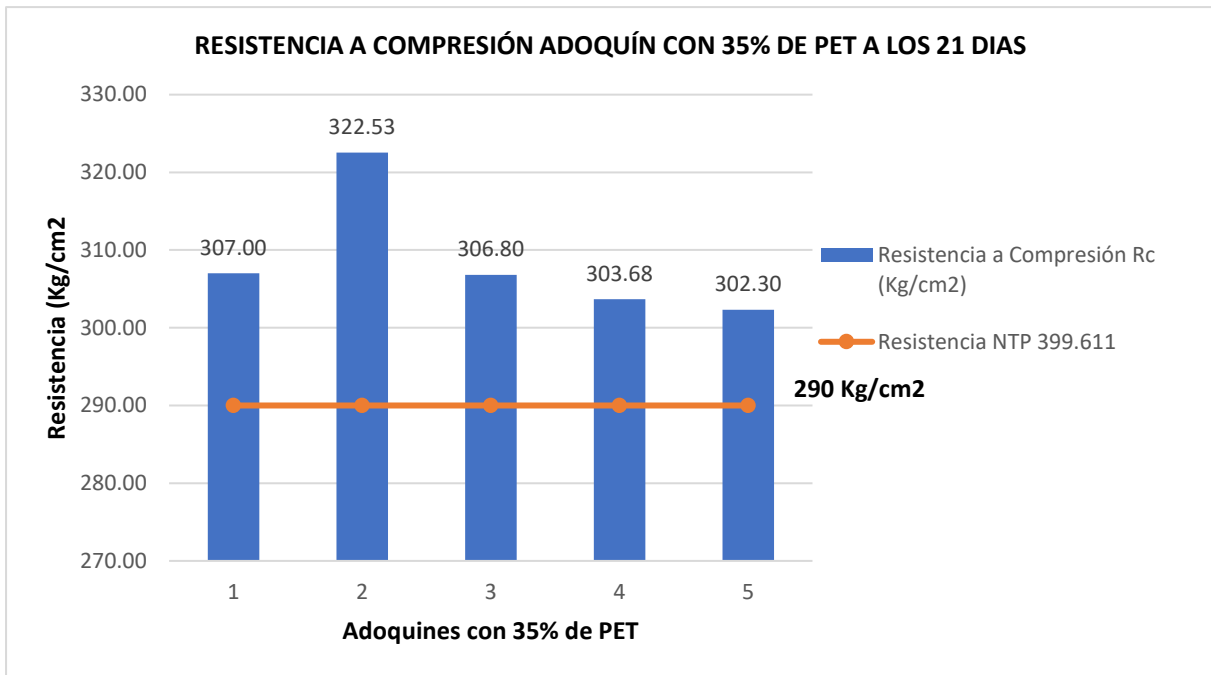
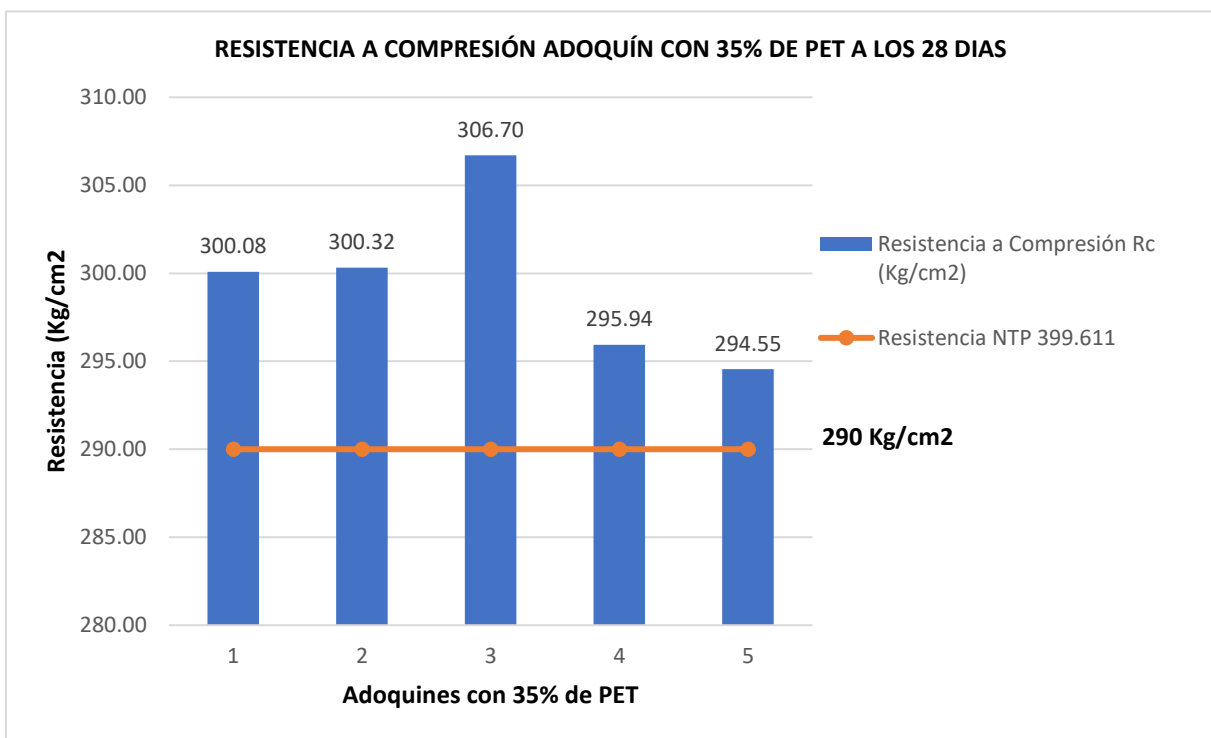


Figura 101: Resistencia a la compresión adoquín con 35% de PET a los 28 días





Desviación estándar que corresponde a la resistencia a la compresión de los adoquines patrón, con 15%, 25%, y 35% de PET, a los 7, 21 y 28 días.

Figura 102: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 7 días

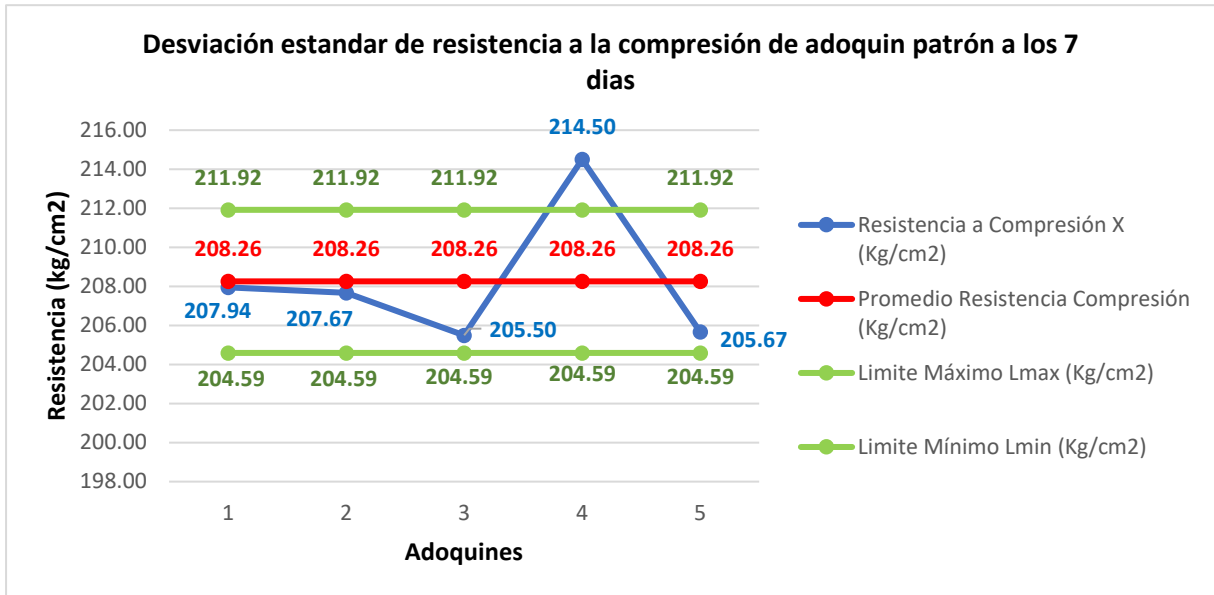


Figura 103: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 21 días

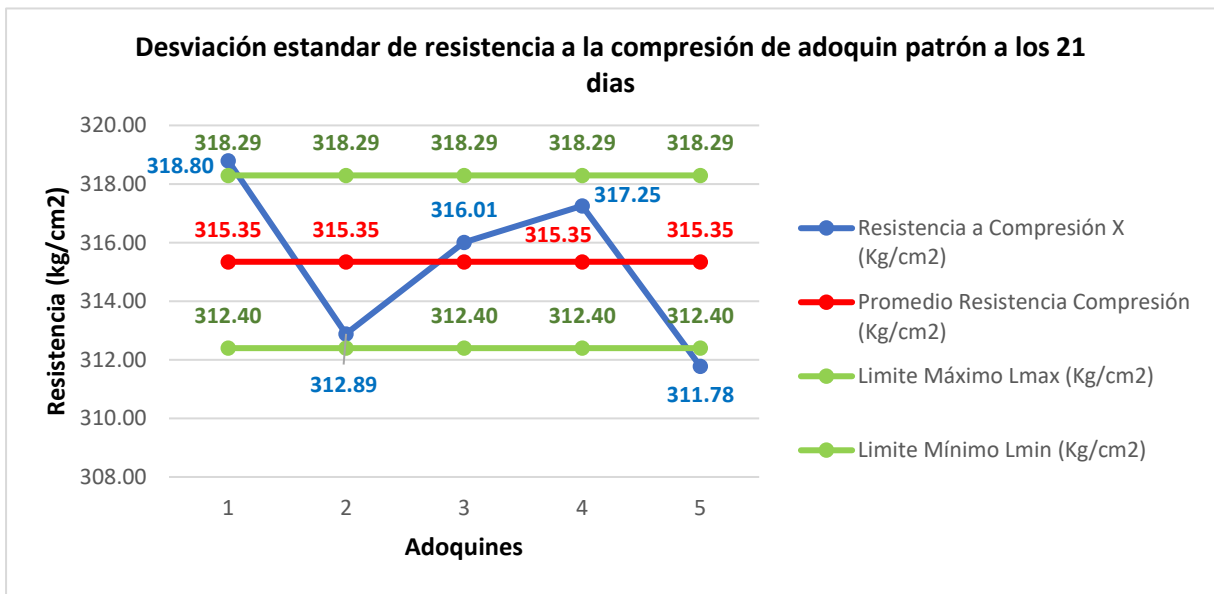




Figura 104: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín patrón a los 28 días

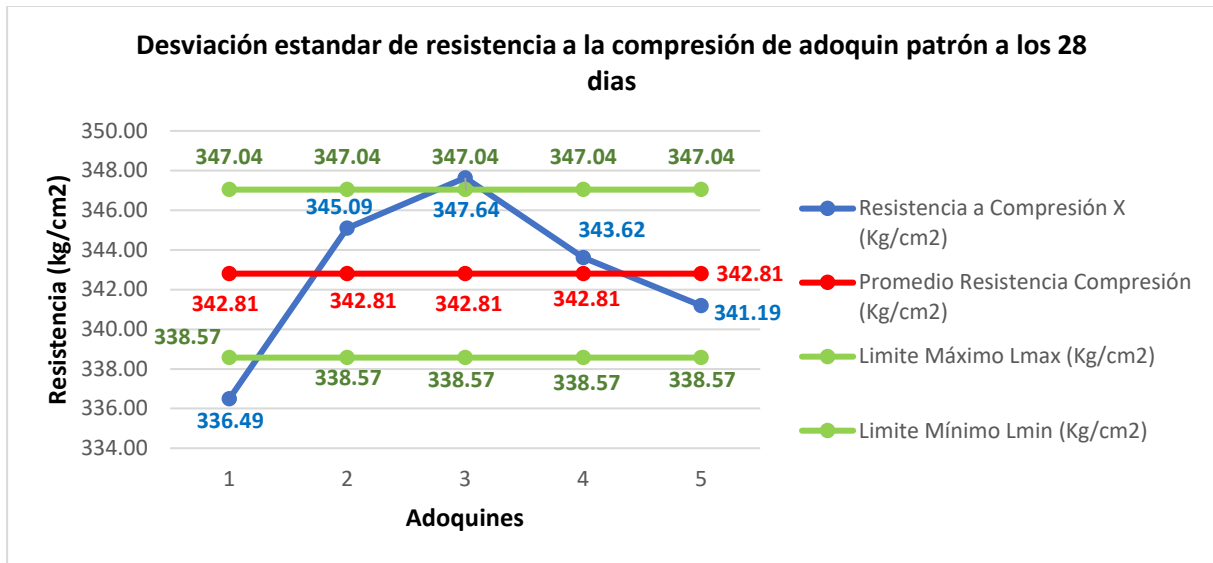


Figura 105: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 7 días

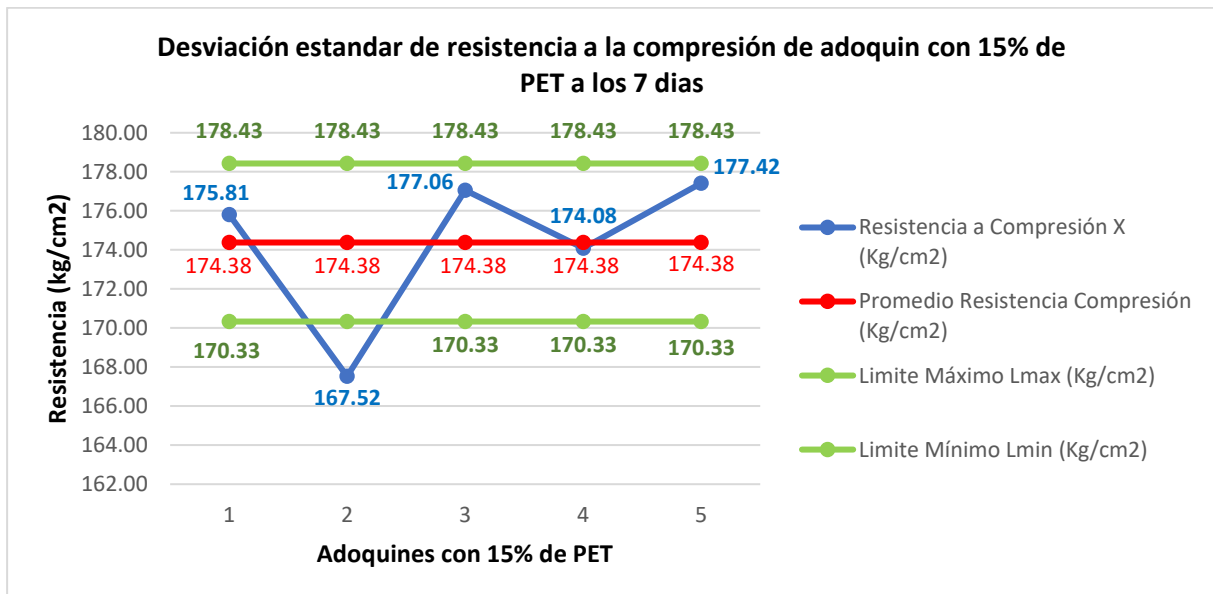




Figura 106: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 21 días

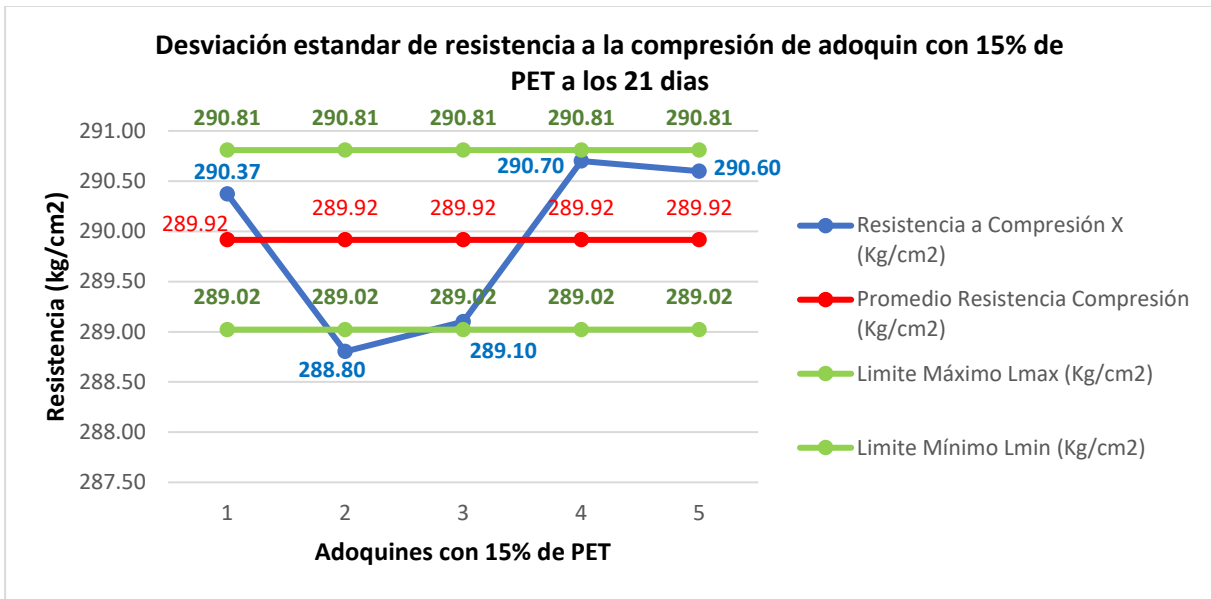


Figura 107: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 15% de PET a los 28 días

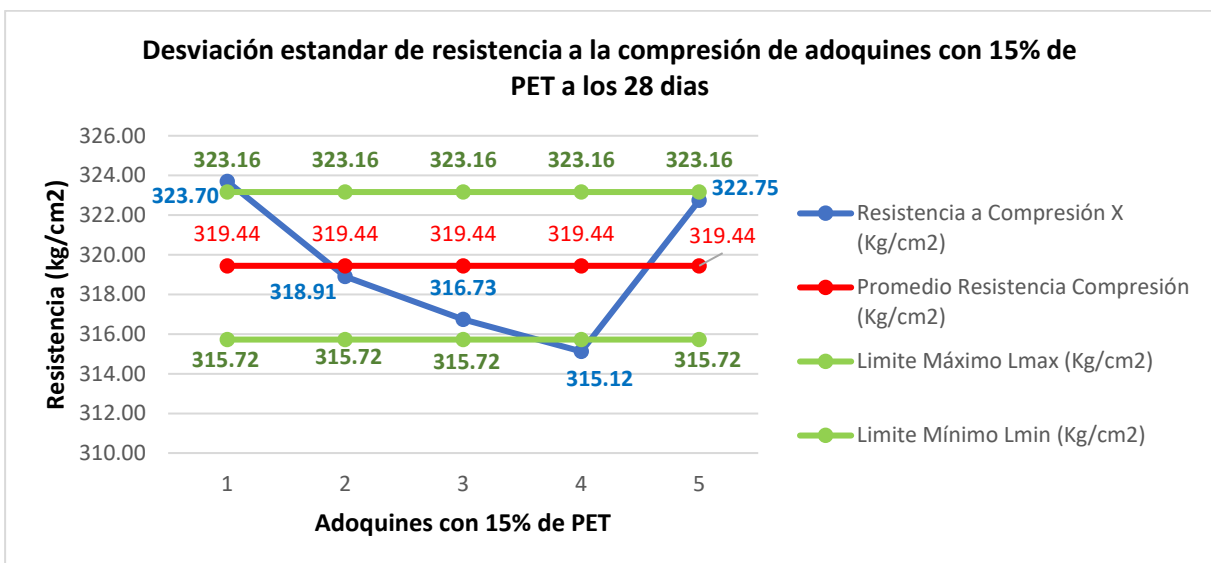




Figura 108: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 7 días

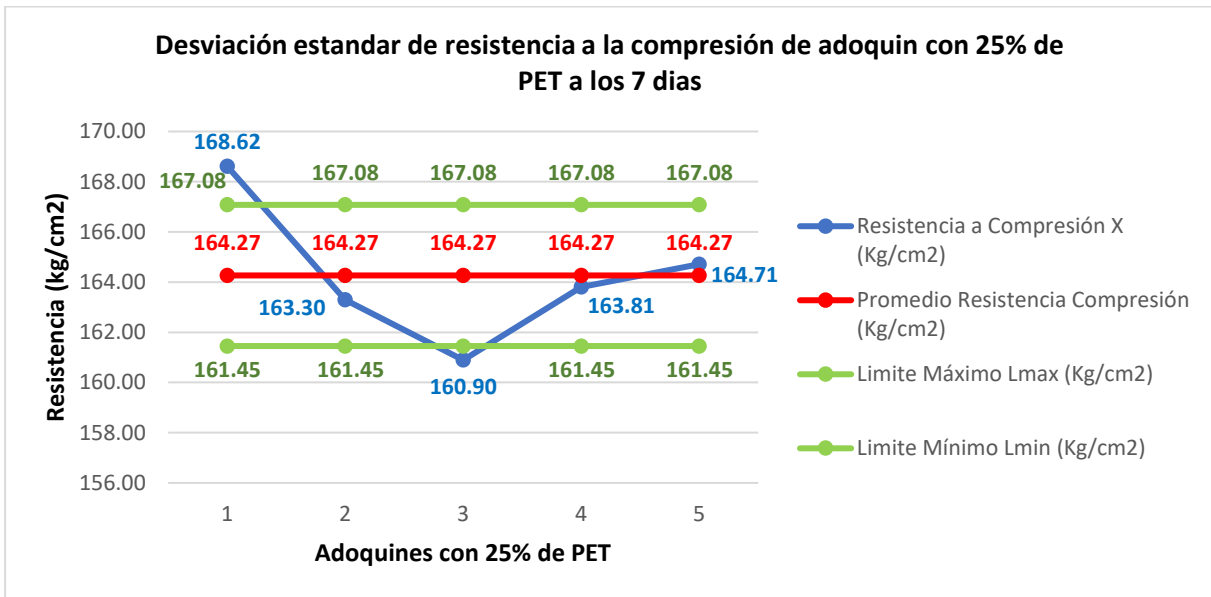


Figura 109: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 21 días

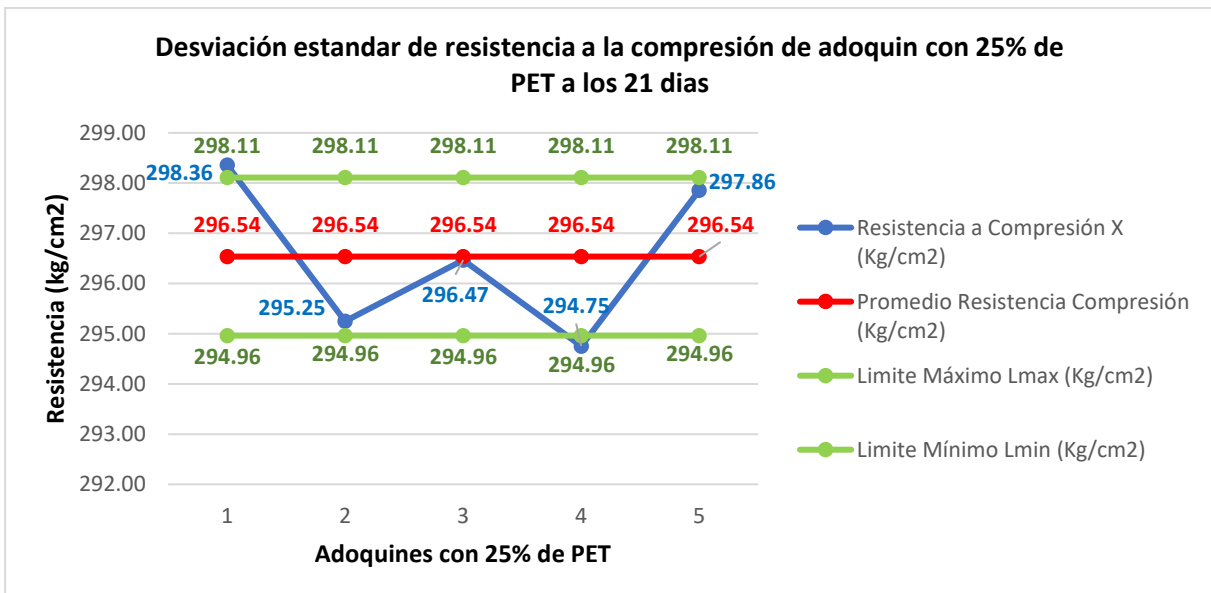




Figura 110: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 25% de PET a los 28 días

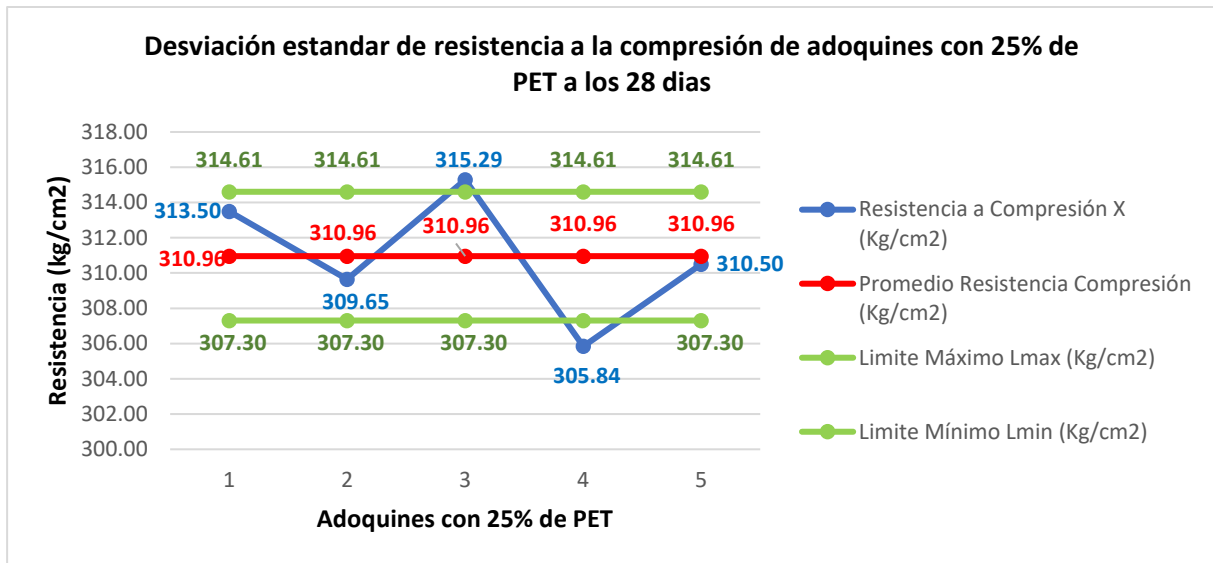


Figura 111: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 7 días

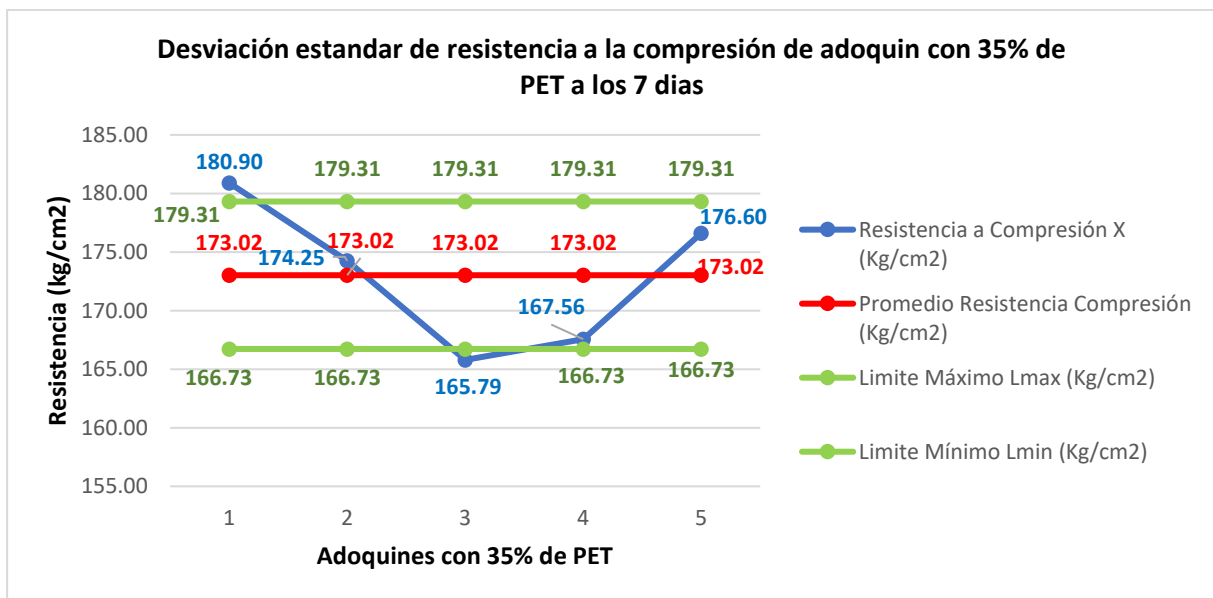




Figura 112: Desviación estándar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 21 días

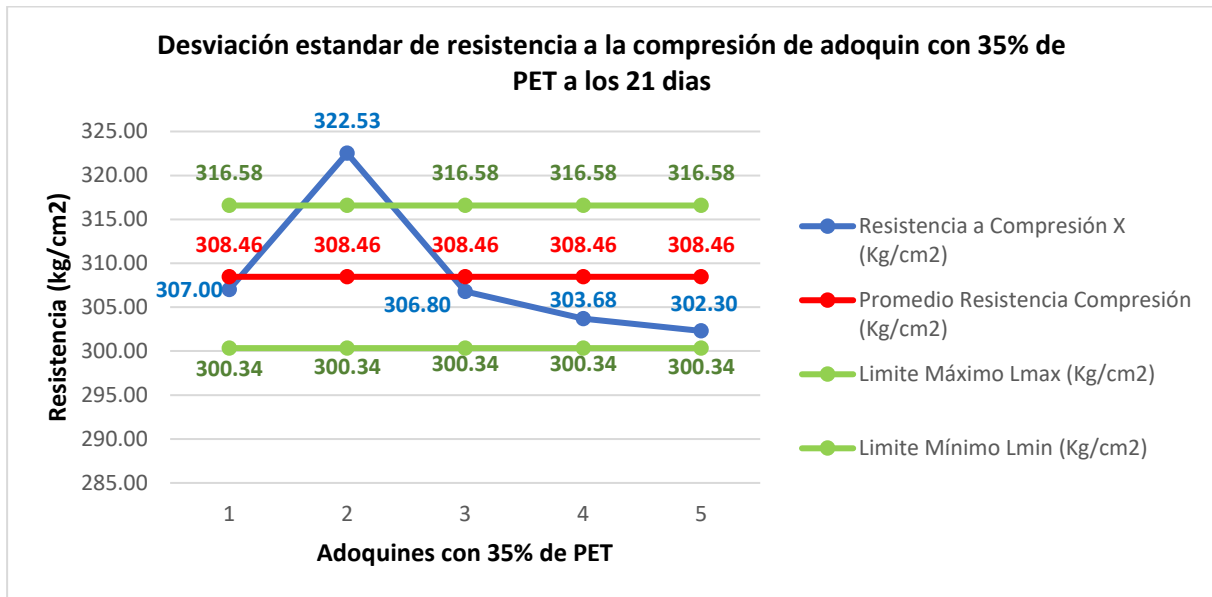
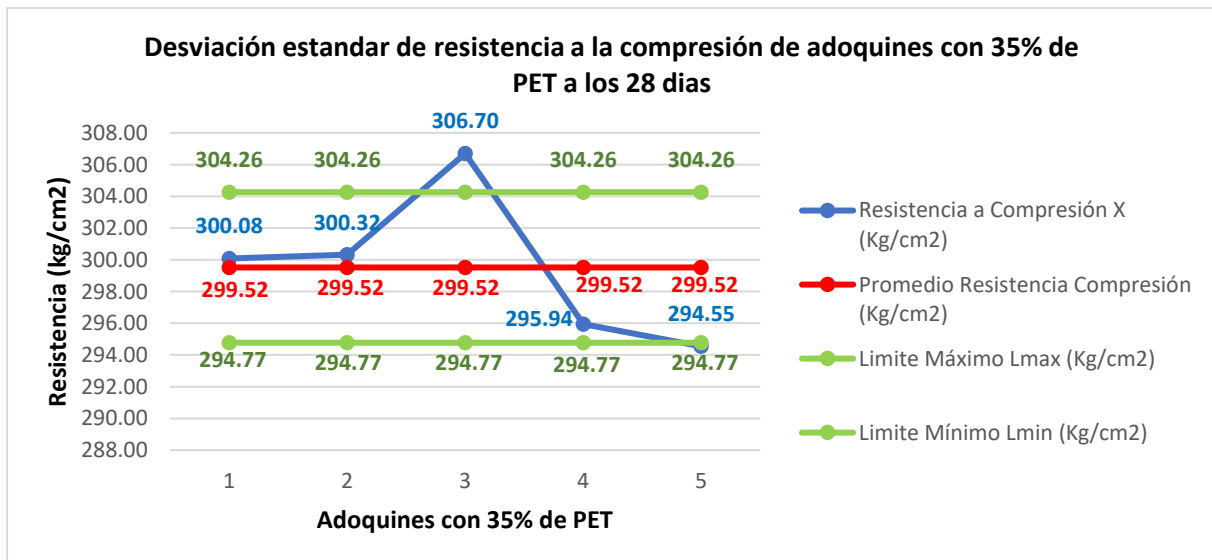


Figura 113: Desviación estandar de resistencia a la compresión de adoquín con 35% de PET a los 28 días





Resistencia Promedio de los adoquines patrón, a los 7, 21 y 28 días

Figura 114: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 7 días

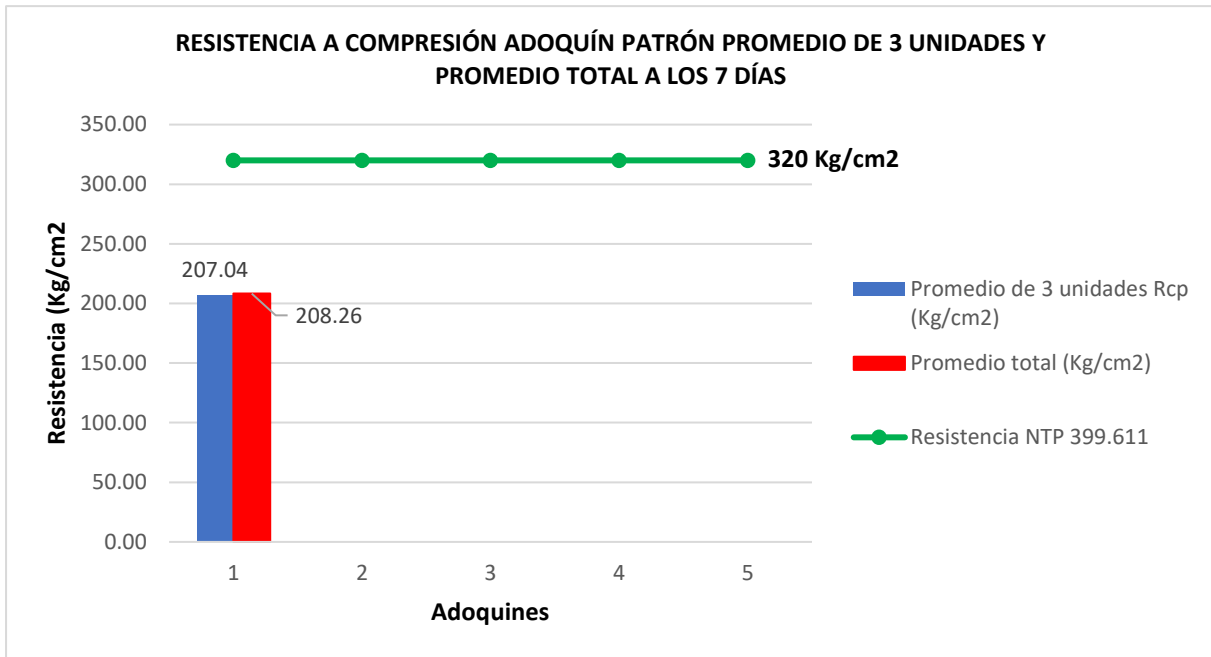


Figura 115: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 21 días

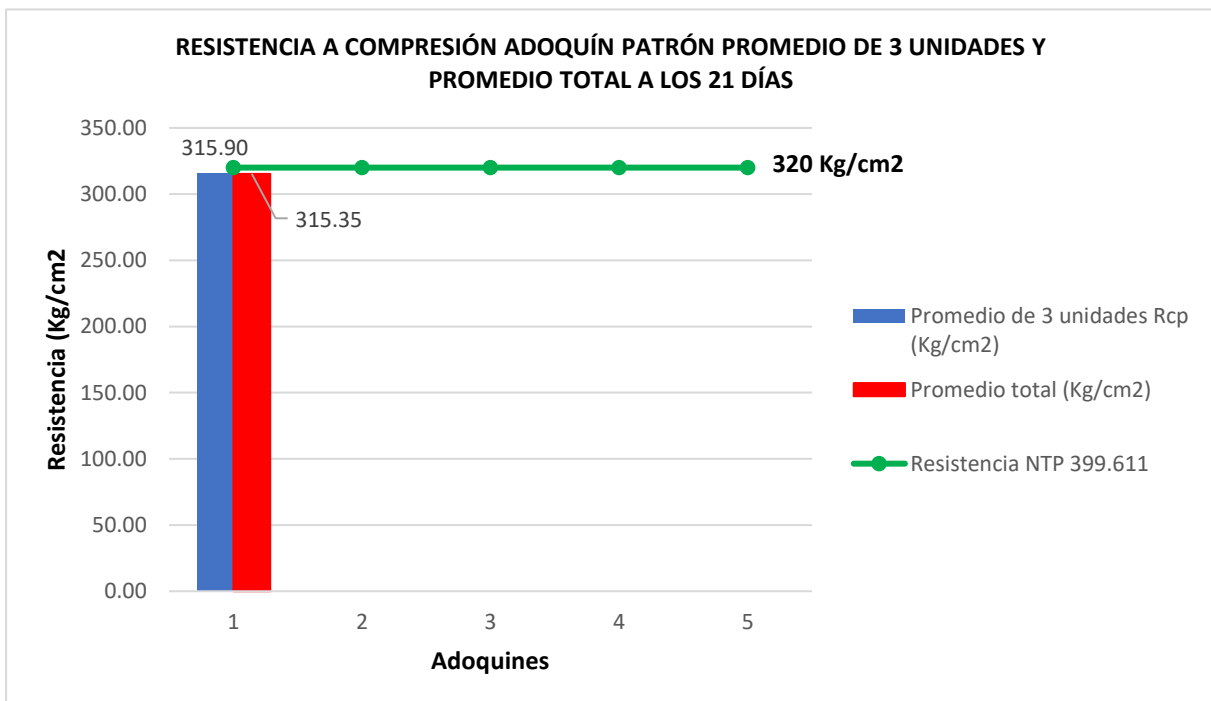
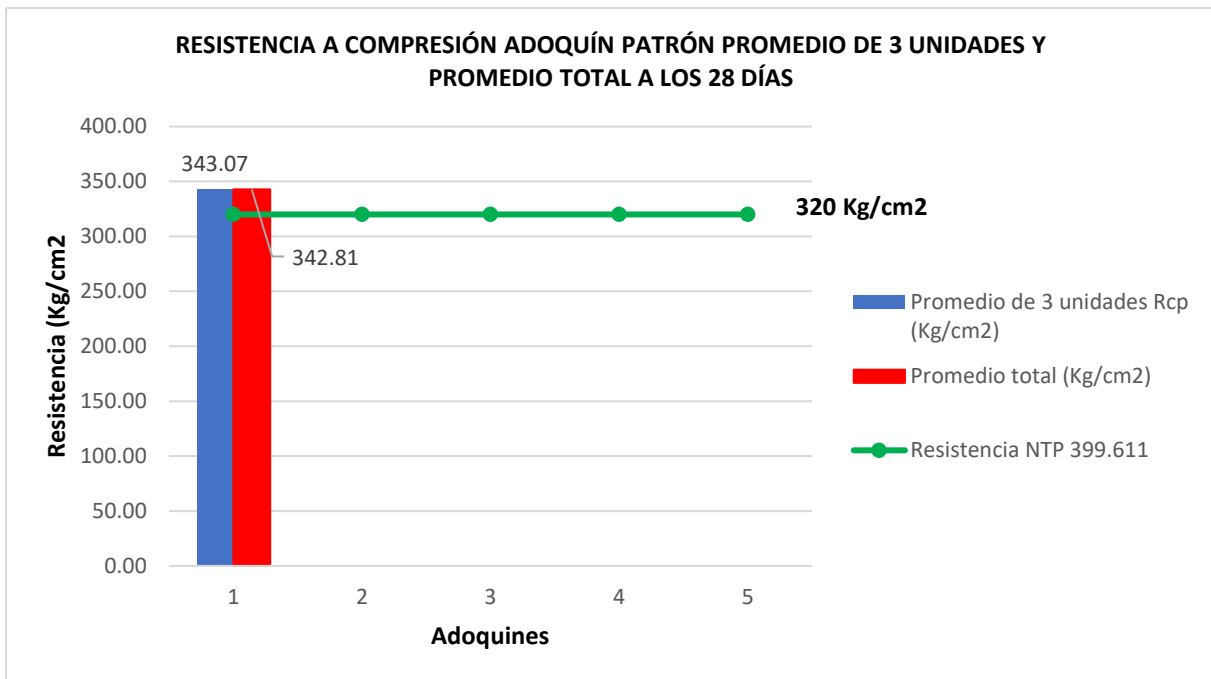




Figura 116: Resistencia a la compresión promedio de adoquines patrón a los 28 días



✚ Resistencia Promedio de los adoquines con 15% de PET, a los 7, 21 y 28 días

Figura 117: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 7 días

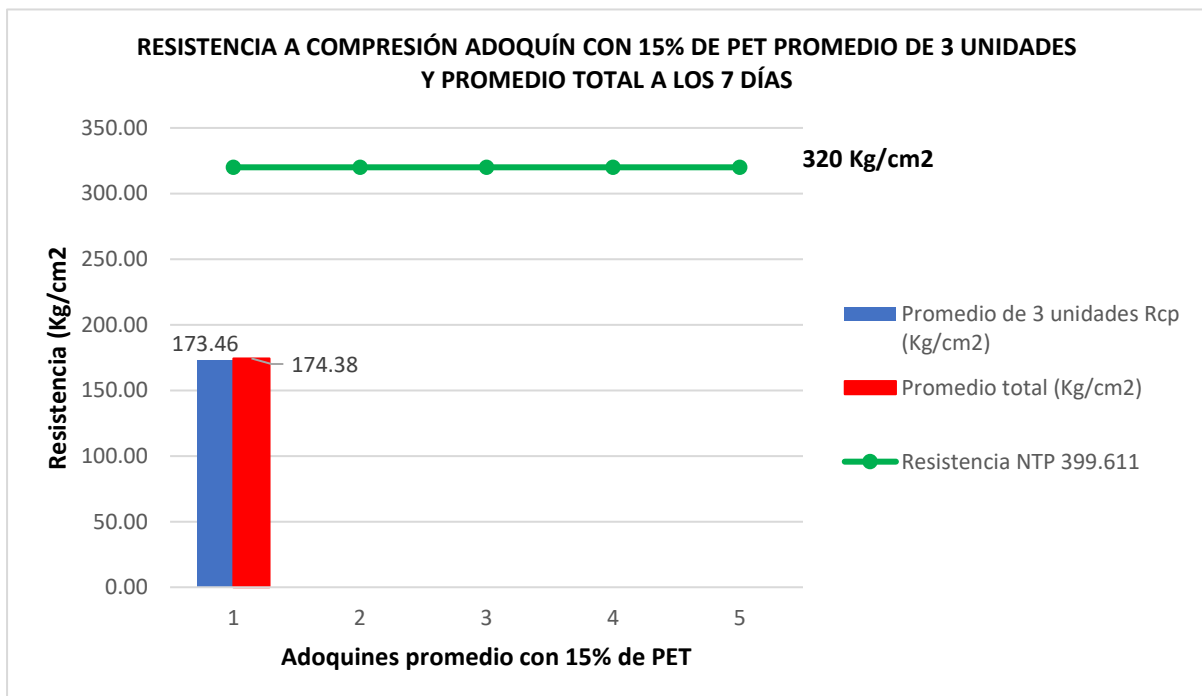




Figura 118: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 21 días

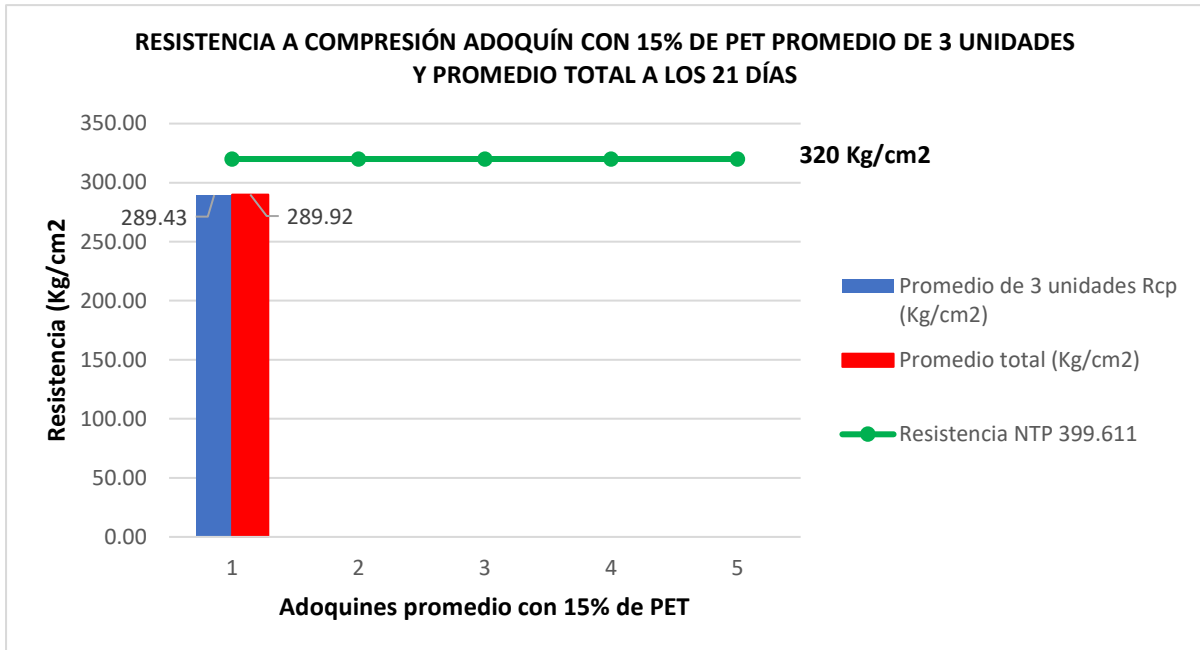
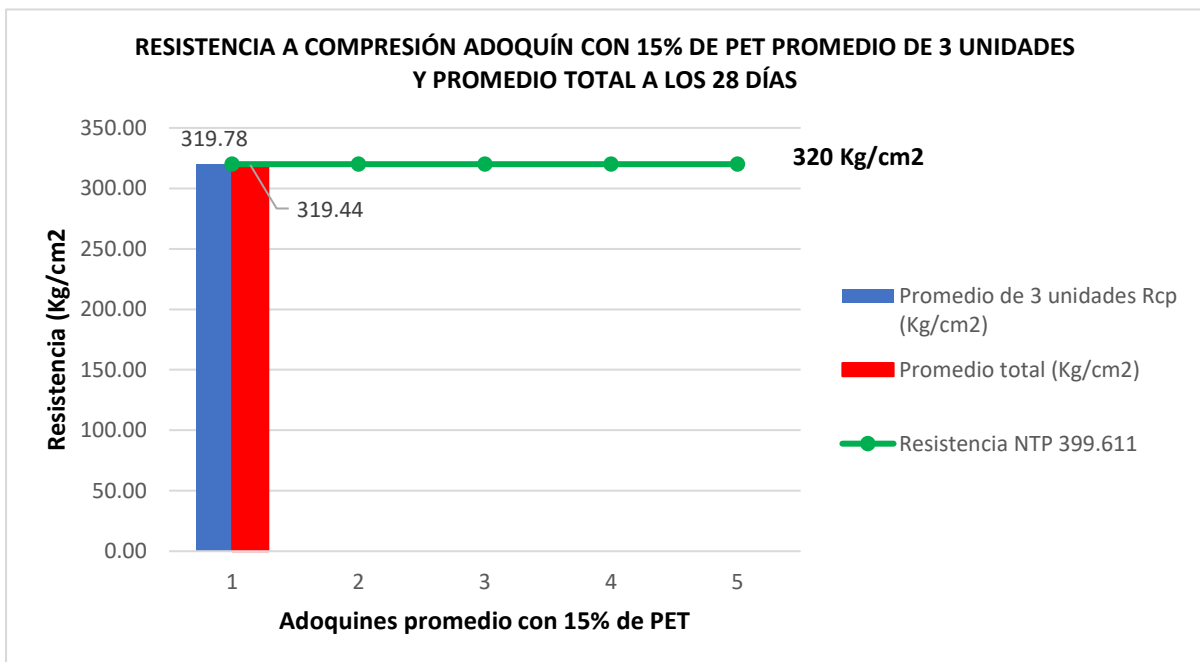


Figura 119: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 15% de PET a los 28 días





Resistencia Promedio de los adoquines con 25% de PET, a los 7, 21 y 28 días

Figura 120: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 7 días

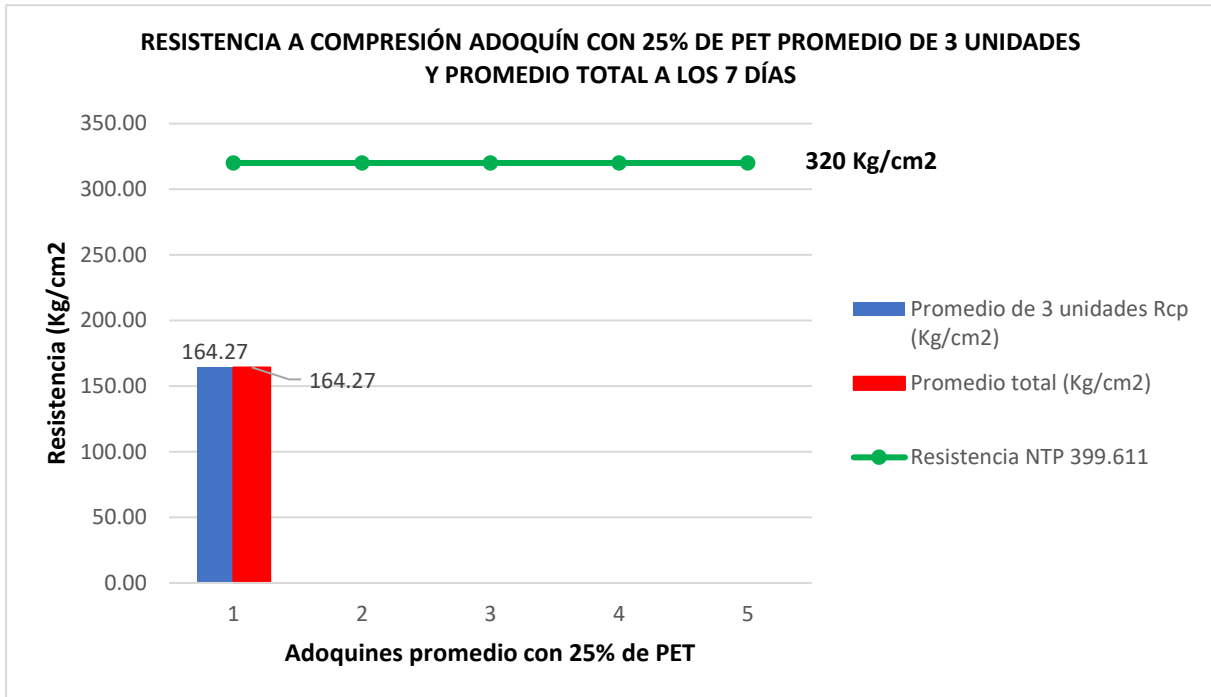


Figura 121: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 21 días

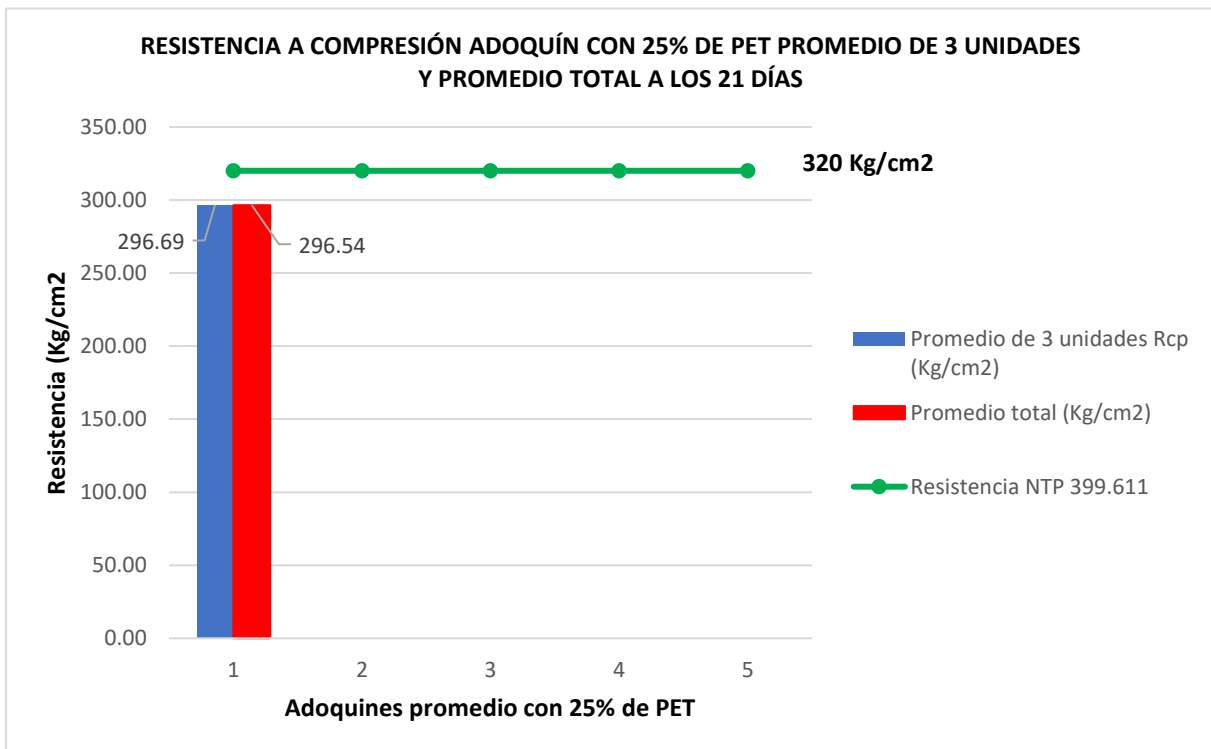
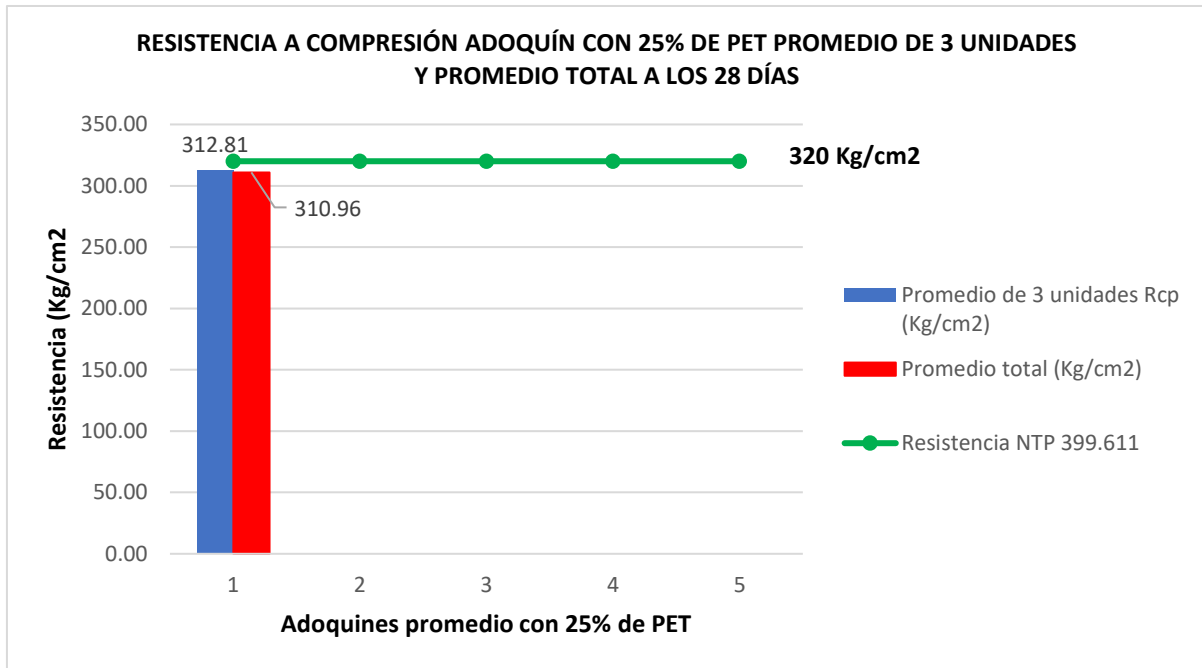




Figura 122: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 25% de PET a los 28 días



✚ Resistencia Promedio de los adoquines con 35% de PET, a los 7, 21 y 28 días

Figura 123: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 7 días

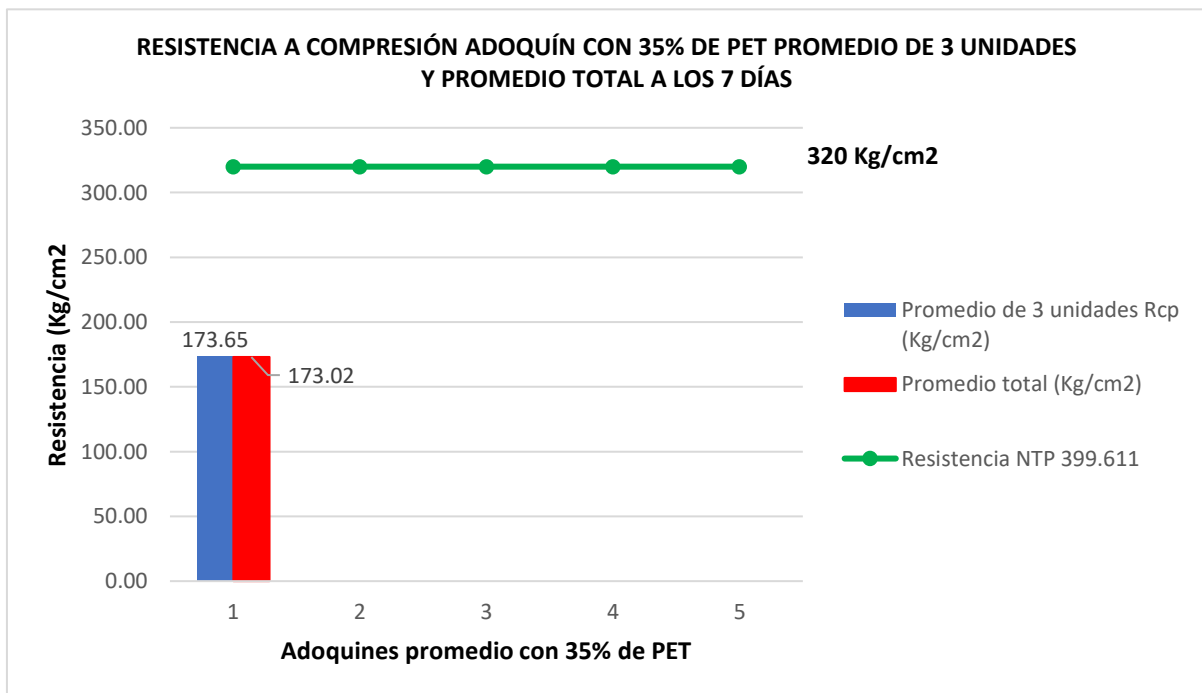




Figura 124: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 21 días

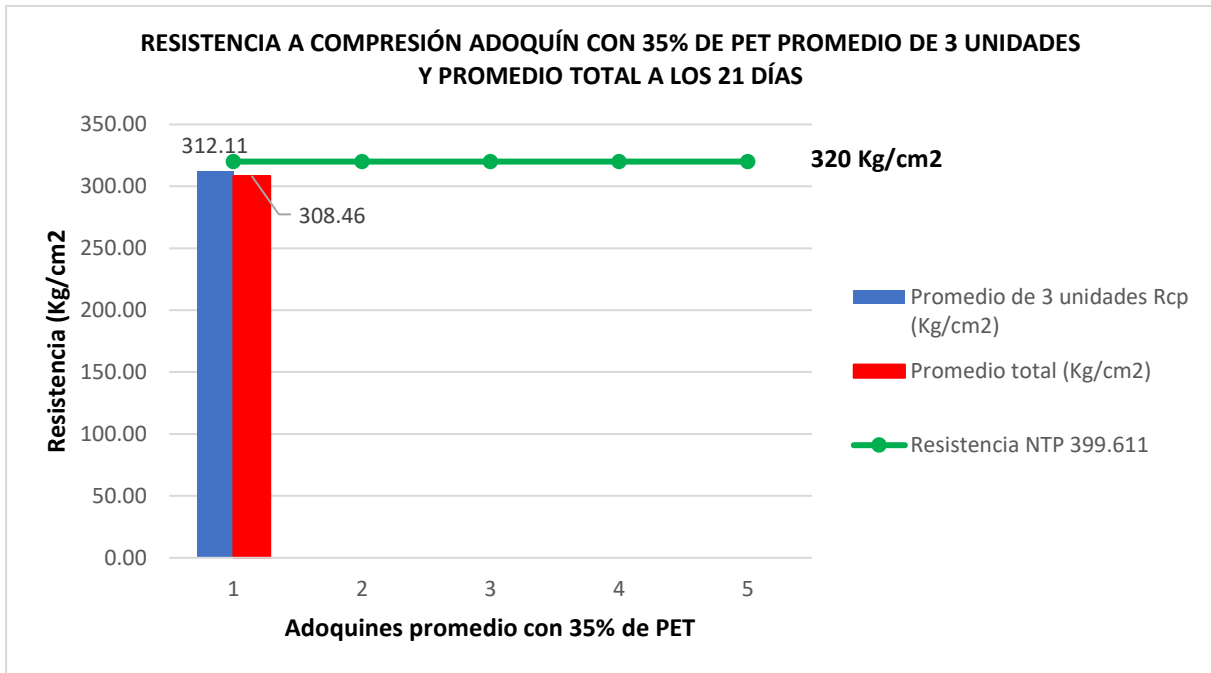
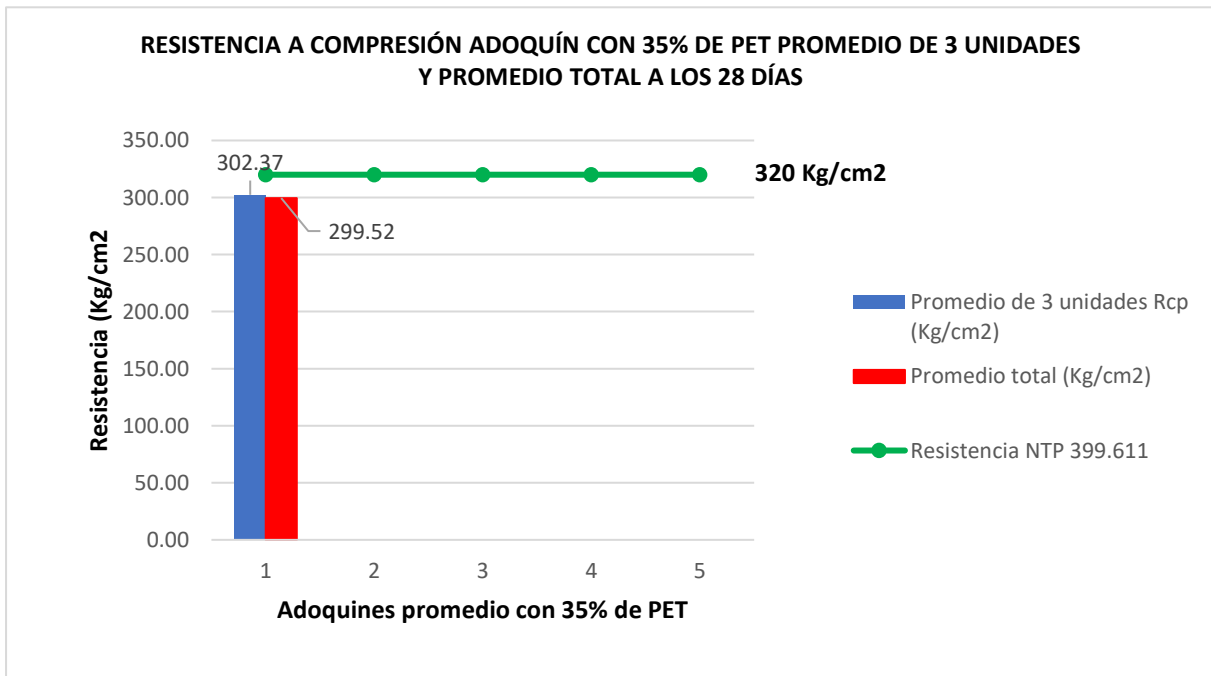


Figura 125: Resistencia a la compresión promedio de adoquines con 35% de PET a los 28 días





C) Análisis de prueba

Para mayor comprensión e interpretación de los cálculos, se realizaron los gráficos que se muestran para que se pueda interpretar nuestros resultados, teniendo así para la desviación estándar y para las resistencias.

3.5.2.12. Resistencia a la flexión (ITINTEC 339.124)

A) Cálculos de la prueba

✚ Módulo de Ruptura (MPa)

$$R = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Donde:

R: Es la resistencia a la tracción por flexión obtenida en cada espécimen, en megapascales.

P: Esta la carga de rotura en newtons.

l: Es la luz entre apoyos del espécimen, en milímetros.

b: Es el ancho promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros

d: Es el espesor promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros.

Factor de conversión:

$$1 \text{ MPa} = 10.1972 \text{ kg/cm}^2$$

Luz entre apoyos:

$$l = A - 20$$

Dónde:

l = Luz entre ejes de apoyos en (mm)

A = Longitud del largo del adoquín A (mm)



B) Tablas y diagramas

Tabla 105: Resistencia a la flexion de los adoquines patron a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Luz entre apoyos del espécimen (l) (mm)	Ancho promedio del espécimen (b) (mm)	Espesor promedio del espécimen (d) (mm)	Carga de rotura (P) (N)	Resistencia a flexión			ITINTEC 339.124 (Kg/cm ²)
					Resistencia a flexión (R) (Mpa)	Resistencia a flexión (R) (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	
AD - Patron 1	190.00	100.10	40.30	3726.55	6.53	66.62	64.19	50
AD - Patron 2	180.00	100.00	40.25	3824.61	6.37	65.00		50
AD - Patron 3	181.00	100.20	40.00	3530.41	5.98	60.97		50

Tabla 106: Resistencia a la flexion de los adoquines con 15% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Luz entre apoyos del espécimen (l) (mm)	Ancho promedio del espécimen (b) (mm)	Espesor promedio del espécimen (d) (mm)	Carga de rotura (P) (N)	Resistencia a flexión			ITINTEC 339.124 (Kg/cm ²)
					Resistencia a flexión (R) (Mpa)	Resistencia a flexión (R) (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	
AD - 15% PET 1	179.90	100.20	40.20	3040.08	5.07	51.66	51.21	50
AD - 15% PET 2	179.00	100.00	40.15	2942.01	4.90	49.97		50
AD - 15% PET 3	180.00	100.10	40.10	3040.08	5.10	52.00		50

Tabla 107: Resistencia a la flexion de los adoquines con 25% de PET a los 28 dias

Descripción de Adoquines	Luz entre apoyos del espécimen (l) (mm)	Ancho promedio del espécimen (b) (mm)	Espesor promedio del espécimen (d) (mm)	Carga de rotura (P) (N)	Resistencia a flexión			ITINTEC 339.124 (Kg/cm ²)
					Resistencia a flexión (R) (Mpa)	Resistencia a flexión (R) (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	
AD - 25% PET 1	180.00	100.20	40.30	3138.14	5.21	53.09	53.38	50
AD - 25% PET 2	180.00	100.20	40.10	3040.08	5.09	51.95		50
AD - 25% PET 3	179.00	100.00	40.10	3236.21	5.40	55.10		50



Tabla 108: Resistencia a la flexión de los adoquines con 35% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Luz entre apoyos del espécimen (l) (mm)	Ancho promedio del espécimen (b) (mm)	Espesor promedio del espécimen (d) (mm)	Carga de rotura (P) (N)	Resistencia a flexión			ITINTEC 339.124 (Kg/cm ²)
					Resistencia a flexión (R) (Mpa)	Resistencia a flexión (R) (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	
AD - 35% PET 1	180.00	100.20	40.00	3432.35	5.78	58.95	57.88	50
AD - 35% PET 2	179.00	100.20	40.20	3432.35	5.69	58.04		50
AD - 35% PET 3	180.00	100.00	40.25	3334.28	5.56	56.66		50



✚ Desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds = Desviación estándar

X_{prom} = Resistencia promedio

X = Resistencia individual

N = Número de ensayos

✚ Coeficiente de Variación

$$V = \frac{Ds}{X_{prom}} \times 100$$

Donde:

Ds = Desviación estándar

X_{prom} = Resistencia promedio

✚ Desviación estándar que corresponde a la resistencia a la flexión de los adoquines patrón, con 15%, 25%, y 35% de PET, a los 28 días.

Tabla 109: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a Flexión X (Kg/cm2)	Promedio Resistencia a flexión (X _{prom}) (Kg/cm2)	X-X _{prom} (Kg/cm2)	(X-X _{prom}) ² (Kg/cm2)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm2)	Coeficiente de variación V (%)	Limite Máximo L _{max} (Kg/cm2)	Limite Mínimo L _{min} (Kg/cm2)
AD - Patron 1	66.62	64.19	2.42	5.87	2.91	4.53	67.10	61.28
AD - Patron 2	65.00	64.19	0.80	0.65			67.10	61.28
AD - Patron 3	60.97	64.19	-3.23	10.42			67.10	61.28



Tabla 110: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 15% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a Flexión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a flexión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coefficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 15% PET 1	51.66	51.21	0.45	0.20	1.09	2.13	52.30	50.12
AD - 15% PET 2	49.97	51.21	-1.24	1.54			52.30	50.12
AD - 15% PET 3	52.00	51.21	0.79	0.62			52.30	50.12

Tabla 111: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 25% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a Flexión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a flexión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coefficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 25% PET 1	53.09	53.38	-0.29	0.08	1.60	2.99	54.98	51.78
AD - 25% PET 2	51.95	53.38	-1.43	2.05			54.98	51.78
AD - 25% PET 3	55.10	53.38	1.72	2.96			54.98	51.78

Tabla 112: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 35% de PET a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a Flexión X (Kg/cm ²)	Promedio Resistencia a flexión (Xprom) (Kg/cm ²)	X-Xprom (Kg/cm ²)	(X-Xprom) ² (Kg/cm ²)	Desviación Estandar Ds (Kg/cm ²)	Coefficiente de variación V (%)	Limite Máximo Lmax (Kg/cm ²)	Limite Mínimo Lmin (Kg/cm ²)
AD - 35% PET 1	58.95	57.88	1.06	1.13	1.15	1.98	59.03	56.73
AD - 35% PET 2	58.04	57.88	0.15	0.02			59.03	56.73
AD - 35% PET 3	56.66	57.88	-1.22	1.48			59.03	56.73



Diagramas

Figura 126: Resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

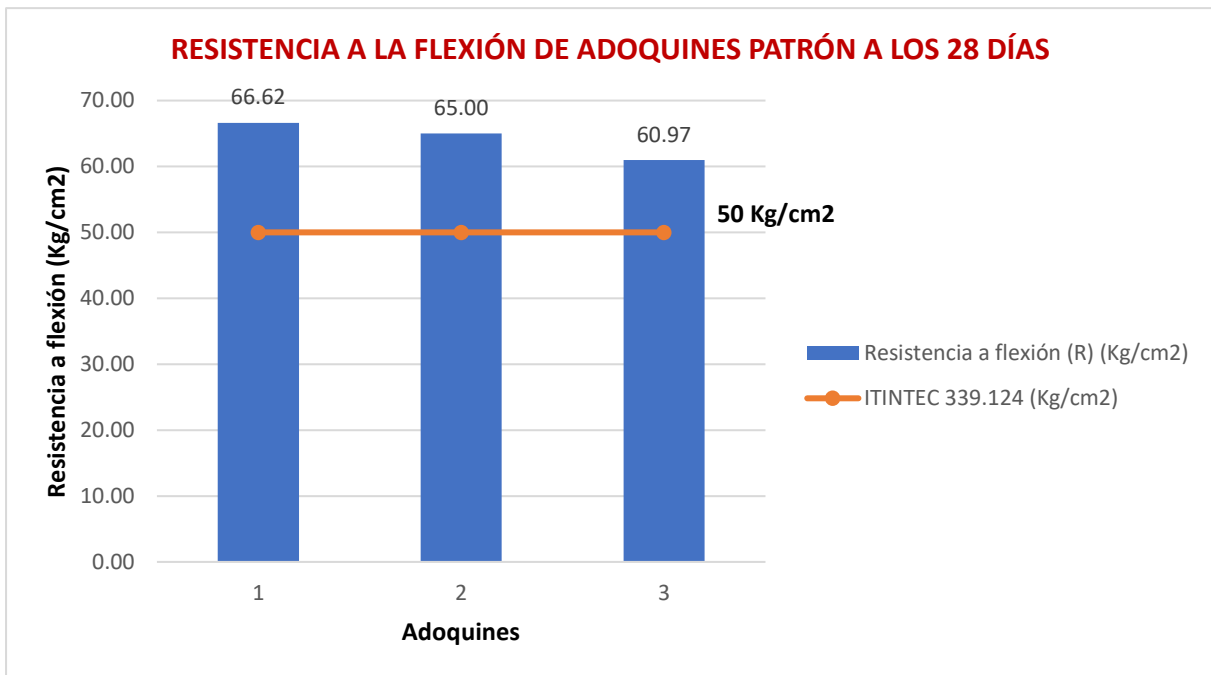


Figura 127: Resistencia a la flexión de adoquines con 15% de PET a los 28 días

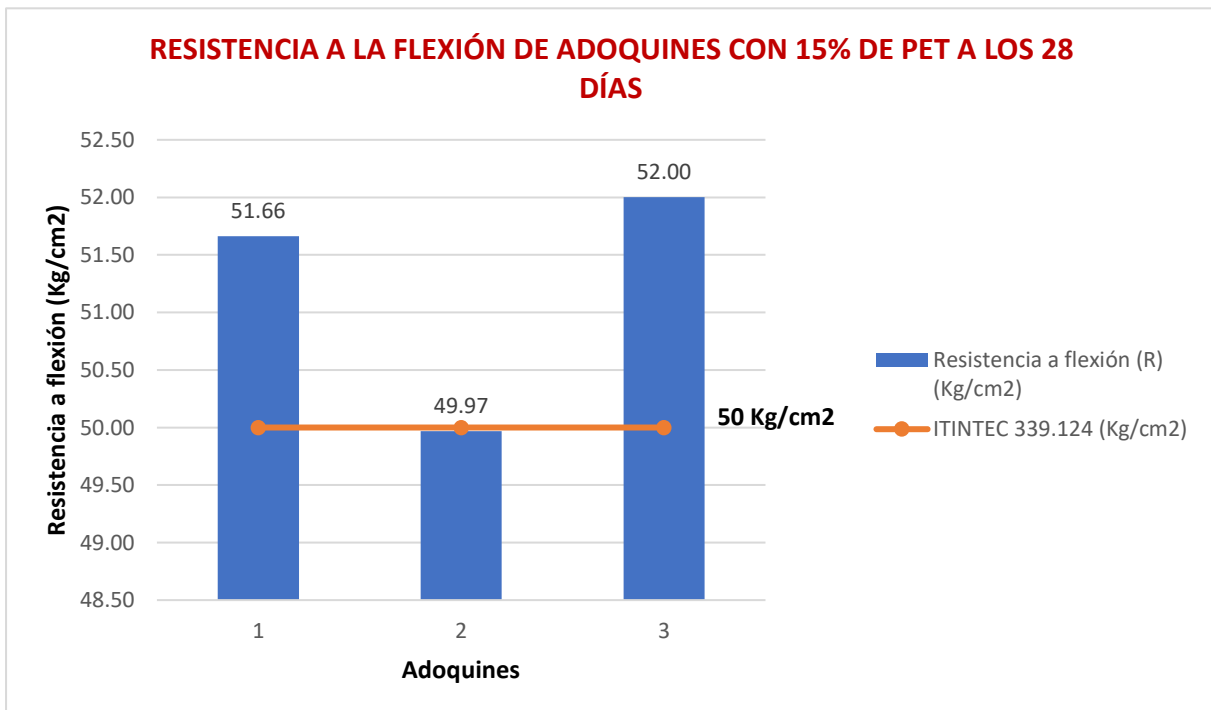




Figura 128: Resistencia a la flexión de adoquines con 25% de PET a los 28 días

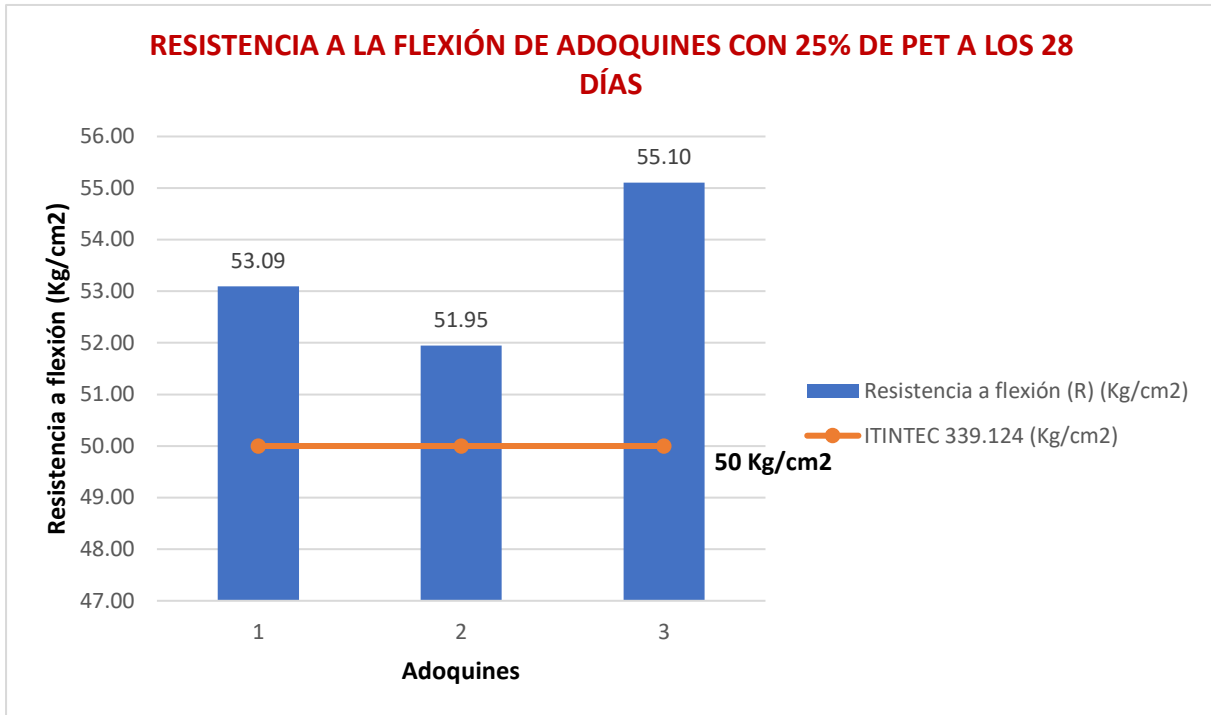


Figura 129: Resistencia a la flexión de adoquines con 35% de PET a los 28 días

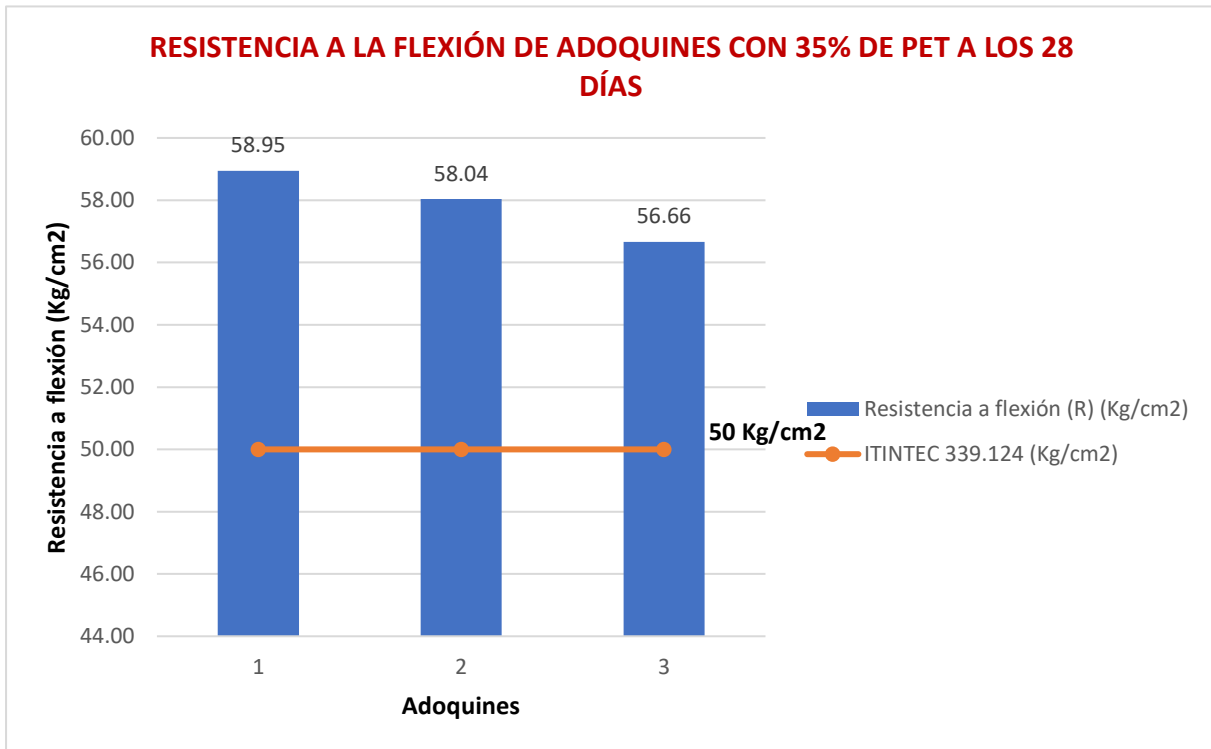




Figura 130: Desviación estándar de los adoquines patrón a los 28 días

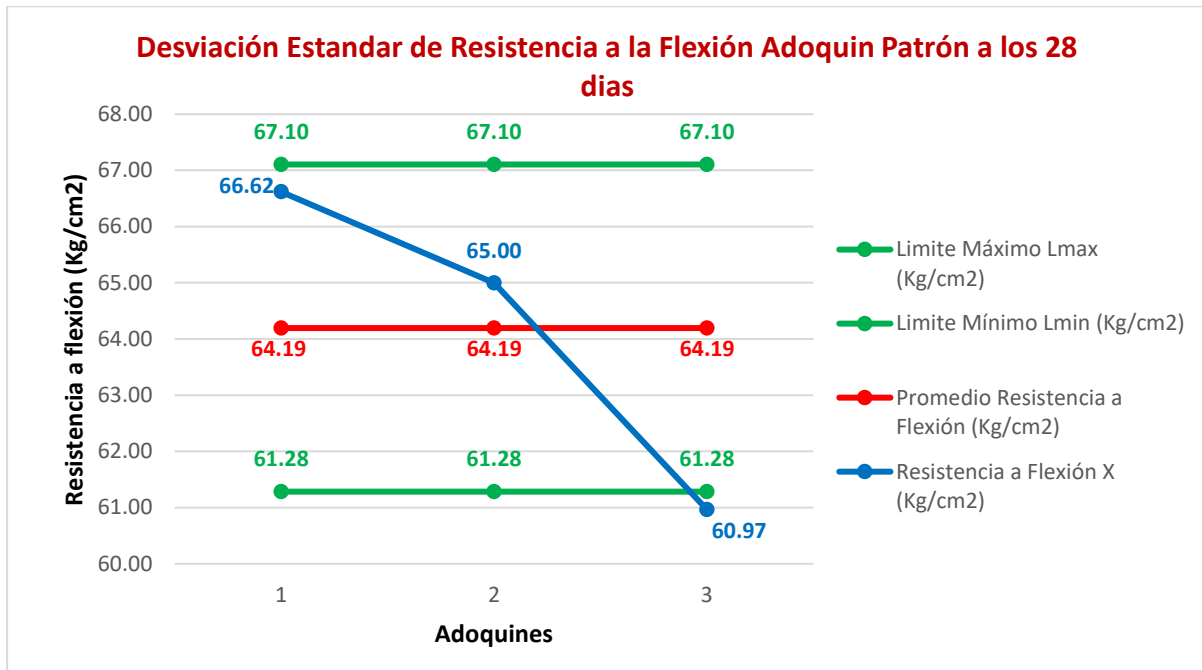


Figura 131: Desviación estándar de los adoquines con 15% de PET a los 28 días

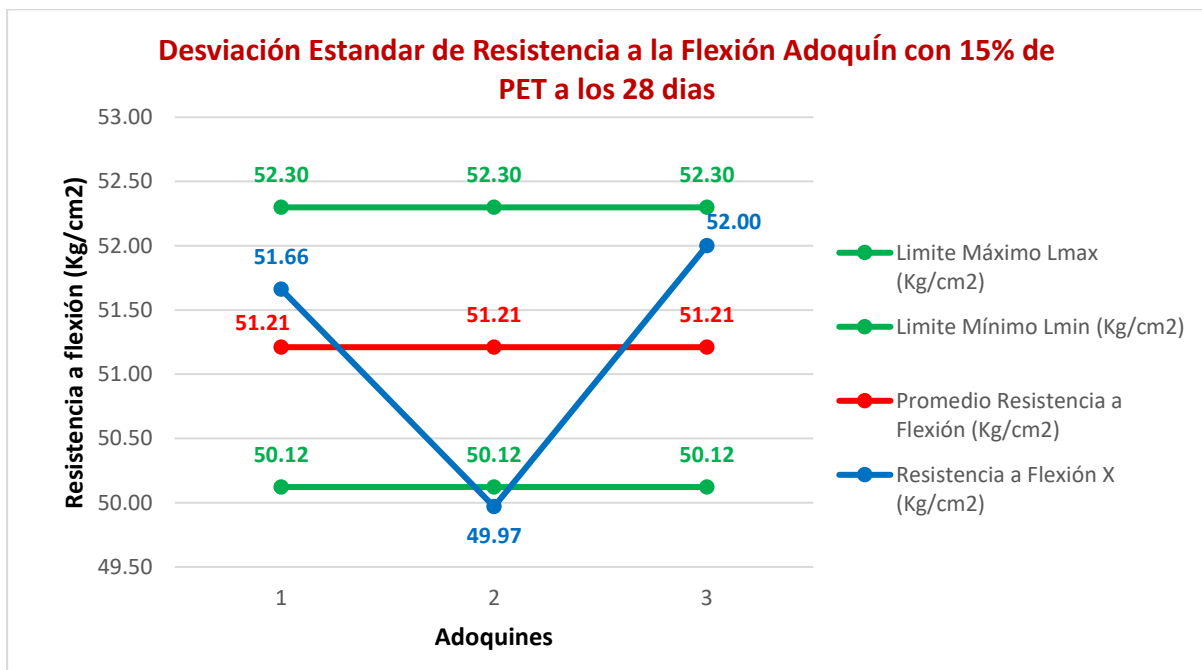




Figura 132: Desviación estándar de los adoquines con 25% de PET a los 28 días

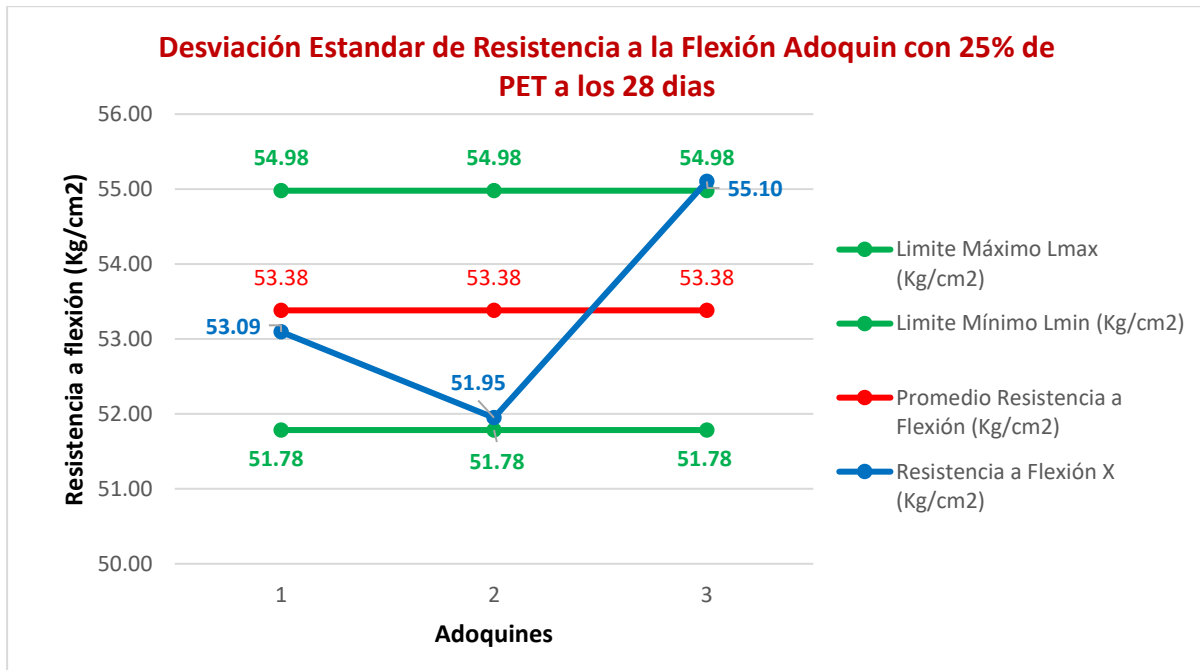
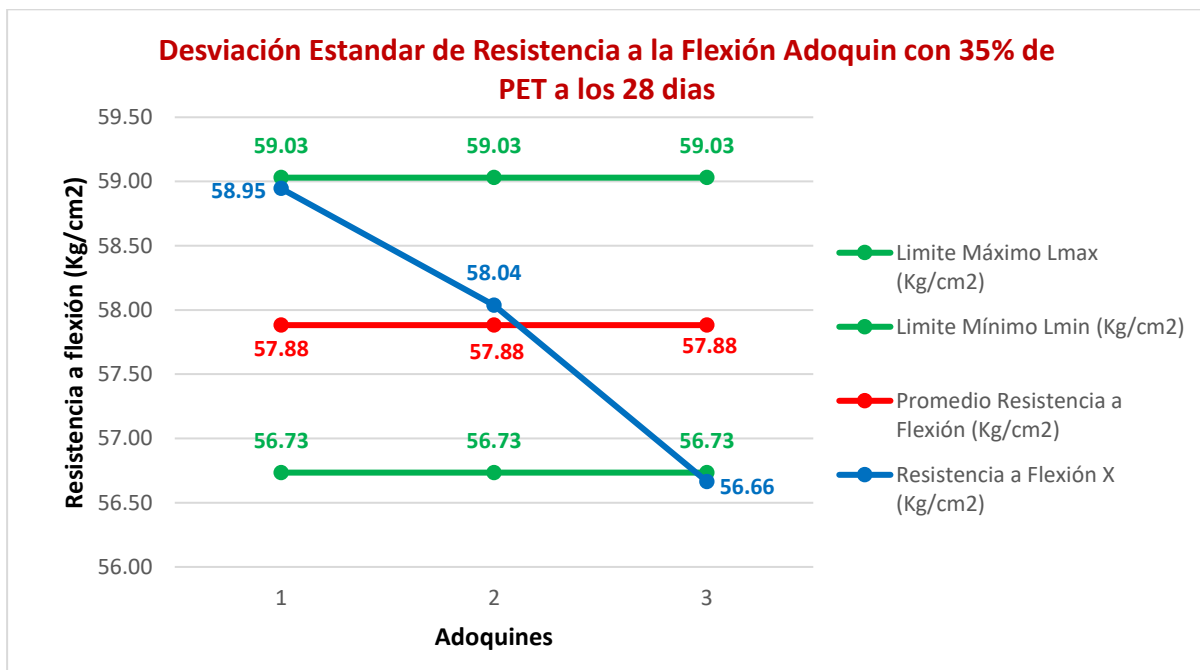


Figura 133: Desviación estándar de los adoquines con 35% de PET a los 28 días



C) Análisis de prueba

Para mayor comprensión e interpretación de los cálculos, se realizaron los gráficos que se muestran para que se pueda interpretar nuestros resultados, teniendo así para la desviación estándar y para las resistencias a la flexión.



3.5.3. Diseños

3.5.3.1. Diseño de mezcla

Cemento:

- ✚ Tipo: HE
- ✚ Marca: Yura
- ✚ Peso por bolsa: 42.50 kg
- ✚ Peso específico: 2,900.00 kg/m³

Agua:

- ✚ Agua de la red pública de San Jerónimo
- ✚ Peso específico: 1,000.00 kg/m³

Slump: 1”

Diseño: 320 kg/cm²

Tabla 113: Resumen de los ensayos

Resumen de ensayos a agregados para diseño de mezcla				
N°	Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
1	Modulo de fineza	2.59		-
2	Peso especifico de masa	2340.00	2980.00	kg/m ³
3	Absorción	2.50	2.57	%
4	Peso unitario suelto	1304.29	1565.05	kg/m ³
5	Peso unitario compactado	1684.57	1877.78	kg/m ³
6	Porcentaje de humedad	3.17	3.74	%
7	Tamaño máximo nominal	-	3/8"	-

A) Cálculos de la prueba

1. Resistencia requerida (f'cr)

Cuando no se tiene el registro de la resistencia correspondiente a obras anteriores, y teniendo en cuenta que el $F'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ según indica la NTP 399.611, para un adoquín tipo I, se ha de considerar:

$$F'cr = f'c + 84$$

$$F'cr = 320 + 84$$

$$F'cr = 404 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$



2. TMN del Agregado Grueso

Según la granulometría se tiene:

$$\text{TMN} = 3/8''$$

3. El asentamiento

$$\text{Asentamiento} = 1''$$

4. Contenido de Aire atrapado

En función al TMN del agregado grueso (Véase en la tabla 18)

$$\text{TMN es } 3/8''$$

$$\text{Aire atrapado} = 3\%$$

5. Contenido de Agua

En función al TMN del agregado grueso y del asentamiento, tendremos que el TMN es de 3/8'', y el asentamiento se consideró de 1'' a 2'' (véase en la tabla 15), por ende:

$$\text{Contenido de agua} = 207 \text{ lt/m}^3$$

6. Relación agua/cemento

Va considerarse para esta investigación el que corresponde a "resistencia", teniendo $F'_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$, (véase en la tabla 16), para ello debemos extrapolar:

$$400 \quad 0.43$$

$$404 \quad x$$

$$450 \quad 0.38$$

$$\frac{450 - 404}{0.38 - x} = \frac{450 - 400}{0.38 - 0.43}$$

$$X = 0.426$$

$$\text{Relación a/c} = 0.4260$$



7. Contenido de Cemento (5)/(6)

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{contenido de agua}}{\text{relación a/c}}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{207}{0.43}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 485.915 \text{ kg}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{485.915}{42.5}$$

$$\text{Factor de cemento} = 11.433 \text{ bls} \quad (12 \text{ bls})$$

8. Cálculo del peso del Agregado grueso

En función al módulo de fineza del agregado fino, el cual es 2.59, con el TMN del agregado grueso (3/8"). Véase en la tabla 17.

Y el peso unitario del agregado grueso compacto es 1877.78

$$\begin{array}{r} 2.40 \quad 0.50 \\ 2.59 \quad x \\ 2.60 \quad 0.48 \end{array}$$

$$\frac{2.60 - 2.40}{0.48 - 0.50} = \frac{2.60 - 2.59}{0.48 - x}$$

$$X = 0.481$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = (0.48) \times (1877.78)$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 903.212 \text{ kg}$$



9. Cálculo de la suma de volúmenes absolutos de todos los materiales, menos de agregado fino.

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Especifico}}$$

Tabla 114: Volúmenes absolutos sin considerar el agregado fino

MATERIAL	PESO SECO	PESO ESPECIFICOS	Volumen (m3)
Cemento (kg)	485.915	2900.00	0.1676
Agua (kg)	207	1000.00	0.2070
Aire (%)	3%	-	0.0300
Agregado Grueso (kg)	903.212	2980.00	0.3031
TOTAL			0.7076

10. Volumen del agregado fino

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = (1 - \text{volumen absoluto (m3)})$$

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = 1 - (0.6620 \text{ m3})$$

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = 0.2924 \text{ m3}$$

11. Peso en estado seco del agregado fino

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (\text{Paso N}^\circ 10) (\text{m3}) \times \text{Peso específico seco A.F. (kg/m3)}$$

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (0.338 \text{ m3}) \times (2340.00 \text{ kg/m3})$$

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (684.103 \text{ kg})$$

12. Presentación del diseño en estado seco

Tabla 115: Diseño en estado seco

MATERIAL	PESO SECO
Cemento (kg)	485.915
Agua (kg)	207.000
Aire (kg)	3.000
Agregado grueso (kg)	903.212
Agregado fino (kg)	684.103



13. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados

✚ Peso de los agregados húmedos:

$$\text{Peso húmedo del Ag Grueso (kg)} = (903.212) \times \left(1 + \frac{3.74}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo del Ag Grueso (kg)} = 936.9923 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo de Ag Fino (kg)} = (684.103) \times \left(1 + \frac{3.17}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo de Ag Fino (kg)} = 705.7888 \text{ kg}$$

✚ Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Agua en Ag Grueso (lt)} = (903.212) \times \frac{3.74 - 2.57}{100}$$

$$\text{Agua en Ag Grueso (lt)} = 10.568 \text{ lt}$$

$$\text{Agua en Ag Fino (lt)} = (684.103) \times \frac{3.17 - 2.50}{100}$$

$$\text{Agua en Ag Fino (lt)} = 4.583 \text{ lt}$$

Por lo tanto, se suma:

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = 15.151 \text{ lt}$$

✚ Agua Efectiva:

$$\text{Agua efectiva (lt)} = (\text{Agua de diseño}) - (\text{Agua en A. G.} + \text{Agua en A. F.})$$

$$\text{Agua efectiva (lt)} = (207) - (12.93)$$

$$\text{Agua efectiva (lt)} = 191.849$$

14. Presentación del diseño corregido

Tabla 116: Diseño corregido

MATERIAL	PESO /m3
Cemento (kg)	485.915
Agua (kg)	191.849
Aire (kg)	3.000
Agregado grueso (kg)	936.992
Agregado fino (kg)	705.789



15. Proporciones en peso para diseño de mezcla adoquín patrón

Tabla 117: Proporción de diseño de mezcla para adoquin patron

Proporción en peso			
cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)
1.00	1.93	1.45	0.39
Proporción para una bolsa de cemento: factor cemento es = 11.433			
cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)
42.5	81.95	61.73	16.78
Proporción para un adoquin: Si el VOLUMEN es = 0.0008 m3			
cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)
0.39	0.75	0.56	0.15
Proporción para 30 adoquines			
cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)
11.66	22.49	16.94	4.60

✚ Proporciones para el diseño de mezcla con plástico PET en un 15%

Tabla 118: Proporción de diseño de mezcla con 15% de PET

15%		peso inicial	22.49	
Tamiz		Peso Retenido	AG	PET
N°	mm			
1/2"	12.50	0.000	0.000	0.000
3/8"	9.50	5.980	5.083	0.897
N° 4	4.75	6.880	5.848	1.032
N° 8	2.36	3.975	3.379	0.596
N° 16	1.18	2.960	2.516	0.444
N° 50	0.30	1.995	1.696	0.299
FONDO		0.676	0.676	0.000
Peso Total (gr)		22.466	19.198	3.269
			22.466	



✚ **Proporciones para el diseño de mezcla con plástico PET en un 25%**

Tabla 119: Proporción de diseño de mezcla con 25% de PET

25%		peso inicial		22.49	
Tamiz		Peso Retenido	AG	PET	
N°	mm				
1/2"	12.50	0	0	0	
3/8"	9.50	5.985	4.489	1.496	
N° 4	4.75	6.865	5.149	1.716	
N° 8	2.36	3.795	2.846	0.949	
N° 16	1.18	2.985	2.239	0.746	
N° 50	0.30	1.945	1.459	0.486	
FONDO		0.835	0.626	0.209	
Peso Total (gr)		22.410	16.808	5.603	
			22.410		

✚ **Proporciones para el diseño de mezcla con plástico PET en un 35%**

Tabla 120: Proporción de diseño de mezcla con 35% de PET

35%		peso inicial		22.49	
Tamiz		Peso Retenido	AG	PET	
N°	mm				
1/2"	12.50	0.000	0.000	0.000	
3/8"	9.50	5.895	3.832	2.063	
N° 4	4.75	6.980	4.537	2.443	
N° 8	2.36	3.889	2.528	1.361	
N° 16	1.18	2.769	1.800	0.969	
N° 50	0.30	1.995	1.297	0.698	
FONDO		0.890	0.579	0.312	
Peso Total (gr)		22.418	14.572	7.846	
			22.418		



CAPITULO IV: RESULTADOS

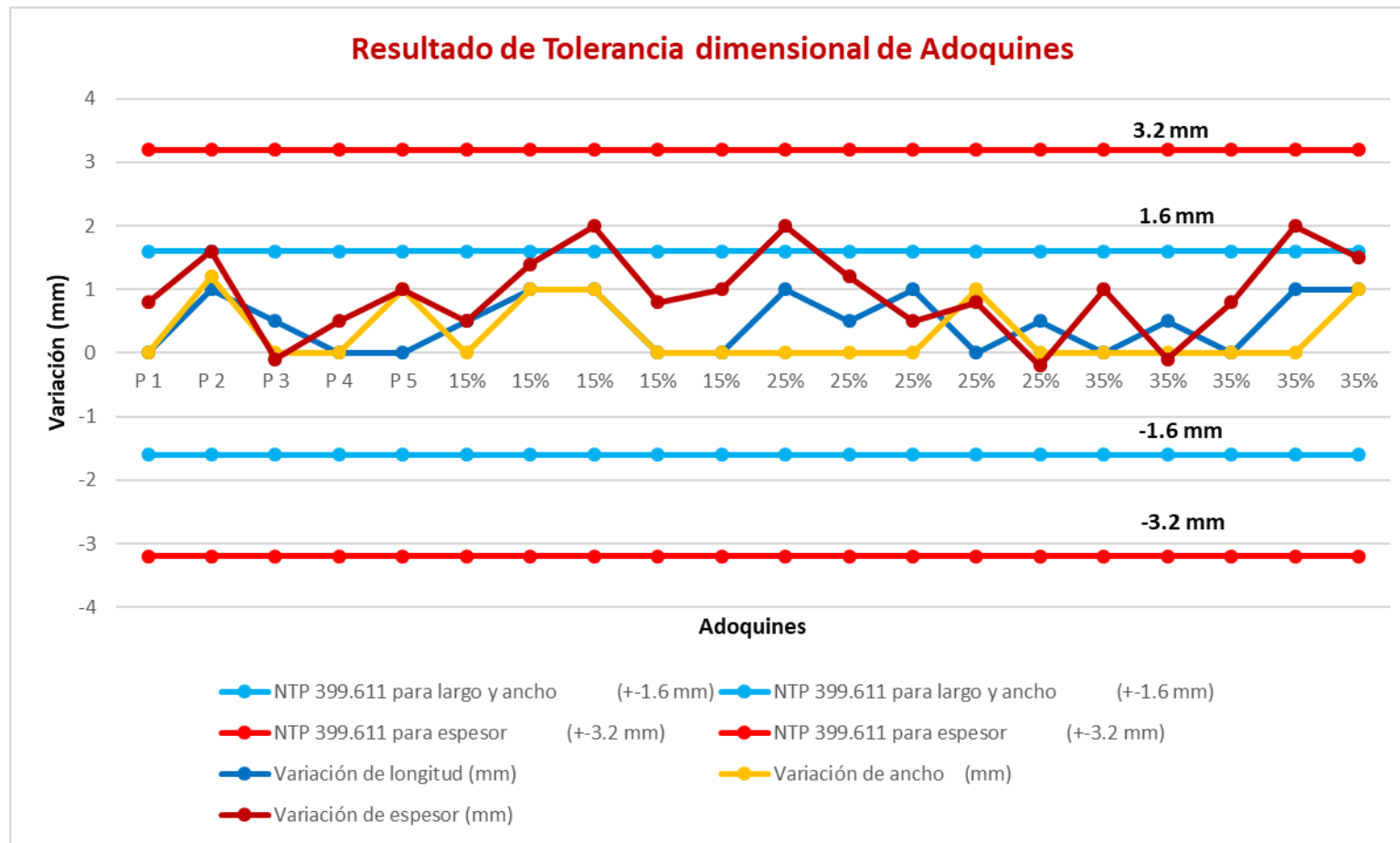
4.1. Tolerancia dimensional NTP 399.604

Tabla 121: Resultados de tolerancia dimensional de adoquines

Descripción de Adoquines	Dimensión según Norma			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
AD - Patron 1	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - Patron 2	200.00	100.00	40.00	201.00	101.20	41.60	1.00	1.20	1.60		
AD - Patron 3	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.90	0.50	0.00	-0.10		
AD - Patron 4	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.50	0.00	0.00	0.50		
AD - Patron 5	200.00	100.00	40.00	200.00	101.00	41.00	0.00	1.00	1.00		
AD - 15% PET 1	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	40.50	0.50	0.00	0.50	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - 15% PET 2	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	41.40	1.00	1.00	1.40		
AD - 15% PET 3	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	42.00	1.00	1.00	2.00		
AD - 15% PET 4	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80		
AD - 15% PET 5	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	41.00	0.00	0.00	1.00		
AD - 25% PET 1	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	42.00	1.00	0.00	2.00	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - 25% PET 2	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	41.20	0.50	0.00	1.20		
AD - 25% PET 3	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	40.50	1.00	0.00	0.50		
AD - 25% PET 4	200.00	100.00	40.00	200.00	101.00	40.80	0.00	1.00	0.80		
AD - 25% PET 5	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.80	0.50	0.00	-0.20		
AD - 35% PET 1	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	41.00	0.00	0.00	1.00	(+/-) 1.6	(+/-) 3.2
AD - 35% PET 2	200.00	100.00	40.00	200.50	100.00	39.90	0.50	0.00	-0.10		
AD - 35% PET 3	200.00	100.00	40.00	200.00	100.00	40.80	0.00	0.00	0.80		
AD - 35% PET 4	200.00	100.00	40.00	201.00	100.00	42.00	1.00	0.00	2.00		
AD - 35% PET 5	200.00	100.00	40.00	201.00	101.00	41.50	1.00	1.00	1.50		



Figura 134: Tolerancia dimensional de adoquines



C) **Análisis de prueba:** Se observa el resultado final más el grafico de todas las variaciones dimensionales y estos están dentro del rango establecido por la norma

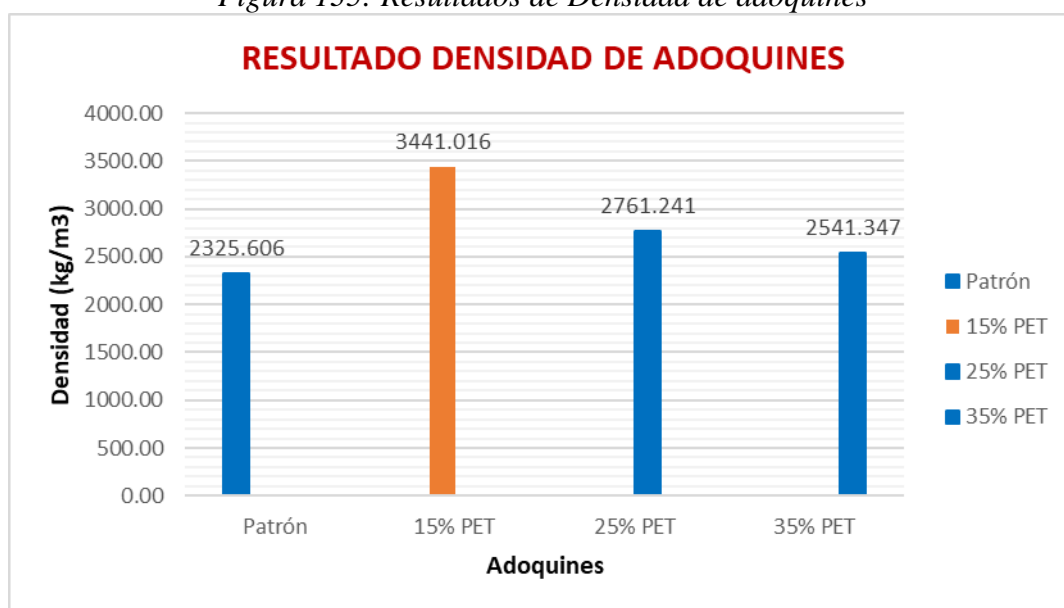


4.2. Densidad NTP 399.604

Tabla 122: Resultados de Densidad de adoquines

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m ³)		
				Unidades Individuales	Promedio 3 unidades	Promedio
AD - Patron 1	1.980	1.208	1.863	2413.212	2302.190	2325.606
AD - Patron 2	1.970	1.102	1.882	2168.203		
AD - Patron 3	2.000	1.185	1.895	2325.153		
AD - Patron 4	2.008	1.180	1.902	2297.101		
AD - Patron 5	1.985	1.205	1.891	2424.359		
AD - 15% PET 1	1.845	1.270	1.735	3017.391	3493.245	3441.016
AD - 15% PET 2	1.875	1.406	1.760	3752.665		
AD - 15% PET 3	1.855	1.390	1.725	3709.677		
AD - 15% PET 4	1.850	1.275	1.720	2991.304		
AD - 15% PET 5	1.870	1.400	1.755	3734.043		
AD - 25% PET 1	1.935	1.300	1.825	2874.016	2764.680	2761.241
AD - 25% PET 2	1.990	1.298	1.875	2709.538		
AD - 25% PET 3	1.960	1.283	1.835	2710.487		
AD - 25% PET 4	1.950	1.290	1.870	2833.333		
AD - 25% PET 5	1.970	1.285	1.835	2678.832		
AD - 35% PET 1	1.860	1.165	1.740	2503.597	2547.584	2541.347
AD - 35% PET 2	1.915	1.241	1.820	2700.297		
AD - 35% PET 3	1.915	1.179	1.795	2438.859		
AD - 35% PET 4	1.880	1.170	1.790	2521.127		
AD - 35% PET 5	1.905	1.205	1.780	2542.857		

Figura 135: Resultados de Densidad de adoquines





C) **Análisis de prueba:** Se observa en el grafico que el grupo de adoquines con mayor densidad, son los que tienen 15% de PET

4.3. Absorción NTP 399.604

Tabla 123: Resultados de absorción de adoquines

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m ³)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades Individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades Individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
AD - Patron 1	1.980	1.161	1.849	159.951	7.085	5.813	5.165	7.50	6.00
AD - Patron 2	1.960	1.152	1.901	73.020	3.104			7.50	6.00
AD - Patron 3	1.982	1.098	1.848	151.584	7.251			7.50	6.00
AD - Patron 4	1.979	1.112	1.850	148.789	6.973	4.517		7.50	6.00
AD - Patron 5	1.975	1.110	1.900	86.705	3.947			7.50	6.00
AD - Patron 6	1.950	1.105	1.900	59.172	2.632			7.50	6.00
AD - 15% PET 1	1.860	1.339	1.765	182.342	5.382	5.461	5.336	7.50	6.00
AD - 15% PET 2	1.825	1.335	1.725	204.082	5.797			7.50	6.00
AD - 15% PET 3	1.820	1.320	1.730	180.000	5.202			7.50	6.00
AD - 15% PET 4	1.860	1.320	1.775	157.407	4.789	5.212		7.50	6.00
AD - 15% PET 5	1.840	1.330	1.740	196.078	5.747			7.50	6.00
AD - 15% PET 6	1.855	1.335	1.765	173.077	5.099			7.50	6.00
AD - 25% PET 1	2.010	1.291	1.885	173.853	6.631	4.554	4.965	7.50	6.00
AD - 25% PET 2	1.900	1.210	1.880	28.986	1.064			7.50	6.00
AD - 25% PET 3	1.865	1.162	1.760	149.360	5.966			7.50	6.00
AD - 25% PET 4	1.915	1.218	1.840	107.604	4.076	5.376		7.50	6.00
AD - 25% PET 5	1.900	1.220	1.800	147.059	5.556			7.50	6.00
AD - 25% PET 6	1.885	1.150	1.770	156.463	6.497			7.50	6.00
AD - 35% PET 1	1.815	1.231	1.705	188.356	6.452	5.798	4.727	7.50	6.00
AD - 35% PET 2	1.820	1.175	1.730	139.535	5.202			7.50	6.00
AD - 35% PET 3	1.824	1.167	1.725	150.685	5.739			7.50	6.00
AD - 35% PET 4	1.800	1.160	1.740	93.750	3.448	3.657		7.50	6.00
AD - 35% PET 5	1.820	1.700	1.779	341.667	2.305			7.50	6.00
AD - 35% PET 6	1.815	1.155	1.725	136.364	5.217			7.50	6.00



Figura 136: Resultados de absorción de adoquines

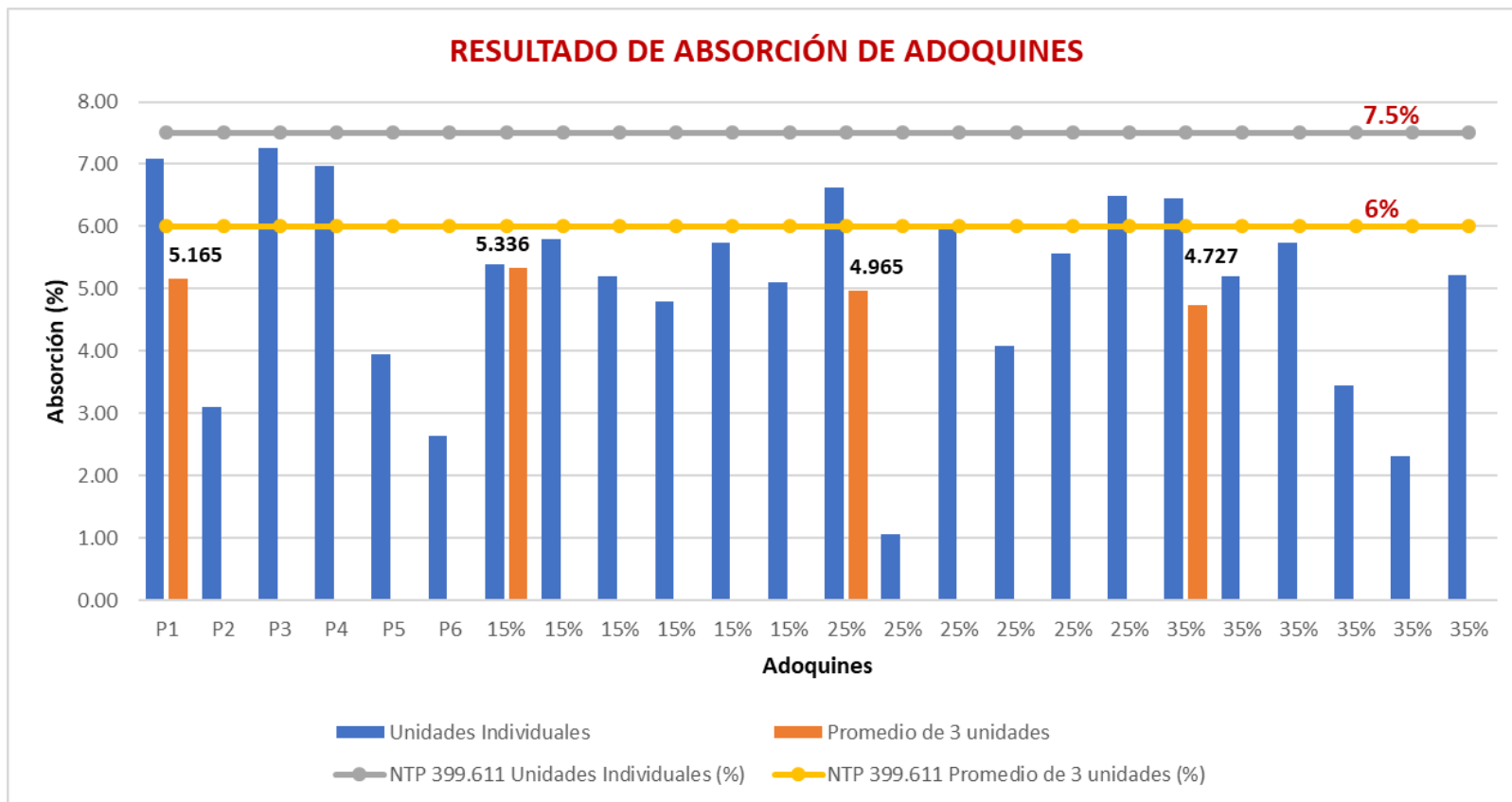
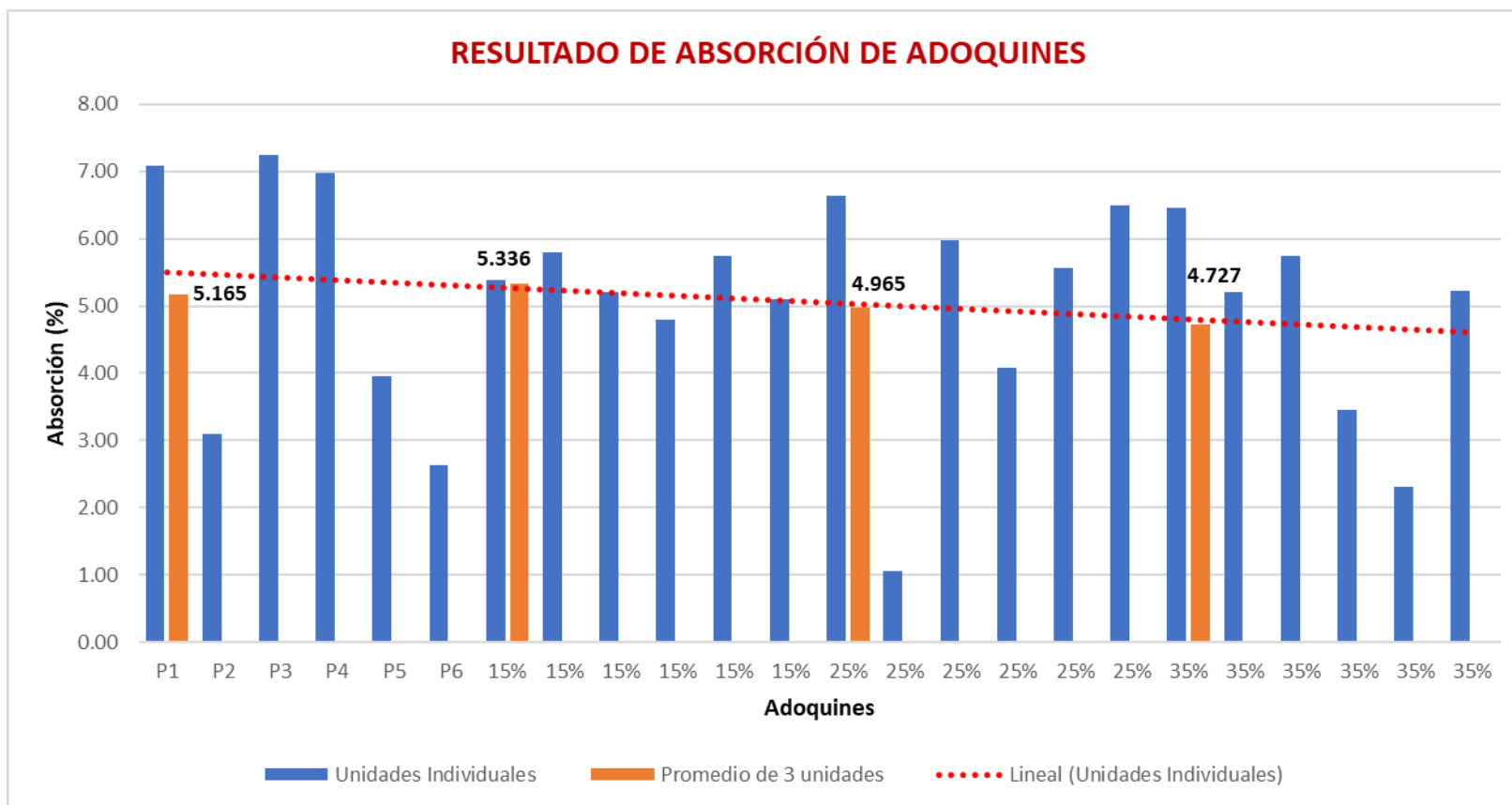




Figura 137: Tendencia de absorción de adoquines



C) **Análisis de prueba:** Se observa en el gráfico, que a mayor porcentaje de plástico PET, menor será el porcentaje de absorción en los adoquines.



4.4. Resistencia a la compresión NTP 399.604

✚ Resistencia a la compresión a los 7 días

Tabla 124: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	42420.00	20.00	10.20	204.00	207.94	207.04	208.26	65.08	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	41950.00	20.20	10.00	202.00	207.67				290.00	
AD - Patron 3	320	41510.00	20.00	10.10	202.00	205.50				290.00	
AD - Patron 4	320	42900.00	20.00	10.00	200.00	214.50				290.00	
AD - Patron 5	320	41340.00	20.10	10.00	201.00	205.67				290.00	
AD - 15% PET 1	320	35514.00	20.00	10.10	202.00	175.81	173.46	174.38	54.49	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	35180.00	21.00	10.00	210.00	167.52				290.00	
AD - 15% PET 3	320	35411.00	20.00	10.00	200.00	177.06				290.00	
AD - 15% PET 4	320	34991.00	20.10	10.00	201.00	174.08				290.00	
AD - 15% PET 5	320	35484.00	20.00	10.00	200.00	177.42				290.00	
AD - 25% PET 1	320	33892.00	20.10	10.00	201.00	168.62	164.27	164.27	51.33	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	33480.00	20.10	10.20	205.02	163.30				290.00	
AD - 25% PET 3	320	32179.00	20.00	10.00	200.00	160.90				290.00	
AD - 25% PET 4	320	32761.00	20.00	10.00	200.00	163.81				290.00	
AD - 25% PET 5	320	32942.00	20.00	10.00	200.00	164.71				290.00	
AD - 35% PET 1	320	36180.00	20.00	10.00	200.00	180.90	173.65	173.02	54.07	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	34850.00	20.00	10.00	200.00	174.25				290.00	
AD - 35% PET 3	320	34160.00	20.20	10.20	206.04	165.79				290.00	
AD - 35% PET 4	320	33512.00	20.00	10.00	200.00	167.56				290.00	
AD - 35% PET 5	320	35320.00	20.00	10.00	200.00	176.60				290.00	



Figura 138: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 7 días

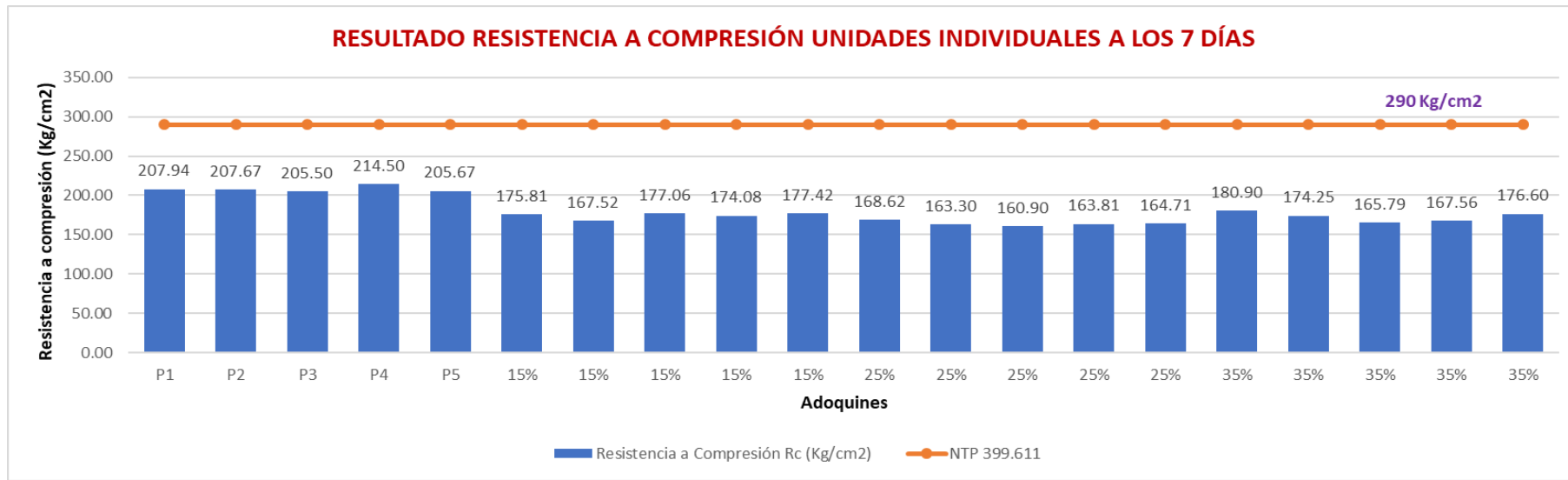
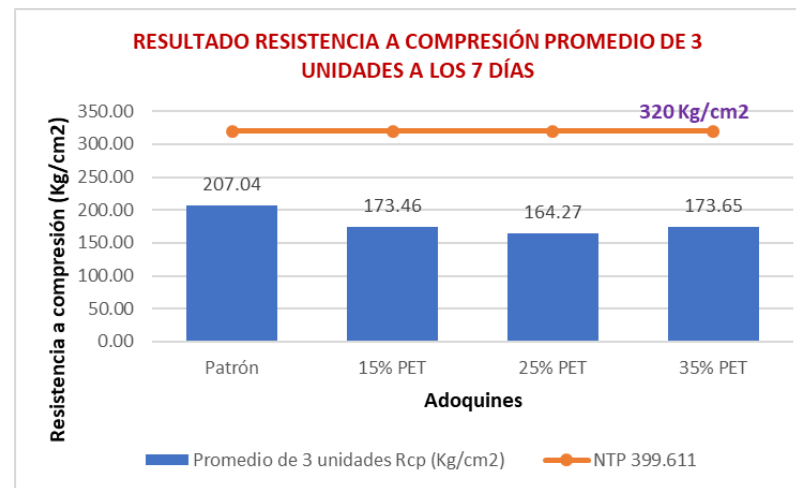


Figura 139: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 7 días





C) Análisis de prueba: Se observa que, a los 7 días, el adoquín patrón, supera el 60% de su resistencia. Mientras que los adoquines con plástico PET, superan la mitad de la resistencia requiere según la norma NTP 399.611.

✚ Resistencia a la compresión a los 21 días

Tabla 125: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 21 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	63760.00	20.00	10.00	200.00	318.80	315.90	315.35	98.55	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	62890.00	20.00	10.05	201.00	312.89				290.00	
AD - Patron 3	320	63360.00	20.05	10.00	200.50	316.01				290.00	
AD - Patron 4	320	63450.00	20.00	10.00	200.00	317.25				290.00	
AD - Patron 5	320	62980.00	20.00	10.10	202.00	311.78				290.00	
AD - 15% PET 1	320	58220.00	20.05	10.00	200.50	290.37	289.43	289.92	90.60	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	58630.00	20.10	10.10	203.01	288.80				290.00	
AD - 15% PET 3	320	58690.00	20.10	10.10	203.01	289.10				290.00	
AD - 15% PET 4	320	58140.00	20.00	10.00	200.00	290.70				290.00	
AD - 15% PET 5	320	58120.00	20.00	10.00	200.00	290.60				290.00	
AD - 25% PET 1	320	59970.00	20.10	10.00	201.00	298.36	296.69	296.54	92.67	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	59640.00	20.20	10.00	202.00	295.25				290.00	
AD - 25% PET 3	320	59590.00	20.10	10.00	201.00	296.47				290.00	
AD - 25% PET 4	320	59540.00	20.00	10.10	202.00	294.75				290.00	
AD - 25% PET 5	320	59720.00	20.05	10.00	200.50	297.86				290.00	
AD - 35% PET 1	320	61400.00	20.00	10.00	200.00	307.00	312.11	308.46	96.39	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	61280.00	19.00	10.00	190.00	322.53				290.00	
AD - 35% PET 3	320	61360.00	20.00	10.00	200.00	306.80				290.00	
AD - 35% PET 4	320	61040.00	20.10	10.00	201.00	303.68				290.00	
AD - 35% PET 5	320	61370.00	20.10	10.10	203.01	302.30				290.00	



Figura 140: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 21 días

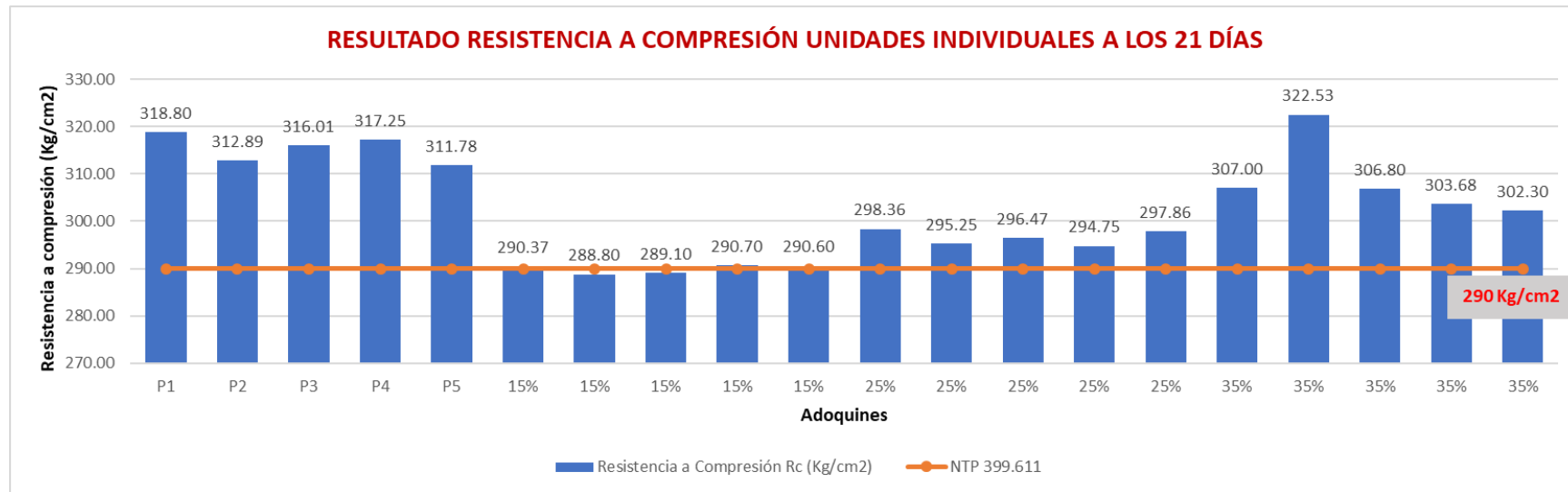
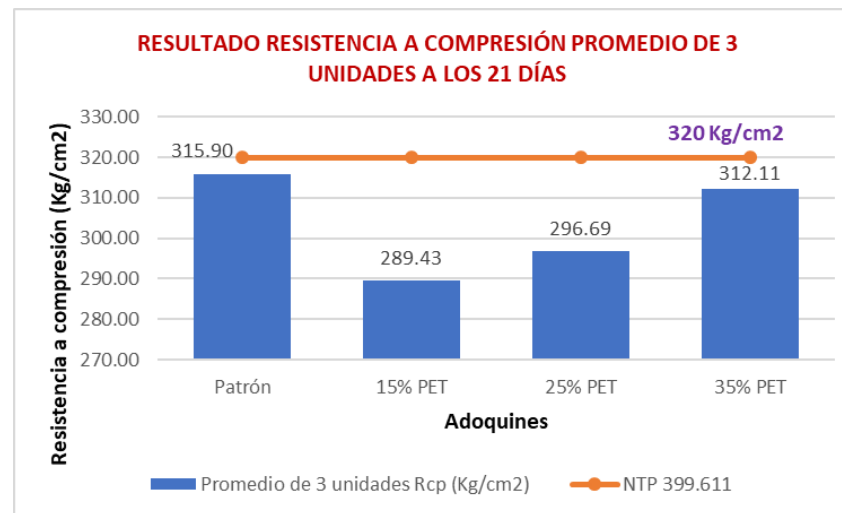


Figura 141: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 21 días





C) Análisis de prueba: Se observa en la gráfica que, a los 21 días de curado, los adoquines patrón superan la resistencia establecida por la norma para adoquines individuales, y respecto a los adoquines con plástico PET, se evidencia que solo los que poseen 15% están ligeramente debajo de la resistencia

✚ Resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 126: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Carga máxima Pmax (kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm ²)	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm ²)	Promedio de 3 unidades Rcp (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm ²)	Promedio de 3 Unidades individuales (Kg/cm ²)
AD - Patron 1	320	68140.00	20.05	10.10	202.51	336.49	343.07	342.81	107.13	290.00	320.00
AD - Patron 2	320	69364.00	20.10	10.00	201.00	345.09				290.00	
AD - Patron 3	320	69875.00	20.10	10.00	201.00	347.64				290.00	
AD - Patron 4	320	68723.00	20.00	10.00	200.00	343.62				290.00	
AD - Patron 5	320	68580.00	20.00	10.05	201.00	341.19				290.00	
AD - 15% PET 1	320	64740.00	20.00	10.00	200.00	323.70	319.78	319.44	99.83	290.00	320.00
AD - 15% PET 2	320	64100.00	20.10	10.00	201.00	318.91				290.00	
AD - 15% PET 3	320	63980.00	20.00	10.10	202.00	316.73				290.00	
AD - 15% PET 4	320	63340.00	20.10	10.00	201.00	315.12				290.00	
AD - 15% PET 5	320	64550.00	20.00	10.00	200.00	322.75				290.00	
AD - 25% PET 1	320	62700.00	20.00	10.00	200.00	313.50	312.81	310.96	97.17	290.00	320.00
AD - 25% PET 2	320	61930.00	20.00	10.00	200.00	309.65				290.00	
AD - 25% PET 3	320	62740.00	20.10	9.90	198.99	315.29				290.00	
AD - 25% PET 4	320	61780.00	20.00	10.10	202.00	305.84				290.00	
AD - 25% PET 5	320	62100.00	20.00	10.00	200.00	310.50				290.00	
AD - 35% PET 1	320	60920.00	20.10	10.10	203.01	300.08	302.37	299.52	93.60	290.00	320.00
AD - 35% PET 2	320	61120.00	20.15	10.10	203.52	300.32				290.00	
AD - 35% PET 3	320	61340.00	20.00	10.00	200.00	306.70				290.00	
AD - 35% PET 4	320	59780.00	20.00	10.10	202.00	295.94				290.00	
AD - 35% PET 5	320	59945.00	20.15	10.10	203.52	294.55				290.00	



Figura 142: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días

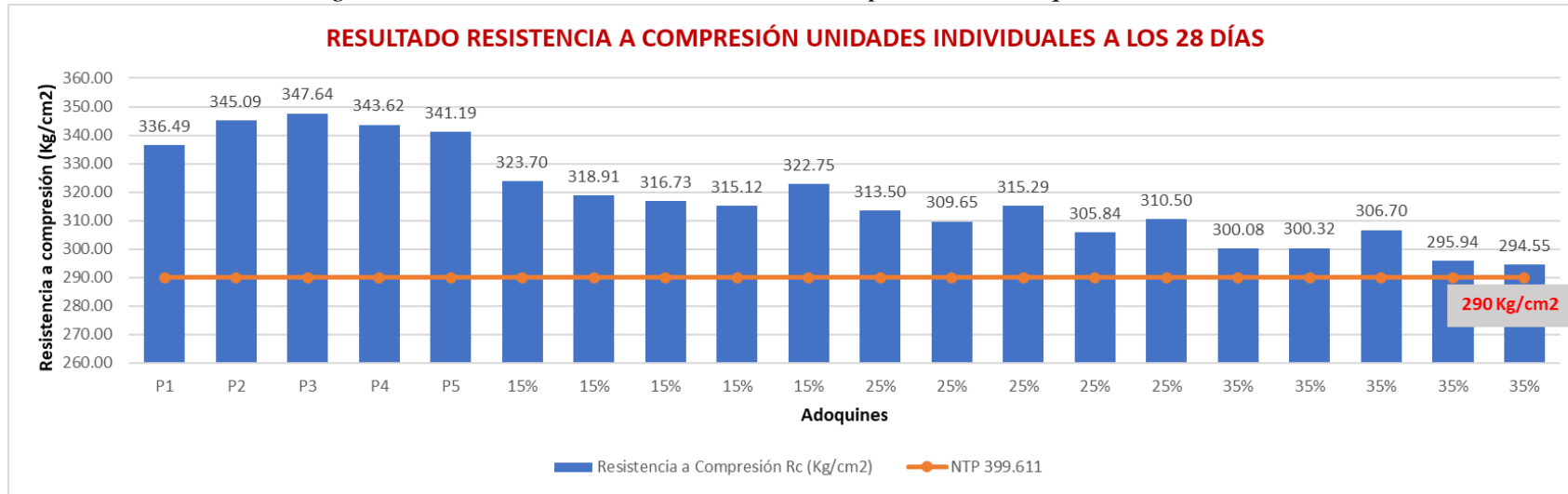
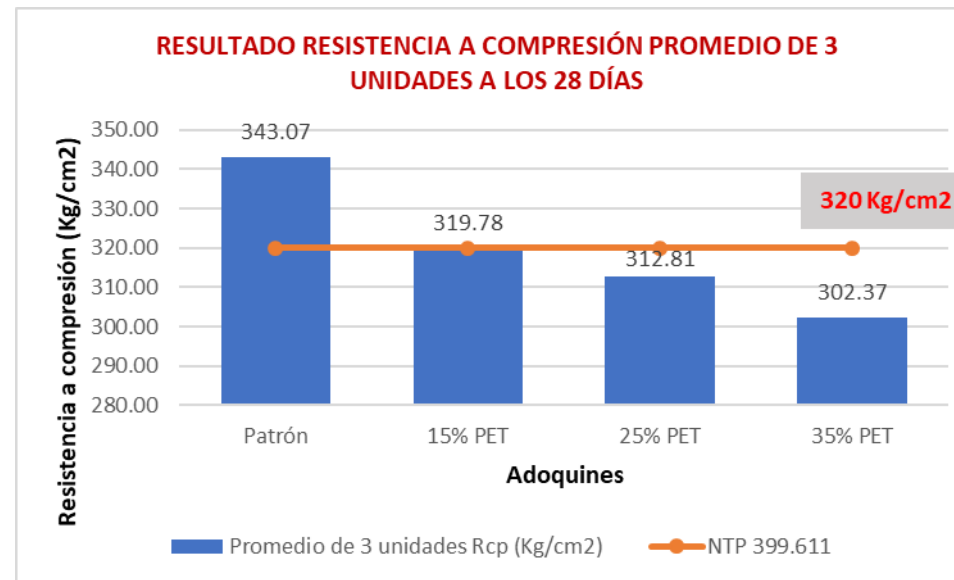


Figura 143: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio a los 28 días





C) Análisis de prueba:

Se observa en la gráfica que, a los 28 días de curado, los adoquines patrón y los adoquines con plástico PET superan la resistencia establecida por la norma para adoquines individuales, y respecto a los adoquines en promedio, solo el adoquín patrón supera la resistencia establecida por norma.

Resistencia a la flexión ITINTEC 339.124

Tabla 127: Resultados de resistencia a la flexión de adoquines a los 28 días

Descripción de Adoquines	Luz entre apoyos del espécimen (l) (mm)	Ancho promedio del espécimen (b) (mm)	Espesor promedio del espécimen (d) (mm)	Carga de rotura (P) (N)	Resistencia a flexión			ITINTEC 339.124 (Kg/cm ²)
					Resistencia a flexión (R) (Mpa)	Resistencia a flexión (R) (Kg/cm ²)	Promedio Pr (Kg/cm ²)	
AD - Patron 1	190.00	100.10	40.30	3726.55	6.53	66.62	64.19	50
AD - Patron 2	180.00	100.00	40.25	3824.61	6.37	65.00		50
AD - Patron 3	181.00	100.20	40.00	3530.41	5.98	60.97		50
AD - 15% PET 1	179.90	100.20	40.20	3040.08	5.07	51.66	51.21	50
AD - 15% PET 2	179.00	100.00	40.15	2942.01	4.90	49.97		50
AD - 15% PET 3	180.00	100.10	40.10	3040.08	5.10	52.00		50
AD - 25% PET 1	180.00	100.20	40.30	3138.14	5.21	53.09	53.38	50
AD - 25% PET 2	180.00	100.20	40.10	3040.08	5.09	51.95		50
AD - 25% PET 3	179.00	100.00	40.10	3236.21	5.40	55.10		50
AD - 35% PET 1	180.00	100.20	40.00	3432.35	5.78	58.95	57.88	50
AD - 35% PET 2	179.00	100.20	40.20	3432.35	5.69	58.04		50
AD - 35% PET 3	180.00	100.00	40.25	3334.28	5.56	56.66		50



Figura 144: Resultado de resistencia individual a la flexión de adoquines a los 28 días

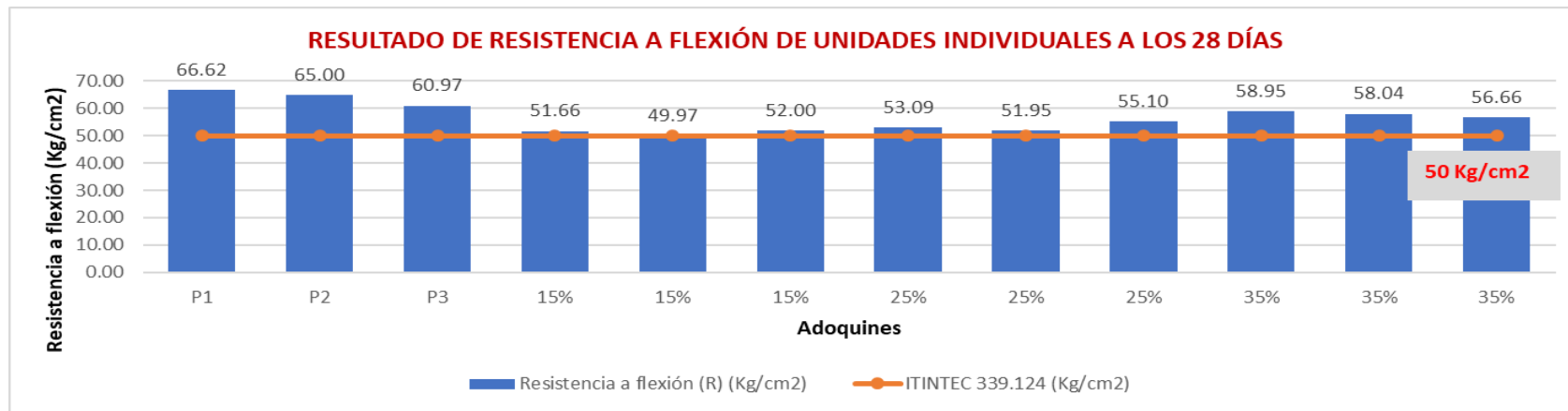
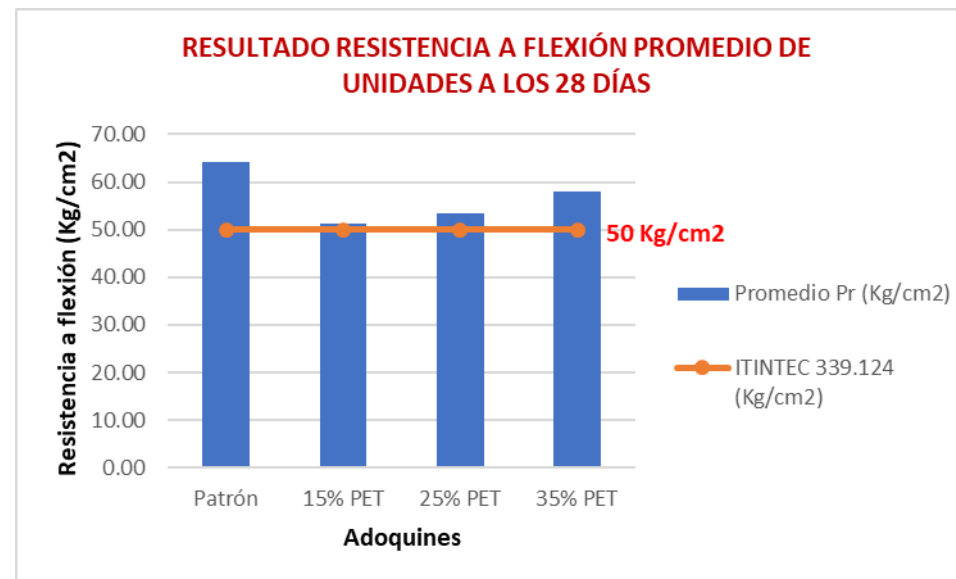


Figura 145: Resultado de resistencia a la flexión de adoquines promedio a los 28 días



C) Análisis de prueba: En el gráfico se observa, que los adoquines patrón y los adoquines con plástico PET, superan la resistencia a la flexión requerida en la norma.



Capítulo V: Discusión

5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes

Con respecto a los ensayos que se realizaron, los referentes que tomamos como antecedentes, no realizaron algunos de los ensayos que se requerían en la norma, como el ensayo de densidad y resistencia a la flexión. De acuerdo a tolerancia dimensional la mayoría de los antecedentes también están dentro del rango exigido en la norma, al igual que en el caso de los adoquines que ensayamos.

De acuerdo a los antecedentes con respecto a la resistencia a la compresión, se identificó que todos los antecedentes utilizados en esta tesis presentaron menores porcentajes de plástico PET, por ende, se puede ver que sus resultados estuvieron dentro o cerca del rango que indica la norma, mientras que en nuestro caso se utilizó un mayor porcentaje de plástico PET, de modo que se evidencia que la resistencia fue decreciendo.

5.2. Interpretación de resultados obtenidos en la investigación.

¿Cómo fue el comportamiento de los adoquines con respecto a la norma técnica NTP 399.611 en cuanto al ensayo de tolerancia dimensional?

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de tolerancia dimensional, según la NTP 399.611, que indica que la tolerancia dimensional para adoquines tipo I (peatonales), no deben exceder de ± 1.6 en cuanto a su longitud y su ancho. Para el espesor no deberá exceder de ± 3.2 . Los adoquines ensayados (adoquines patrón, adoquines con 15% de PET, adoquines con 25% de PET, adoquines con 35% de PET) se mantuvieron entre los límites de tolerancia establecidos en la norma.

¿Cómo fue el comportamiento de los adoquines con respecto a la norma técnica NTP 399.611 en cuanto al ensayo de densidad de adoquines?

Se evidencia que en la norma NTP 399.611, respecto al ensayo de densidad de adoquines, no se tiene una referencia respecto a un límite establecido. Pero se pudo observar que de todos los grupos de adoquines que fueron ensayados (adoquines patrón, adoquines con 15% de PET, adoquines con 25% de PET y adoquines con 35% de PET) que el que muestra mayor densidad es el grupo de adoquines con 15% de sustitución de PET.



¿Cómo fue el comportamiento de los adoquines con respecto a la norma técnica NTP 399.611 en cuanto al ensayo de absorción de adoquines?

De acuerdo a la norma NTP 399.611, se tiene que los adoquines ensayados (adoquines patrón, adoquines con 15% de PET, adoquines con 25% de PET y adoquines con 35% de PET), están dentro del rango de absorción máxima permitida según norma, que indica que, para adoquines tipo I, es 6% para el promedio de 3 unidades, e individualmente deben tener un porcentaje máximo de absorción de 7.5%. Asimismo, se observó que a mayor porcentaje de plástico PET, menor será el porcentaje de absorción.

¿Como fue el comportamiento de los adoquines con respecto de la norma NTP 399.611 en cuanto al ensayo de resistencia a la compresión, a los 7, 21, y 28 días de curado de los adoquines?

Respecto a la resistencia a la compresión, se tiene que todos los adoquines ensayados (adoquines patrón, adoquines con 15% de PET, adoquines con 25% de PET y adoquines con 35% de PET) cumplen con lo requerido por la norma, que refiere que deben tener una resistencia de 290 kg/cm² para adoquines individuales, así también se evidenció que para los adoquines evaluados en promedio, la norma indica como resistencia óptima 320 kg/cm², en este caso únicamente los adoquines patrón fueron los que alcanzaron este valor. Mientras que los adoquines con plástico PET tuvieron una decreciente en su resistencia. Por ende, se evidenció que a mayor porcentaje de plástico PET, mayor es la decreciente de la resistencia.

¿Como fue el comportamiento de los adoquines con respecto de la norma ITINTEC 339.124 en cuanto al ensayo de resistencia a la flexión?

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron al ensayar los adoquines (adoquines patrón, adoquines con 15% de PET, adoquines con 25% de PET y adoquines con 35% de PET), se tuvo que todos estos cumplían con el límite mínimo de resistencia a la flexión, que indica la norma ITINTEC 339.124, la cual refiere que el límite mínimo es de 50kg/cm². Por tal motivo se evidenció que a mayor porcentaje de plástico PET, se obtuvo un incremento de la resistencia a la flexión.



5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis

De acuerdo a la hipótesis en nuestra tesis, lo que se quería era cumplir con todos los rangos establecidos en la NTP 399.611, y para el caso de resistencia la flexión con la ITINTEC 339.124, pero se evidencio que los adoquines con sustitución de plástico PET en porcentajes de 15%, 25% Y 35%, para el caso de absorción y flexión están dentro del límite permitido, según las normas que los rigen. Mientras que, en el ensayo de resistencia a la compresión, solo el adoquin patrón alcanzo la resistencia optima de acuerdo a la norma ya indicada, tanto individualmente como el promedio.

5.4. Aporte de la investigación

¿En qué aporta la investigación con respecto al enfoque en Ingeniería Civil?

El aporte que se ha de brindar prima en el hecho de que esta investigación puede ser utilizada para futuras investigaciones, en las que como se evidencio se debe tener en cuenta la cantidad de porcentaje que se ha de sustituir a la mezcla de adoquín, ya que se ve que cuanto mayor es el porcentaje de plástico, menor es la resistencia. En tal sentido lo máximo que se podría sustituir sería un 15%, ya que este fue el que tuvo un alcance más próximo a la resistencia que exige la norma.

¿En qué aporta la investigación con respecto al enfoque ambiental?

En la investigación se tiene un gran aporte ambiental, ya que se está reutilizando el plástico PET, el cual proviene de botellas recicladas las cuales fueron trituradas dándole un segundo uso como agregado grueso para la elaboración de adoquines tipo I. Reduciendo así la contaminación que se genera con este material en la ciudad del Cusco.

¿En qué aporta la investigación con respecto al enfoque social?

La investigación logro evidenciar que, si se puede elaborar adoquines con sustitución de plástico PET, pero estos tendrían que tener menores porcentajes o iguales al 15%, para no tener bajas resistencias en cuanto a la compresión. De esta manera fomentando la reutilización y este material.



Conclusiones

Conclusión 01

De acuerdo al objetivo general: Analizar comparativamente las propiedades físico - mecánicas de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35% respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ Con ayuda de la norma NTP 399.611, se logró analizar comparativamente las propiedades físico – mecánicas de los adoquines con sustitución de plástico PET en porcentajes de 15%, 25% y 35%, con respecto a los adoquines patrón.
- ✚ Para el análisis comparativo de la resistencia a la flexión, se usó la norma ITINTEC 399.124, debido a que la norma técnica peruana no contempla este ensayo para adoquines tipo I.

Conclusión 02

De acuerdo al objetivo específico 01: Determinar el porcentaje óptimo de dosificación de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ Se determino el porcentaje óptimo de dosificación, el cual vendría a ser el adoquín con 15% de PET puesto que a los 28 días llego a una resistencia de 319.44 kg/cm², como promedio total, (Ver tabla 126), puesto que es el que más se acerca a la resistencia a la compresión que indica la norma NTP 399.611.

Conclusión 03

De acuerdo al objetivo específico 02: Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ Se logro determinar la resistencia a la compresión con apoyo de la norma NTP 399.611 (320 kg/cm²), donde se evidencia que el grupo de adoquines con 15% de plástico PET, estuvieron próximos al rango establecido por la norma ya indicada de acuerdo al promedio. Y en cuanto a la resistencia individual todos estuvieron dentro del rango.



Conclusión 04

De acuerdo al objetivo específico 03: Determinar la variación de la resistencia a flexión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ Esta se apoyó en la norma ITINTEC 399.124, teniendo así que todos los grupos de adoquines estaban por encima del rango mínimo que establece la norma (50kg/cm²), siendo los que tienen 35% de PET fueron los que tuvieron un resultado cercano a los adoquines patrón (57.88 kg/cm²), véase la tabla 127, teniendo así que a mayor cantidad de plástico PET, mayor será su resistencia a la flexión ya que presenta una curva ascendente (Ver figura 144).

Conclusión 05

De acuerdo al objetivo específico 04: Analizar la variación del porcentaje máximo de absorción de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ La norma NTP 399.611 indica que, para adoquines tipo I, para el promedio de 3 unidades, la absorción debe ser de 6% e individualmente su máxima absorción es de 7,5%, teniendo así que todos los adoquines que fueron ensayados cumplieron con estar dentro de los parámetros que se establecieron (Ver tabla 123). Se evidencia que a mayor porcentaje de plástico PET, menor será el porcentaje de absorción, teniendo que el que presenta mayor porcentaje de absorción son los de grupo de 15% (5.34%), y los de menor porcentaje fueron los del grupo de 35% (4.73%), comparando con el adoquín patrón (5.17%), (Ver figura 137).

Conclusión 06

De acuerdo al objetivo específico 05: Analizar la densidad de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023.

- ✚ Para este ensayo no se tuvo una referencia en cuanto a un límite establecido por la norma técnica peruana NTP 399.611, por lo cual los adoquines que fueron ensayados tanto individualmente como en promedio dieron como resultado que el mayor índice de densidad fueron los del grupo de 15% de plástico PET, el cual llegó a una densidad de 3441.02 kg/m³ (Ver tabla 122).



Conclusión 07

Finalmente se concluye que los adoquines elaborados con sustitución de plástico PET en porcentajes de 15%, 25% y 35%, para los ensayos de resistencia a la flexión, ensayo de absorción, tolerancia dimensional y densidad, cumplen con la NTP 399.611 y la ITINTEC 399.124. Mas en el caso de la resistencia a la compresión, solo los adoquines patrón cumplieron con ambas resistencias requeridas por norma y los adoquines con plástico PET únicamente llegan a la resistencia en individual (290 kg/cm²), mas no con la resistencia promedio (320 kg/cm²), concluyendo así que a mayor porcentaje de plástico menor será la resistencia a compresión que se alcance.

Conclusión 08

Respecto a la trabajabilidad durante el vaciado de adoquines se observó que por el tamaño de los plásticos era mucho más difícil manejarlo, por lo que sería recomendable utilizar el plástico triturado en un menor tamaño. También se observó que los adoquines con mayor porcentaje de plástico PET presentaban mayor adherencia.



Sugerencias

Sugerencia 01

Se recomienda que los agregados que se han de utilizar en la elaboración de adoquines, estén dentro de los parámetros que establece la granulometría.

Sugerencia 02

Se recomienda hacer la sustitución del agregado grueso con plástico PET, de acuerdo a los pesos retenidos por tamiz.

Sugerencia 03

Se recomienda el buen uso de las normas para la realización de los ensayos, ya que estos serán de utilidad al momento de guiarnos para evitar la mala realización de los ensayos y causar que se alteren los resultados que se toman en el laboratorio.

Sugerencia 04:

Se recomienda, que, si se ha de utilizar la presente investigación como un antecedente, tener en cuenta que en próximas tesis que se utilice plástico PET, la sustitución no debe exceder el 15%, ya que se identificó que reduce la resistencia.



Referencias

- Carrasco Laban, G., & Soler Saavedra, J. D. (2019). *Elaboración de un adoquín a base de plástico PET reciclado para pavimento de uso peatonal, Piura – 2019*. Universidad César Vallejo:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_cb186110c23df032909535c68b52a07d
- CEMEX PERU. (05 de abril de 2019). [https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\).](https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi).)
- Concremol SAC. (2022). *ADOQUINES DE CONCRETO*. concremol:
<http://concremol.com/productos/adoquines-de-concreto>
- COTADU. (2018). *PANORAMA DE LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE CUSCO (PERÚ)*.
- Fernandez Garcia, M. (2019). *Análisis de las características físicas - mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I*. Universidad Peruana Los Andes:
<https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/923/MISAEEL%20FERNANDEZ%20GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gennaro. (2003). *PROCESO DE RECICLAJE DEL PET*. Tecnología de plasticos:
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>
- Luza Huallpa, V. M., & Torres Huayta, C. M. (2017). *Repositorio institucional Unsaac*. Determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos ecológicos fabricados con plástico reciclado en la ciudad del cusco-2017: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4432>
- Meza Domínguez, Y. (2018). *Propiedades Físico – Mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza, Lurín - 2017*. Universidad César Vallejo:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_1cf08357c8b3fb1b0ac4e19b22364196
- NRMCA. (2016). *¿Que, porque y como?* <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- ONU. (15 de 06 de 2018). *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>
- Piñeros Moreno, M. H. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de viviendas*. Universidad Católica de Colombia:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- Suarez Puentes, J. G. (2020). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ*. Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué:
<https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/handle/20.500.12313/2314>



Apéndices

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I, CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUIN PATRON, CUSCO 2023						
MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	PET triturado reciclado	Porcentaje de PET reciclado triturado que será sustituido respecto al peso del agregado grueso	Sustitución de PET reciclado triturado respecto al peso del agregado grueso en porcentajes de 15%, 25% y 35%	METODO DE INVESTIGACIÓN: Hipotético - Deductivo NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Correlacional ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN: Cuantitativa DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Cuasi - Experimental POBLACIÓN: Las unidades de población son todos y cada uno de los ADOQUINES producidos para la presente investigación, además de los adoquines adquiridos en el mercado local. TÉCNICA: Observación directa y documentación INSTRUMENTO: Fichas para recolección de datos
¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Analizar comparativamente las propiedades físico - mecánicas de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35% respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	Un adoquín Tipo I, sustituido con PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, muestra un desempeño similar respecto a un adoquín patrón.				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Propiedades físico - mecánicas	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	
¿Cuál es el porcentaje óptimo de dosificación de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Determinar el porcentaje óptimo de dosificación de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	La dosificación óptima del adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado estara dentro del rango 15% AL 35%, respecto a un adoquín patrón.				
¿Cómo varía la resistencia a la compresión de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la resistencia a la compresión de un adoquín convencional según la NTP 399.611				
¿Cómo varía la resistencia a la flexión de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Determinar la variación de la resistencia a flexión de un adoquín Tipo I, con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la resistencia a la flexión indicada en la NTP 399.079:2015				
¿Cuál será el porcentaje máximo de absorción de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Analizar la variación del porcentaje máximo de absorción de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35% , cumple con el porcentaje máximo de absorción según la NTP 399.611				
¿Cómo varía la densidad de un adoquín Tipo con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023?	Determinar la variación de la densidad de un adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, respecto a un adoquín patrón, cusco 2023	El adoquín Tipo I con sustitución de PET triturado reciclado en porcentajes de 15%, 25% y 35%, cumple con la densidad según la NTP 399.611	Propiedad física	Absorción	Densidad	



COSTO POR UNIDAD DE LOS ADOQUINES

COSTO PARA 01 ADOQUIN PATRÓN					
Proporción para 1 adoquin				COSTO TOTAL DE 01 ADOQUIN	
cimento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)		
0.39	0.75	0.56	0.15		
0.30	0.40	0.50	0.00	1.20	
COSTO PARA 01 ADOQUIN CON 15% DE PLASTICO PET					
Proporción para 1 adoquin					
cimento (kg)	Agregado grueso (kg)		Agregado fino (kg)	Agua (lt)	COSTO TOTAL DE 01 ADOQUIN
	Piedra	PET			
0.39	0.64	0.11	0.56	0.15	
	0.75				
0.30	0.32	0.22	0.50	0.00	1.34
COSTO PARA 01 ADOQUIN CON 25% DE PLASTICO PET					
Proporción para 1 adoquin					
cimento (kg)	Agregado grueso (kg)		Agregado fino (kg)	Agua (lt)	COSTO TOTAL DE 01 ADOQUIN
	Piedra	PET			
0.39	0.56	0.19	0.56	0.15	
	0.75				
0.30	0.28	0.38	0.50	0.00	1.46
COSTO PARA 01 ADOQUIN CON 35% DE PLASTICO PET					
Proporción para 1 adoquin					
cimento (kg)	Agregado grueso (kg)		Agregado fino (kg)	Agua (lt)	COSTO TOTAL DE 01 ADOQUIN
	Piedra	PET			
0.39	0.49	0.26	0.56	0.15	
	0.75				
0.30	0.25	0.52	0.50	0.00	1.57

De acuerdo a las tiendas que venden materiales para construcción, los adoquines tienen un precio que varía del rango de 0.80 a 1.20, por ende, no estamos tan alejados de los precios del mercado.



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	30/05/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO FINO MEZCLA</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1802.57	gr	
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO GRUESO MEZCLA</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1795.02	gr	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C.A. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado fino mezcla (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)	Fecha:	31/05/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 712.00 gr			
<u>Agregado fino</u> 33% de confitillo de Vicho, 67% de arena fina de Cunyac.			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
3/8"	9.50	0.00	
N°	4.75	33.13	
N°8	2.36	81.15	
N°16	1.18	80.26	
N° 30	0.60	132.36	
N° 50	0.30	182.15	
N° 100	0.15	152.22	
N° 200	0.075	48.49	
Fondo		1.70	
TOTAL		711.48	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CI INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]
PRÁCTICAS LAB. SUELOS
Y ASFALTO INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado grueso mezcla (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho)	Fecha:	31/05/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sulca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 669.00 gr			
<u>Agregado grueso</u> 37% de confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0.00	
3/8"	9.50	70.41	
N°4	4.75	350.03	
N°8	2.36	129.57	
N° 16	1.18	66.34	
N° 50	0.30	30.57	
Fondo		21.77	
TOTAL		668.69	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL

[Signature]
PRACTICAS DE SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERIA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Plastico PET		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Plastico PET	Fecha:	30/06/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial =			
PLASTICO PET			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0.00	
3/8"	9.50	313.56	
N°4	4.75	181.56	
N°8	2.36	164.52	
N° 16	1.18	35.17	
N° 50	0.30	2.77	
Fondo		0.17	
TOTAL		697.75	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C/ INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]

PRÁCTICAS DE LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	02/06/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO FINO</u>			
	Descripción	Cantidad	Unidad
	Peso del material secado al horno	406.82	g
	Peso del picnómetro + peso de agua	699.81	g
	Peso del picnómetro	201.84	g
	Peso del picnómetro + peso del agua + peso del material	991.37	g
	Peso del material superficialmente seco	500.00	g



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P. INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]

PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	02/06/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO GRUESO</u>			
	Descripción	Cantidad	Unidad
	Peso de la muestra seca en el aire (A)	15277.57	g
	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	1671.50	g
	Peso en el agua de la muestra saturada (C)	646.00	g
	Peso de la muestra seca en el horno (D)	1488.31	g

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C.R. INGENIERÍA CIVIL

 PRACTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	07/06/23	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC	
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	12150.00	12145.00	12145.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	4605.00	4600.00	4600.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13525.00	13550.00	13390.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5980.00	6005.00	5845.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL
INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	07/06/23	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC	
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13110.00	13075.00	13015.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5565.00	5530.00	5470.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	14175.00	14165.00	14170.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	6630.00	6620.00	6625.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm ³



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.R. INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]
PRACTICAS - LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Porcentaje de humedad de Agregados		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	16 / 06 / 23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO FINO</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Húmedo	2000 . 00	g	
Peso del Agregado Seco	1938 . 60	g	
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Húmedo	2000 . 50	g	
Peso del Agregado Seco	1955 . 30	g	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL

 PRACTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERIA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Abrasión los ángeles		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados Grueso	Fecha:	16/06/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
ABRASIÓN LOS ÁNGELES DE AGREGADO GRUESO			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Seco Inicial	5000.00	g	
Peso después del proceso de desgaste	3969.20	g	

* Tamaño Nominal Máximo	3/8"
* Gradación de la muestra de ensayo	C

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA / C.I. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. SULLOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Tolerancia Dimensional de adoquines		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	25/08/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
TOLERANCIA DIMENSIONAL DE ADOQUINES			
Descripción de Adoquines	Longitud L (mm)	Ancho A (mm)	Espesor E (mm)
AD - Patron 1	200.00	100.00	45.00
AD - Patron 2	201.00	102.00	44.00
AD - Patron 3	202.00	100.00	42.00
AD - Patron 4	200.00	100.00	40.50
AD - Patron 5	200.00	101.00	44.00
AD - 15% PET 1	200.50	100.00	42.00
AD - 15% PET 2	201.00	101.00	43.00
AD - 15% PET 3	201.00	101.00	42.00
AD - 15% PET 4	200.00	100.00	45.00
AD - 15% PET 5	200.00	100.00	41.00
AD - 25% PET 1	201.00	100.00	43.00
AD - 25% PET 2	202.00	100.00	41.00
AD - 25% PET 3	201.00	100.00	45.00
AD - 25% PET 4	200.00	101.00	44.00
AD - 25% PET 5	200.50	100.00	44.00
AD - 35% PET 1	200.00	100.00	44.00
AD - 35% PET 2	190.00	100.00	42.00
AD - 35% PET 3	200.00	100.00	44.00
AD - 35% PET 4	201.00	100.00	43.00
AD - 35% PET 5	201.00	101.00	43.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P. INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS - LAB. SULLOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Densidad de Adoquines		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	24/08/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
DENSIDAD DE ADOQUINES			
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)
AD - Patron 1	1.980	1.208	1.863
AD - Patron 2	1.970	1.102	1.882
AD - Patron 3	2.000	1.185	1.895
AD - Patron 4	2.008	1.180	1.902
AD - Patron 5	1.985	1.205	1.891
AD - 15% PET 1	1.845	1.270	1.735
AD - 15% PET 2	1.875	1.406	1.760
AD - 15% PET 3	1.855	1.390	1.725
AD - 15% PET 4	1.850	1.275	1.720
AD - 15% PET 5	1.870	1.400	1.755
AD - 25% PET 1	1.935	1.300	1.825
AD - 25% PET 2	1.990	1.298	1.875
AD - 25% PET 3	1.960	1.283	1.835
AD - 25% PET 4	1.930	1.290	1.870
AD - 25% PET 5	1.970	1.285	1.835
AD - 35% PET 1	1.860	1.165	1.740
AD - 35% PET 2	1.915	1.241	1.820
AD - 35% PET 3	1.915	1.179	1.795
AD - 35% PET 4	1.880	1.170	1.790
AD - 35% PET 5	1.905	1.205	1.780

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P. INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS DE LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Absorción de Adoquines		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	24/08/23
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
ABSORCIÓN DE ADOQUINES			
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)
AD - Patron 1	1.980	1.161	1.849
AD - Patron 2	1.960	1.152	1.901
AD - Patron 3	2.010	1.098	1.848
AD - Patron 4	2.015	1.112	1.850
AD - Patron 5	1.975	1.110	1.900
AD - 15% PET 1	1.860	1.339	1.765
AD - 15% PET 2	1.825	1.335	1.725
AD - 15% PET 3	1.820	1.320	1.730
AD - 15% PET 4	1.860	1.320	1.775
AD - 15% PET 5	1.840	1.330	1.740
AD - 25% PET 1	2.010	1.210	1.885
AD - 25% PET 2	1.900	1.162	1.880
AD - 25% PET 3	1.865	1.218	1.760
AD - 25% PET 4	1.915	1.220	1.840
AD - 25% PET 5	1.900	1.220	1.800
AD - 35% PET 1	1.815	1.231	1.705
AD - 35% PET 2	1.820	1.175	1.730
AD - 35% PET 3	1.824	1.162	1.725
AD - 35% PET 4	1.800	1.160	1.740
AD - 35% PET 5	1.820	1.170	1.779



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C. INGENIERÍA CIVIL

[Signature]
PRÁCTICAS DE LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23				
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	AD-Pet 03/03/23 Lab. IC-UAC				
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	31/07/23 7 días	4.70	20.00	10.20	204.00	42420.00
AD - Patron 2	320		4.00	20.20	10.00	202.00	41950.00
AD - Patron 3	320		4.05	20.00	10.10	202.00	41510.00
AD - Patron 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	42900.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.10	10.00	201.00	41340.00
AD - 15% PET 1	320	10/08/23 7 días	4.00	20.00	10.10	202.00	3514.00
AD - 15% PET 2	320		4.10	21.00	10.00	201.00	35180.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35441.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.10	10.00	201.00	34991.00
AD - 15% PET 5	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35484.00
AD - 25% PET 1	320	10/08/23 7 días	4.00	20.10	10.00	201.00	33892.00
AD - 25% PET 2	320		4.10	20.10	10.20	205.02	33480.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.00	10.00	200.00	32179.00
AD - 25% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	32769.00
AD - 25% PET 5	320		4.10	20.00	10.00	200.00	32942.00
AD - 35% PET 1	320	10/08/23 7 días	4.10	20.00	10.00	200.00	36180.00
AD - 35% PET 2	320		4.10	20.00	10.00	200.00	34850.00
AD - 35% PET 3	320		4.00	20.20	10.20	206.04	34160.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	33512.00
AD - 35% PET 5	320		4.00	20.00	10.00	200.00	35320.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CI INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS DE LOS
VASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:		Resistencia a la Compresión					
Tesis:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"					
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)			Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23		
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca			Lugar:	AD-Pet 03/08/23 Lab. IC-UAC		
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm2)	Edad (Dias)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm2)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	14/08/23 21 dias	4.50	20.00	10.00	200.00	63760.00
AD - Patron 2	320		4.40	20.00	10.05	201.00	62890.00
AD - Patron 3	320		4.20	20.05	10.00	200.50	63360.00
AD - Patron 4	320		4.05	20.00	10.00	200.00	63450.00
AD - Patron 5	320		4.20	20.00	10.10	202.00	62980.00
AD - 15% PET 1	320	24/08/23 21 dias	4.20	20.05	10.00	200.50	58220.00
AD - 15% PET 2	320		4.30	20.10	10.10	203.01	58630.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.10	10.00	203.01	58690.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.20	10.00	200.00	58140.00
AD - 15% PET 5	320		4.10	20.20	10.00	200.00	58120.00
AD - 25% PET 1	320	24/08/23 21 dias	4.30	20.10	10.00	201.00	59970.00
AD - 25% PET 2	320		4.10	20.20	10.00	202.00	59640.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.10	10.00	201.00	59590.00
AD - 25% PET 4	320		4.40	20.00	10.10	202.00	59540.00
AD - 25% PET 5	320		4.40	20.05	10.00	200.50	59720.00
AD - 35% PET 1	320	24/08/23 21 dias	4.40	20.00	10.00	200.00	61400.00
AD - 35% PET 2	320		4.20	19.00	10.00	190.00	61280.00
AD - 35% PET 3	320		4.40	20.00	10.00	200.00	61360.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.10	10.00	201.00	61040.00
AD - 35% PET 5	320		4.30	20.10	10.10	203.01	61370.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.A. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

PROFESOR
YASFA... INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)			Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23		
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca			Lugar:	Lab. IC-UAC		
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm2)	Edad (Dias)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm2)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	21/07/23 28 dias	4.10	20.05	10.10	202.51	63140.00
AD - Patron 2	320		4.30	20.10	10.00	201.00	69364.00
AD - Patron 3	320		4.30	20.10	10.00	201.00	69875.00
AD - Patron 4	320		4.10	20.00	10.00	200.00	68723.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.00	10.05	201.00	68530.00
AD - 15% PET 1	320	31/08/23 28 dias	4.30	20.00	10.00	200.00	64740.00
AD - 15% PET 2	320		4.20	20.10	10.00	201.00	64100.00
AD - 15% PET 3	320		4.30	20.00	10.10	202.00	63980.00
AD - 15% PET 4	320		4.20	20.10	10.00	201.00	63340.00
AD - 15% PET 5	320		4.15	20.00	10.00	200.00	64550.00
AD - 25% PET 1	320	31/08/23 28 dias	4.20	20.00	10.00	200.00	62700.00
AD - 25% PET 2	320		4.10	20.00	10.00	200.00	61930.00
AD - 25% PET 3	320		4.10	20.10	9.90	198.99	62740.00
AD - 25% PET 4	320		4.15	20.00	10.10	202.00	61780.00
AD - 25% PET 5	320		4.25	20.00	10.00	200.00	62100.00
AD - 35% PET 1	320	31/08/23 28 dias	4.25	20.10	10.10	203.01	60920.00
AD - 35% PET 2	320		4.30	20.15	10.10	203.52	61120.00
AD - 35% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	61340.00
AD - 35% PET 4	320		4.20	20.00	10.10	202.00	59780.00
AD - 35% PET 5	320		4.15	20.15	10.10	203.52	59945.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

PRACTICANTE DE LOS
LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL



	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO REICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	30/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO FINO MEZCLA</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1802.57	gr	
% QUE PASA POR LA MALLA N° 200: <u>AGREGADO GRUESO MEZCLA</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso seco de la muestra inicial	2000	gr	
Peso seco de la muestra lavada	1795.02	gr	


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - E.P. INGENIERÍA CIVIL

 PRACTICAS DE SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERIA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado fino mezcla (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)	Fecha:	31/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 712.00 gr			
Agregado fino mezcla (33% confitillo de Vicho, 67% arena fina de Cunyac)			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
3/8"	9.50	0.00	
N°	4.75	33.13	
N°8	2.36	81.15	
N°16	1.18	80.26	
N° 30	0.60	132.38	
N° 50	0.30	182.15	
N° 100	0.15	152.22	
N° 200	0.075	48.49	
Fondo		1.70	
TOTAL		711.48	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL

[Handwritten Signature]
PRÁCTICAS - LAS SUELOS
ASfalto - INGENIERIA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado grueso mezcla (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho)	Fecha:	31/05/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 669.00			
Agregado grueso mezcla (37% confitillo de Vicho, 63% de TMN 3/8" de Vicho)			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0.00	
3/8"	9.50	70.41	
N°4	4.75	350.03	
N°8	2.36	129.57	
N° 16	1.18	66.34	
N° 50	0.30	30.57	
Fondo		21.77	
TOTAL		668.69	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P. INGENIERÍA CIVIL

ANIE MILAGROS QUISPE SULLCA
LABORATORIO IC-UAC
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Granulometría de Plastico PET		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Plastico PET	Fecha:	30/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
Peso inicial = 700.00			
PLASTICO PET			
Tamiz		Peso Retenido (g)	
Pulgadas	Milímetros (mm)		
1/2"	12.50	0	
3/8"	9.50	313.56	
N°4	4.75	181.56	
N°8	2.36	164.52	
N° 16	1.18	35.17	
N° 50	0.30	2.77	
Fondo		0.17	
TOTAL		697.75	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C.R. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Finos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	02/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO FINO</u>			
	Descripción	Cantidad	Unidad
	Peso del material secado al horno	406.82	g
	Peso del picnómetro + peso de agua	699.81	g
	Peso del pignómetro	201.84	g
	Peso del pignómetro + peso del agua + peso del material	991.37	g
	Peso del material superficialmente seco	500.00	g

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. DE LOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	02/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>PESO ESPECÍFICO: AGREGADO GRUESO</u>			
	Descripción	Cantidad	Unidad
	Peso de la muestra seca en el aire (A)	15577.52	g
	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	1671.50	g
	Peso en el agua de la muestra saturada (C)	646.00	g
	Peso de la muestra seca en el horno (D)	1488.31	g



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.P.A. INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]
PRÁCTICAS - LABORATORIOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Fino	Fecha:	07/06/2023	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC	
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	12150.00	12145.00	12145.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	4605.00	4600.00	4600.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO FINO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13525.00	13550.00	13390.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5980.00	6005.00	5845.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CI INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso			
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales				
Muestra:	Agregado Grueso	Fecha:	07/06/2023	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC	
Datos Específicos				
<u>PESO UNITARIO SUELTO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	13110.00	13075.00	13015.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	5565.00	5530.00	5470.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3
<u>PESO UNITARIO COMPACTADO: AGREGADO GRUESO</u>				
Descripción	Cantidad			Unidad
	1	2	3	
Peso del recipiente más el agregado	14175.00	14165.00	14170.00	g
Peso del recipiente	7545.00	7545.00	7545.00	g
Peso del agregado	6630.00	6620.00	6625.00	g
Volumen del recipiente	3528.11	3528.11	3528.11	cm3

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C. INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS DE LAB. DE LOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Porcentaje de humedad de Agregados		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados mezclados: Fino y Grueso	Fecha:	16/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO FINO</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Húmedo	2000.00	g	
Peso del Agregado Seco	1938.60	g	
PORCENTAJE DE HUMEDAD: <u>AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Húmedo	2000.50	g	
Peso del Agregado Seco	1955.30	g	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C.E. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Abrasión los ángeles		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Agregados Grueso	Fecha:	16/06/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
<u>ABRASIÓN LOS ÁNGELES DE AGREGADO GRUESO</u>			
Descripción	Cantidad	Unidad	
Peso del Agregado Seco Inicial	5000.00	g	
Peso después del proceso de desgaste	3969.20	g	

* Tamaño Nominal Máximo	3/8"
* Gradación de la muestra de ensayo	C

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C. INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Ensayo:	Tolerancia Dimensional de adoquines		
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"		
Datos Generales			
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	25/08/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos			
TOLERANCIA DIMENSIONAL DE ADOQUINES			
Descripción de Adoquines	Longitud L (mm)	Ancho A (mm)	Espesor E (mm)
AD - Patron 1	200.00	100.00	45.00
AD - Patron 2	201.00	102.00	44.00
AD - Patron 3	202.00	100.00	42.00
AD - Patron 4	200.00	100.00	40.50
AD - Patron 5	200.00	101.00	44.00
AD - 15% PET 1	200.50	100.00	42.00
AD - 15% PET 2	201.00	101.00	43.00
AD - 15% PET 3	201.00	101.00	42.00
AD - 15% PET 4	200.00	100.00	45.00
AD - 15% PET 5	200.00	100.00	41.00
AD - 25% PET 1	201.00	100.00	43.00
AD - 25% PET 2	202.00	100.00	41.00
AD - 25% PET 3	201.00	100.00	45.00
AD - 25% PET 4	200.00	101.00	44.00
AD - 25% PET 5	200.50	100.00	44.00
AD - 35% PET 1	200.00	100.00	44.00
AD - 35% PET 2	190.00	100.00	42.00
AD - 35% PET 3	200.00	100.00	44.00
AD - 35% PET 4	201.00	100.00	43.00
AD - 35% PET 5	201.00	101.00	43.00

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

FRÁCTICAS - LAB. SUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Ensayo:		Densidad de Adoquines			
Tesis:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales					
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha:	24/08/2023		
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	Laboratorio IC-UAC		
Datos Específicos					
DENSIDAD DE ADOQUINES					
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)		
AD - Patron 1	1.980	1.208	1.863		
AD - Patron 2	1.970	1.102	1.882		
AD - Patron 3	2.000	1.185	1.895		
AD - Patron 4	2.008	1.180	1.902		
AD - Patron 5	1.985	1.205	1.891		
AD - 15% PET 1	1.845	1.270	1.735		
AD - 15% PET 2	1.875	1.406	1.760		
AD - 15% PET 3	1.855	1.390	1.725		
AD - 15% PET 4	1.850	1.275	1.720		
AD - 15% PET 5	1.870	1.400	1.755		
AD - 25% PET 1	1.935	1.300	1.825		
AD - 25% PET 2	1.990	1.298	1.875		
AD - 25% PET 3	1.960	1.283	1.835		
AD - 25% PET 4	1.950	1.290	1.870		
AD - 25% PET 5	1.970	1.285	1.835		
AD - 35% PET 1	1.860	1.165	1.740		
AD - 35% PET 2	1.915	1.241	1.820		
AD - 35% PET 3	1.915	1.179	1.795		
AD - 35% PET 4	1.880	1.170	1.790		
AD - 35% PET 5	1.905	1.205	1.780		

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

PRÁCTICAS - LAB. SULLOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Ensayo:		Absorción de Adoquines			
Tesis:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"			
Datos Generales					
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)			Fecha:	24/08/2023
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca			Lugar:	Laboratorio IC-UAC
Datos Específicos					
ABSORCIÓN DE ADOQUINES					
Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)		
AD - Patron 1	1.980	1.161	1.849		
AD - Patron 2	1.960	1.152	1.901		
AD - Patron 3	2.010	1.098	1.848		
AD - Patron 4	2.015	1.112	1.850		
AD - Patron 5	1.975	1.110	1.900		
AD - Patron 6	1.950	1.105	1.900		
AD - 15% PET 1	1.860	1.339	1.765		
AD - 15% PET 2	1.825	1.335	1.725		
AD - 15% PET 3	1.820	1.320	1.730		
AD - 15% PET 4	1.860	1.320	1.775		
AD - 15% PET 5	1.840	1.330	1.740		
AD - 15% PET 6	1.855	1.335	1.765		
AD - 25% PET 1	2.010	1.291	1.885		
AD - 25% PET 2	1.900	1.210	1.880		
AD - 25% PET 3	1.865	1.162	1.760		
AD - 25% PET 4	1.915	1.218	1.840		
AD - 25% PET 5	1.900	1.220	1.800		
AD - 25% PET 6	1.885	1.150	1.770		
AD - 35% PET 1	1.815	1.231	1.705		
AD - 35% PET 2	1.820	1.175	1.730		
AD - 35% PET 3	1.824	1.167	1.725		
AD - 35% PET 4	1.800	1.160	1.740		
AD - 35% PET 5	1.820	1.700	1.779		
AD - 35% PET 6	1.815	1.155	1.725		

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.A. INGENIERÍA CIVIL

PRÁCTICAS - LAS PULLOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
Ensayo:		Resistencia a la Compresión					
Tesis:		"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"					
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)				Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca				Lugar:	AD-Pet 03/08/23 Lab. IC-UAC	
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm2)	Edad (Dias)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm2)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	31/07/2023	4.10	20.00	10.20	204.00	42420.00
AD - Patron 2	320	7 dias	4.00	20.20	10.00	202.00	41950.00
AD - Patron 3	320		4.05	20.00	10.10	202.00	41510.00
AD - Patron 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	42900.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.10	10.00	201.00	41340.00
AD - 15% PET 1	320		10/08/2023	4.00	20.00	10.10	202.00
AD - 15% PET 2	320	7 dias	4.10	21.00	10.00	210.00	35180.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35411.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.10	10.00	201.00	34991.00
AD - 15% PET 5	320		4.20	20.00	10.00	200.00	35484.00
AD - 25% PET 1	320		10/08/2023	4.00	20.10	10.00	201.00
AD - 25% PET 2	320	7 dias	4.10	20.10	10.20	205.02	33480.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.00	10.00	200.00	32179.00
AD - 25% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	32761.00
AD - 25% PET 5	320		4.10	20.00	10.00	200.00	32942.00
AD - 35% PET 1	320		10/08/2023	4.10	20.00	10.00	200.00
AD - 35% PET 2	320	7 dias	4.10	20.00	10.00	200.00	34850.00
AD - 35% PET 3	320		4.00	20.20	10.20	206.04	34160.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.00	10.00	200.00	33512.00
AD - 35% PET 5	320		4.00	20.00	10.00	200.00	35320.00


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - CY INGENIERÍA CIVIL

 PRÁCTICAS - LAB. SUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)			Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23		
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca			Lugar:	Lab. IC-UAC		
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	14/08/2023 21 dias	4.50	20.00	10.00	200.00	63760.00
AD - Patron 2	320		4.40	20.00	10.05	201.00	62890.00
AD - Patron 3	320		4.20	20.05	10.00	200.50	63360.00
AD - Patron 4	320		4.05	20.00	10.00	200.00	63450.00
AD - Patron 5	320		4.20	20.00	10.10	202.00	62980.00
AD - 15% PET 1	320	24/08/2023 21 dias	4.20	20.05	10.00	200.50	58220.00
AD - 15% PET 2	320		4.30	20.10	10.10	203.01	58630.00
AD - 15% PET 3	320		4.20	20.10	10.10	203.01	58690.00
AD - 15% PET 4	320		4.50	20.00	10.00	200.00	58140.00
AD - 15% PET 5	320		4.10	20.00	10.00	200.00	58120.00
AD - 25% PET 1	320	24/08/2023 21 dias	4.30	20.10	10.00	201.00	59970.00
AD - 25% PET 2	320		4.10	20.20	10.00	202.00	59640.00
AD - 25% PET 3	320		4.50	20.10	10.00	201.00	59590.00
AD - 25% PET 4	320		4.40	20.00	10.10	202.00	59540.00
AD - 25% PET 5	320		4.40	20.05	10.00	200.50	59720.00
AD - 35% PET 1	320	24/08/2023 21 dias	4.40	20.00	10.00	200.00	61400.00
AD - 35% PET 2	320		4.20	19.00	10.00	190.00	61280.00
AD - 35% PET 3	320		4.40	20.00	10.00	200.00	61360.00
AD - 35% PET 4	320		4.30	20.10	10.00	201.00	61040.00
AD - 35% PET 5	320		4.30	20.10	10.10	203.01	61370.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - C.A. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

PRACTICAS - LAB. QUELOS
Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
Ensayo:	Resistencia a la Compresión						
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"						
Datos Generales							
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)				Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23	
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca				Lugar:	AD-Pet 03/08/23 Lab. IC-UAC	
Datos Específicos							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga máxima Pmax (Kg)
AD - Patron 1	320	21/07/2023	4.10	20.05	10.10	202.51	68140.00
AD - Patron 2	320	28 dias	4.30	20.10	10.00	201.00	69364.00
AD - Patron 3	320		4.30	20.10	10.00	201.00	69875.00
AD - Patron 4	320		4.10	20.00	10.00	200.00	68723.00
AD - Patron 5	320		4.00	20.00	10.05	201.00	68580.00
AD - 15% PET 1	320		31/08/2023	4.30	20.00	10.00	200.00
AD - 15% PET 2	320	28 dias	4.20	20.10	10.00	201.00	64100.00
AD - 15% PET 3	320		4.30	20.00	10.10	202.00	63980.00
AD - 15% PET 4	320		4.20	20.10	10.00	201.00	63340.00
AD - 15% PET 5	320		4.15	20.00	10.00	200.00	64550.00
AD - 25% PET 1	320		31/08/2023	4.20	20.00	10.00	200.00
AD - 25% PET 2	320	28 dias	4.10	20.00	10.00	200.00	61930.00
AD - 25% PET 3	320		4.10	20.10	9.90	198.99	62740.00
AD - 25% PET 4	320		4.15	20.00	10.10	202.00	61780.00
AD - 25% PET 5	320		4.25	20.00	10.00	200.00	62100.00
AD - 35% PET 1	320		31/08/2023	4.25	20.10	10.10	203.01	60920.00
AD - 35% PET 2	320	28 dias	4.30	20.15	10.10	203.52	61120.00
AD - 35% PET 3	320		4.20	20.00	10.00	200.00	61340.00
AD - 35% PET 4	320		4.20	20.00	10.10	202.00	59780.00
AD - 35% PET 5	320		4.15	20.15	10.10	203.52	59945.00


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA - C.A. INGENIERÍA CIVIL

 PRACTICAS - LAB. BUELOS
 Y ASFALTO - INGENIERÍA CIVIL



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
Ensayo:	Resistencia a la Flexión					
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN ADOQUÍN TIPO I CON SUSTITUCIÓN DE PET TRITURADO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 15%, 25% Y 35%, RESPECTO A UN ADOQUÍN PATRÓN, CUSCO 2023"					
Datos Generales						
Muestra:	Adoquin Patron, Adoquin con PET (15%, 25% y 35%)	Fecha de moldeo:	AD-P 24/07/23			
Tesistas:	Maria Alexandra Cuno Zapana Annie Milagros Quispe Sullca	Lugar:	AD-Pet 15/08/23 Lab. IC-UAC			
Datos Específicos						
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN						
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (Kg/cm ²)	Edad (Días)	Longitud de Largo A (mm)	Longitud de ancho B (mm)	Longitud de Espesor H (mm)	Carga Maxima aplicada (N)
AD - Patron 1	50	28 dias	210.00	100.10	40.30	380.00
AD - Patron 2	50		200.00	100.00	40.25	390.00
AD - Patron 3	50		201.00	100.20	40.00	360.00
AD - 15% PET 1	50		200.10	100.20	40.20	310.00
AD - 15% PET 2	50		201.00	100.00	40.15	300.00
AD - 15% PET 3	50		200.00	100.10	40.10	310.00
AD - 25% PET 1	50		200.00	100.20	40.30	320.00
AD - 25% PET 2	50		200.00	100.20	40.10	310.00
AD - 25% PET 3	50		201.00	100.00	40.10	330.00
AD - 35% PET 1	50		200.00	100.20	40.00	350.00
AD - 35% PET 2	50		201.00	100.20	40.20	350.00
AD - 35% PET 3	50		200.00	100.00	40.25	340.00

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA - CIVIL

PRACTICAS - LAS CARGAS
Y RESULTADOS INGENIERIA CIVIL



NORMA TÉCNICA

NTP 399.611

PERUANA

2017

Dirección de Normalización - INACAL

Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

MASONRY UNITS. Solid concrete interlocking paving units. Requirements

2017-12-27

3ª Edición

R.D. N° 057-2017-INACAL/DN. Publicada el 2018-01-03

Precio basado en 11 páginas

I.C.S.: 93.080.20

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Unidad, albañilería, adoquín, concreto, pavimento, requisito

© INACAL 2017



ÍNDICE

página

	ÍNDICE	ii
	PRÓLOGO	iii
1	Objeto y campo de aplicación	1
2	Referencias normativas	1
3	Términos y definiciones	3
4	Clasificación	4
5	Materiales	5
6	Requisitos	6
7	Muestreo y métodos de ensayo	8
8	Inspección visual	9
9	Conformidad	9
	ANEXO A	10
	BIBLIOGRAFÍA	11



PRÓLOGO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 El Instituto Nacional de Calidad - INACAL, a través de la Dirección de Normalización es la autoridad competente que aprueba las Normas Técnicas Peruanas a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), en representación del país.

A.2 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante el mes de setiembre de 2017, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en la Bibliografía.

A.3 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería presentó a la Dirección de Normalización -DN-, con fecha 2017-10-06, el PNTP 399.611:2017, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2017-10-28. No habiéndose recibido observaciones, fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 399.611:2017 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos**, 3ª Edición, el 03 de enero de 2018.

A.4 Esta tercera edición de la NTP 399.611 reemplaza a la NTP 399.611:2010 (revisada el 2015) UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos, a cual ha sido revisada técnicamente. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:2016 y GP 002:2016.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Universidad Nacional de Ingeniería
Presidente	Isabel Moroni
Secretario	Ana Torre



ENTIDAD

REPRESENTANTE

ASOCEM

Juan Avalo

Colegio de Ingenieros del Perú

Ana Biondi

Pontificia Universidad Católica del Perú
Facultad de Ciencias e Ingeniería

Juan Ginocchio

SENCICO

Vanna Guffantti

UNICON

Miguel Atauje

Universidad Ricardo Palma
Facultad de Ingeniería

Enriqueta Pereyra

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

1 Objeto y campo de aplicación

1.1 El presente Proyecto de Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los adoquines de concreto fabricados para la construcción de pavimentos.

1.2 Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional – SI serán considerados como estándar. Los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información.

1.3 Este Proyecto de Norma Técnica Peruana se aplica a la fabricación de los adoquines de concreto destinados para su uso en pavimentos peatonales, vehiculares y de patios industriales o de contenedores.

2 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 334.009:2016	CEMENTOS. Requisitos	Cemento	Pórtland.
-------	------------------	-------------------------	---------	-----------



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 399.611
2 de 11

- 2.1.2 NTP 334.082:2016 CEMENTOS. Cementos Pórtland.
Requisitos de desempeño
- 2.1.3 NTP 334.088:2015 CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas,
morteros y concreto. Especificaciones
- 2.1.4 NTP 334.089:2010 CEMENTOS. Aditivos incorporadores de
(revisada el 2015) hormigón
aire en pastas, morteros y
(concreto). Especificaciones
- 2.1.5 NTP 334.090:2016 CEMENTOS. Cementos Pórtland
adicionados. Requisitos
- 2.1.6 NTP 339.088:2014 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en
la producción de concreto de cemento
Portland. Requisitos
- 2.1.7 NTP 339.231:2010 HORMIGÓN (CONCRETO). Pigmentos
(revisada el 2015) para colorear concreto
integralmente.
Especificaciones
- 2.1.8 NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos
(revisada el 2015) de muestreo y ensayo de unidades de
albañilería de concreto
- 2.1.9 NTP 399.624:2006 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método
(revisada el 2015) de ensayo para determinar la resistencia
al
desgaste por abrasión de adoquines de
concreto utilizando la máquina de desgaste
- 2.1.10 NTP 399.625:2006 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método
(revisada el 2015) de ensayo para determinar la resistencia a
la
abrasión de adoquines de concreto mediante
chorro de arena



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 399.611
3 de 11

2.1.11 NTP 400.037:2014 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados de concreto

2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1 ASTM C 944M (2005)e1 Método de ensayo estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de corte giratorio

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

3.1 acabados arquitectónicos

superficies modificadas por medios mecánicos tales como martilleo, pulido, lavado, u otros métodos



3.2

adoquín de concreto

pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con la presente NTP.

3.3

dimensiones de fabricación

son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante

3.4

dimensiones efectivas

son aquellas que se obtienen por medición directa efectuada sobre el adoquín

3.5

dimensiones nominales

son las dimensiones establecidas en esta NTP para designar el tamaño del adoquín, las cuales incluyen los espaciadores laterales si los hubiera

3.6

resistencia a la compresión

es la relación entre la carga de rotura a compresión de un adoquín y su sección

3.7

resistencia a la compresión nominal

es aquel valor de referencia establecido en esta NTP como resistencia a la compresión y utilizado en la designación del adoquín

4

Clasificación

Los adoquines de concreto elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los tres tipos, tal como sigue:

4.1

Tipo I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal.



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 399.611
5 de 11

4.2 **Tipo II:** Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.

4.3 **Tipo III:** Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

NOTA 1: Para el caso de pavimentos de tránsito vehicular el comprador determinará el tipo de adoquín a utilizar según las especificaciones de la obra o el diseño del proyectista. Véase Anexo A.

5 Materiales

Los materiales utilizados en la fabricación de los adoquines deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:

5.1 Cementos: NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090 .

5.2 Agua de mezcla: NTP 339.088 .

5.3 Agregados: NTP 400.037

5.4 Aditivos químicos: Cuando se requiera utilizar aditivos éstos deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:

5.4.1 Aditivos incorporadores de aire: NTP 334.089 .

5.4.2 Aditivos reductores de agua, retardadores y acelerantes: NTP 334.088

5.4.3 Pigmentos para concreto de color: NTP 339.231 Especificaciones normalizadas para pigmentos en masa de concreto coloreado.



5.5 **Otros constituyentes:** Para los materiales que no estén comprendidos en las Normas técnicas, debe establecerse previamente que son adecuados y no perjudiciales para su utilización en concreto mediante ensayos o por la experiencia de campo.

6 Requisitos

6.1 Requisitos físicos

TABLA 1 - Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

NOTA 2: Los valores establecidos en la Tabla serán considerados como estándar, los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información.

NOTA 3: Cuando se requieran características particulares tales como clasificación del peso, mayor resistencia a la compresión, texturas superficiales, acabado, color, condiciones especiales de exposición (p.e.: sulfatos) u otras características especiales, tales propiedades deben ser especificadas por el comprador.

TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 3,2$

*Se aplica a todos los tipos

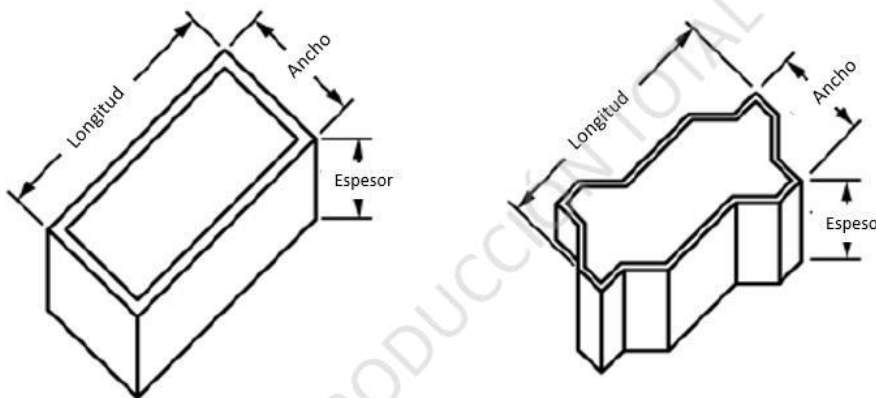


Figura 1. Longitud, ancho y espesor de las unidades de concreto para pavimentos

NOTA 4: Las unidades deben cumplir con las tolerancias dimensionales previas a la aplicación de los acabados arquitectónicos.

6.2 Los adoquines deberán cumplir con los requisitos de máxima absorción indicados en la Tabla 3.

TABLA 3 - Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

7.3 Los adoquines Tipo III, para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 7.1, el requisito de resistencia a la abrasión:



6.3.1 **Resistencia a la abrasión:** De conformidad con la NTP 399.625 , los especímenes deben tener una pérdida de volumen no mayor de $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$. La pérdida del espesor promedio no debe exceder los 3 mm . La norma NTP 399.625 se considera como norma de referencia y deberá ser utilizada en los casos de dirimencia.

Las normas sobre métodos de ensayo NTP 399.624 y la ASTM C 944 podrán ser empleadas cuando estén indicadas en las especificaciones de la obra o si existe un acuerdo previo entre el comprador y el vendedor.

6.4 Los adoquines que estarán expuestos a períodos de congelación y deshielo, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 6.1, el requisito de resistencia al congelamiento y deshielo (6.4.1).

6.4.1 **Resistencia al congelamiento y deshielo:** De ser necesario, se comprobará mediante el comportamiento en el campo o en un ensayo de laboratorio de congelamiento y deshielo, que los adoquines tengan adecuada resistencia al congelamiento y deshielo. Si se utiliza un ensayo de laboratorio, los especímenes no deben romperse ni tener pérdidas en masa seca mayores al 500 g/m^2 de alguna unidad individual cuando está sometida a 50 ciclos de congelamiento y deshielo. Este método de ensayo debe ser realizado antes de los 12 meses de la fecha de despacho del lote.

7 Muestreo y métodos de ensayo

7.1 El comprador o representante autorizado debe estar de acuerdo con las instalaciones para inspeccionar y muestrear los adoquines de concreto en el lugar de fabricación; de los lotes listos para el despacho.

7.2 Las unidades se muestrean y ensayan en conformidad con la NTP 399.604, con excepción de los ensayos de resistencia a la abrasión, en el apartado 6.3.1 y resistencia al congelamiento y deshielo, en el apartado 6.4.1.



7.3 El ensayo de compresión deberá ser realizado sobre todo adoquín, aplicandola carga perpendicular a la sección de mayor superficie. Si la máquina de ensayo no tienela capacidad de carga suficiente para romper la unidad completa, la unidad se debe cortar por la mitad a lo largo del eje más corto y se ensayará una mitad. En las unidades con resaltes, los extremos deben cortarse con una cortadora apropiada y la pieza remanente de mayor dimensión es la que debe ser ensayada. Este espécimen debe ser simétrico alrededorde los dos ejes.

8 Inspección visual

Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de defectos que interfieran con su adecuada colocación o que perjudiquen la resistencia o el desempeño del pavimento. Las grietas menores inherentes a los métodos usuales de fabricación o astillamientos menores, resultantes de los métodos habituales de manipulación en el despacho, no deben ser causa de rechazo.

9 Conformidad

Si la muestra ensayada de un envío falla conforme a los requisitos especificados, se debe permitir que el fabricante separe las unidades de la muestra, y una nueva muestra debe ser seleccionada por el comprador del lote retenido según la NTP 399.604 y ensayada a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos especificados en esta NTP, entonces la porción remanente del envío representado por dicha muestra cumple también con las especificaciones. Si la segunda muestra falla conforme a los requisitos especificados, el lote completo no debe ser aceptado.



ANEXO A

(INFORMATIVO)

TIPOS DE TRÁNSITO

A.1 Tránsito Vehicular ligero: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalentes a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, menor de 5×10^5 .

A.2 Tránsito Vehicular medio: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalente a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, entre 5×10^5 y 5×10^6 .

A.3 Tránsito Vehicular pesado: Es aquel que tiene un número de vehículos acumulados equivalente a ejes sencillos de 8,2 toneladas, en la vida útil de diseño, mayor de 5×10^6 .



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 399.611
11 de 11

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASTM C936:2016, Standard specification for solid concrete interlocking pavingunits
- [2] NTP 399.611:2015, Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL



INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC) LIMA - PERÚ

-ANEXO I-



1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 334.009	Cementos Portland Tipo 1. Normal, Requisitos.
ITINTEC 334.038	Cementos Portland Tipo 2. Requisitos.
ITINTEC 334.040	Cementos Portland Tipo 5. Requisitos.
ITINTEC 334.044	Cementos Portland Puzolánico. Tipo 1 P y 1 PM. Requisitos.
ITINTEC 400.037	Agregados. Requisitos.
ITINTEC 339.086	Aditivos para el hormigón. Requisitos.
ITINTEC 339.088	Hormigón. Agua para morteros y hormigones de cemento Portland. Requisitos.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los adoquines de concreto (hormigón) fabricados para la construcción de pavimentos.

3. DEFINICIONES

3.1 Adoquín de concreto.- Es una pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con la presente Norma.

3.2 Forma nominal.- Es la configuración del adoquín, pactada en la transacción comercial y expresada geométricamente en un plano con indicación de las medidas pertinentes.

3.3 Valor característico.- Es el número que resulta de adicionar o restar, según sea el caso, al valor promedio (\bar{X}) de los resultados de un ensayo, 1,5 veces la desviación estándar (σ) obtenida en el mismo.

$$\begin{aligned} \text{Valor característico} &= \bar{X} + 1,5 \sigma \text{ ó} \\ &= \bar{X} - 1,5 \sigma \end{aligned}$$

donde :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

\bar{X} es la media o promedio de los valores obtenidos en la muestra como resultado del ensayo correspondiente.

//..



X_1, X_2, \dots, X_n son los resultados que corresponden a los especímenes.

n es el número total de especímenes ensayados, que conforman la muestra.

3.4 Absorción.- Es el valor característico obtenido como resultado de aplicar a una muestra de adoquines, el método de ensayo descrito en 8.2, y se expresa como el porcentaje en peso del agua retenida en el adoquín, respecto a su peso seco.

3.5 Resistencia a la compresión.- Es el valor característico expresado en megapascuales *, obtenido como resultado de ensayar una muestra de adoquines conforme al método de ensayo descrito en 8.4.

3.6 Resistencia a la tracción por flexión.- Es el valor característico expresado en megapascuales *, obtenido como resultado de ensayar una muestra de adoquines, conforme al método de ensayo descrito en 8.5.

3.7 Tolerancia. Es la variación aceptada de la forma nominal, obtenida como resultado de ejecutar el ensayo descrito en 8.1 y expresada en porcentaje de la dimensión nominal considerada.

3.8 Partida.- La integran todos los adoquines de concreto de iguales características, especificados en la transacción comercial.

3.9 Lote.- Es cada uno de los conjuntos de adoquines de concreto de igual medida y tipo en que se fracciona la partida, para los efectos de muestreo y recepción.

3.10 Muestra.- Es el grupo de adoquines extraídos del lote, para ser inspeccionados y ensayados.

3.11 Especímen.- Es cada una de las unidades que integran la muestra.

4. CLASIFICACION

4.1 Los adoquines de concreto por su uso, se clasificarán en dos tipos :

- Tipo I - Adoquines para pavimentos de uso exclusivamente peatonal.
- Tipo II - Adoquines para pavimentos de uso vehicular y otros usos.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Materiales empleados.

5.1.1 Cementos.- Se utilizará cementos que cumplan con las Normas Técnicas Nacionales NTN (ITINTEC) respectivas. (Ver Capítulo 1).

5.1.2 Agregados.- Se utilizará agregados que cumplan con la Norma Técnica Nacional NTN (ITINTEC) 400.037.

(*) 1 megapascal (1 MPa) = 10,1978 kgf/cm²



5.1.3 Aditivos. - Cuando se requiera utilizar aditivos éstos deberán cumplir con la Norma Técnica Nacional ITINTEC 339.086.

5.1.4 Agua. - El agua que se utilice deberá cumplir con la Norma Técnica Nacional ITINTEC 339.088.

5.1.5 Colorantes. - Cuando se requiera utilizar colorantes, estos serán inorgánicos y libres de sustancias nocivas al concreto.

5.1.6 Designación. - Los adoquines de concreto se designarán por su uso, espesor y por la forma nominal de catálogo.

6. REQUISITOS

6.1 Aspecto superficial

Todas las unidades deberán estar libres de defectos o imperfecciones que puedan alterar su resistencia o dificultar su colocación. No se rechazará unidades con pequeños despostillamientos consecuencia del sistema de fabricación.

6.2 Requisitos geométricos

6.2.1 Forma. - La forma de los adoquines será la nominal (como ilustración Ver Fig. 1).

6.2.2 Dimensiones. - Las dimensiones serán las de la forma nominal, con los siguientes límites :

largo hasta 240 mm,
ancho hasta 120 mm, y
espesor cualquier múltiplo de 20 mm a partir de 40 mm, hasta 140 mm

Generalmente su masa no será mayor de 8 kg.

6.2.2.1 Tolerancias. - Las dimensiones reales promedio, no deberán diferenciarse de las dimensiones nominales, en más de 1% para el largo y ancho, y en más del 3% para el espesor.

6.3 Requisitos físicos para adoquines de concreto Tipo I.

6.3.1 El valor característico de la resistencia a la compresión para adoquines Tipo I, con espesor menor o igual a 60 mm, no será menor de 31,38 MPa (320 kgf/cm²).

6.4 Requisitos físicos para adoquines de concreto Tipo II.

6.4.1 Absorción. - El valor característico de la absorción que se obtenga en los adoquines no será mayor del 6%.

6.4.2 Resistencia a la compresión. - La resistencia a la compresión tendrá como mínimo los siguientes valores característicos.



Espesor nominal en milímetros	Valores característicos de resistencia a la compresión, mínimos en MPa (kgf/cm ²)
60	41,18 (420)
80	37,26 (380)
> 100	35,30 (360)

6.4.3. Resistencia a la tracción por flexión.- El valor característico de la resistencia a la tracción por flexión no será menor de 4,9 MPa (50 kgf/cm²).

7. MUESTREO, INSPECCION Y RECEPCION

7.1 Para efectos del muestreo, inspección y recepción, toda partida menor o igual a 100 000 unidades se considerará como un solo lote, las partidas mayores de 100 000 unidades se dividirán en tantos lotes de 100 000 ó fracción, como unidades tengan.

7.2 El muestreo se realizará al momento de la entrega.

7.3 Inspección visual

7.3.1 En cada lote determinado según 7.1, por simple inspección visual, se verificará si los adoquines cumplen con las características convenidas o declaradas por el fabricante y con el requisito de aspecto superficial indicado en 6.1. Para este propósito se extraerá al azar una muestra de 50 especímenes los cuales al ser inspeccionados, no deberá encontrarse más de 4 defectuosos para que el lote sea conforme. En el caso de encontrarse 5 o más defectuosos, se volverá a tomar del lote 50 especímenes adicionales y el lote será conforme si el número acumulado de defectuosos es 10 ó menor de 10, en caso contrario el lote se rechazará.

7.4 Muestreo para ensayos

7.4.1 Con el objeto de verificar el cumplimiento de los requisitos geométricos y físicos en los adoquines Tipo II, del total de los especímenes extraídos para la inspección visual, cuyo lote según 7.3 es conforme, se tomará una muestra de 24 especímenes cuando se trate del primero ó único lote de la partida, y 12 especímenes de cada uno de los lotes restantes.

7.4.2 Para el caso que se indica en 7.5.2, del lote dudoso se extraerá al azar una segunda muestra de 12 especímenes.

7.4.3 La secuencia y número de especímenes por ensayo para los adoquines Tipo II, se muestran en la Tabla 1.

7.4.4 Para los adoquines de concreto Tipo I, el tamaño de la muestra y el número de especímenes para los ensayos (determinación de dimensiones y resistencia a la compresión), será el 50% de lo indicado para los adoquines Tipo II.



TABLA 1 : Secuencia y número de especímenes por ensayo para adoquines Tipo II.

Secuencia de Ensayos	Cuando el lote es único, o primero de la partida.	Para cada lote de la misma partida excepto el primero
Tamaño de la muestra	24	12
1° Requisitos geométricos	24	12
<u>Requisitos físicos</u>		
2° Absorción	12*	6*
3° Resistencia a la compresión.	12	6
4° Resistencia a la tracción por flexión	12	6

(*) Después del ensayo de absorción, estos especímenes se distribuyen y someten a los ensayos restantes.

7.5 Aceptación o rechazo

7.5.1 Cada lote se aceptará si después de ensayada la muestra, incluyendo el remuestreo de ser el caso, esta cumple con todos los requisitos físicos y geométricos. De lo contrario el lote se rechazará.

7.5.2 Si la muestra de un lote que no es el primero, no cumple con uno o más requisitos, se practicará un segundo muestreo (Ver 7.4.2) y ejecutará los ensayos correspondientes.

El promedio de los resultados o el valor característico que se obtenga incluyendo los resultados de la primera muestra, determinará el cumplimiento o el incumplimiento de cada requisito.

8. METODOS DE ENSAYO

8.1 Método de ensayo para determinar las dimensiones

8.1.1 Instrumentos :

Regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable de longitud por lo menos igual a la de los especímenes o un calibrador de mordazas paralelas provisto de una escala con divisiones al milímetro y que permita fácilmente hacer las mediciones.



8.1.2 Especímenes de prueba

Los especímenes de prueba consisten en adoquines enteros, obtenidos según 7.4.

8.1.3 Procedimiento.

Se mide en cada espécimen con aproximación al milímetro, el largo, ancho, espesor y otras dimensiones si las hubiera. Cada dimensión se obtiene como promedio de por lo menos dos mediciones entre los puntos medios de las aristas extremas, en cada cara.

NOTA.- Las dimensiones angulares o curvas se determina utilizando plantillas o compases adecuados (Ver Anexo A).

8.1.4 Expresión de resultados

Se calcula el promedio de cada una de las dimensiones obtenidas en cada espécimen de la muestra y luego se determina el porcentaje de variación para cada dimensión mediante la siguiente expresión :

$$d = \frac{(D_r - D_n)}{D_n} \times 100$$

donde :

d = Diferencia dimensional en porcentaje con fracción decimal redondeada al entero más próximo.

D_r = Dimensión real promedio, en milímetros.

D_n = Dimensión nominal correspondiente, en milímetros.

8.1.5 Informe de resultados

Se indica la diferencia dimensional en porcentaje, encontrada en la muestra, para cada una de las dimensiones nominales.

8.2 Método de ensayo para determinar la absorción

8.2.1 Aparatos

8.2.1.1 Una estufa con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

8.2.1.2 Una balanza con capacidad no menor de 8 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 1,0 g.

8.2.1.3 Un recipiente lleno de agua que pueda contener a la muestra completamente sumergida.



8.2.2 Especímenes.

El ensayo se realiza con especímenes enteros. Antes de proceder al ensayo se deben alisar los bordes rugosos y punteagudos.

8.2.3 Procedimiento.

8.2.3.1 Se sumergen completa y separadamente los especímenes de la muestra en el recipiente con agua a temperatura comprendida entre 15°C y 30°C manteniéndolos así durante 24 horas. *ojo importante*

8.2.3.2 Transcurrido el tiempo indicado se les retira del recipiente con agua, se les seca el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan, registrándose el peso de cada espécimen como ph.

8.2.3.3 Cuidadosamente se colocan separados en la estufa y se les deja secar durante 5 horas a una temperatura de 110°C a 115°C luego se retiran, se dejan enfriar a temperatura ambiente y se pesan obteniéndose Ps.

8.2.4 Expresión de resultados.

8.2.4.1 La absorción de agua para cada espécimen, se calcula con la ecuación siguiente :

$$A = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

donde :

- A es la absorción de agua, expresada en porcentaje.
- ph es el peso del espécimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua, expresado en newtons.
- ps es el peso del espécimen seco, expresado en newtons.

8.2.4.2 Para determinar el valor característico de la absorción de la muestra, con los porcentajes de absorción de agua obtenidos en todos los especímenes ensayados se calcula el promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (σ) conforme se indica en 3.7 y se aplica la siguiente expresión :

$$a = \bar{x} + 1,5 \sigma$$

donde :
a es el valor característico de absorción, en porcentaje.



8.2.5 Informe

Se informa el valor característico obtenido.

→ 8.3 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión.

8.3.1 Aparatos

- Una máquina de las empleadas en los laboratorios para ensayos de compresión, cuyo plato superior esté provisto de una rótula esférica (cabeza móvil).
- Por cada espécimen, 2 planchas de triplay de 4 mm de espesor uniforme y que por lo menos superen en 5 mm al tamaño del espécimen.
- Un recipiente lleno de agua que pueda contener a los especímenes de la muestra completamente sumergidos.

8.3.2 Especímenes de prueba

Los especímenes para el ensayo consisten en unidades enteras, obtenidos según 7.4.

8.3.3 Procedimiento

8.3.3.1 Se determina las dimensiones del espécimen y se calcula el área que será normal a la carga. En el caso de formas irregulares se procede conforme al Anexo A.

8.3.3.2 Se sumergen completamente los especímenes en el recipiente con agua a temperatura comprendida entre 15°C y 30°C, manteniéndolos así durante 24 horas, luego de las cuales se retiran y limpian, alisando las caras de aplicación de carga.

8.3.3.3 Se limpian los platos de la máquina de ensayo y entre éstos se coloca el espécimen con las caras de contacto en posición horizontal y cubiertas con las planchas de triplay, y en forma tal que sus ejes estén correctamente alineados con el de los platos. Si los platos de la máquina, no llegan a cubrir las caras del espécimen (normales a la carga), se colocan planchas de acero de distribución de carga, debidamente centradas y cuyo espesor sea por lo menos 1/3 de la distancia entre el borde del plato y el vértice de esa cara del adoquín, en ningún caso dicho espesor será menor de 12,7 mm.

NOTA : Por circunstancias especiales puede utilizarse una máquina de cabezal fijo. En este caso las caras del espécimen se hacen paralelas aplicando una capa no mayor de 3 mm de espesor, de mortero plástico compuesta de cemento portland y yeso calcinado en partes iguales, u otro material cuya resistencia a la compresión supere a la del espécimen. Una vez fraguada o endurecida dicha capa no se permite resanes o capas superpuestas.

8.3.3.4 La carga se aplica uniformemente a una velocidad de $(15 \pm 3 \text{ N}) / (\text{mm}^2 \cdot \text{min})$ hasta que el espécimen se rompa.

8.3.4 Expresión de resultados

8.3.4.1 La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente expresión :



$$R_c = \frac{P}{A}$$

donde :

- R_c es la resistencia a la compresión del espécimen, en megapascuales.
- P es la carga de rotura del espécimen, en newtons.
- A es el área del espécimen, normal a la carga, en milímetros cuadrados.

8.3.4.2 Para determinar el valor característico de la resistencia a la compresión de la muestra ($f'c$), con los resultados obtenidos de todos los especímenes, se calcula el valor promedio (\bar{x}), la desviación estándar (σ) véase 3.7 y luego se aplica la siguiente expresión :

$$f'c = \bar{x} - 1,5 \sigma$$

8.3.5 Informe.- Se informa el valor característico obtenido.

8.4 Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión.

8.4.1 Principio del método

El método consiste en someter a un adoquín que se encuentra apoyado por sus extremos, a la acción de una carga lineal, uniformemente distribuida en el centro de la luz libre a lo largo de su ancho y gradualmente creciente, hasta que se produzca la rotura.

8.4.2 Aparatos

Máquina de ensayo.- De las empleadas en laboratorios para ensayos de compresión o tracción.

Tres barras lisas cilíndricas o semicilíndricas de 20 mm de radio, de mayor longitud que el ancho del adoquín con el que deben tener un contacto permanente y completo durante el ensayo (Ver Fig. 2).

Una regla de acero milimetrada de mayor longitud que el adoquín.

Un recipiente lleno de agua que pueda contener a los especímenes de la muestra completamente sumergidos.

8.4.3 Especímenes

La muestra se constituye con especímenes enteros obtenidos según 7.4.



8.4.4 Procedimiento

8.4.4.1 Se sumergen completamente los especímenes en el recipiente con agua a temperatura comprendida entre 15°C y 30°C, manteniéndolos así durante 24 h, luego de las cuales se les retira del agua y limpia.

8.4.4.2 Sobre la plataforma de la máquina y equidistantes de su centro, se colocan paralelamente con una separación l igual al largo del espécimen menos 50 mm, dos de las barras indicadas en 8.4.2, sobre las cuales se apoya el espécimen, como puede verse en la Figura 2.

8.4.4.3 Mediante la tercera barra que se coloca sobre el espécimen, paralela y equidistante de los apoyos, se aplica gradualmente una carga cada vez mayor hasta conseguir la rotura.

8.4.4.4 En la sección de rotura del espécimen se determina con aproximación al milímetro su ancho y espesor promedio.

8.4.4.5 Los adoquines de forma irregular se cortan para obtener especímenes prismáticos rectangulares del mayor tamaño posible.

8.4.5 Expresión de resultados

8.4.5.1 La resistencia a la tracción por flexión se determina con la ecuación siguiente :

$$R = \frac{3 P l}{2 b d^2}$$

donde :

- R Es la resistencia a la tracción por flexión obtenida en cada espécimen, en megapascales.
- P Es la carga de rotura en newtons.
- l Es la luz entre apoyos del espécimen, en milímetros
- b Es el ancho promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros
- d Es el espesor promedio del espécimen en la sección de rotura, en milímetros.

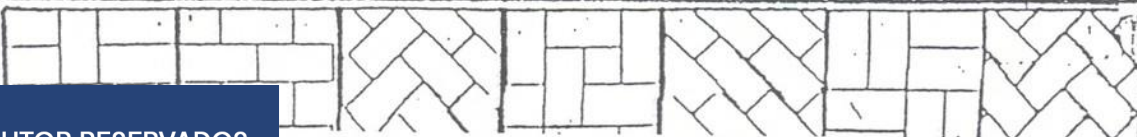
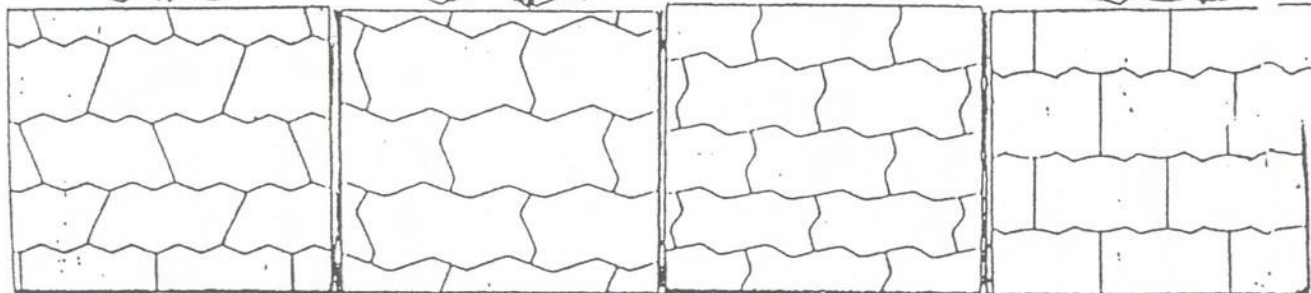
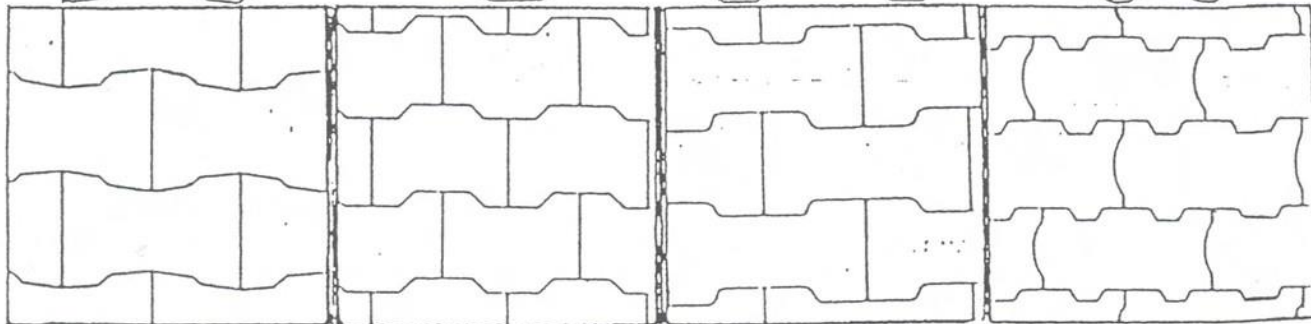
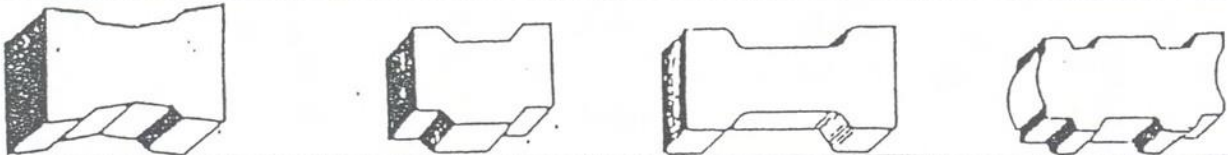
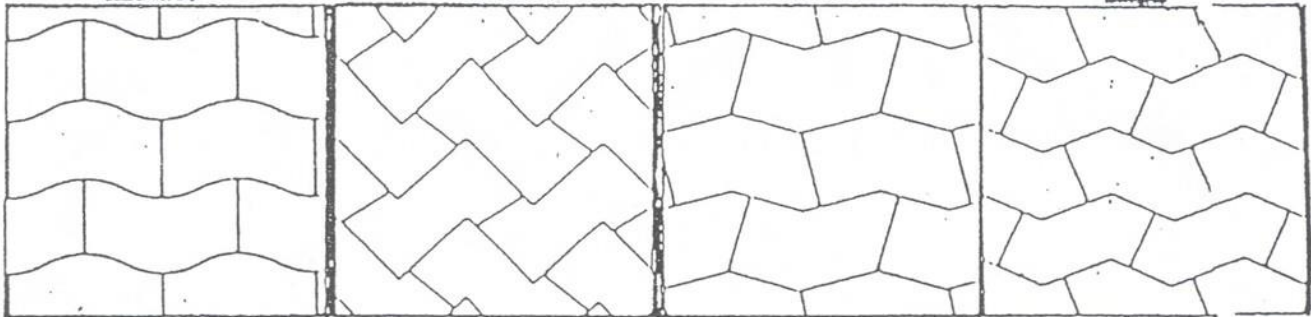
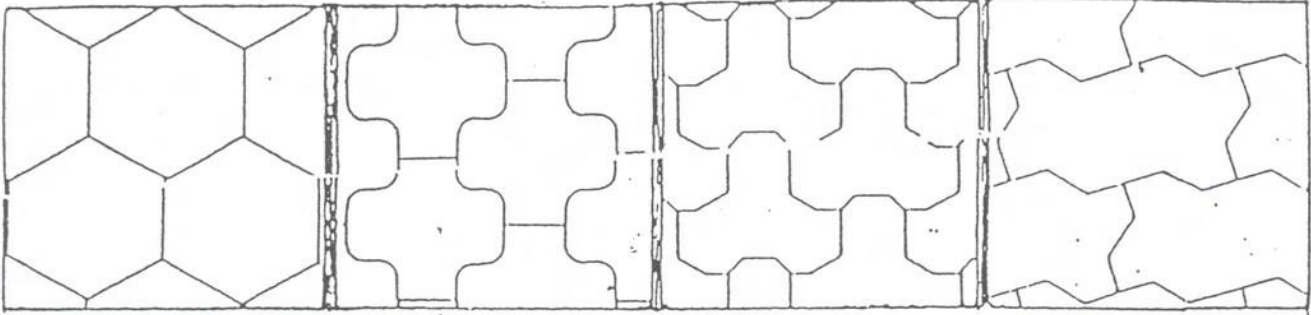
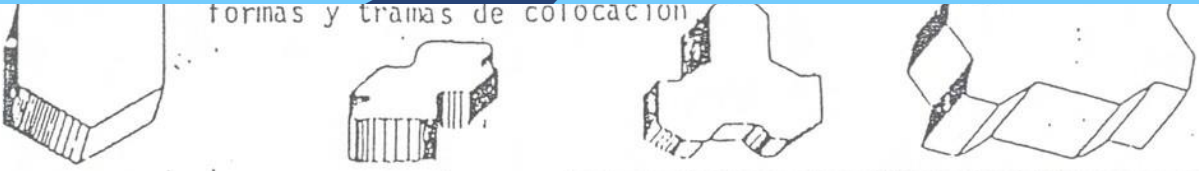
8.4.5.2 Para determinar el valor característico de la resistencia a la tracción por flexión (f'_t) de la muestra, se calcula el promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ) conforme se indica en 3.7 y se aplica la siguiente expresión:

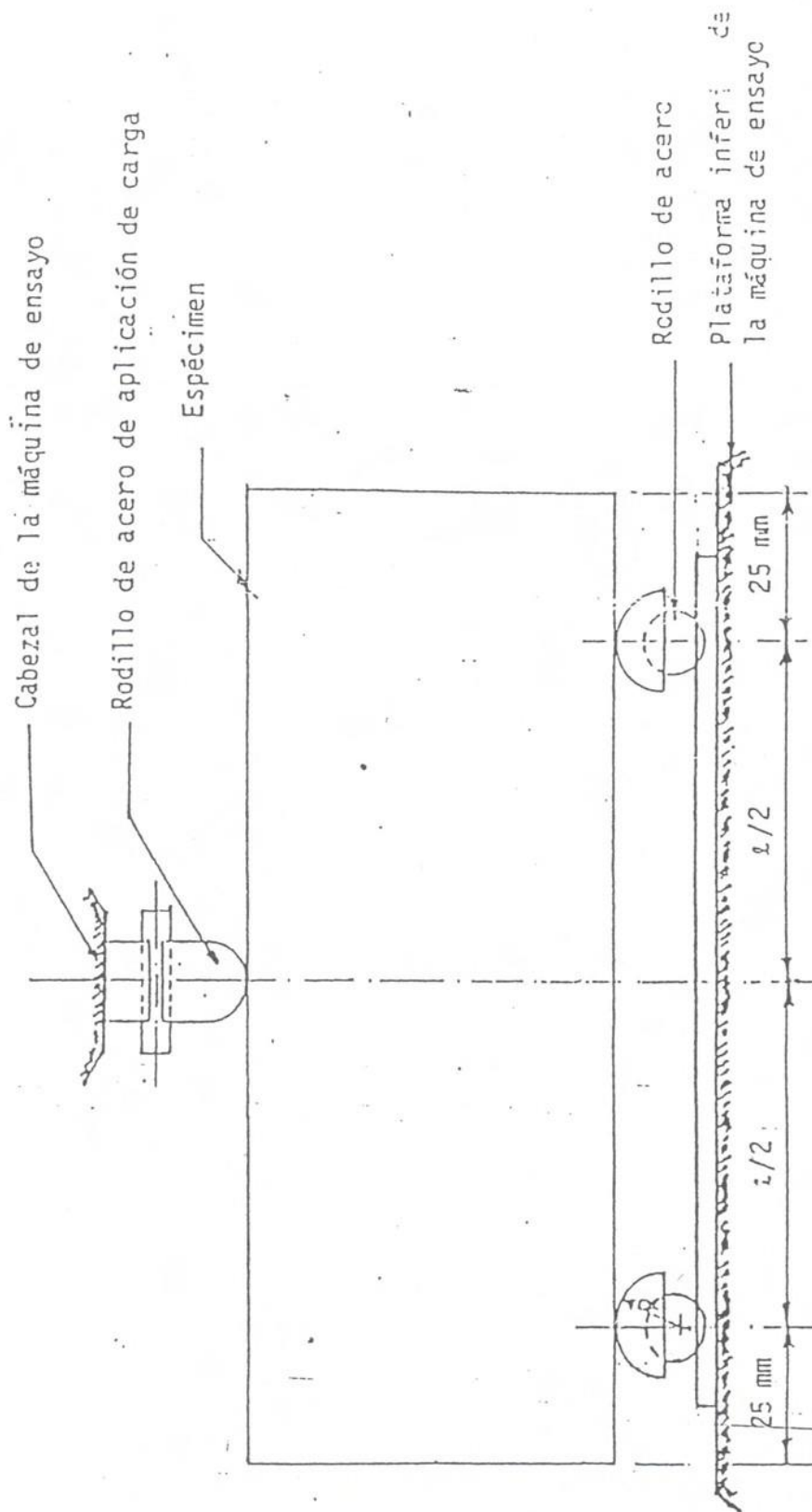
$$f'_t = \bar{X} - 1,5 \sigma$$

8.4.6 Informe.- Se informa el valor característico obtenido.



formas y tramas de colocacion





Pág. 12

Fig. 2 - Diagrama del ensayo para determinar la tracción por flexión en adoquines de concreto.

FIG-2



9. ANTECEDENTES

- 9.1 Para la elaboración de la presente Norma se consultó los siguientes documentos técnicos :
- 9.1.1 BS 6717 : Part 1 : 1986 Precast concrete paving blocks (Norma Británica).
 - 9.1.2 Specification for Precast concrete paving blocks - Cement and Concrete Association County Surveyors' Society Interpave.
 - 9.1.3 ASTM C 936-82 Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units.
 - 9.1.4 ASTM C 140-75 (Rev. 1980) Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units.
 - 9.1.5 ASTM C 293-79 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using simple beam with center-point loading).
 - 9.1.6 Informe sobre clasificación de los adoquines de concreto, preparado por el Ing. Héctor Gallegos Vargas (87-08-27)
 - 9.1.7 Manual construcción de pavimentos con adoquines de concreto-piedra, Héctor Gallegos V.
 - 9.1.8 Norma para adoquines de concreto usados en pavimentos - Fondo Metropolitano de Inversiones - INVERMET.
 - 9.1.9 Especificaciones Técnicas para pavimentos con adoquines de concreto - Ing. Héctor Gallegos.
 - 9.1.10 Adoquines de concreto - justificación para independizar las Normas Técnicas de Adoquines para Pavimentos Vehiculares y Peatonales - CONTISSA.
 - 9.1.11 Adoquines de concreto para vereda - CIA MINERA LUREN S.A.



A.1 Determinación de dimensiones en adoquines no rectangulares ni cuadrados

A.1.1 Instrumentos y materiales

- Regla o vernir con escala milimétrica y de una longitud que supere a la de los adoquines a medir.
- Escuadra de por lo menos 200 mm
- Punzón agudo o lápiz de punta fina
- Lámina suficientemente rígida (cartulina, cartón, ect.) que permita reproducir la forma del adoquín.

A.1.2. Procedimiento.

Apoyándose en una superficie plana, sobre la lámina, con trazo continuo y remarcado se dibuja en proyección horizontal la forma nominal o plantilla del adoquín, sobre ésta se coloca el espécimen procurando coincidencia o concentricidad entre ambos perímetros, luego desplazando el punzón o lápiz en posición vertical por el contorno apoyado del espécimen se reproduce su forma en la lámina, se retira el espécimen y se traza los ejes principales de la plantilla (largo y ancho) sobre cada uno de los cuales se mide la dimensión nominal (la de la plantilla) y la dimensión real (la del espécimen). Se puede determinar otras dimensiones trazando un eje por dos puntos apuestos cualquiera de la plantilla. Se repite el procedimiento con cada espécimen utilizando la misma plantilla.

A.2 Determinación del área de la cara de desgaste en adoquines no rectangulares ni cuadrados.

A.2.1 Método 1

A.2.1.1 Instrumentos y materiales.

Los mismos que se indican en A.1.1

A.2.1.2 Procedimiento.

Apoyando la cara de desgaste del espécimen sobre la lámina, mediante el punzón o lápiz se reproduce la forma de dicha cara en la lámina. Se retira el espécimen y por descomposición en figuras geométricas se determina el área de la figura.

A.2.2 Método 2

A.2.2.1 Instrumentos y materiales.

- Balanza con capacidad de 100 g y con precisión de 0,01 g
- Arco y sierra de calar
- Plancha de triplay de espesor uniforme de 4 mm
- Lija fina para madera
- Regla, escuadra, punzón o lápiz como se indica en A.1.1



A.2.2.2 Procedimiento.

Sobre un extremo de la plancha de triplay puesta en una superficie horizontal, se coloca el espécimen con su cara de desgaste íntegramente apoyada, luego mediante el desplazamiento del punzón o lápiz por el contorno apoyado del espécimen, se reproduce su forma en el triplay. Se retira el espécimen y adyacente a la figura obtenida se traza un rectángulo de 200 mm x 100mm; ambas figuras se cortan siguiendo el respectivo trazo y teniendo cuidado que el ancho de traba de la sierra no afecte el área de las figuras. Con la lija se limpia el perfil de corte y se elimina todas las áreas exteriores al trazo si las hubiera; por último se determina la masa de cada polígono.

A.2.2.3 Expresión de resultados.

El área de la cara de desgaste del espécimen se calcula con la siguiente expresión :

$$Ad = \frac{20\ 000\ Ma}{Mr}$$

donde :

Ad es el área de la cara de desgaste del espécimen, en milímetros cuadrados.

Ma es la masa de la plantilla del espécimen, en gramos

Mr es la masa del rectángulo, en gramos.
