



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Condori Medina, Marco Italo (ORCID: 0000-0002-0323-2128)

ASESOR:

M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi querida esposa e hijos, que son lo más valioso que tengo en la vida; a mis padres, quienes han creído en mí siempre, dándome su apoyo incondicional sobre todo en lo moral. Así mismo, brindándome los medios económicos necesarios para mi formación profesional.

A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han inculcado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha conllevado a alcanzar este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Condori Medina, Marco Italo.

Agradecimiento

A la Universidad Privada César Vallejo, por brindarme la oportunidad de poder realizar mi investigación y así lograr la titulación anhelada.

Al M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy, por su asesoría metodológica y apoyo constante en la redacción de esta investigación.

Condori Medina, Marco Italo.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad.....	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de anexos	x
Índice de abreviaturas	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Validez y confiabilidad.....	27
3.6. Procedimientos.....	28
3.7. Método de análisis de datos.....	32
3.8. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIONES	69
VI. CONCLUSIONES.....	75
VII. RECOMENDACIONES	77
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
IX. ANEXOS	81

Índice de tablas

Tabla 1. Características de los grupos de suelos A-1 a A-3 según AASHTO.	13
Tabla 2. Características de los grupos de suelos A-4 a A-7 según AASHTO.	14
Tabla 3. Resistencia a compresión para los adoquines de concreto.....	16
Tabla 4. Nivel de servicio y categorías de acción del ICP.....	19
Tabla 5. Clasificación general de los deterioros de pavimentos adoquinados.	20
Tabla 6. Número de adoquines considerados en la investigación.....	25
Tabla 7. Validez del instrumento.	27
Tabla 8. Tabla de confiabilidad.....	27
Tabla 9. Granulometría del agregado grueso.....	33
Tabla 10. Módulo de finura, TMN y tamaño máximo del agregado grueso.	34
Tabla 11. Contenido de humedad del agregado grueso.	34
Tabla 12. Densidad aparente suelta del agregado grueso.....	35
Tabla 13. Densidad aparente compactada del agregado grueso.	35
Tabla 14. Porcentaje de vacíos del agregado grueso.	35
Tabla 15. Densidad relativa del agregado grueso.....	36
Tabla 16. Granulometría del agregado fino.....	36
Tabla 17. Módulo de finura, TMN y tamaño máximo del agregado fino.	37
Tabla 18. Densidad aparente suelta del agregado fino.	38
Tabla 19. Densidad aparente compactada del agregado fino.	38
Tabla 20. Porcentaje de vacíos del agregado fino.	38
Tabla 21. Densidad relativa y absorción del agregado fino.....	38
Tabla 22. Dosificación del concreto en peso seco y húmedo.....	39
Tabla 23. Dosificación del concreto por peso.....	39
Tabla 24. Resistencia a compresión de adoquines sin y con PET de 1.69 mm ...	40
Tabla 25. Estadísticos descriptivos de RC con PET de 1.69 mm.....	40
Tabla 26. Resistencia a compresión de adoquines sin y con PET de 0.27 mm ...	42
Tabla 27. Estadísticos descriptivos de RC de adoquines con PET de 0.27 mm ..	43
Tabla 28. RC de adoquines con variado espesor y 3 % de PET.....	46
Tabla 29. Descriptivos de RC de adoquines con variado espesor y PET al 3 % .	46
Tabla 30. RC de adoquines con diferente grado y 3 % de PET.	49
Tabla 31. Descriptivos de la RC de adoquines con variado grados y PET al 3 %	49

Tabla 32. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	52
Tabla 33. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	52
Tabla 34. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	53
Tabla 35. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	53
Tabla 36. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	53
Tabla 37. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	53
Tabla 38. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	54
Tabla 39. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	54
Tabla 32. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	56
Tabla 33. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	56
Tabla 34. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	57
Tabla 35. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	57
Tabla 36. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	58
Tabla 37. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	58
Tabla 38. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	58
Tabla 39. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	59
Tabla 32. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	61
Tabla 33. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	61
Tabla 34. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	61
Tabla 35. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	61
Tabla 36. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	62
Tabla 37. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	62
Tabla 38. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	63
Tabla 39. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	63
Tabla 32. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	65
Tabla 33. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	65
Tabla 34. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	66
Tabla 35. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	66
Tabla 36. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	66
Tabla 37. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	66
Tabla 38. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	67
Tabla 39. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	67

Índice de figuras

Figura 1: Residuos de plásticos.	2
Figura 2: Ubicación del departamento de Puno.	5
Figura 3: Pavimento adoquinado.....	15
Figura 4: Tipos de adoquín.....	15
Figura 5: Partes de un pavimento adoquinado.....	17
Figura 6: Fallas en pavimentos adoquinados.....	18
Figura 7: Categoría de tráfico.....	18
Figura 8: Contenedor para residuos reciclables.....	21
Figura 9: Diagrama de flujo para el desarrollo de la investigación.	28
Figura 10: Vista de los agregados previos a su caracterización.....	29
Figura 11: Tamizado del agregado fino.....	29
Figura 12: Vista del tereftalato de polietileno.....	30
Figura 13: Vista de los materiales para la elaboración de los adoquines.	30
Figura 14: Vista de los adoquines sin y con PET reciclado.....	31
Figura 15: Colocado del adoquín para la resistencia a compresión.....	31
Figura 16: Vista de adoquín roturado.	32
Figura 17: Curvas de granulometría del agregado grueso.	34
Figura 18: Curvas de granulometría del agregado fino.	37
Figura 19: Resistencia a compresión de los adoquines con PET de 1.69 mm.....	41
Figura 20: Resistencia a compresión de adoquines con PET de 1.69 mm	41
Figura 21: Variación de la resistencia a compresión con PET de 1.69 mm	42
Figura 22: Variación de la resistencia a compresión con PET de 0.27 mm	44
Figura 23: Resistencia a compresión de los adoquines con PET de 0.27 mm.....	44
Figura 24: Variación de la resistencia a compresión con PET de 0.27 mm	45
Figura 25: Variación de la resistencia a compresión con variados espesores.	47
Figura 26: Resistencia a compresión con variados espesores.....	47
Figura 27: Variación porcentual de la resistencia a la compresión de adoquines.	48
Figura 28: Variación de resistencia a compresión con variados grados.....	50
Figura 29: Comparación de la resistencia a compresión con variados grados.....	50
Figura 30: Variación de resistencia a la compresión con variados espesores.	51
Figura 31. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	52

Figura 32. Distribución T de studentadoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	53
Figura 33. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	54
Figura 34. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	54
Figura 35. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	57
Figura 36. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	58
Figura 37. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	59
Figura 38. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	61
Figura 39. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	62
Figura 40. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	63
Figura 41. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	63
Figura 42. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.	65
Figura 43. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.	66
Figura 44. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.	67
Figura 45. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.	67

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	82
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables.....	83
Anexo 3. Reporte de Turnitin.....	84
Anexo 4. Validez de Expertos	85
Anexo 5. Certificados de laboratorio	87
Anexo 6. Certificados de calibración de equipos.....	103
Anexo 7. Panel fotográfico	148

Índice de abreviaturas

NTP	: Norma Técnica Peruana.
PET	: Tereftalato de polietileno.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelo.
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Resumen

Esta investigación se realizó en el distrito y provincia de Puno en el departamento de Puno, donde se evidenció que el crecimiento poblacional trae consigo la necesidad de extracción de materiales pétreos para la elaboración de diversos elementos estructurales; asimismo, se denota la presencia de desechos reciclables como el tereftalato de polietileno que el mayoría de casos no es dispuesto correctamente ni cuentan con un uso alternativo, en tal situación se consideró como objetivo mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano por medio del tereftalato de polietileno reciclado.

El método que se empleó en esta tesis fue el hipotético – deductivo, el diseño fue experimental y el nivel fue explicativo, esto en base a un tipo de investigación aplicada. Consecuentemente, se elaboraron 45 adoquines de 80 mm sin y con escamas de PET (de 5 mm) bajo proporciones de 3 % y 7 %, además de espesores de 0.27 mm y 1.69 mm; es decir 9 adoquines en cada uno de los grupos; consecuentemente, se procedió a medir la resistencia a compresión de estos a los 7, 14 y 28 días de acuerdo a lo especificado en la NTP.399.611.

Como resultados se encontró que, la resistencia a compresión al emplear 3 % y 7 % de PET de 1.69 mm fue de 348.63 kg/cm² y 344.50 kg/cm²; mientras que al considerar un espesor de 0.27 mm fue de 345.77 kg/cm² y 340.57 kg/cm²; donde fue menor en comparación de lo encontrado para el adoquín con concreto convencional de 353.67 kg/cm². Entonces, se concluyó que el PET no incrementa la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano en Puno, no obstante, con el 3 % de PET de 1.69 mm (348.63 kg/cm²) presentó mejores resultados en comparación de 3 % de 0.27 mm (0.83 % más), además de 7 % con 1.69 mm (1.20 % más) y 0.27 mm (2.37 % más).

Palabras clave: resistencia a compresión, tereftalato de polietileno reciclado, adoquín, tránsito liviano.

Abstract

This research was carried out in the district and province of Puno in the department of Puno, where it was shown that population growth brings with it the need for extraction of stone materials for the production of various structural elements; also, the presence of recyclable waste such as polyethylene terephthalate is denoted, which in most cases is not disposed of properly and does not have an alternative use, in such a situation it was considered as an objective to evaluate the polyethylene terephthalate in the compressive strength in paving stones for urban pavements for light traffic.

The method used in this thesis was the hypothetical-deductive method, the design was experimental and the level was explanatory, based on a type of applied research. Consequently, 45 paving blocks of 80 mm without and with PET flakes (of 5 mm) were produced under proportions of 3 % and 7 %, in addition to thicknesses of 0.27 mm and 1.69 mm; that is, 9 paving blocks in each of the groups; consequently, the compressive strength of these was measured at 7, 14 and 28 days in accordance with the specifications of NTP.399.611.

As results, it was found that the compressive strength when using 3 % and 7 % of 1.69 mm PET was 348.63 kg/cm² and 344.50 kg/cm²; while when considering a thickness of 0.27 mm it was 345.77 kg/cm² and 340.57 kg/cm²; where it was lower compared to what was found for pavers with conventional concrete of 353.67 kg/cm². Therefore, it was concluded that PET does not increase the compressive strength of pavers for light traffic urban pavements in Puno, however, with 3 % of PET of 1.69 mm (348.63 kg/cm²) it presented better results compared to 3 % of 0.27 mm (0.83 % more), as well as 7 % with 1.69 mm (1.20 % more) and 0.27 mm (2.37 % more).

Keywords: compressive strength, recycled polyethylene terephthalate, pavers, light traffic.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Avila (2019) menciona que, en los últimos años a nivel mundial el pavimento adoquinado de concreto está siendo utilizado en diferentes obras comportándose satisfactoriamente, además de tener un menor impacto ambiental y avance tecnológico generando empleo y tecnología; como también en Latinoamérica se vienen elaborando trabajos con pavimento adoquinado como alternativa, medio factible y renovable.

Condori (2018) detalla que, en Perú y específicamente en Puno se experimenta un enorme problema a consecuencia de la falta de condiciones en calles y avenidas trayendo consigo innumerables pérdidas a la región, en los cuales se puede mencionar, tránsito lento, encharcamientos, accidentes y otros en particular; estos a su vez pueden estar conexos a la calidad que esta realizado como al presupuesto de la pavimentación, es por esta razón que es necesario dar una solución práctica, factible y sostenible. Como también es de conocimiento que para mantener las superficies de rodamiento en calles y avenidas están los presupuestos que tienen las instituciones regionales y locales del estado las cuales no están correctamente dirigidos por lo cual los capitales no llegan a lograr financiar los trabajos para mantenimiento, reparación y otros.

Pastor et al. (2015) mencionan que, en la actualidad la preocupación del hombre por el medio ambiente tiene mayor importancia e interés con el pasar de los años, innumerables son los productos que se generan a partir de los desechos plásticos como el inadecuado manejo de estos; es por ello que entidades públicas y privadas conllevan a realizar productos diferentes y ecológicos contrarrestando así esta contaminación ambiental; el manejo inadecuado de estos residuos plásticos (tereftalato de polietileno) llega a afectar considerablemente a gran parte de los países del mundo, para lidiar con este problema ambiental es necesario invertir gran cantidad de recursos tecnológicos y económicos para su traslado a lugares adecuados. Es sustentable este producto reciclable ya que busca mejorar recursos disminuyendo el impacto ambiental.

En el departamento de Puno, uno de los problemas más críticos que existe es de la contaminación ambiental con desechos reciclables donde una mayor parte proviene de las botellas de plástico ya que no existe un lugar adecuado para su instalación y no concientizar a la población en la región como se puede ver en la *Figura 1*. Por otro lado, existe gran cantidad de agregados de calidad para la producción de concretos y morteros, en la actualidad se tiene implementado varios centros de producción de bloquetas de mortero en toda la región que se utiliza en la construcción de viviendas. Considerando las características de la población se considera ventajosa la producción de adoquines para la pavimentación de las vías, estas unidades de adoquines serán mejoradas sobre todo en sus propiedades mecánicas con adición de plásticos reciclados en proporción adecuada que permita cumplir con las especificaciones de la norma CE. 010 pavimentos urbanos. Las proporciones de adición de plásticos reciclados serán tratados a manera 2 tipos de láminas en proporciones de 3 % y 7 % en peso del agregado fino del que se seleccionará el que mejore en mayor cuantía las propiedades mecánicas de los adoquines en lo que respecta la resistencia en compresión.

Para finalizar, el desarrollo del proyecto de investigación procuró encontrar una posibilidad factible, práctica y económica de aclarar las deficiencias que se encuentra en las calles y avenidas del departamento de Puno realizando la producción de unidades de adoquines de mortero adicionados con PET (tereftalato de polietileno) para la pavimentación de las vías urbanas, por la cercanía de los agregados de calidad en cantidades requeridas permitirá lograr costos económicos en las obras de pavimentación.



Figura 1: Residuos de plásticos.
Fuente: Los Andes (2019).

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cómo el tereftalato de polietileno reciclado mejora la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022?

Problemas específicos

- ¿Cuánto es la proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado que incrementaría la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?
- ¿Cuál es el espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado que produciría mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?
- ¿Cuál es el tipo de tereftalato de polietileno reciclado que determinaría mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?

1.3. Justificación

Justificación técnica

El actual proyecto contribuye al estudio de formas de pavimentación con adoquines mediante la utilización de nuevos recursos, en este caso del tereftalato de polietileno; es así que, reemplazando un determinado porcentaje del adoquín de concreto con residuos plásticos con el objetivo de hacer un eficaz manejo de este recurso, se realizó pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de las unidades de adoquines con integración de tereftalato de polietileno a 3 % y 7 % con diferentes espesores (0.27 mm y 1.69 mm).

Justificación económica

Para los gobiernos regionales y locales demanda un gran esfuerzo la realización de proyectos de pavimentación por el elevado presupuesto que este conlleva; por tanto, es de importancia el adecuado diseño para su construcción para que de tal manera cree un buen beneficio económico en el desarrollo; por ello que, mediante

la producción de adoquines ecológicos, se pudo disminuir el costo de producción y así lograr el adoquinado de las calles, avenidas y urbanizaciones de la región de Puno; así como generar oportunidades de trabajo gracias al estudio de nuevos materiales de construcción.

Justificación social - ambiental

Esta investigación se justifica porque logra tener relevancia especial con la ayuda del medio ambiente en la región de Puno, en la cual por medio de recolección de residuos plásticos (tereftalato de polietileno) y el empleo de estos estaría reduciendo gran parte de la posible contaminación ambiental.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano por medio del tereftalato de polietileno reciclado.

Objetivos específicos

- Incrementar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano mediante una proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado.
- Producir mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano a través de un espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado.
- Determinar mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano haciendo uso de un tipo de tereftalato de polietileno reciclado.

1.5. Hipótesis

Hipótesis general

El tereftalato de polietileno reciclado mejora la resistencia a compresión de los adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

Hipótesis específicas:

- Una proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado incrementa la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- Un espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado produce mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- El tipo de tereftalato de polietileno reciclado determina mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

1.6. Delimitación

Delimitación espacial

La siguiente investigación se delimita de la siguiente manera:

- Departamento y provincia : Puno.



Figura 2: Ubicación del departamento de Puno.
Fuente: <https://acortar.link/MPnsAZ>

Delimitación temporal

La presente investigación se elaboró demandando aproximadamente los meses de abril hasta julio del año 2022, en el cual se recolectó los datos, se realizó el trabajo

en gabinete y laboratorio, con la finalidad de lograr una opción de pavimentación con adoquines incorporando PET.

Delimitación económica

La siguiente investigación fue financiada en su totalidad por el investigador.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Nacionales

Marin (2020), en el trabajo de investigación titulado: “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del adoquín 6 Tipo II, Reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019”, tuvo como objetivo valorar las características físicas mecánicas del adoquín 6 tipo II, sustituyendo el agregado por caucho reciclado, además de determinar la tolerancia, densidad, absorción de las unidades individuales, en este caso 3 unidades para cada uno. En su metodología de investigación utilizó el enfoque cuantitativo, nivel descriptivo correlacional, método hipotético deductivo y diseño cuasiexperimental. Como resultado y conclusión manifiesta: Que los productos que resultaron en los ensayos se asemejan al adoquín patrón y que mayor densidad son los de 3 % y 6 % de caucho, como también desempeñan con las medidas que valoran sus características del adoquín 6 tipo II, así como la tolerancia y estándares que están en de la NTC 399.611. Con lo que conciernen a la resistencia de flexión es admisible para la norma NTG 41086 y en cuanto a compresión y absorción efectúan con la NTP 399.611.

Fernandez (2019), en el trabajo de investigación titulado: “Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I”; tiene como objetivos comprobar las características, porcentajes de dosificación y evaluar la conducta físico-mecánico del adoquín, así como reducir el precio de este con Polietileno Tereftalato. La metodología de la investigación es el método comparativo, tipo aplicada, descriptivo y comparativo y un diseño de investigación experimental. Llegando a tener como resultado que, se evaluó según las normas ITINTEC 339.124 1988 y norma NTP 399.604 frente a las características físicas mecánicas del adoquín tradicional y adoquín con PET las dimensiones de ancho y largo de adoquines no se alteraron en más de 1.4 mm y la diferenciación del grosor fue menor a 3.1 mm con relación a las proporcionadas en nuestro producto. La variación fue de 1.04 mm, 1.19 mm y 0.81 mm para el largo ancho y grosor respectivamente, la norma indica que debe de ser 6 % en promedio para los ensayos de absorción, los adoquines con PET al 0.25 % es de 4.27, el de

0.50 % es de 4.25 y al 0.75 % es de 4.92, siendo este último el que presenta mayor absorción que los adoquines tradicionales que tiene promedio de 3.67. Para los ensayos de flexión las unidades con PET al 0.25 % es de 64.47 kg/cm², el de 0.50 % es de 60.23 kg/cm² y al 0.75 % es de 50.68 kg/cm², realizando una comparación con el adoquín tradicional donde su flexión es de 66.29 kg/cm² se identifica que baja su resistencia a mayor incremento de PET. Para en la resistencia a compresión los adoquines con PET al 0.25 % es de 444.64 kg/cm², el de 0.50 % es de 464.08 kg/cm² y al 0.75 % es de 404.75 kg/cm² con diferencia al adoquín tradicional que su resistencia es de 365.16 kg/cm².

Avila (2019), en el trabajo de investigación titulado: "Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral"; tiene como objetivo elaborar adoquines para pavimentos, explicar un estudio de tráfico, examinar de qué manera influye en el diseño la capacidad de aguante de la subrasante y establecer el análisis técnico, económico para la pavimentación y modificación vial en Huaral; el método de la tesis fue con el método científico, tipo aplicada, nivel explicativo con enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Es así que como resultado y conclusiones manifiesta que: Lo más recomendable para la pavimentación en Huaral es de pavimentación con adoquines rectangulares, ya que se estableció el estudio de tráfico para el eje semejante y el espesor de la sub rasante se localiza en la categoría S₅: Sub rasante extraordinaria, por tener un óptimo CBR de 32.40 %.

Rey (2018), en el trabajo de investigación titulado: "Propiedades físico – mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10 % y 15 % de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulados"; tiene por objetivo que para pavimentos de tránsito moderado en Cajamarca al reemplazar el agregado grueso de un adoquín con caucho y residuos reciclables a 10 % y 15 % se efectuará un análisis físico-mecánicas, además de diseñar las proporciones de elaboración de adoquines convencionales y determinar las particularidades en laboratorio; utilizando el tipo de investigación experimental. El resultado de la siguiente investigación se establece que con la adición de trozos de caucho a un porcentaje del 15 % no cumple con la norma NTP en cambio a agregar a un 10 % de caucho cumplen con las exigencias de esta norma, cabe también mencionar que

la fibra de polipropileno en el concreto es importante si se quiere que este tenga mejor resistencia, calidad, durabilidad con el transcurrir del tiempo.

Condori (2018), en el trabajo de investigación titulado: "Tratamiento del vidrio reciclado para la producción de adoquines en pavimentos articulados de la ciudad de Puno" tiene como objetivo la producción de adoquines para pavimentos articulados con vidrio reciclado para la ciudad de Puno, a su vez con porcentajes de 0 %, 10 %, 20 %, 30 % y un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ establecer las características físicas y mecánicas, para conseguir la resistencia a compresión en 7, 14 y 28 días. La metodología que se realizó es de enfoque cuantitativo tipo experimental y nivel explicativo. Dentro de los resultados se encontró que la resistencia a la compresión en los 7 días con 0 % de vidrio fue de 265.08 kg/cm^2 , con 10 % de vidrio fue de 221.05 kg/cm^2 , con 20 % de vidrio a 242.43 kg/cm^2 y 30 % de vidrio a 280.88 kg/cm^2 . A los 14 días con 0 % de vidrio fue de 306.86 kg/cm^2 , con 10% de vidrio fue de 290.58 kg/cm^2 , con 20 % de vidrio a 299.45 kg/cm^2 y 30 % de vidrio a 335.67 kg/cm^2 . A los 28 días con 0 % de vidrio fue de 340.11 kg/cm^2 , con 10 % de vidrio fue de 313.47 kg/cm^2 , con 20 % de vidrio a 329.25 kg/cm^2 y 30 % de vidrio a 337.22 kg/cm^2 .

Internacionales

Montiel (2017), en el trabajo de investigación titulado: "Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales", tuvo como objetivo ejecutar un estudio para el uso de residuos reciclables y se llegue a comprobar si es factible para la elaboración de adoquines convencionales y así lograr una cadena de producción de estas. En cuanto a los resultados, se logró observar que, para la mezcla de concreto, el caucho optimiza la trabajabilidad de los adoquines adicionados con caucho. Además, el ensayo de resistencia a la compresión que se realizó en el laboratorio, los adoquines rectangulares no lograron los resultados de diseño, por otro lado el que logro un óptimo camino fue al que se le adiciono en un 12 % respecto al de 25 %, diferente fue la respuesta al ensayo de abrasión dende el concreto muestra mejoría en sus propiedades.

Pariguamán (2017), en la tesis para obtener el grado de doctor “Correlación entre las propiedades mecánicas de los adoquines ecológicos fabricados con agregados reciclados adoquines convencionales”, realizado en Ecuador, tiene como objetivo comprobar la correlación de los adoquines convencionales y ecológicos siendo sus dimensiones 0.20 m x 0.10 m x 0.06 m como sus propiedades mecánicas de estos para adquirir la composición alternativa reusando latas de aluminio y vidrio al 0 %, 10 %, 20 % y 30 % en función a su volumen a su vez contribuir con el cuidado del medio ambiente; es así que se ejecutó el ensayo a la compresión por cada porcentaje. Como resultado en cuanto al costo por m² fue de 16.16 \$ al 0 % con adición de agregado reciclable, 15.17 \$ al 10 % de adición de residuos reciclables, 14.50 \$ al 20 % con adición de residuos reciclables y de 13.50 \$ al 30 % con adición de residuos reciclables. Así también se pudo llegar a una resistencia de 32.71 kg/cm² con 0 %, 74.17 kg/cm² con 10 %, 56.79 kg/cm² con 20 % y 45.91 kg/cm² con un 30 % de residuos reciclables.

Estrada (2017), en el trabajo de graduación “Uso del material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado fino para mezclas de concreto para la elaboración de adoquines” realizado en la ciudad de Guatemala, cuyo objetivo fue de reducir la contaminación ambiental elaborando adoquines de concreto reutilizando material reciclado como agregado y a su vez diseñar una mezcla de concreto con porcentaje de PET en un 0 %, 5 %, 7 % y 15 %, así como un estudio de costos en las proporciones utilizadas y determinar su posibilidad; las dimensiones de los adoquines elaborados fueron de 0.25 m de largo, 0.22 m de ancho y 0.095 m de alto; como resultado de los ensayos determinó que como mejor valor obtenido para la resistencia a la abrasión fue el de agregado de porcentaje en 7 % con un 106.59 kg/cm² al del concreto convencional con un 101.21 kg/cm².

Mahyar, Reza y Taheri (2016) en el siguiente artículo: “The effect of using polyethylene terephthalate particles on physical and strength-related properties of concrete; a laboratory evaluation”; se estudió, las partículas de PET, para tener como objetivo mejorar las propiedades mecánicas de concreto. Por lo tanto, aplicando los resultados de esta investigación a las prácticas constructivas del mundo real, no sólo es la cantidad de estos subproductos de larga duración reducidos, pero también la ingeniería se refuerza el comportamiento de los

hormigones fabricados. Se ha comprobado que estas partículas podrían reemplazar satisfactoriamente los agregados finos en un diseño de mezcla de concreto, si se encuentra un diseño de mezcla apropiado y las simulaciones de laboratorio correspondientes se realizan antes del campo real. Como resultado de las mediciones de densidad seca y fresca mostraron que agregar fragmentos de residuos plásticos a la mezcla de concreto redujo tanto el fresco y densidades secas del concreto. La máxima pérdida de densidad fue igual al 9 % y se produjo en las muestras que tenían el 30 % de fragmentos de plástico. Por otro lado, un incremento en el concreto la edad de curado aumentó el valor de la densidad seca del hormigón. La disminución de la densidad puede contribuir a la producción de hormigón ligero. Si este hormigón se utiliza en diferentes partes de las estructuras, podría reducir los daños resultantes del colapso de estructuras durante una contracción repentina o natural tensión resultante de un terremoto. Entre sus conclusiones menciona que la mezcla de áridos y fragmentos de PET en mortero es eficaz en términos de la estructura física y la resistencia del hormigón. Además, esta mezcla modifica el comportamiento del hormigón frente al estrés.

Martinez y Cote (2014), en el artículo científico, "Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET", realizado en Colombia tiene como objetivo diseñar y fabricar un ladrillo en el cual estarán compuestas por escamas de Tereftalato de Polietileno y cemento; es por ello que utilizando una máquina de tracción PCE-MTS500 se ensayaron variedad de composiciones con diversas pruebas de resistencia y comprensión. Es así que en comparación con los ladrillos tradicionales este logra un producto resistente según la norma NTC 673; también se puede comprobar que un ladrillo tradicional llega a un esfuerzo de 4480 kgf y la muestra con escamas de Tereftalato de Polietileno muestra un esfuerzo de comprensión de 5600 kgf. Se compararon los costos relativos con los del mercado actual brindando un excelente costo beneficio.

2.2. Bases teóricas

Sistema de clasificación SUCS

Montejo (2002), la base del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es la Carta de Plasticidad, resulta de una investigación elaborada por A. Casagrande, la

investigación en el laboratorio dio como resultado que si se ubican los suelos en un sistema de coordenadas que posea al índice plástico en las ordenadas y al límite líquido en el eje de abscisas, es así que las particularidades de plasticidad y propiedades hidráulicas, mecánicas cualitativamente definidas esto ocurre ya que se juntan de tal forma que cada zona se sitúan los suelos; también que los suelos vecinos tienen propiedades similares sin embargo los que están más distantes las tiene diferentes. Teniendo en cuenta esta información, Casagrande logro instaurar en la gráfica fronteras que apartan a los materiales finos en varios grupos de propiedades semejantes.

Sistema de clasificación AASHTO

Según Montejo (2002), los suelos están catalogados en 8 grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos inorgánicos están catalogados en 7 grupos escogidos por los símbolos A-1 al A-7. Al mismo tiempo estos se fragmentan en un total de 12 subgrupos. Los suelos con alta proporción de material orgánico se clasifican como A-8, como se puede mostrar en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Características de los grupos de suelos A-1 a A-3 según AASHTO.

Grupo de clasificación	A-1		A-2				A-3
Característica del grupo	Mezcla bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedras, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.		Comprende gran variedad de material granular que contiene menos del 35 % de material fino.				Arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad, incluye las arenas de río que contienen poca grava y arena gruesa.
Subgrupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-2-4 y A-2-5		A-2-5 y A-2-7		
Característica del subgrupo	Comprende materiales formados predominantemente por piedra o grava con o sin material ligante bien graduado.	Incluye materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante.	Suelos cuyo contenido de material fino es $\leq 35\%$ y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente. Incluyen suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) que tengan un contenido de limo o índices de grupo en exceso a los indicados por el grupo A-1, asimismo, incluyen arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.		Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los del subgrupo A-2-4 y A-2-5 pero la fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7 respectivamente.		
Análisis de tamices (% que pasa)							
N° 10	50 máximo						
N° 40	30 máximo		50 máximo				51 mínimo
N° 200	15 máximo		25 máximo		35 máximo		10 máximo
Característica de la fracción que pasa N° 40			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Límite líquido			40 máximo	41 mínimo	40 máximo	41 mínimo	
Índice plástico	6 máximo		10 máximo	11 máximo	11 mínimo	11 mínimo	N.P.
Valoración general	Excelente a bueno						

Fuente: Chacón, Ordóñez y Varón (2016).

Tabla 2. Características de los grupos de suelos A-4 a A-7 según AASHTO.

Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7, A-7-5 y A-7-6
Característica del grupo	Suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75 % o más del material fino que pasa el tamiz N° 200, además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 6.4 %	Los suelos de este grupo son semejantes a los del grupo A-4, pero contienen material micáceo o diatomáceo, son elásticos y tiene límite líquido elevado.	Conformados principalmente por arcilla plástica, por lo menos el 75 % de estos suelos debe pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64 %. Estos materiales presentan generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.	Para los suelos del grupo A-7 se tiene que son semejantes a los del grupo A-6, pero son elásticos, sus límites líquidos son elevados. El grupo A-7-5 incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. El subgrupo A-7-6 comprende los suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que además experimentan variaciones volumétricas altas.
Análisis de tamices (% que pasa)				
N° 200	36 mínimo	36 mínimo	36 mínimo	
Característica de la fracción que pasa N° 40				
Límite líquido	40 máximo	41 mínimo	40 máximo	41 mínimo
Índice de plasticidad	10 máximo	10 máximo	11 mínimo	11 mínimo
Valoración general	Regular a malo			
Notas	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 \leq a LI - 30			
	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 $>$ LI - 30			

Fuente: Chacón, Ordóñez y Varón (2016).

Pavimento adoquinado

El pavimento articulado u adoquinado contiene elementos prefabricados de dimensiones pequeñas que a su vez cada una de ellas tiene una alta resistencia (*Figura 3*), estos en su conjunto conforman la capa de rodamiento además se encuentran retenidos por un sellante que los tiene entrelazados entre sí y que apoya a impermeabilizar la estructura. A consecuencia de su conformación de sus caras laterales y su instalación permite una distribución de cargas hacia las adyacentes del adoquín, logrando así una solidez y resistencia en vida útil (Madrid, 2019). Asimismo, los tipos de adoquín se detallan en la *Figura 4*.



Figura 3: Pavimento adoquinado.
Fuente: Echaveguren (2013).



Figura 4: Tipos de adoquín.
Fuente: Norma CE. 010 de pavimentos urbanos (MVCS, 2020)

En cuanto a la resistencia mínima que debe cumplir los adoquines, la norma CE. 010 de pavimentos urbanos, considera los siguientes criterios ver tabla 3.

Tabla 3. Resistencia a compresión para los adoquines de concreto.

Tipo	Espesor (mm)	Promedio (MPa)	Mínimo (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

Fuente: Norma CE. 010 de pavimentos urbanos (MVCS, 2020)

Elementos que conforman un pavimento adoquinado

Los elementos que lo conforman son los siguientes:

- Subrasante: Es el suelo natural compactado que sirve como fundación para el pavimento. Este elemento no forma parte de la estructura en sí pero tiene como finalidad dar un espacio uniforme y estable con un grado de capacidad de soporte considerable (Madrid, 2019).
- Capas de base y/o Subrasante: Estos suelen estar compuestos por suelos granulares pues este tiene la función de dispersar las tensiones que proviene de los estratos superficiales y transferir monótonamente al suelo de fundación (Madrid, 2019).
- Capa de arena de asiento: En un pavimento adoquinado esta es parte de la capa de rodadura y a su vez tiene la función de capa de soporte, filtro para el agua que consiga ingresar en las juntas, amarre entre adoquines para sellar las juntas y consolidar la compactación con el pasar del tiempo en el uso del pavimento (Madrid, 2019).
- Adoquines: Son unidades de concretos prefabricados uniformes entre sí, conforman la rodadura del pavimento en la cual tiene el oficio de lograr una superficie funcional, resistente y duradero además de transferir cargas uniformemente a las capas inferiores (Madrid, 2019).

- Sello de arena: Se utiliza para sellar las juntas entre adoquines, tendrá que estar libre de contaminantes y materia orgánica tiene como finalidad proporcionar trabazón y transferencia de corte. (Madrid 2019)
- Bordes de Confinamiento: Esta evita que la junta logre separarse a causa del tránsito, además de evitar desplazamientos de las unidades de adoquines. (Madrid, 2019).

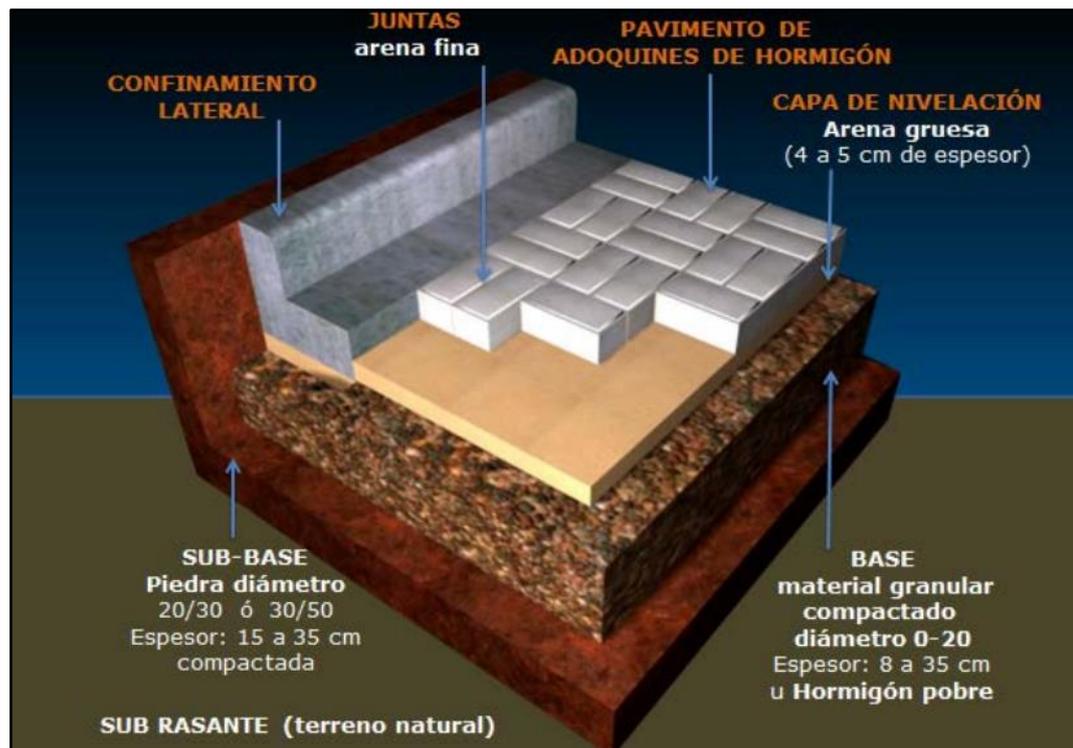


Figura 5: Partes de un pavimento adoquinado.
Fuente: CORDBLOCK (2019).

Causas del origen de fallas en pavimentos adoquinados

Son muchos los factores que interfieren en el tiempo de vida de un pavimento adoquinado, la cual causan daños en la utilidad de este, además de afectar considerablemente a los usuarios del pavimento. Teniendo como principales causas: Cumplimiento de su vida útil, factores climáticos, mala instalación del pavimento, falta de mantenimiento, huella de elefante entre otros. Esta se puede apreciar en la *Figura 6*.



Figura 6: Fallas en pavimentos adoquinados.
Fuente: Condori (2019).

Estudio de tráfico

La estructura de un pavimento y su diseño como tal es importante para el tránsito de vehículos, a su vez es necesario el aforo para establecer el volumen de vehículos que transitan por tal vía y así poder determinar el esfuerzo que vaya a recibir la estructura del pavimento, así como la evaluación económica para su elaboración (Madrid, 2020).

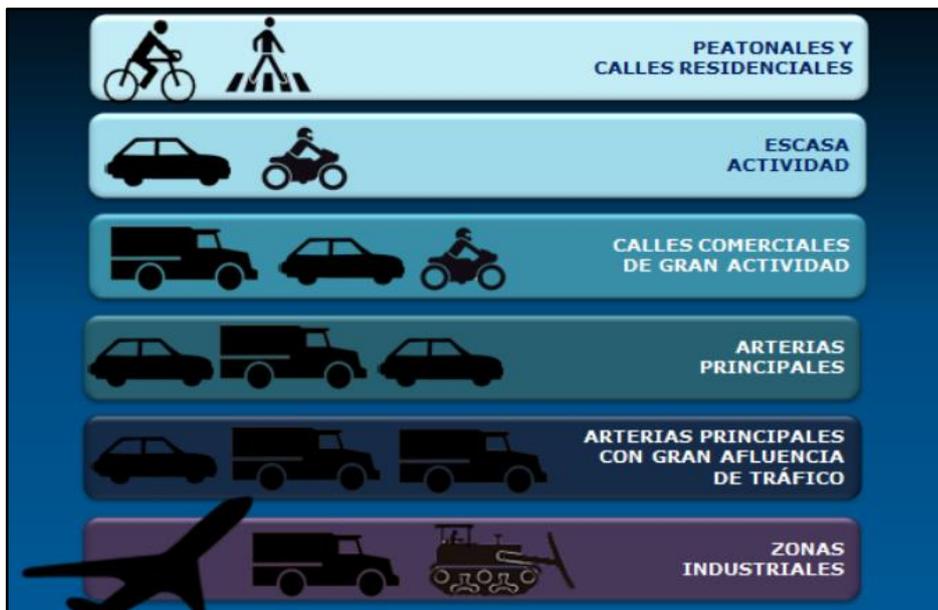


Figura 7: Categoría de tráfico.
Fuente: CORDBLOCK (2019).

Estudio de suelos

Este nos permite conocer las propiedades de suelo existentes en un determinado lugar para obtener resultados físicos mediante ensayos de campo esta podría ser calicatas y posteriormente ensayos de laboratorio como por ejemplo índice de plasticidad, contenido de humedad entre otros, donde podremos reconocer todas las características de ese suelo (AASHTO 2020).

Condición del pavimento adoquinado

Higuera y Pacheco (2010), el ICP estima el estado del pavimento adoquinado entorno a un nivel que varía desde muy mala esté representada como el numero 1 hasta muy buena está considerada con el número 5. En la siguiente tabla 4 se puede observar el nivel y la calificación de ICP.

Tabla 4. Nivel de servicio y categorías de acción del ICP.

Calificación (ICP)	Nivel de servicio	Categoría de acción	Descripción
5	Muy bueno	Mantenimiento rutinario	Pavimento en condición muy buena. El nivel de comodidad y seguridad percibida por los usuarios es satisfactorio. Ocasionalmente se presentan pequeños daños que no afectan significativamente la circulación y pueden ser evitados o corregidos en el mantenimiento rutinario.
4	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente	Pavimento en condición buena, la circulación es cómoda. Se presentan daños localizados en etapa de iniciación.
3	Regular	Refuerzo-mantenimiento rutinario	Pavimento en estado regular, en donde la circulación deja de ser cómoda. Se presentan daños de manera constantemente en etapas avanzadas.
2	Malo	Rehabilitación	Pavimento en condición mala, la circulación es muy incómoda. Se presentan daños en etapas muy desarrolladas.
1	Muy malo	Reconstrucción	Pavimento en condición muy mala, la vía se vuelve intransitable. Los deterioros están muy desarrollados y son irreversibles. El pavimento está totalmente degradado.

Fuente: Higuera y Pacheco (2010).

Tipos de deterioros en pavimentos adoquinados

Higuera y Pacheco (2010), en la Tabla 5 se identifica los siguientes deterioros en los pavimentos adoquinados.

Tabla 5. Clasificación general de los deterioros de pavimentos adoquinados.

Clase	Tipo de deterioro
Deformaciones	Abultamiento Ahuellamiento Depresiones
Desprendimientos	Desgaste superficial Perdida de arena
Desplazamientos	Desplazamiento de borde Desplazamiento de juntas
Fracturamientos	Fracturamiento Fracturamiento de confinamientos externos Fracturamiento de confinamientos internos
Otros deterioros	Escalonamiento entre adoquines Escalonamiento entre adoquines y confinamientos Juntas abiertas Vegetación en la calzada

Fuente: Higuera y Pacheco (2010).

Residuos plásticos (tereftalato de polietileno)

Estrada (2017), J.R. Whinfield y J.T. Dickson registró al PET como un polímero para fibra en el año 1941. Es así que desde ese tiempo que el PET fue de gran importancia para el desarrollo de nuevas tecnologías como por ejemplo contener y distribuir bebidas y otros de manera práctica.

Estrada (2017), se debe de tener también en consideración el presupuesto bajo que se necesita para la elaboración de estos envases, gracias a nuevas tecnologías estos se optimizan para su producción y uso. Cabe mencionar que en la actualidad se puede identificar contenedores para su recolección y posterior uso en diferentes tecnologías como se muestra en la Figura 8.



Figura 8: Contenedor para residuos reciclables.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Método de investigación

Se considera la investigación como hipotético - deductivo, ya que hará referencia a la hipótesis que se ha planteado para luego ser evaluado y deducir los resultados haciendo un contraste con la hipótesis planteada inicialmente (Tamayo, 2003).

El método hipotético-Deductivo es un modo que radica en desenvolver una teoría comenzando por formular sus ideas o hipótesis elementales y derivando luego sus efectos con la ayuda de teorías juiciosas.

Tipo de investigación

La investigación se clasifica en básica o aplicada según su propósito de producir conocimientos o resolver alguna problemática respectivamente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Por lo tanto, el tipo de investigación fue aplicada, porque se indagó resolver una problemática con la reutilización de agentes contaminantes a través de la intervención directa en donde se evaluaron los adoquines agregados con PET tomando como referencia los parámetros de la Norma Técnica Peruana.

Así mismo, el enfoque de esta investigación es cuantitativa puesto que maneja la recopilación de datos numéricos y el análisis estadístico para corroborar la hipótesis con el propósito de experimentar una teoría y sugerir modelos de comportamiento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Nivel de investigación

El nivel de investigación hace reseña al nivel de conocimiento que se quiere obtener. La investigación correlacional busca encontrar la relación existente de una o más variables a través de técnicas estadísticas y también pruebas de hipótesis. Así mismo, la investigación explicativa busca dar explicación a un evento donde

hay causa y efecto a través de un experimento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Por lo tanto, la investigación asume una trascendencia de nivel correlacional – explicativo puesto que se pretende relacionar y verificar las participaciones físicas mecánicas de los adoquines que serán sustituidos con PET en diferentes porcentajes.

Diseño de investigación

El diseño de investigación será la habilidad que el investigador ejecuta, dar respuesta a la problemática planteada. En referencia al diseño, la investigación puede ser clasificada como bibliográficos y de campo, dentro de esta última, podemos encontrar tipos de diseño de campo como diseños de caso, experimental, cuasi experimental entre otros varios (Tamayo, 2003).

Para el presente estudio se empleó el diseño de investigación de campo de tipo experimental, hecho de que se tienen que elaborar ensayos físicos para describir los agregados y realizar las comparativas.

Cuyo esquema es el siguiente:

$RGC: O_1$

$RG_{E1}: X_1 O_2$

$RG_{E2}: X_2 O_3$

Donde:

- GC : Grupo control
- GE : Grupo Experimental
- O₁ : Resistencia a la compresión
- X₁, X₂, X₃: % partículas de tereftalato de polietileno (X₁ = 3 % y X₂ = 7 %)
- O₁, O₂: Resistencia a la compresión adicionando partículas de tereftalato de polietileno reciclado.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

En el presente caso, es el tereftalato de polietileno reciclado, que vienen a ser aquellos que provienen de la industria de los productos desechables, que al ser clasificados se pueden aprovechar (Estrada, 2017), cuyos indicadores son:

- 3 % de escamas de PET.
- 7 % de escamas de PET.
- Espesor de PET de 0.27 mm
- Espesor de PET de 1.69 mm

Variable dependiente

Se consideró a la resistencia a compresión de los adoquines, representado por aquella capacidad que tiene el concreto para soportar una carga en determinada unidad de área (CEMEX, 2019); cuyos indicadores son:

- Resistencia a compresión a los 7 días.
- Resistencia a compresión a los 14 días.
- Resistencia a compresión a los 28 días.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población es la totalidad de unidades que integran un fenómeno que está siendo estudiado (Tamayo, 2003).

Por lo tanto, la población correspondió a los adoquines elaborados según los requerimientos experimentales en donde figuran los adoquines con PET y convencionales.

Muestra

La muestra es el fragmento simbólico de la población (Tamayo, 2003). La muestra de la presente tesis fue un diseño de concreto con las siguientes propiedades

$f_c=320 \text{ kg/cm}^2$ según la NTP 399.611 para adoquines, es así que se realizó la elaboración de 9 con concreto convencional y 36 con concreto con la inserción de tereftalato de polietileno reutilizado en diferentes dosificaciones y espesores, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Número de adoquines considerados en la investigación.*

Grupos	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
Adoquín de concreto patrón	3	3	3
Adoquín de concreto + 3 % de PET de 1.69 mm de espesor	3	3	3
Adoquín de concreto + 7 % de PET de 1.69 mm de espesor	3	3	3
Adoquín de concreto + 3 % de PET de 0.27 mm de espesor	3	3	3
Adoquín de concreto + 7 % de PET de 0.27 mm de espesor	3	3	3

Muestreo

El presente plan tiene un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a su rapidez, costo y facilidad de disponibilidad de la muestra (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). El muestreo no probabilístico o dirigido es un sub conjunto de la población donde la selección de los participantes no depende de la probabilidad, sino de las particularidades de la investigación. La NTP 399.604 menciona que por lo menos de existir tres unidades para los ensayos de compresión y resistencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Para la recolección de datos se utilizan variadas técnicas, de acuerdo con las características de la situación de una manera flexible (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por ello se utilizó las siguientes técnicas de observación, ensayo de laboratorio y revisión bibliográfica para la recolección de datos:

- **Observación:** Nos permite obtener comprensión acerca de la actuación del objeto de investigación, de acuerdo a como se da en la situación, es una manera de permitir a la información inmediata y directa sobre el proceso, fenómeno u objeto que está siendo investigado (Ramos Chagoya, 2008 pág.

- 3). Durante el estudio se recopiló datos por medio de las técnicas de observación, en donde se trabajaron con las tablas técnicas y gráficos tomados del laboratorio.
- **Ensayos de laboratorio:** Los ensayos es un paso principal para el desarrollo constructivo que dará pie a un veredicto de calidad y durabilidad de los adoquines fabricados con el PET. El ensayo permitió tomar decisiones adecuadas para mejorar el desempeño del proceso constructivo. (Echeverry, 2020). En este caso el ensayo elaborado fue de granulometría, contenido de humedad, densidad y resistencia a la compresión.
 - **Revisión bibliográfica:** Es una técnica que permite la revisión bibliográfica que da apoyo a la comprobación de la información para conseguir dar validez a la hipótesis planteada, es esta, se debe considerar los objetivos de la investigación y contrastar la realidad con las fuentes de información (Tamayo, 2003). Es por ello que se utilizó material bibliográfico disponible en la web y libros concernientes al tema a investigar.

Instrumentos

El instrumento es un recurso que un investigador utiliza para extraer información de un suceso ocurrido (Garay, 2020 pág. 12). Los instrumentos usados en el trabajo de investigación para reunir datos de campo fueron: fichas de observación, experimento y ficha de anotaciones.

- **Ficha de observación:** Es una herramienta de recopilación de datos, referente a una meta fija, en el que se incluyen variables específicas que se quiere observar por lo que una ficha de observación es un documento que intenta recopilar la mayor cantidad de información de algo, observándolo (Garay, 2020 pág. 11). De esta manera se utilizó este instrumento para sustraer datos que aporte información para el logro de los objetivos.
- **Experimento:** Es un contexto maniobrado por el investigador para controlar la variación de las variables y su efecto en las conductas observadas (Tamayo, 2003). En este caso la incorporación de PET en porcentajes de 3 % y 7 % para el ensayo a compresión en 7, 14 y 28 días de curado.
- **Ficha de anotaciones:** Donde se anotó los valores obtenidos en laboratorio.

3.5. Validez y confiabilidad

Validez

Hernández, Fernández y Baptista (2014) es la medida que un instrumento mide con precisión, también se podría decir que es verdadero o se acerca a la verdad. En la Tabla 7 se puede observar las normas con la que se va a dar validez a la investigación.

Tabla 7. Validez del instrumento.

Indicadores	Norma
Norma Técnica Peruana	NTP 399.611
Norma Técnica Peruana	NTP 399.604
RNE	CE.010 Pavimentos Urbanos
Resistencia a la compresión	ASTM C 109/C 109M - 07
Granulometría	NTP 400.012
Peso específico	NTP 400.022
Absorción	NTP 400.022
Contenido de humedad	NTP 339.185

Confiabilidad

Hernández, Fernández y Baptista (2014), para los instrumentos de control usado en la confiabilidad se miden con fórmulas que provocan coeficientes de fiabilidad. Estas están medidas como 0 donde simboliza confiabilidad nula y 1 confiabilidad perfecta. Entonces podemos deducir que cuanto más se asemeje al 0 la medición tendrá mayor error.

El trabajo de investigación, conto con el apoyo de expertos para la medición de confiabilidad (Anexo 4) según fórmulas para poder llegar a una confiabilidad muy alta. En la Tabla 8 se muestra la confiabilidad.

Tabla 8. Tabla de confiabilidad.

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
0,0;0,5	Inaceptable
0,5;0,6	Pobre
0,6;0,7	Débil
0,7;0,8	Aceptable
0,8;0,9	Bueno
0,9;1	Excelente

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014).

3.6. Procedimientos

El procedimiento que se siguió se detalla en la siguiente figura:

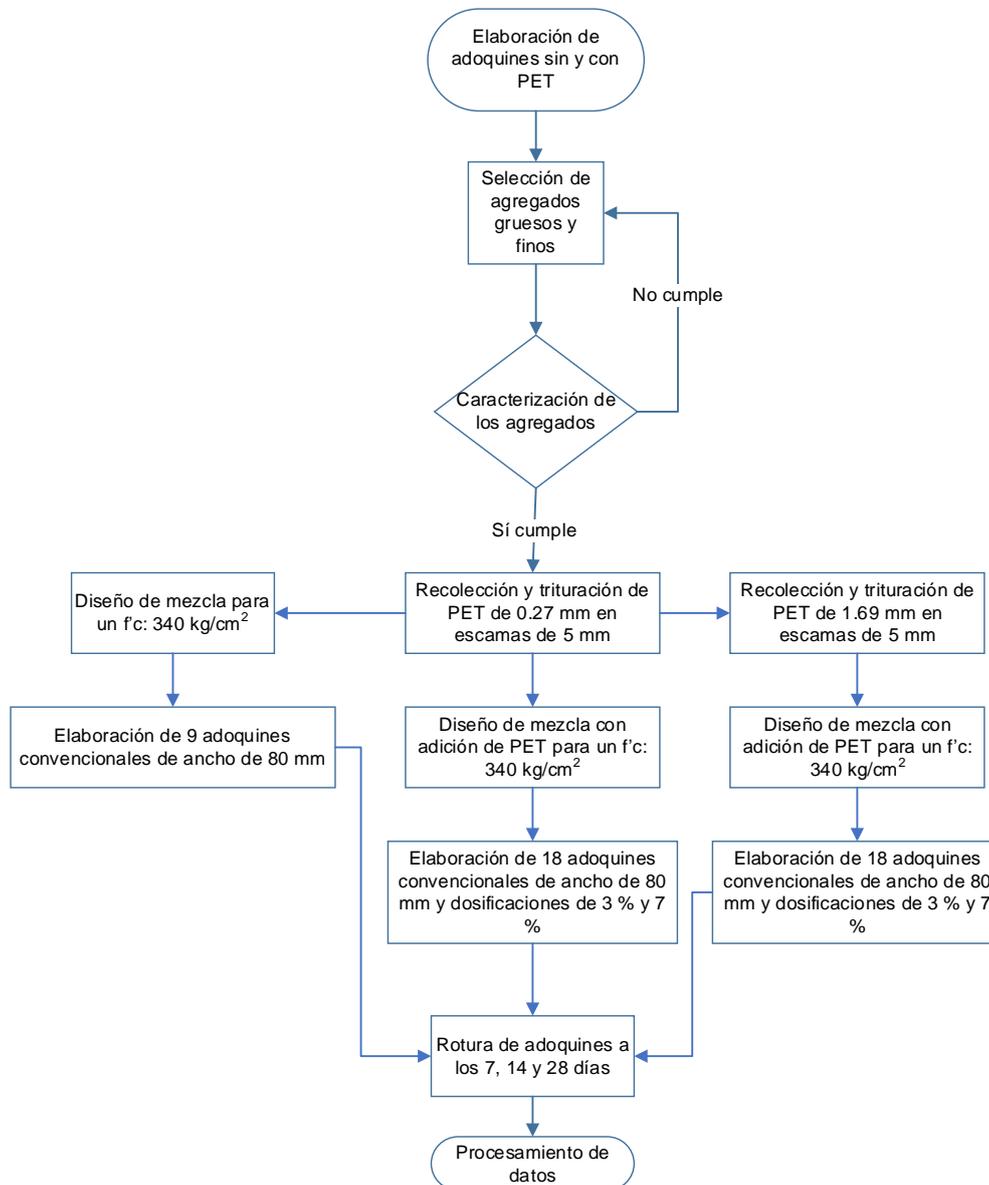


Figura 9: Diagrama de flujo para el desarrollo de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, el procedimiento detallado se puede describir en las siguientes etapas:

Etap 1. - Se realizó la recolección de datos, información, vídeos y bibliografía que tengan concordancia con el proyecto de investigación, en el presente trabajo fueron

tesis, libros, artículos y otros. Así como también la realización del diseño para los diferentes ensayos en laboratorio y caracterización de porcentajes de PET en los adoquines.

Etapa 2.- Para esta etapa estuvo previsto la recolección de agregados gruesos y finos de la cantera Cabanillas para ser llevados a laboratorio y su posterior caracterización tal como se muestra en la Figura 10; obteniendo así la granulometría (Figura 11) y demás propiedades necesarias para el diseño de mezcla del concreto que se empleará en los adoquines.



Figura 10: Vista de los agregados previos a su caracterización.
Fuente: Elaboración propia.

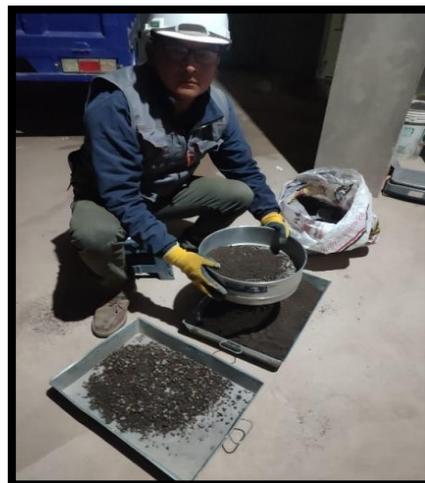


Figura 11: Tamizado del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en esta etapa se selección de contenedores municipales para triturarlos en escamas de dimensiones menores a 5 mm, tal como se muestra en la Figura 12, esto para ambos espesores de 1.69 mm y 0.27 mm.



Figura 12: Vista del tereftalato de polietileno.
Fuente: Elaboración propia.

Obtenidos los materiales tal como se detalla en la siguiente figura, se procedió a la elaboración de los adoquines de espesor de 80 mm sin y con tereftalato de polietileno en 3 % y 7 % para ambos espesores, según se puede observar en la Figura 14.



Figura 13: Vista de los materiales para la elaboración de los adoquines.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14: Vista de los adoquines sin y con PET reciclado.

Fuente: Elaboración propia.

Etapas 3. - En esta etapa se realizó el recojo de datos obtenidos en los ensayos en laboratorio para su posterior evaluación e interpretación de los resultados como la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de los adoquinados incorporados con PET, según se roturó y cuya evidencia se muestra en las siguientes figuras:



Figura 15: Colocado del adoquín para la resistencia a compresión.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Vista de adoquín roturado.
Fuente: Elaboración propia.

3.7. Método de análisis de datos

En el procesamiento de información se consolidó los resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio y así representarlos e interpretarlos para lo cual se realizó cuadros estadísticos tomando en cuenta el RNE CE 0.10 Pavimentos Urbanos y Normas Técnicas Peruanas. Los cuales nos fueron de utilidad para la problemática de la investigación además de la hipótesis y objetivos.

3.8. Aspectos éticos

La presente tesis honra los valores éticos y la confidencialidad, utilizando citación de textos, libros, artículos, normas, tesis, revistas para la recopilación de información y organizar teórica respetándose y mencionando los derechos de autor teniendo en consideración las pautas y manual del ISO 690, por lo cual indicamos que la información es verídica. La cual son respaldados por los resultados de laboratorio.

IV. RESULTADOS

4.1. Propiedades de los agregados

4.1.1. Agregado grueso

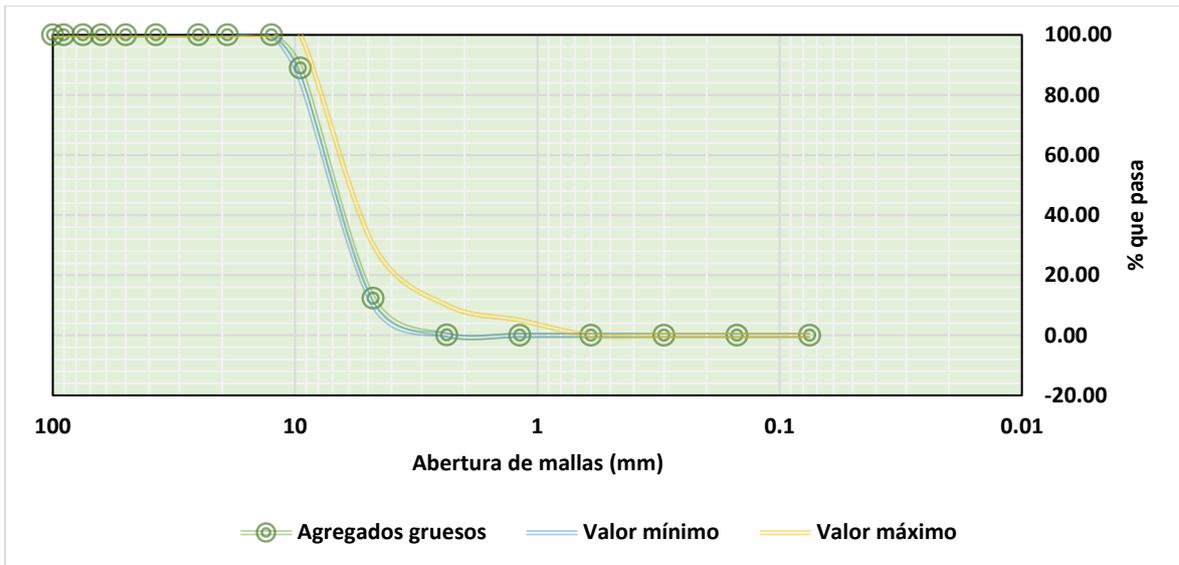
El conocimiento de las principales propiedades del agregado grueso en el concreto es un aspecto fundamental para realizar el diseño de mezcla, por ello el primero aspecto sometido a control fue la granulometría del agregado, el cual deberá cumplir los requerimientos o husos establecidos en las normas como ASTM C33/C33M-18. Es así que, los resultados obtenidos en laboratorio se muestran en la Tabla 9 donde se puede observar de manera clara que el agregado grueso cumple con los rangos del huso correspondiente.

Tabla 9. *Granulometría del agregado grueso.*

Malla (mm)	% Acumulado que pasa	Especificación	
		Mínimo	Máximo
100	100.00	100.00	100.00
90	100.00	100.00	100.00
75	100.00	100.00	100.00
63	100.00	100.00	100.00
50	100.00	100.00	100.00
37.5	100.00	100.00	100.00
25	100.00	100.00	100.00
19	100.00	100.00	100.00
12.5	100.00	100.00	100.00
9.5	88.90	85.00	100.00
4.75	12.30	10.00	30.00
2.36	0.10	0.00	10.00
1.18	0.00	0.00	5.00
0.6	0.00	0.00	0.00
0.3	0.00	0.00	0.00
0.15	0.00	0.00	0.00
0.075	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

La esquematización de la granulometría obtenido en la tabla anterior se muestra en la Figura 17, en ella se detalla como el porcentaje retenido del agregado grueso se encuentra dentro del huso recomendando, por lo que se puede establecer que el material obtenido es apto para la mezcla de concreto.



Otra propiedad de relevancia en los agregados es la densidad aparente, la cual puede determinarse cuando el material se encuentra suelto o compactado. Los valores obtenidos en laboratorio se muestran de manera resumida en la Tabla 12 y la Tabla 13, donde el valor promedio de la densidad aparente suelta (PUS) fue de 1330 kg/m³, mientras que el valor de la densidad aparente compactada (PUC) fue de 1400 kg/m³, valores que finalmente fueron aplicados en el diseño de mezclas.

Tabla 12. Densidad aparente suelta del agregado grueso.

Ítem	M-1	M-2	M-3
Volumen de molde (m ³)	0.007063	0.007063	0.007063
Masa total (kg)	12.817	12.919	12.818
Densidad aparente suelta (kg/m ³)	1329	1343	1329
Promedio	1330		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Densidad aparente compactada del agregado grueso.

Ítem	M-1	M-2	M-3
Volumen de molde (m ³)	0.007063	0.007063	0.007063
Masa total (kg)	13.3	13.309	13.328
Densidad aparente compactado (kg/m ³)	1397	1398	1401
Promedio	1400		

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en las tablas anteriores se ha podido establecer el valor del porcentaje de vacíos en el agregado grueso, los cuales se muestran en la Tabla 14 donde se indica que el valor de la densidad relativa fue de 2.47 g/cm³, mientras que el porcentaje de vacíos de las muestras sueltas y compactadas fueron de 46.10 % y 43.30 % respectivamente.

Tabla 14. Porcentaje de vacíos del agregado grueso.

Ítem	Valor
Densidad relativa	2.47
% de vacíos - muestra suelta	46.10
% de vacíos - muestra compactada	43.30

Fuente: Elaboración propia.

La densidad del agregado es un factor fundamental para la determinación de la dosificación del agregado en la mezcla de concreto.

Los resultados de laboratorio dan a conocer que el valor de la gravedad específica seca (OD) fue un valor promedio de 2.45, la gravedad específica saturado

superficialmente seca (SSD) fue 2.54 mientras que la absorción del material fue de 3.65 %.

Tabla 15. Densidad relativa del agregado grueso.

Ítem	M-1	M-2	M-P
Densidad relativa (gravedad específica) OD	2.52	2.39	2.45
Densidad relativa (gravedad específica) SSD	2.58	2.50	2.54
Densidad relativa aparente (gravedad específica)	2.69	2.70	2.69
Absorción (%)	2.50	4.80	3.65

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Agregado fino

Otro componente del concreto de gran relevancia es el agregado fino, el cual componen, junto con el agregado grueso, cerca del 70 % de su volumen. Es por lo mencionado que, es necesario la determinación de sus principales propiedades.

Una de las propiedades consideradas en el análisis del agregado fino fue su granulometría, obteniéndose como principales resultados los valores que se muestran en la Tabla 16 y de la que se puede mencionar que los valores obtenidos cumplen con el rango del uso recomendado por la norma ASTM C33/C33M.

Tabla 16. Granulometría del agregado fino.

Malla (mm)	% Acumulado que pasa	Especificación	
		Mínimo	Máximo
100	100.00	100.00	100.00
90	100.00	100.00	100.00
75	100.00	100.00	100.00
63	100.00	100.00	100.00
50	100.00	100.00	100.00
37.5	100.00	100.00	100.00
25	100.00	100.00	100.00
19	100.00	100.00	100.00
12.5	100.00	100.00	100.00
9.5	100.00	100.00	100.00
4.75	100.00	95.00	100.00
2.36	80.20	80.00	100.00
1.18	56.20	50.00	85.00
0.6	28.70	25.00	60.00
0.3	12.50	5.00	30.00
0.15	4.00	0.00	10.00
0.075	2.10	0.00	5.00

Fuente: Elaboración propia.

La esquematización de los resultados que se muestran en la tabla anterior se muestra en la *Figura 18*, en la que se destaca que el valor del porcentaje acumulado cumple con los usos establecidos para la arena gruesa

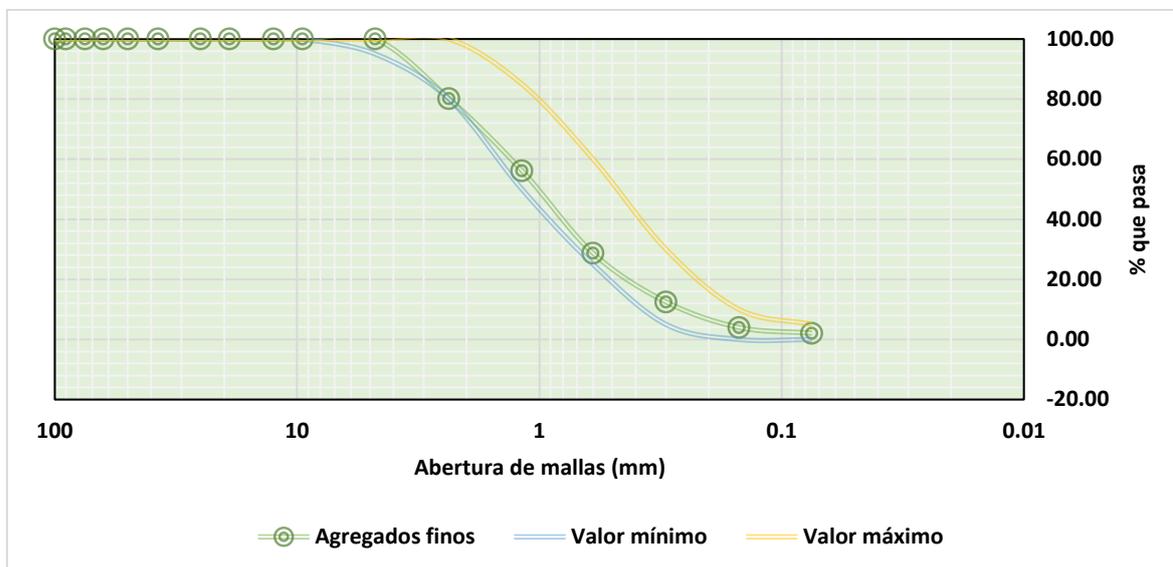


Figura 18: Curvas de granulometría del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.

Con la determinación de las curvas granulométricas o distribución de las partículas del agregado fino, se ha podido establecer que el valor del módulo de finura fue de 3.18, mientras que el valor del tamaño máximo nominal (TMN) fue el tamiz N° 8 y el tamaño máximo fue el tamiz N° 4.

Tabla 17. Módulo de finura, TMN y tamaño máximo del agregado fino.

Propiedad	Valor
Módulo de finura	3.18
TMN	N°8
TM	N°4

Fuente: Elaboración propia.

Otra propiedad de relevancia para el diseño de mezcla del concreto fue la densidad aparente del agregado fino, el cual se puede clasificar en dos: La densidad aparente suelta, y la densidad aparente compactada.

Los valores de laboratorio dan a conocer que el valor promedio de la densidad aparente suelta fue de 1670 kg/m³, mientras que el valor de la densidad compactada fue de 1760 kg/m³, tal como se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 18. Densidad aparente suelta del agregado fino.

Ítem	M-1	M-2	M-3
Volumen de molde (m ³)	0.007063	0.007063	0.007063
Masa total (kg)	15.323	15.22	15.233
Densidad aparente suelta (kg/m ³)	1671	1669	1671
Promedio	1670		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Densidad aparente compactada del agregado fino.

Ítem	M-1	M-2	M-3
Volumen de molde (m ³)	0.007063	0.007063	0.007063
Masa total (kg)	15.831	15.819	15.86
Densidad aparente compactado (kg/m ³)	1755	1754	1759
Promedio	1760		

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores establecidos de la densidad aparente, se ha podido estimar el valor del porcentaje de vacíos cuando el material se encuentra compactado y suelto, los cuales se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Porcentaje de vacíos del agregado fino.

Ítem	Valor
Densidad relativa	2.47
% de vacíos - muestra suelta	32.40
% de vacíos - muestra compactada	28.70

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el desarrollo de esta investigación fue necesario realizar la determinación de la densidad relativa y el porcentaje de absorción, los cuales fueron estimados en laboratorio, determinándose de esta manera que: la densidad de relativa OD fue de 2.50, mientras que la densidad relativa (SSD) fue de 2.60, obteniéndose en última instancia que el porcentaje una absorción de 2.40 %.

Tabla 21. Densidad relativa y absorción del agregado fino.

Ítem	M-1	M-2	Promedio
Densidad relativa (gravedad específica) OD	2.56	2.53	2.50
Densidad relativa (gravedad específica) SSD	2.63	2.59	2.60
Densidad relativa aparente (gravedad específica)	2.74	2.69	2.70
Absorción (%)	2.50	2.30	2.40

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Diseño de mezcla

El aspecto culminante del estudio de las propiedades del agregado y otros componentes como el agua y el cemento, es la determinación del diseño de mezcla

del concreto con el cual se calcula la dosificación de cada uno de los componentes mencionados.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 22, donde se puede observar diferentes valores de dosificaciones para la elaboración del concreto con su peso en seco y en húmedo.

Tabla 22. *Dosificación del concreto en peso seco y húmedo.*

Material	Dosificación en peso seco (kg/m³)	Proporción en volumen	Dosificación en peso húmedo (kg/m³)	Proporción en volumen
Cemento	526.00	1.00	526.00	1.00
Agua	228.00	0.41	232.00	0.41
Agregado grueso	591.00	1.05	598.00	1.06
Agregado fino	751.00	1.34	780.00	1.39
Aire	3.00		3.00	

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, para el trabajo de laboratorio o en obra, es necesaria la dosificación en peso de los materiales que componen el concreto, el cual se describe en la Tabla 23 en la cual se establece que, para una bolsa de cemento será necesario el uso de 59.01 kg de agregado fino, 45.24 kg de agregado grueso y 17.52 L de agua.

Tabla 23. *Dosificación del concreto por peso.*

Material	Cantidad
Cemento (kg)	42.50
Agregado fino húmedo (kg)	59.01
Agregado grueso húmedo (kg)	45.24
Agua efectiva (kg)	17.52

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano

4.3.1. Para el tereftalato de polietileno reciclado de espesor de 1.69 mm

La Tabla 24 detalla los valores parciales de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días obtenida en los adoquines sin y con PET de 1.69 mm en 3 % y 7 %.

Tabla 24. Resistencia a compresión de adoquines sin y con PET de 1.69 mm

Cantidad de PET (%)	Parciales (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
0	233.1	288.9	353.3
0	227.1	283.1	358.9
0	237.1	291.5	348.8
3	215.7	271.3	350.7
3	213.2	269.4	346.1
3	214.3	269	349.1
7	211.8	261.9	346
7	211.5	260.1	344
7	208.6	261.8	343.5

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 24 en la siguiente tabla se especifica los cálculos descriptivos respecto a los resultados de compresión por edad y por cantidad de PET en 3 % y 7 %, tales como la desviación estándar, promedio y la variación porcentual.

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de RC con PET de 1.69 mm

Edad (días)	Cantidad de PET (%)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Variación (%)
7	0	5.03	232.43	0.00
	3	1.25	214.40	-7.76
	7	1.77	210.63	-9.38
14	0	4.30	287.83	0.00
	3	1.23	269.90	-6.23
	7	1.01	261.27	-9.23
28	0	5.06	353.67	0.00
	3	2.34	348.63	-1.42
	7	1.32	344.50	-2.59

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, en la siguiente figura se representa el comportamiento de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de cada uno de los grupos analizados, donde se evidencia que todas las fechas el adoquín de concreto patrón presentó mayor resistencia a compresión.

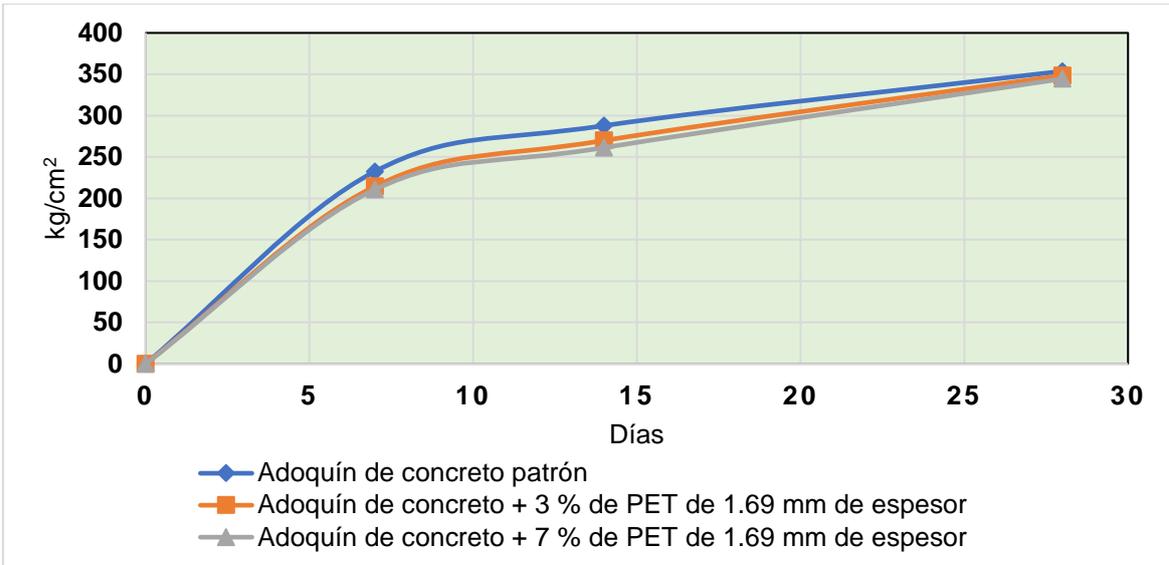


Figura 19: Resistencia a compresión de los adoquines con PET de 1.69 mm
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la resistencia a compresión a los 28 días, en la *Figura 20* se denota que a mayor contenido de PET de 1.69 mm en la mezcla de concreto, la resistencia disminuye hasta alcanzar un valor mínimo de 344.50 kg/cm², el cual es mayor al valor mínimo recomendado en la normativa CE 0.10 del reglamento nacional de edificaciones.

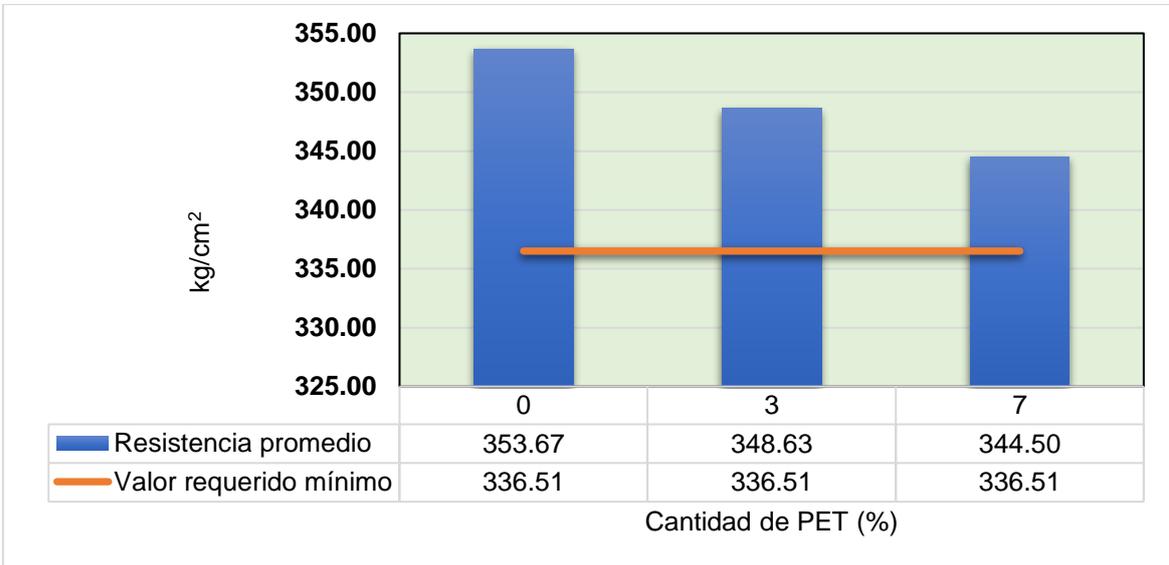


Figura 20: Resistencia a compresión de adoquines con PET de 1.69 mm
Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente, en la *Figura 21* se muestra de manera gráfica el comportamiento de las variaciones de los adoquines de PET de 1.69 mm de

espesor a los 28 días, observándose que la mayor reducción se da una concentración del 7 % pues se obtiene - 2.59 % respecto al adoquín patrón.

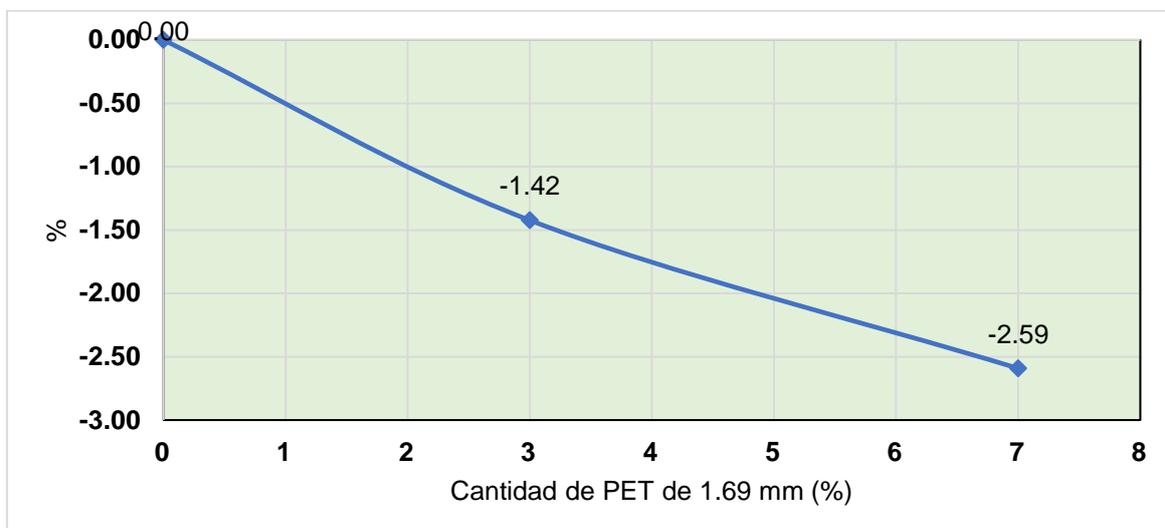


Figura 21: Variación de la resistencia a compresión con PET de 1.69 mm
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Para el tereftalato de polietileno reciclado de espesor de 0.27 mm

El comportamiento de los adoquines de concreto con adiciones de PET con espesor de 0.27 mm se muestran en las siguientes tablas.

En la Tabla 26 se muestra los valores obtenidos para cada uno de los especímenes analizados con PET de espesor ya mencionado con proporciones de del 0 %, 3 % y 7 %; en ella se puede destacar que los valores de resistencia se incrementan a medida que se realizan los controles en diferentes periodos de tiempo, además que el valor mayor de todos los especímenes 358.9 kg/cm², el cual se da en el concreto patrón.

Tabla 26. Resistencia a compresión de adoquines sin y con PET de 0.27 mm

Cantidad de PET (%)	Parciales (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
0	233.1	288.9	353.3
0	227.1	283.1	358.9
0	237.1	291.5	348.8
3	215.2	254.9	345.6
3	218.6	257.8	344.6
3	215.4	254.2	347.1
7	208.4	251.2	341.3
7	205.8	250.9	336.4
7	203	250.6	344

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla anterior, se ha esquematizado y procesado mediante el uso de la estadística descriptiva, obteniéndose de esta manera la variación porcentual, el promedio y la desviación estándar, los cuales se pueden observar en la Tabla 27 donde se destaca que la mayor desviación estándar de los datos se dio en el concreto patrón a los 28 días, sin embargo, dichos valores poseen un valor de solo 5.06 kg/cm², el cual se puede considerar como un aspecto tolerable.

Respecto a la resistencia a la compresión, se ha podido denotar que los mayores valores se alcanzan a los 28 días, especialmente con el concreto patrón pues su valor fue de 340.57 kg/cm², después de ello y con las adiciones de PET su valor se reduce.

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de RC de adoquines con PET de 0.27 mm

Edad (días)	Cantidad de PET (%)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Variación (%)
7	0	5.03	232.43	0.00
	3	1.91	216.40	-6.90
	7	2.70	205.73	-11.49
14	0	4.30	287.83	0.00
	3	1.91	255.63	-11.19
	7	0.30	250.90	-12.83
28	0	5.06	353.67	0.00
	3	1.26	345.77	-2.23
	7	3.85	340.57	-3.70

Fuente: Elaboración propia.

La esquematización de la información mostrada en la tabla anterior, se muestra en la *Figura 22*, donde se detalla de manera gráfica el comportamiento de la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con adición de PET de espesor 0.27 mm en proporciones de 3 % y 7 %.

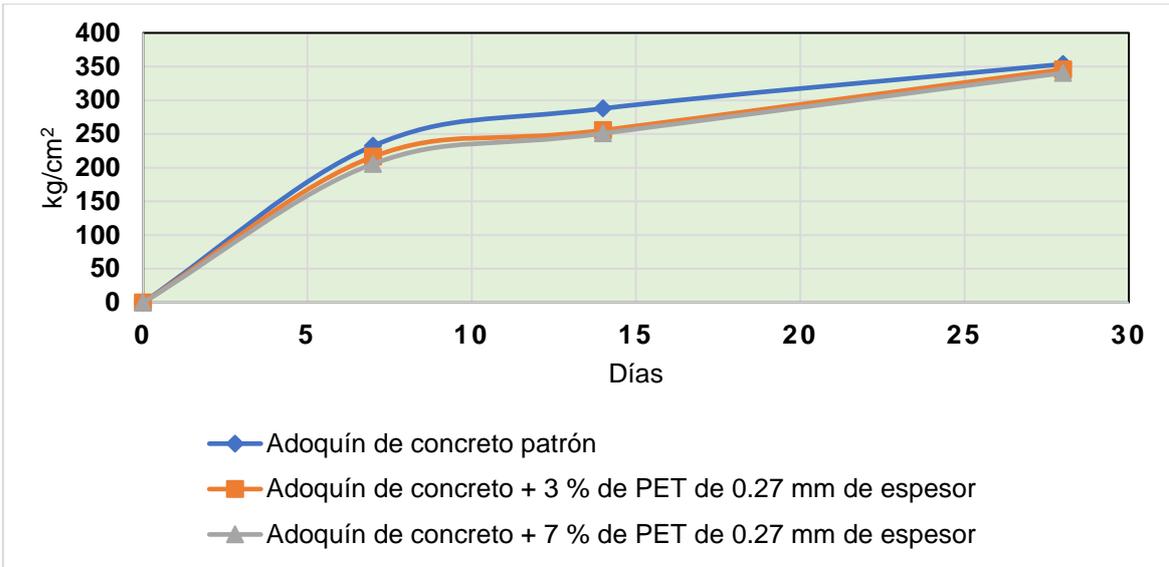


Figura 22: Variación de la resistencia a compresión con PET de 0.27 mm

Fuente: Elaboración propia.

En

la

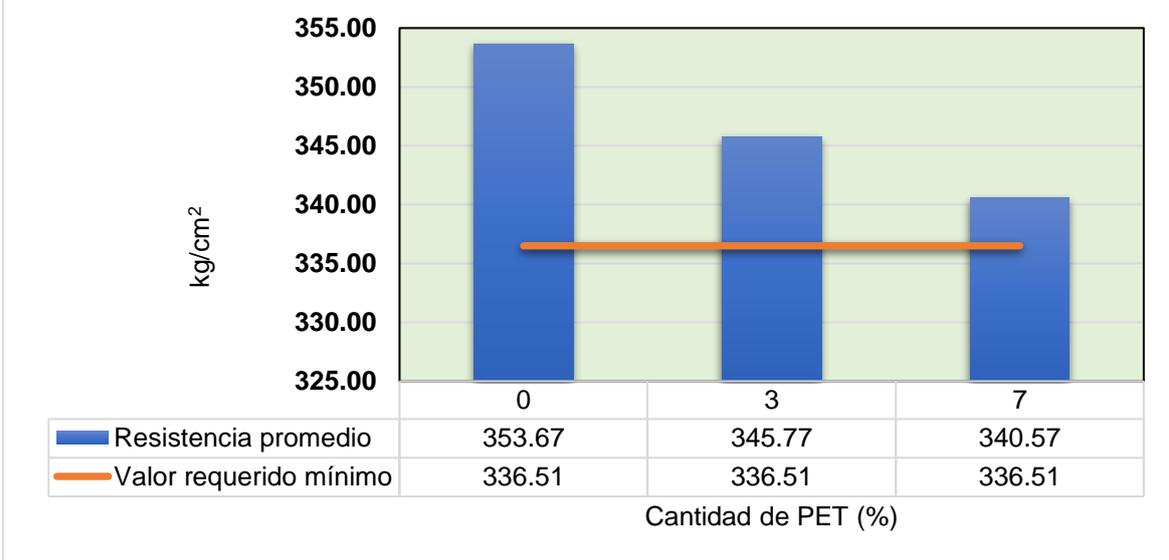


Figura 23 se muestra la comparación de los valores promedios de la resistencia a la compresión a los 28 días de los adoquines de concreto con PET en proporciones de 3 % y 7 %, donde se destaca que a medida que se incrementa la cantidad de PET, la resistencia disminuye, pero sin estar por debajo del valor mínimo recomendado por la CE. 010 de pavimentos urbanos.

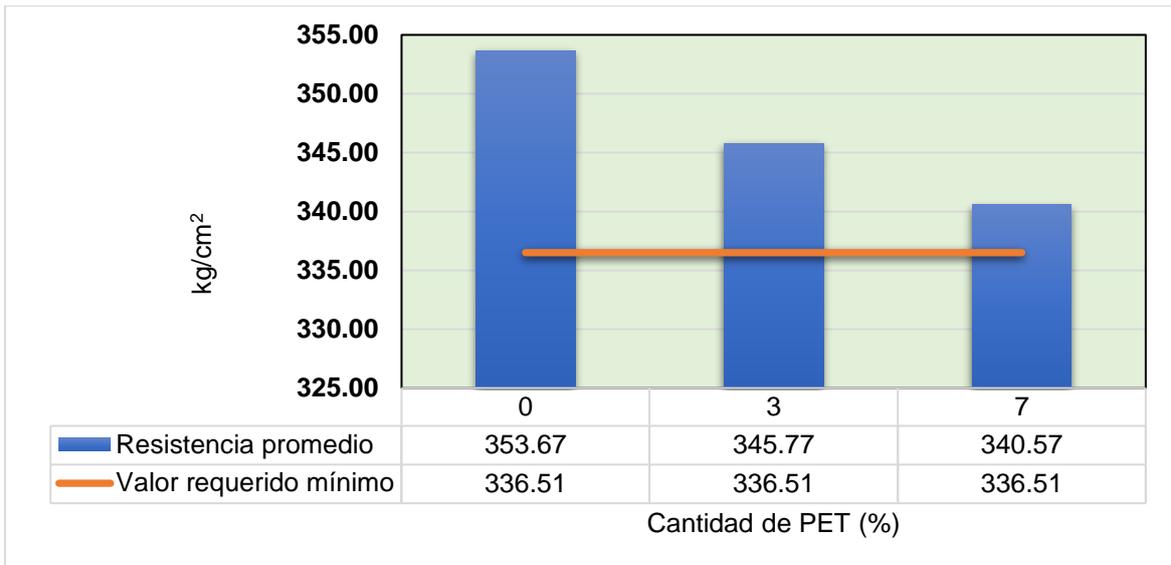


Figura 23: Resistencia a compresión de los adoquines con PET de 0.27 mm
Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente, en la *Figura 24* se muestra la variación porcentual de la resistencia a la compresión respecto al valor obtenido del adoquín de concreto patrón, observándose una reducción de hasta 3.70 %, el cual se dio cuando el porcentaje de PET en el adoquín fue de 7 %.

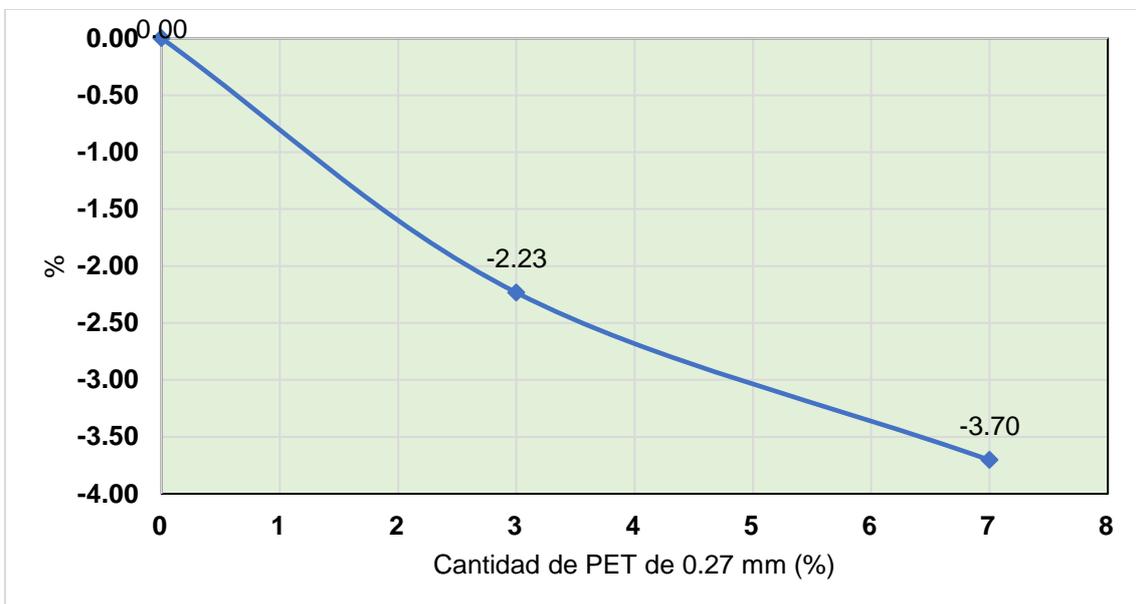


Figura 24: Variación de la resistencia a compresión con PET de 0.27 mm
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Espesor óptimo de tereftalato de polietileno reciclado en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano

Como se ha demostrado en el ítem anterior, el mejor porcentaje para la fabricación de adoquines con PET de 1.69 y 0.27 mm fue el de 3 %, es por ello que para el análisis del presente objetivo solo se ha considerado este porcentaje, cuyos resultados se muestran en la Tabla 28, aquí se muestran todos los valores obtenidos para la resistencia a la compresión de los adoquines elaborados para la investigación con una concentración de 3 % de PET y espesores 0.27 mm y 1.69 mm; siendo el valor más destacable los determinados a los 28 días, pues es en esta etapa en la que alcanza mayor resistencia a compresión. Un aspecto de gran relevancia es que la mayor resistencia del adoquín se alcanza con el concreto patrón (358.3 kg/cm²), seguido del adoquín con PET de 1.29 mm de espesor y finalmente con el de 0.27 mm.

Tabla 28. RC de adoquines con variado espesor y 3 % de PET.

Ancho de PET (mm)	Cantidad de PET (%)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
		7 días	14 días	28 días
0	0	233.1	288.9	353.3
0	0	227.1	283.1	358.9
0	0	237.1	291.5	348.8
0.27	3	215.2	254.9	345.6
0.27	3	218.6	257.8	344.6
0.27	3	215.4	254.2	347.1
1.69	3	215.7	271.3	350.7
1.69	3	213.2	269.4	346.1
1.69	3	214.3	269	349.1

Fuente: Elaboración propia.

Los datos procesados se muestran en la Tabla 29 donde se especifican sus principales valores de variación, promedio y desviación estándar para el PET de espesores de 0.27 mm y 1.69 mm con una concentración de 3 %. Los resultados dan cuenta de que la resistencia a la compresión se reduce al adicionar PET en su composición, sin embargo, el que menor reducción representa es el espesor de 1.69 mm, especialmente a los 14 y 28 días.

Tabla 29. Descriptivos de RC de adoquines con variado espesor y PET al 3 %

Edad (días)	Ancho de PET (mm)	Cantidad de PET (%)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Variación (%)
7	0	0	5.03	232.43	0.00
	0.27	3	1.91	216.40	-6.90
	1.69	3	1.25	214.40	-7.76
14	0	0	4.30	287.83	0.00
	0.27	3	1.91	255.63	-11.19
	1.69	3	1.23	269.90	-6.23
28	0	0	5.06	353.67	0.00
	0.27	3	1.26	345.77	-2.23
	1.69	3	2.34	348.63	-1.42

Fuente: Elaboración propia.

La esquematización de la tabla anterior se muestra en la *Figura 25*, donde además se puede apreciar la evolución de la resistencia a la compresión del concreto para adoquín para espesores de PET de 0.27 y 1.69 mm, a media que pasa el tiempo de curado. En ella se puede denotar una menor diferencia de los valores de la resistencia entre el PET con 0.27 y 1.69 mm de espesor respecto al adoquín patrón.

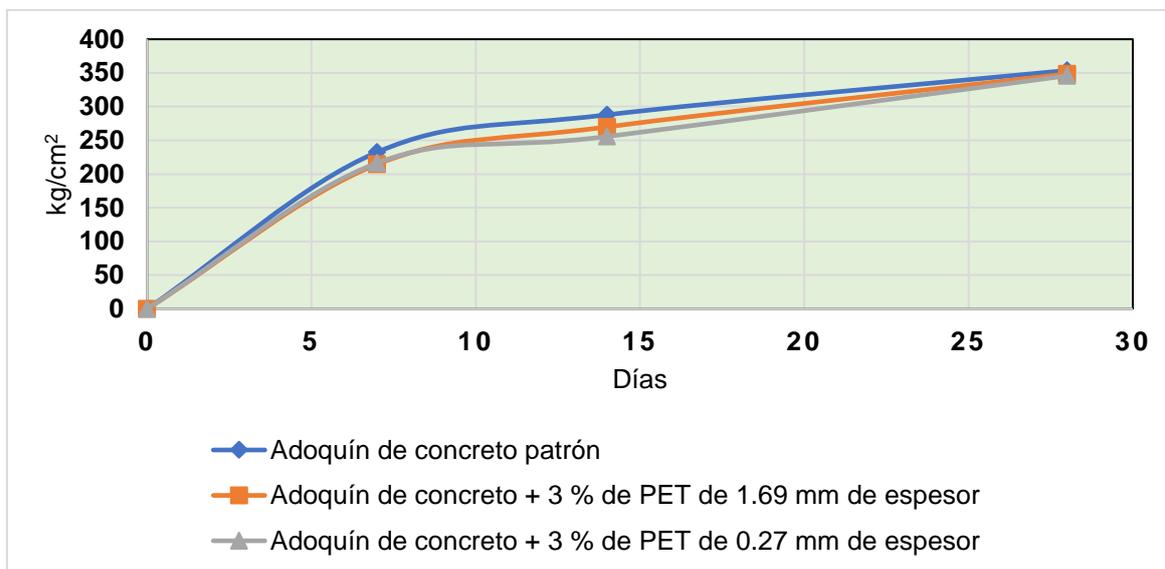


Figura 25: Variación de la resistencia a compresión con variados espesores.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 26* se compara el promedio de la resistencia a del adoquín patrón y con 3 % de PET de espesores de 0.27 y 1.69 mm; se destaca que, a los 28 días el patrón presentó 353.67 kg/cm², con PET de 0.27 mm fue 345.77 kg/cm² y 1.69 mm fue 348 kg/cm², los cuales son mayores al valor mínimo de la CE. 010.

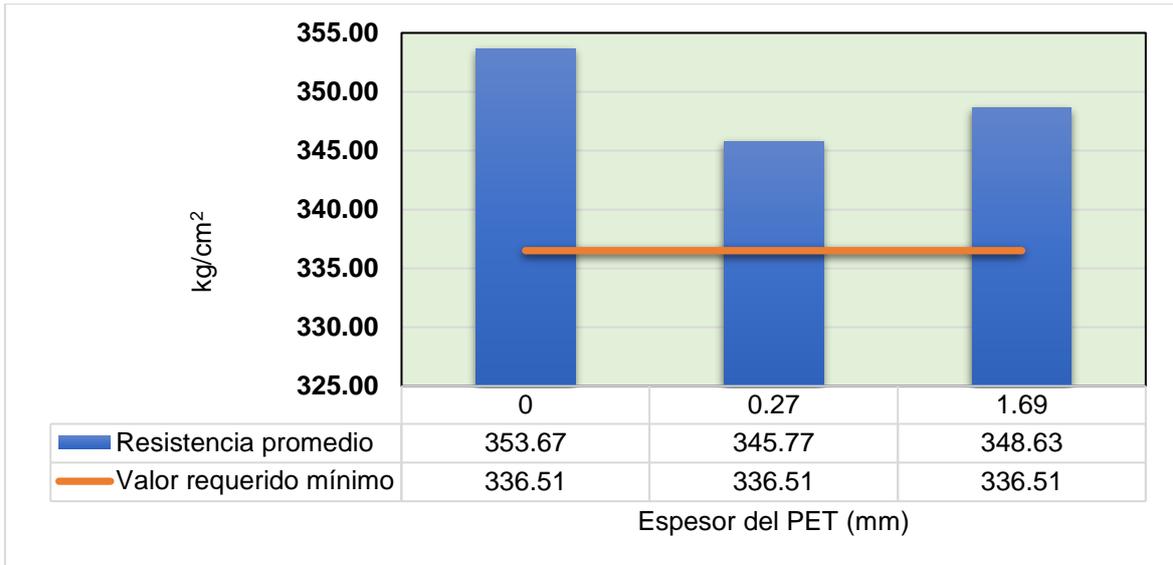


Figura 26: Resistencia a compresión con variados espesores.
 Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente en la siguiente figura se puede observar el comportamiento de la variación porcentual de la resistencia del adoquín con PET de 0.27 y 1.69 mm respecto al patrón; siendo un aspecto respectivo la línea de tendencia que posee, ya que la mayor reducción se con un espesor de 0.27 mm, para luego cambiar cuando el espesor se incrementa.

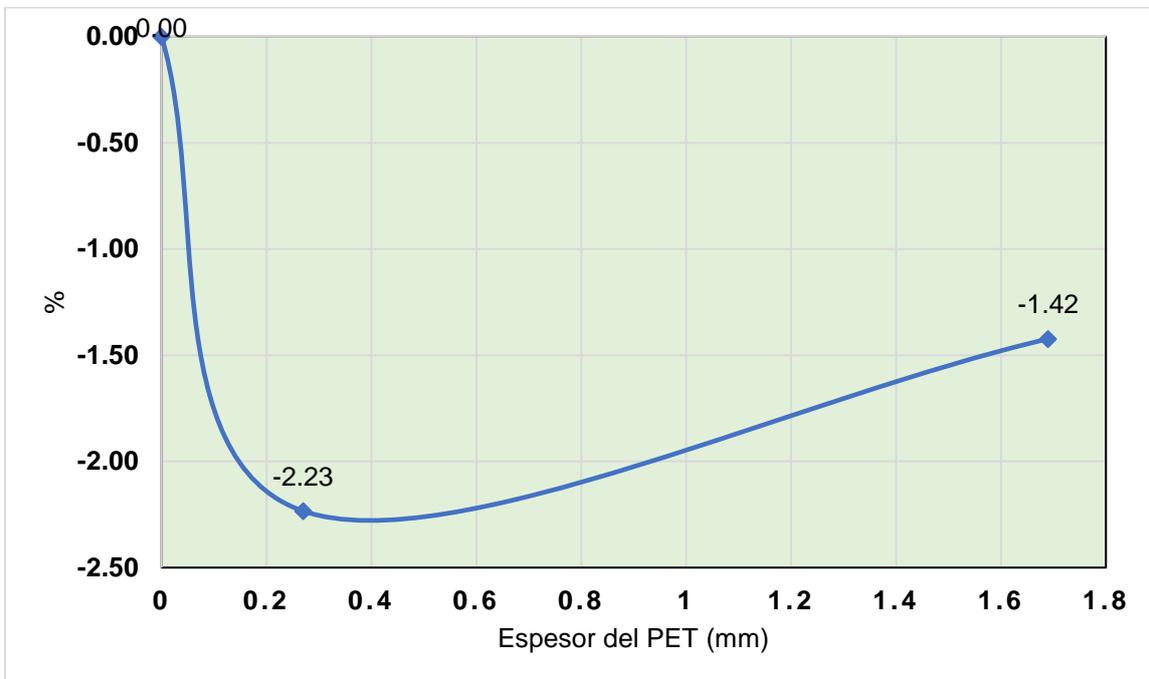


Figura 27: Variación porcentual de la resistencia a la compresión de adoquines.
 Fuente: Elaboración propia.

4.5. Tipo de tereftalato óptimo polietileno reciclado en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano

Tal como se mencionó, el mejor porcentaje para la fabricación de adoquines con PET fue el de 3 %, es por ello que para el análisis del presente objetivo solo se ha considerado este porcentaje, cuyos resultados se muestran en la Tabla 30, aquí se muestran todos los valores obtenidos para la resistencia a la compresión de los adoquines elaborados para la investigación con una concentración de 3 % de PET con grado 0.70 y 0.85; siendo el valor más destacable los determinados a los 28 días, pues es en esta etapa en la que alcanza mayor resistencia a compresión. Un aspecto de gran relevancia es que la mayor resistencia del adoquín se alcanza con el concreto patrón (358.3 kg/cm²), seguido del adoquín con PET de grado 0.85 de espesor y finalmente el de grado 0.70.

Tabla 30. RC de adoquines con diferente grado y 3 % de PET.

Tipo de PET (mm)	Cantidad de PET (%)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
		7 días	14 días	28 días
Ninguno	0	233.1	288.9	353.3
Ninguno	0	227.1	283.1	358.9
Ninguno	0	237.1	291.5	348.8
Grado 0.70	3	215.2	254.9	345.6
Grado 0.70	3	218.6	257.8	344.6
Grado 0.70	3	215.4	254.2	347.1
Grado 0.85	3	215.7	271.3	350.7
Grado 0.85	3	213.2	269.4	346.1
Grado 0.85	3	214.3	269	349.1

Fuente: Elaboración propia.

Los datos procesados se muestran en la Tabla 31 donde se especifican sus principales valores de variación, promedio y desviación estándar para el PET de grado 0.70 y 0.85 con una concentración de 3 %. Los resultados dan cuenta de que la resistencia a la compresión se reduce al adicionar PET en su composición, sin embargo, el que menor reducción representa es el de grado 0.85, especialmente a los 14 y 28 días.

Tabla 31. Descriptivos de la RC de adoquines con variado grados y PET al 3 %

Edad (días)	Tipo de PET (mm)	Cantidad de PET (%)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Variación (%)
7	Ninguno	0	5.03	232.43	0.00
	Grado 0.70	3	1.91	216.40	-6.90
	Grado 0.85	3	1.25	214.40	-7.76
14	Ninguno	0	4.30	287.83	0.00
	Grado 0.70	3	1.91	255.63	-11.19
	Grado 0.85	3	1.23	269.90	-6.23
28	Ninguno	0	5.06	353.67	0.00
	Grado 0.70	3	1.26	345.77	-2.23
	Grado 0.85	3	2.34	348.63	-1.42

Fuente: Elaboración propia.

La esquematización de la tabla anterior se muestra en la *Figura 28*, donde además se puede apreciar la evolución de la resistencia a la compresión del concreto para adoquín para espesores de PET de grado 0.70 y 0.85, a media que pasa el tiempo de curado. En ella se puede denotar una menor diferencia de los valores de la resistencia entre el PET con grado 0.70 y 0.85 respecto al adoquín patrón.

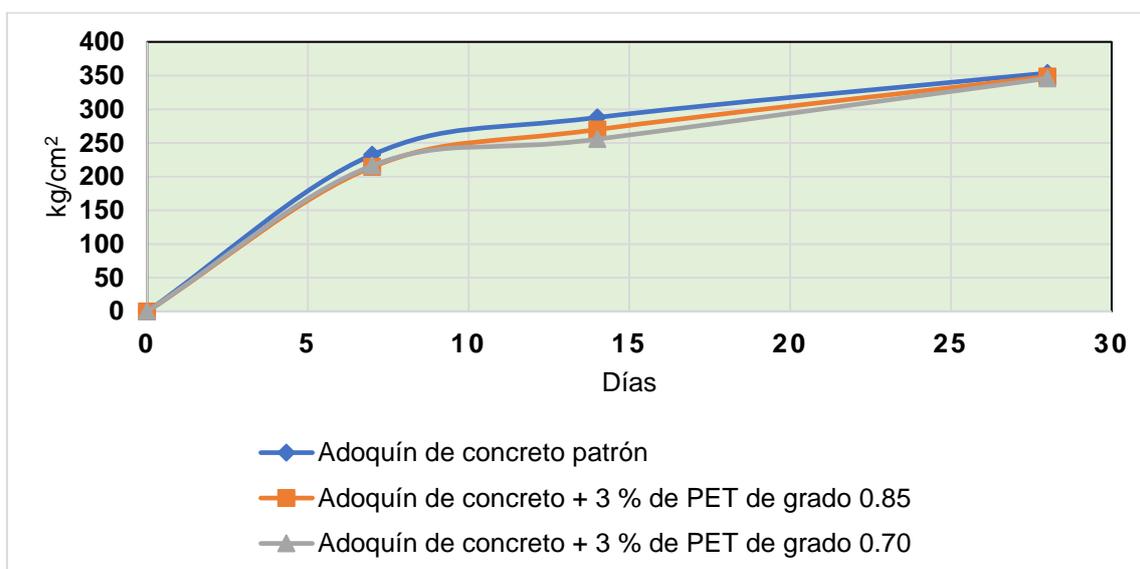


Figura 28: Variación de resistencia a compresión con variados grados.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 29* se compara el promedio de la resistencia a del adoquín patrón y con 3 % de PET de grado 0.70 y 0.85; se destaca que, a los 28 días el patrón presentó 353.67 kg/cm², con PET de grado 0.70 fue 345.77 kg/cm² y grado 0.80 fue 348 kg/cm², los cuales son mayores al valor mínimo de la CE. 010.

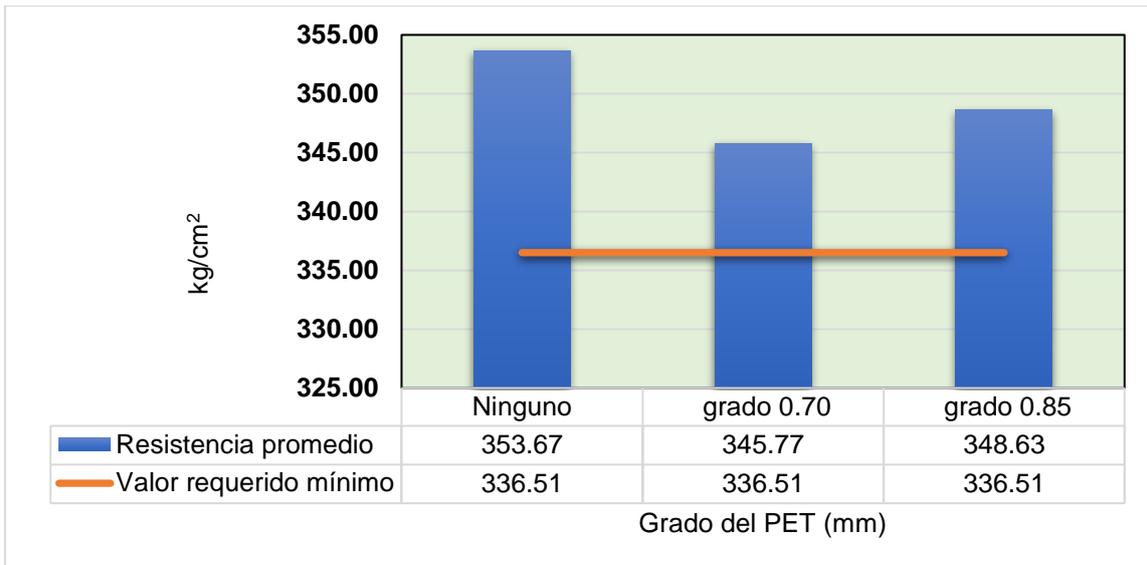


Figura 29: Comparación de la resistencia a compresión con variados grados.
Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente en la siguiente figura se puede observar el comportamiento de la variación porcentual de la resistencia del adoquín con PET de grado 0.70 y 0.85 respecto al patrón; siendo un aspecto respectivo la línea de tendencia que posee, ya que la mayor reducción se da con el grado 0.70, para luego cambiar cuando el grado se incrementa.

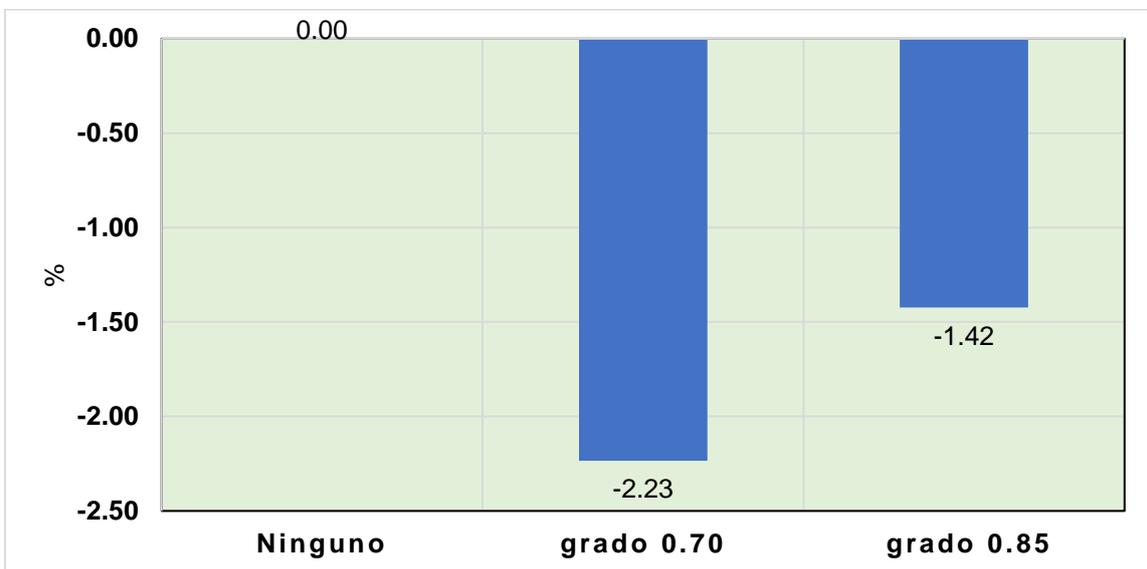


Figura 30: Variación de resistencia a la compresión con variados espesores.
Fuente: Elaboración propia.

4.6. Prueba de hipótesis

4.6.1. Prueba de hipótesis general

¿Cómo el tereftalato de polietileno reciclado mejora la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022?

Planteadas las hipótesis:

- H0: $\bar{X} \geq 354 \text{ kg/cm}^2$, el tereftalato de polietileno reciclado *mejora* la resistencia a compresión de los adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- Hi: $\bar{X} < 354 \text{ kg/cm}^2$, el tereftalato de polietileno reciclado *no mejora* la resistencia a compresión de los adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

Para analizar las hipótesis planteadas, se debe utilizar el p valor, estableciendo los siguientes criterios:

- Valor $p >$ nivel de significancia \rightarrow se acepta la Ho y se rechaza Hi.
- Valor $p <$ nivel de significancia \rightarrow se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Para esto se ha considerado un nivel de erro de 5 % es decir un nivel de confianza del 95 %

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

Asimismo, se tiene que los grados de libertad corresponden a:

$$gl = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

Consecuentemente se tiene los estadísticos de prueba y los valores de t para cada uno de los grupos analizados:

Tabla 32. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET con 1.69 mm	3.00	348.63	2.34	1.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354				
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia
					Inferior

Adoquín con 3 % de PET con 1.69 mm	-3.98	2.00	0.03	-5.37	-11.17	0.43
------------------------------------	-------	------	------	-------	--------	------

Fuente: Elaboración propia.

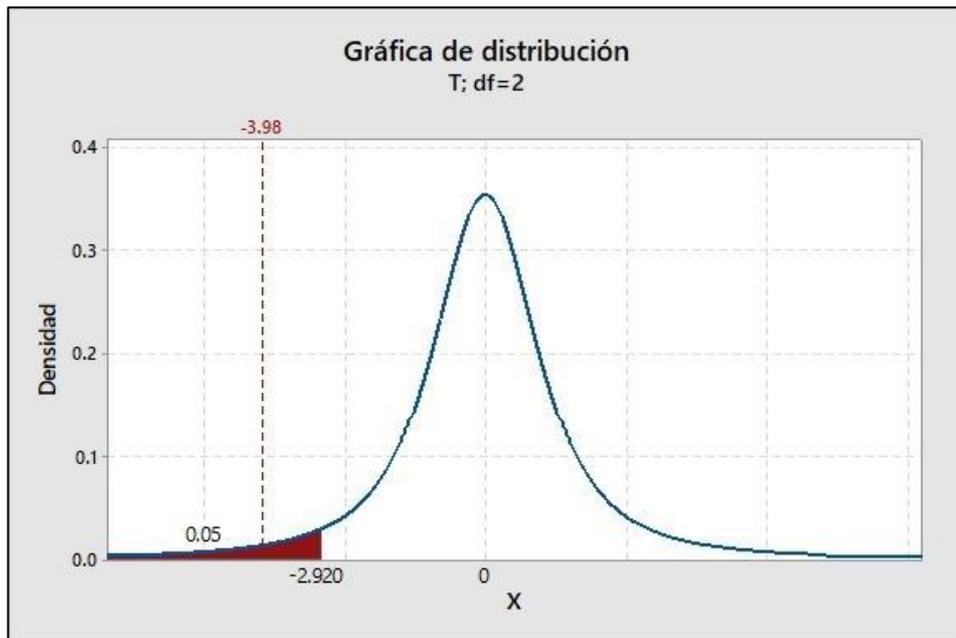


Figura 31. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	3.00	344.50	1.32	0.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	-12.44	2.00	0.005	-9.50	-12.79	-6.21

Fuente: Elaboración propia.

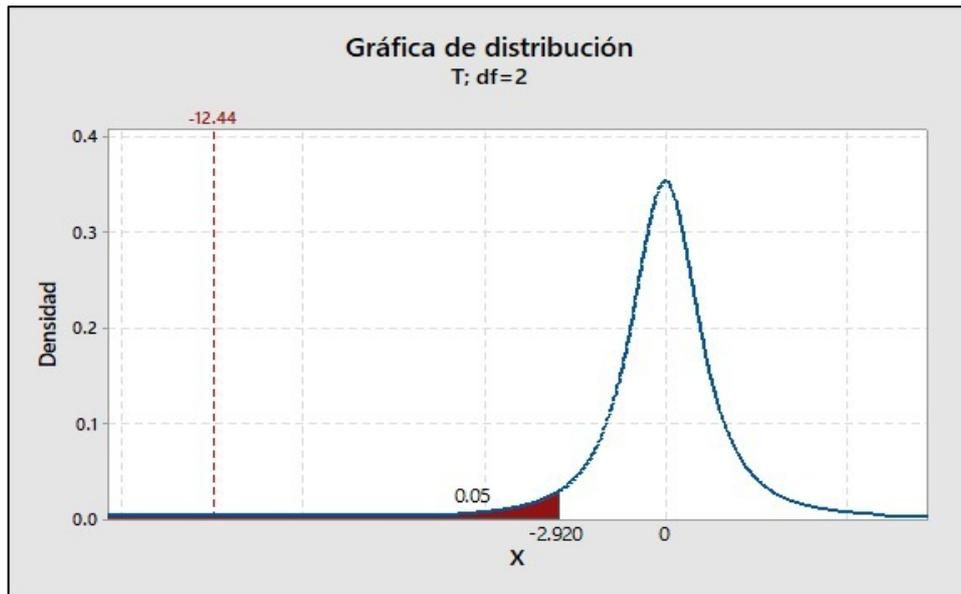


Figura 32. Distribución T de studentadoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	3.00	345.77	1.26	0.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	-11.33	2.00	0.005	-8.23	-11.36	-5.11

Fuente: Elaboración propia.

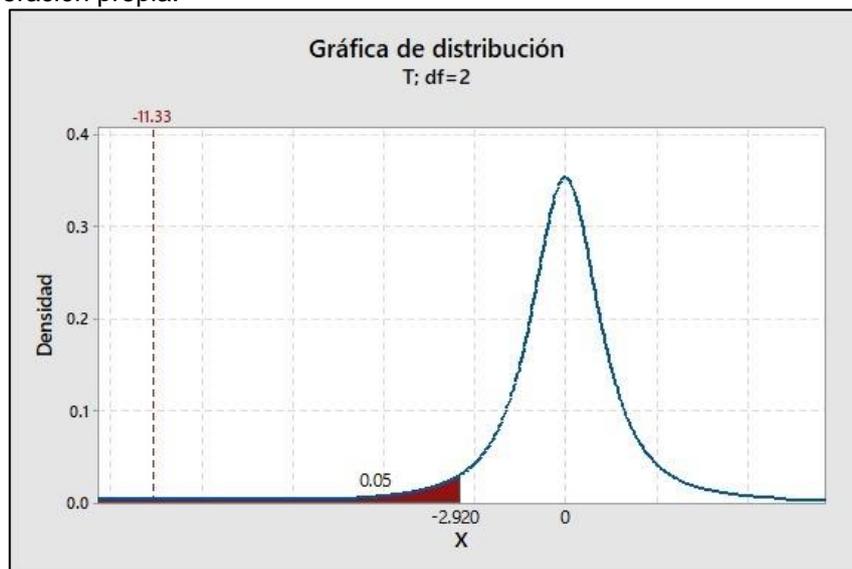


Figura 33. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 0.27 mm	3.00	340.57	3.85	2.22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET 0.27 mm	-6.04	2.00	0.015	-13.43	-23.00	-3.86

Fuente: Elaboración propia.

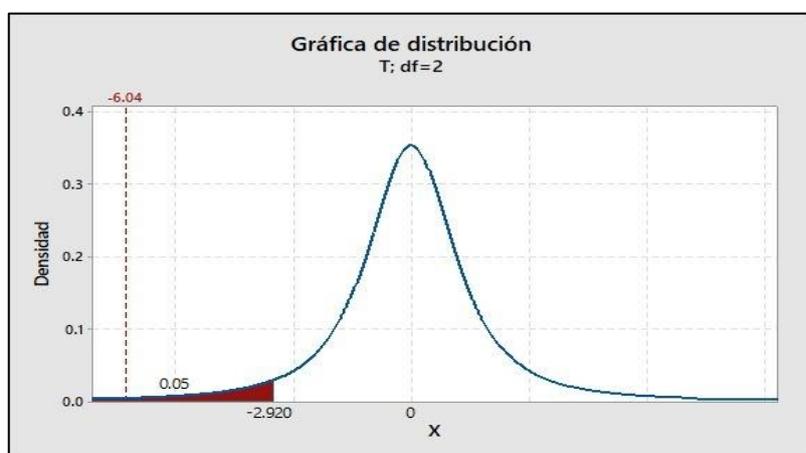


Figura 34. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Para la interpretación del valor de p, en base a las tablas anteriores se tiene el siguiente análisis:

Para el 3 % de PET de 1.69 mm:

$0.03 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 1.69 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 3 % de PET de 0.27 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 0.27 mm:

$0.015 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación: el tereftalato de polietileno reciclado *no mejora* la resistencia a compresión de los adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

4.6.2. Prueba de hipótesis específica 1

Establecidas las hipótesis:

- $H_0: \bar{X} \geq 354 \text{ kg/cm}^2$, el 3 % y 7 % de tereftalato de polietileno reciclado *incrementa* la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- $H_i: \bar{X} < 354 \text{ kg/cm}^2$, el 3 % y 7 % de tereftalato de polietileno reciclado *no incrementa* la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

Para analizar las hipótesis planteadas, se debe utilizar el p valor, estableciendo los siguientes criterios:

- Valor $p >$ nivel de significancia \rightarrow se acepta la H_o y se rechaza H_i .
- Valor $p <$ nivel de significancia \rightarrow se rechaza la H_o y se acepta H_i .

Para esto se ha considerado un nivel de erro de 5 % es decir un nivel de confianza del 95 %:

$$(\alpha = 5 \% = 0.05)$$

Asimismo, se tiene que los grados de libertad corresponden a:

$$gl = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

Consecuentemente se tiene los estadísticos de prueba y los valores de t para cada uno de los grupos analizados:

Tabla 40. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET 1.69 mm	3.00	348.63	2.34	1.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET 1.69 mm	-3.98	2.00	0.03	-5.37	-11.17	0.43

Fuente: Elaboración propia.

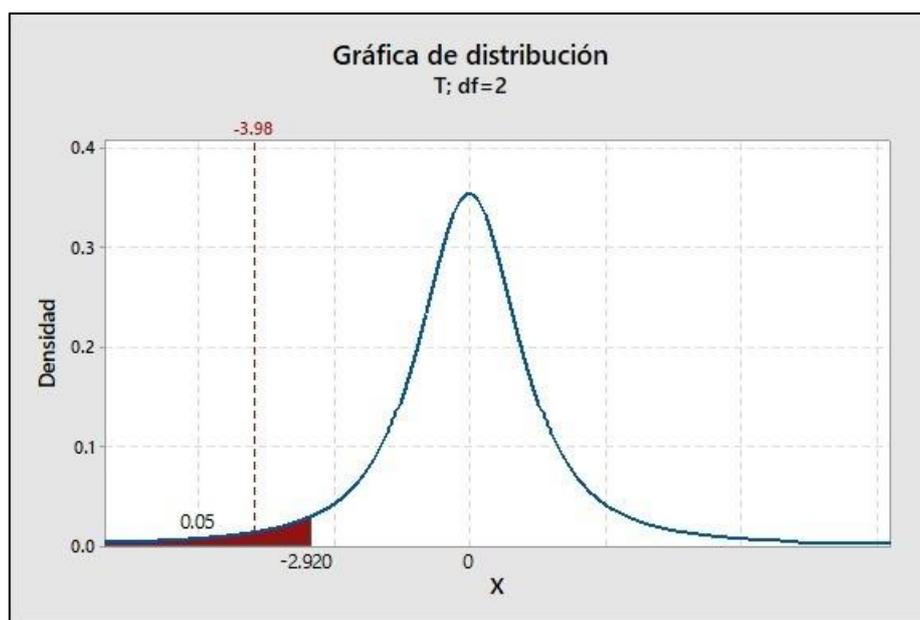


Figura 35. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	3.00	344.50	1.32	0.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354				
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia

					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	-12.44	2.00	0.005	-9.50	-12.79	-6.21

Fuente: Elaboración propia.

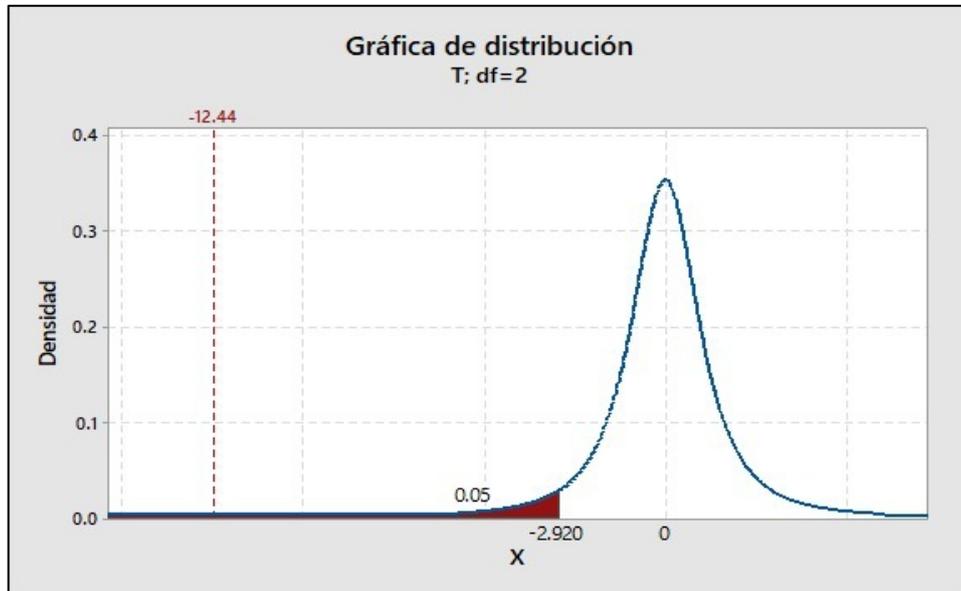


Figura 36. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	3.00	345.77	1.26	0.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	-11.33	2.00	0.005	-8.23	-11.36	-5.11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 0.27 mm	3.00	340.57	3.85	2.22

Fuente: Elaboración propia.

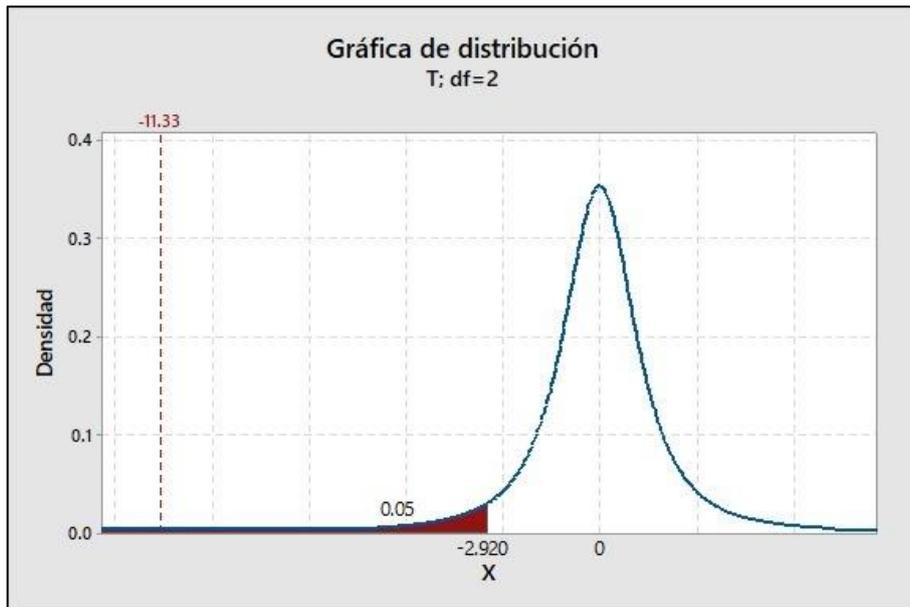


Figura 37. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET 0.27 mm	-6.04	2.00	0.015	-13.43	-23.00	-3.86

Fuente: Elaboración propia.

Para la interpretación del valor de p, en base a las tablas anteriores se tiene el siguiente análisis:

Para el 3 % de PET de 1.69 mm:

$0.03 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 1.69 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 3 % de PET de 0.27 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 0.27 mm:

$0.015 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación: el 3 % y 7 % de tereftalato de polietileno reciclado *no incrementa* la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

4.6.3. Prueba de hipótesis específica 2

Establecidas las hipótesis:

- $H_0: \bar{X} \geq 354 \text{ kg/cm}^2$, el 0.27 y 1.69 mm de lámina de tereftalato de polietileno reciclado *produce mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- $H_i: \bar{X} < 354$, el 0.27 y 1.69 mm de lámina de tereftalato de polietileno reciclado *no produce mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

Para analizar las hipótesis planteadas, se debe utilizar el p valor, estableciendo los siguientes criterios:

- Valor $p >$ nivel de significancia \rightarrow se acepta la H_o y se rechaza H_i .
- Valor $p <$ nivel de significancia \rightarrow se rechaza la H_o y se acepta H_i .

Para esto se ha considerado un nivel de erro de 5 % es decir un nivel de confianza del 95 %

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

Asimismo, se tiene que los grados de libertad corresponden a:

$$gl = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

Consecuentemente se tiene los estadísticos de prueba y los valores de t para cada uno de los grupos analizados:

Tabla 48. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET con 1.69 mm	3.00	348.63	2.34	1.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET con 1.69 mm	-3.98	2.00	0.03	-5.37	-11.17	0.43

Fuente: Elaboración propia.

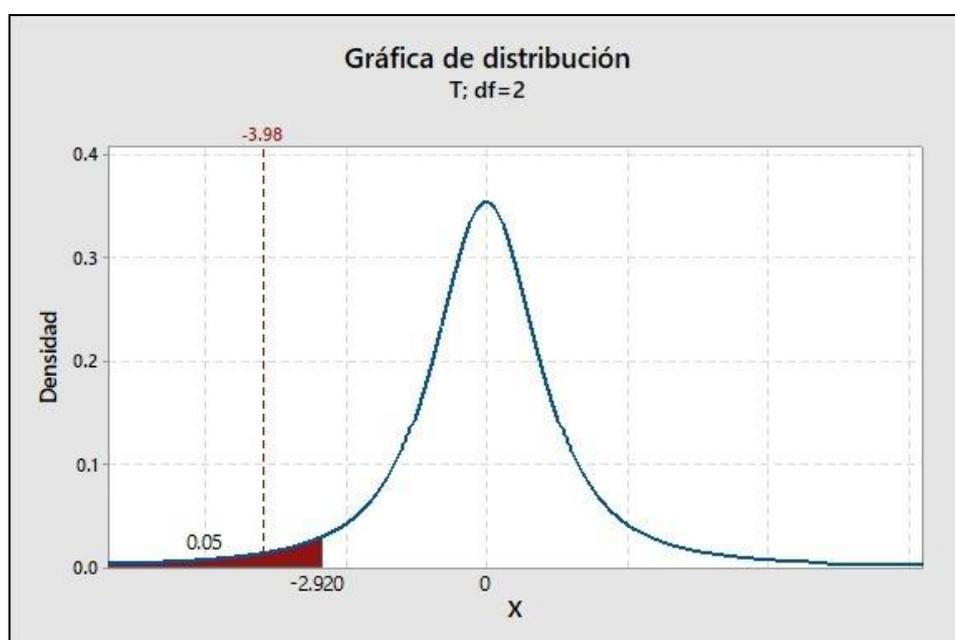


Figura 38. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	3.00	344.50	1.32	0.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET con 1.69 mm	-12.44	2.00	0.005	-9.50	-12.79	-6.21

Fuente: Elaboración propia.

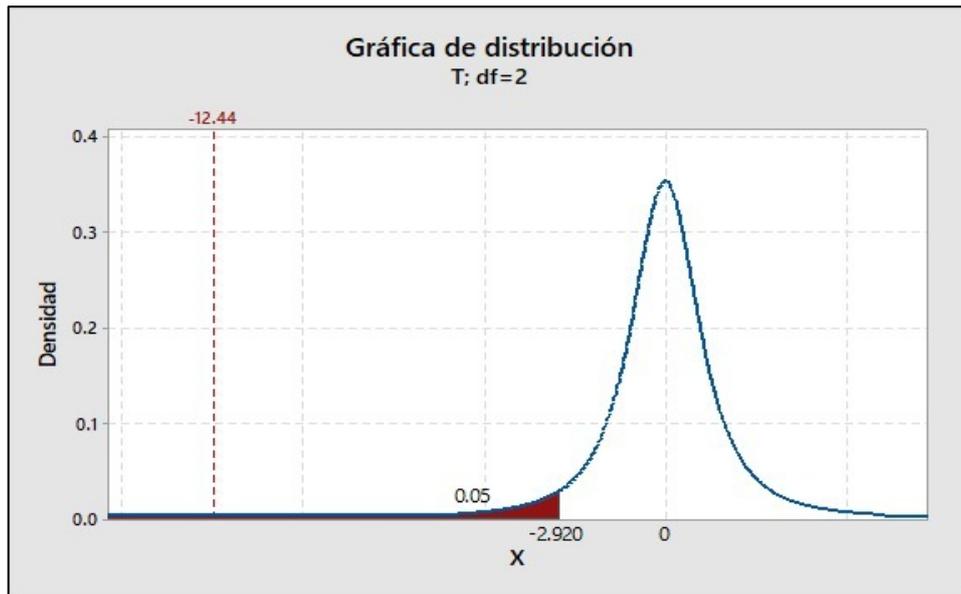


Figura 39. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	3.00	345.77	1.26	0.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET con 0.27 mm	-11.33	2.00	0.005	-8.23	-11.36	-5.11

Fuente: Elaboración propia.

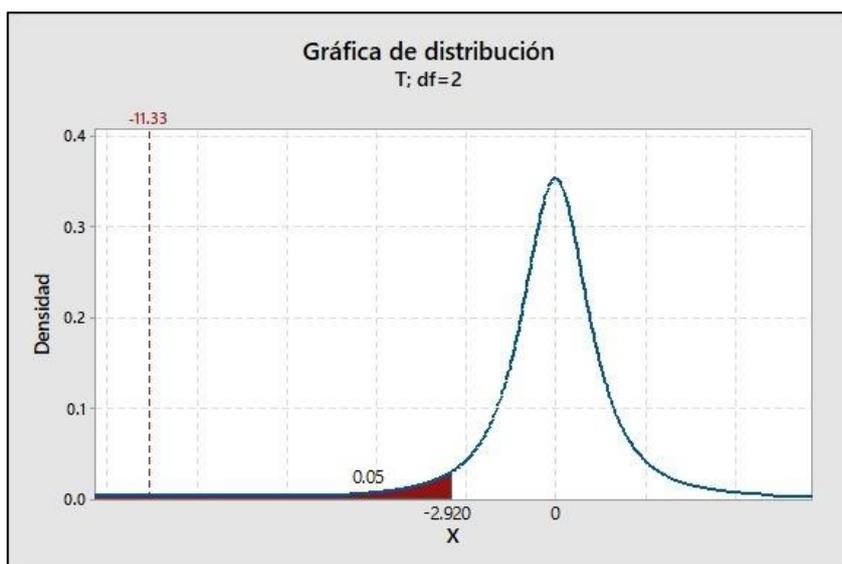


Figura 40. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET con 0.27 mm	3.00	340.57	3.85	2.22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	Gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET con 0.27 mm	-6.04	2.00	0.015	-13.43	-23.00	-3.86

Fuente: Elaboración propia.

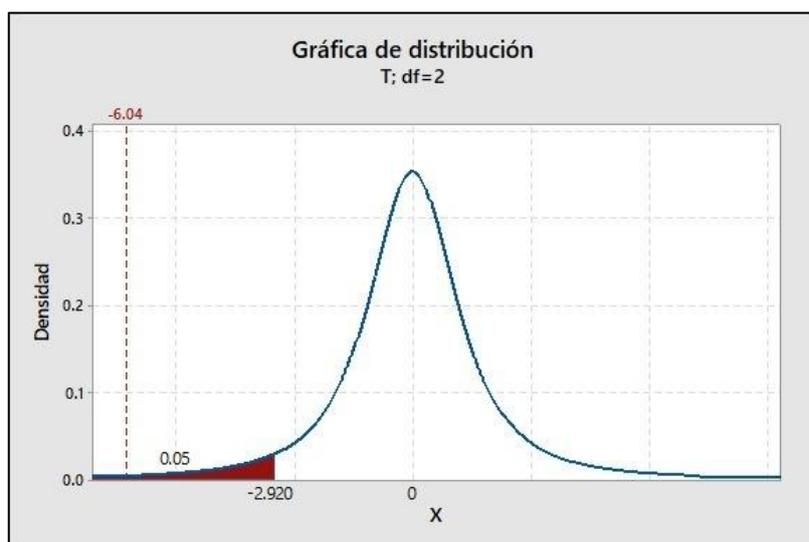


Figura 41. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Para la interpretación del valor de p , en base a las tablas anteriores se tiene el siguiente análisis:

Para el 3 % de PET de 1.69 mm:

$0.03 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 1.69 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 3 % de PET de 0.27 mm:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de 0.27 mm:

$0.015 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación: el 0.27 y 1.69 mm de lámina de tereftalato de polietileno reciclado *no produce mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

4.6.4. Prueba de hipótesis específica 3

Establecidas las hipótesis:

- $H_0: \bar{X} \geq 354 \text{ kg/cm}^2$, el grado de 0.70 y 0.85 de tereftalato de polietileno reciclado *determina mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.
- $H_i: \bar{X} < 354$, el grado de 0.70 y 0.85 de tereftalato de polietileno reciclado *no determina mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

Para analizar las hipótesis planteadas, se debe utilizar el p valor, estableciendo los siguientes criterios:

- Valor $p >$ nivel de significancia \rightarrow se acepta la H_0 y se rechaza H_1 .
- Valor $p <$ nivel de significancia \rightarrow se rechaza la H_0 y se acepta H_1 .

Para esto se ha considerado un nivel de erro de 5 % es decir un nivel de confianza del 95 %:

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

Asimismo, se tiene que los grados de libertad corresponden a:

$$gl = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

Se tiene los estadísticos de prueba y los valores de t para los grupos analizados:

Tabla 56. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET de grado 0.85	3.00	348.63	2.34	1.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET de grado 0.85	-3.98	2.00	0.03	-5.37	-11.17	0.43

Fuente: Elaboración propia.

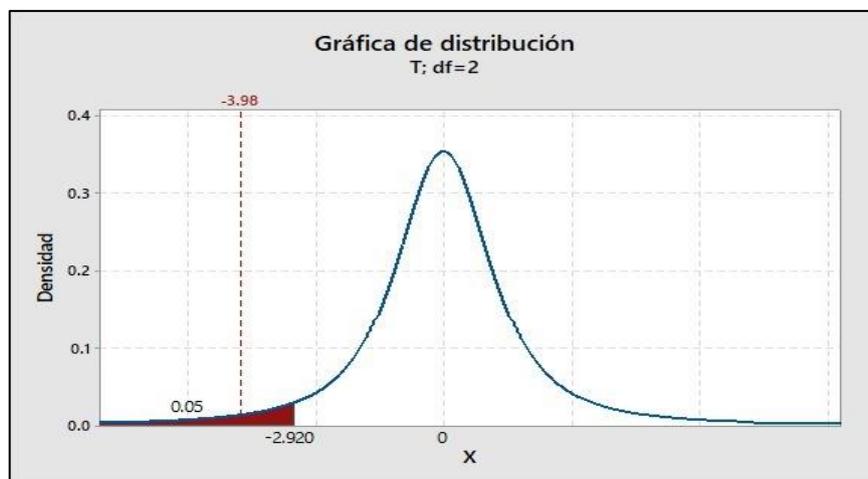


Figura 42. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 1.69 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET de grado 0.85	3.00	344.50	1.32	0.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET de grado 0.85	-12.44	2.00	0.005	-9.50	-12.79	-6.21

Fuente: Elaboración propia.

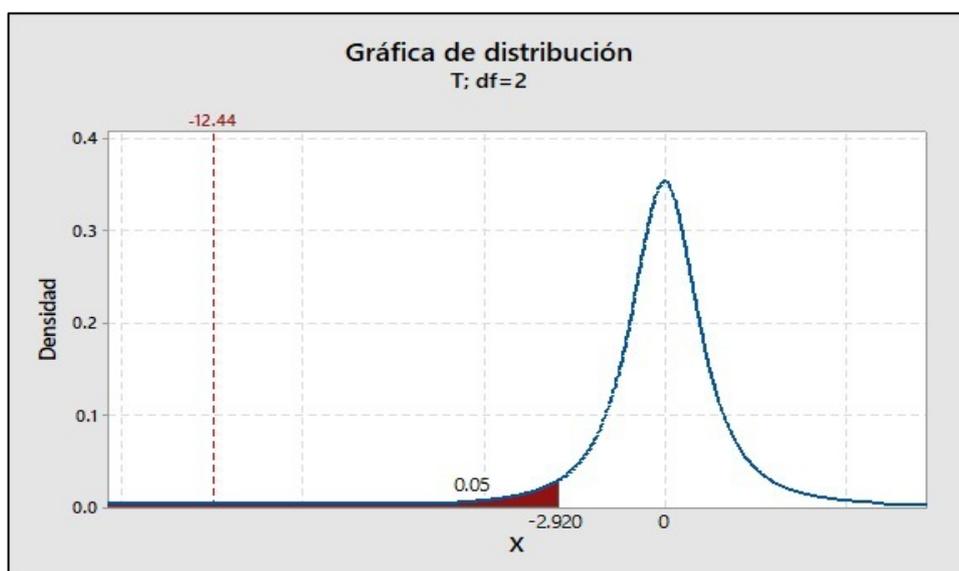


Figura 43. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 1.69 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Estadístico descriptivo adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 3 % de PET de grado 0.70	3.00	345.77	1.26	0.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Prueba T student – adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 3 % de PET de grado 0.70	-11.33	2.00	0.005	-8.23	-11.36	-5.11

Fuente: Elaboración propia.

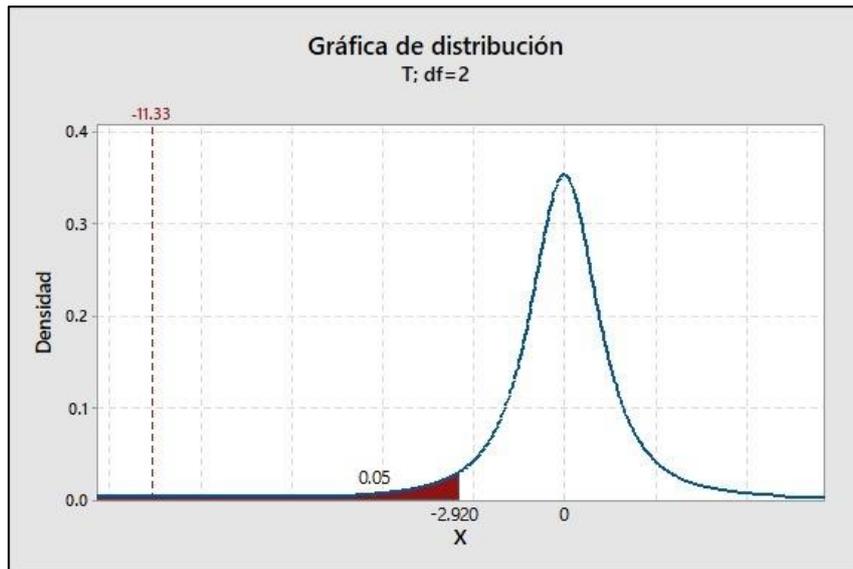


Figura 44. Distribución T de student adoquín con 3 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Estadístico descriptivo adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Adoquín con 7 % de PET de grado 0.70	3.00	340.57	3.85	2.22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Prueba T student – adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.

	Valor de prueba = 354					
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Adoquín con 7 % de PET de grado 0.70	-6.04	2.00	0.015	-13.43	-23.00	-3.86

Fuente: Elaboración propia.

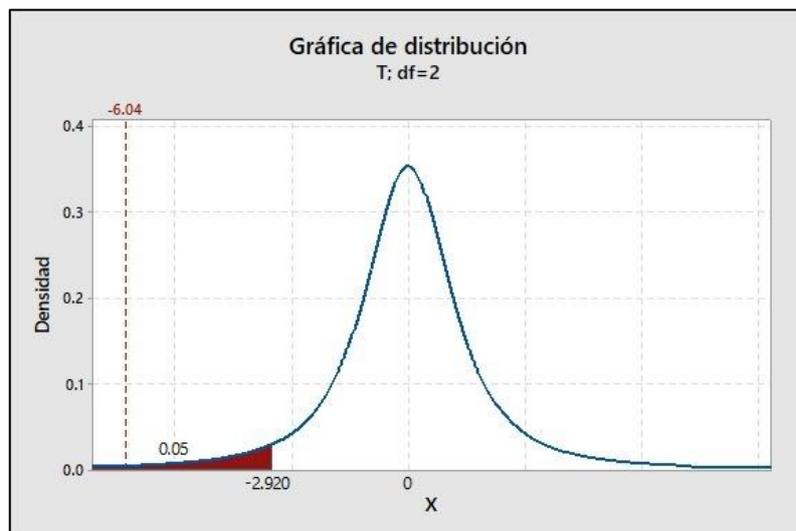


Figura 45. Distribución T de student adoquín con 7 % de PET de 0.27 mm.
Fuente: Elaboración propia.

Para la interpretación del valor de p , en base a las tablas anteriores se tiene el siguiente análisis:

Para el 3 % de PET de grado 0.85:

$0.03 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de grado 0.85:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 3 % de PET de grado 0.70:

$0.005 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Para el 7 % de PET de grado 0.70:

$0.015 < 0.05 \rightarrow$ Se acepta la hipótesis alterna (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de la investigación: el grado de 0.70 y 0.85 de tereftalato de polietileno reciclado *no determina mayor* resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.

V. DISCUSIONES

1. Discusión general

Analizado los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos se tiene que, el tereftalato de polietileno en la elaboración de adoquines para tránsito ligero no mejora la resistencia a compresión; sin embargo, las resistencias más altas correspondieron con 3 % y el espesor de 1.69 mm, además de cumplir con lo mínimo requerido por la CE. 010 de Pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2. Discusión específica 1

El primer objetivo general hace referencia a la determinación de la óptima dosificación de polietileno que debe de poseer un adoquín reciclado, es por ello que para su determinación se ha considerado en primera instancia la determinación de las propiedades de los materiales que lo componen, tales como el agregado fino y grueso.

Con los datos necesarios para la realización del diseño de mezcla se ha podido establecer la cantidad de los componentes necesarios, los cuales se muestran en la Tabla 23, el cual fue denominado concreto “patrón”; con dicho material estándar o inicial se ha procedido a realizar la evaluación del comportamiento de los adoquines modificados con proporciones de PET en 3 %, 7 % y espesores de 1.69 mm y de 0.27 mm.

Respecto al adoquín con PET de espesor de 1.69 mm se ha podido determinar que la resistencia a la compresión del concreto convencional se incrementa de manera progresiva de 232.43 kg/cm² a 344.50 kg/cm², mientras que al adicionar PET del espesor mencionado en una proporción de 3 %, la resistencia a compresión se incrementa de 214.40 kg/cm² a 348.63 kg/cm²; a la vez que, con una dosificación de 7 % su valor se modifica de 210.63 kg/cm² a 344.50 kg/cm², tal como se muestran en la Tabla 25; de estos resultados se ha podido deducir que usar PET en los adoquines de concreto disminuyen su resistencia a la compresión a medida que incrementa la concentración del PET, siendo que, el porcentaje más óptimo es

de 3 %, pues solo representa una disminución de la resistencia 1.42 % respecto del valor del concreto estándar o patrón.

Similar análisis fue realizada para la determinación de la óptima dosificación del PET con un espesor de 0.27 mm y cuyos valores obtenidos se muestran en la Tabla 26, donde se puede observar lo siguiente: la resistencia a la compresión del concreto patrón se incrementó de 232.43 kg/cm² a 353.67 kg/cm² en todo el periodo de desarrollo (es decir en periodos de 7, 14 y 28 días); sin embargo, un resultado diferente se obtuvo al considerar el uso de PET del espesor mencionado en una proporción de 3 %, en la que la resistencia varió de 216.40 kg/cm² a 345.57 kg/cm²; mientras que con un 7 % de PET esta propiedad se modificó de 205 kg/cm² a 340 kg/cm²; con lo cual se puede mencionar un comportamiento similar al grupo anterior en la que la dosificación óptima se encuentra determinada por el 3 % de PET pues es el que menor diferencia representa en comparación al del concreto patrón para un periodo de 28 días.

El comportamiento descrito en líneas anteriores concuerdan con lo estimado por Rodríguez y Villarreal (2020), quienes encontraron que la dosificación óptima de PET para la elaboración de adoquines de concreto fue de 3 %, sin embargo en su investigación pudieron establecer que la adición de PET en el adoquín mejora las propiedades del concreto hasta en 10.67 %, lo cual difiere con lo obtenido en la presente investigación, pues como se ha demostrado, el uso de PET para la elaboración de adoquines reduce la resistencia del concreto.

Por su parte Marin (2020), también ha podido determinar que la dosificación óptima para la elaboración de adoquines tipo II es de 3 %, pero con la diferencia que en su investigación consideró un material similar al PET, el cual es conocido como caucho triturado. Los resultados que ha obtenido demuestran que el uso del óptimo valor establecido, logra que la resistencia a la compresión del adoquín sea de 529.27 kg/cm², los cuales son valores muy superiores a los que se determinaron en la presente investigación, y lo cual se debe a la dosificación obtenida y el material, pues el caucho, tiene una mayor dureza a comparación del PET.

Sin embargo, para Pastor et al. (2015), el comportamiento del adoquín con plástico reciclado en su composición disminuye las propiedades mecánicas, por lo que

definió que la dosificación óptima del plástico debe ser de 0.5 % a la cual se debe de considerar que por cada bolsa de cemento 1.5 de arena. Esta diferencia de resistencia obtenida, no concuerda con lo estimado en esta investigación pues para el desarrollo se consideró piedra, arena, cemento y PET, mientras que en este antecedente solo considera al cemento, agregado, cemento y plástico reciclado para su elaboración.

Es con base a lo anteriormente descrito que puede mencionarse a modo de conclusión que la mejor dosificación para la elaboración de adoquines Tipo II (para tránsito ligero), se obtiene cuando la concentración de PET no supera el 3 % de la composición del volumen total, pues a pesar que los datos muestran una tendencia negativa o de reducción de resistencia, es dable mencionar que estos valores no son inferiores al valor mínimo que se establece en la norma CE.010, clasificándose de esta manera como aceptables.

3. Discusión específica 2

Respecto al segundo objetivo, se ha considerado dos tipos de PET, basado principalmente en el espesor que posee las láminas del PET, para ello se ha tomado como referencia el PET de espesor de 0.27 mm y de 1.69 mm, por ser los más convencionales residuos que se encuentran en los depósitos.

Un aspecto relevante que se ha tomado en consideración es que según el ítem anterior el mejor porcentaje de PET en su composición es de 3 %, por lo que para el análisis de este objetivo se ha desestimado el análisis de los adoquines con 7 % de PET. Dicho lo anterior, los resultados obtenidos (ver Tabla 29), muestran cómo es el comportamiento de la resistencia de los adoquines de concreto con los espesores mencionados, de los cuales se puede destacar lo siguiente: en el concreto patrón la variación de la resistencia se incrementó durante todo el tiempo de control de 232.43 kg/cm² a 353.67 kg/cm². Con PET de 0.27 mm de espesor, el valor de la resistencia se incrementó de 216.40 kg/cm² a 345.77 kg/cm², mientras que con el espesor de 1.69 mm este parámetro se modificó de 214.40 kg/cm² a 348.63 kg/cm².

En la Figura 25 se puede observar con mejor detalle el comportamiento del concreto con ambos tipos de polietileno, destacándose además que a los 28 días (donde el concreto alcanza la mayor resistencia) el valor de la resistencia a la compresión del adoquín disminuye en 2.23 % con PET de 0.27 mm de espesor y en 1.42 % con espesor de 1.69 mm respecto del concreto convencional. Un aspecto relevante de lo mencionado es que, a pesar de obtener una reducción de la resistencia a compresión del adoquín, es preciso mencionar que estos valores no son inferiores a los establecidos por la norma CE.010 de Pavimentos urbanos, por lo que se puede establecer como factible para su uso en un tránsito ligero.

Es importante mencionar que la mayoría de las investigaciones consideradas como antecedentes no resaltan la incidencia del espesor del PET en la resistencia del adoquín, y solo se enfocan en la proporción, sin embargo, los datos obtenidos dan cuenta de que este parámetro incide en la resistencia final del concreto, especialmente si el espesor es de 0.27 mm.

Un ejemplo de lo mencionado es lo determinado por Rodríguez y Villarreal (2020), quienes en su investigación solo consideraron el uso del PET en forma de escamas y sin el control del espesor, logrando determinar un valor óptimo de 3 %, y de una mejora significativa en la resistencia del adoquín, lo cual difiere con lo obtenido en los ensayos de esta tesis, debido a que probablemente el PET considerado en su estudio fueron con espesores iguales o mayores a 1.60 mm.

Por su parte Pastor et al. (2015) menciona que el uso de plásticos en la composición de los adoquines puede ser perjudicial, pues la resistencia se reduce de manera considerable, sin embargo, un aspecto que no considera es que el espesor que consideró fue menores o iguales a 0.20 mm, lo cual explica de manera fiable el porqué del comportamiento del adoquín considerados en su investigación.

Finalmente Fernandez (2019), en su investigación ha determinado que la dosificación óptima del PET en la composición de adoquín debe ser de 0.25 %, valor que difiere en gran proporción con lo estimado en esta investigación, sin embargo, dicha diferencia puede ser explicada debido al uso que se le dará al adoquín (será utilizado para tránsito peatonal) y que el PET considerado en su investigación poseen espesores menores a 0.20 mm.

Con base a lo mencionado, que se puede establecer que el uso del PET en diferentes proporciones y tamaños incide de manera significativa en la resistencia del concreto para adoquines, estableciéndose de esta manera que la mejor dosificación fue de 3 % y el espesor óptimo fue de 1.69 mm.

4. Discusión específica 3

Respecto al tercer objetivo, se ha considerado dos tipos de PET, basado principalmente en el grado que posee las láminas del PET, para ello se ha tomado como referencia el PET de grado 0.70 y 0.85, por ser los más convencionales residuos que se encuentran en los depósitos.

Dicho lo anterior, los resultados obtenidos (ver Tabla 31), muestran cómo es el comportamiento de la resistencia de los adoquines de concreto con diferentes grados, de los cuales se puede destacar lo siguiente: en el concreto patrón la variación de la resistencia se incrementó durante todo el tiempo de control de 232.43 kg/cm² a 353.67 kg/cm². Con PET de grado 0.70, el valor de la resistencia se incrementó de 216.40 kg/cm² a 345.77 kg/cm², mientras que con grado 0.85 este parámetro se modificó de 214.40 kg/cm² a 348.63 kg/cm².

En la Figura 28 se puede observar con mejor detalle el comportamiento del concreto con ambos tipos de polietileno, destacándose además que a los 28 días (donde el concreto alcanza la mayor resistencia) el valor de la resistencia a la compresión del adoquín disminuye en 2.23 % con PET de grado 0.70 y en 1.42 % con grado de 0.85 respecto del concreto convencional. Un aspecto relevante de lo mencionado es que, a pesar de obtener una reducción de la resistencia a compresión del adoquín, es preciso mencionar que estos valores no son inferiores a los establecidos por la norma CE.010 de Pavimentos urbanos, por lo que se puede establecer como factible para su uso en un tránsito ligero.

Es importante mencionar que la mayoría de las investigaciones consideradas como antecedentes no resaltan el grado del PET en la resistencia del adoquín, y solo se enfocan en la proporción, sin embargo, los datos obtenidos dan cuenta de que este parámetro incide en la resistencia final del concreto, especialmente si es de grado 0.70, tal como se muestra en la Tabla 31. Con base a lo mencionado, que se puede

establecer que el uso del PET en diferentes proporciones y grados de manera significativa en la resistencia del concreto para adoquines, estableciéndose de esta manera que la mejor dosificación fue de 3 % y con grado de 0.85.

VI. CONCLUSIONES

1. Conclusión general

De evaluar el tereftalato de polietileno se encontró que no incrementa la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano en Puno, no obstante, con 3 % de PET de 1.69 mm (348.63 kg/cm^2) presentó mejores resultados en comparación de 3 % de 0.27 mm (0.83 % más), además de 7 % con 1.69 mm (1.20 % más) y 0.27 mm (2.37 % más); además de cumplir con lo mínimo requerido de 336.51 kg/cm^2 (33 MPa) de la norma CE.010 de Pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2. Conclusión específica 1

No se cuenta con una proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado que mejore la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano; sin embargo, con 3 % para un espesor de 1.69 mm y 0.27 mm a los 28 días se obtuvo una resistencia a compresión de 348.63 kg/cm^2 y 345.77 kg/cm^2 , valores que cumplen con lo mínimo requerido de 336.51 kg/cm^2 (33 MPa) de la norma CE.010 de Pavimentos urbanos; además, de ser mayores a los obtenidos con 7 % de PET en ambos espesores.

3. Conclusión específica 2

No se cuenta con un espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado que produzca mayor resistencia en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano; sin embargo, con 1.69 mm en un 3 % pues se encontró una resistencia a compresión promedio de 348.63 kg/cm^2 , representando una resistencia 0.83 % mayor a la obtenida con el PET de 0.27 mm.

4. Conclusión específica 3

No se encontró un tipo óptimo de tereftalato de polietileno reciclado que determine mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano; sin embargo, con el de grado 0.85 en un 3 % se encontró una resistencia a

compresión de 348.63 kg/cm², representando una resistencia 0.83 % mayor a la obtenida con el PET con grado 0.70.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda elaborar adoquines para tránsito ligero de espesor de 80 mm con tereftalato de polietileno reciclado de un tamaño máximo de 5 mm y de espesor de 1.69 mm en un 3 %, con lo cual se asegura una mínima resistencia a compresión de los mismos que establece la CE. 010 de Pavimentos urbanos.

Se recomienda experimentar el tereftalato de polietileno reciclado en el adoquín modificando las dosificaciones empleadas, dimensiones y espesores, a fin de ampliar el conocimiento de este material en la elaboración de elementos ecológicos.

Se recomienda realizar pruebas de campo del comportamiento de los adoquines con tereftalato de polietileno reciclado a fin de verificar su durabilidad ante cargas vehiculares.

Se recomienda comparar al tereftalato de polietileno con otros tipos de plásticos como HDPE, PVC, poliestireno, comprobando con ello su efectividad.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, M., 2019. *Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral* [en línea]. S.I.: Universidad Peruana Los Andes. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1379>.

CEMEX, 2019. ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en concreto? [en línea]. Disponible en: <https://www.cemex.com.pe/articulos-del-2019>.

CHACÓN, C., ORDÓÑEZ, C. y VARÓN, L., 2016. *Clasificación de la fracción fina de materiales provenientes de canteras aledañas a Bogotá, a partir de su valor de azul metileno y su relación con la clasificación por el sistema unificado y sistema AASHTO* [en línea]. S.I.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2978>.

CONDORI, L., 2018. *Tratamiento del vidrio reciclado para la producción de adoquines en pavimentos articulados de la ciudad de Puno* [en línea]. S.I.: Universidad Andina «Néstor Cáceres Velasquez». Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2159>.

CONDORI, R., 2019. Arequipa: Contraloría confirma que obra de adoquinado en Av. Hartley tiene deficiencias. [en línea]. Disponible en: <https://acortar.link/JFIOXS>.

CORDBLOCK, 2019. *Pavimentos de adoquines intertrabados de hormigón* [en línea]. 2019. S.I.: Corblock. calidad concreta. Disponible en: <https://www.corblock.com/pdf/metodo-constructivo-adoquines.pdf>.

ECHAVEGUREN, T., 2013. *Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón* [en línea]. 2013. Chile: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. Disponible en: https://issuu.com/engcaos/docs/manual_adoquines.

ESTRADA, F., 2017. *Uso de material reciclado de tereftalato de polietileno, PET, como agregado fino para mezclas de concreto, para la elaboración de adoquines* [en línea]. S.I.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: <https://core.ac.uk/display/80748832>.

FERNANDEZ, M., 2019. *Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Los Andes. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/923>.

GOOGLE MAPS, 2021. Google Maps. [en línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps>.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 5°. México D.F.: s.n. ISBN 9786071502919.

HIGUERA, C. y PACHECO, Ó., 2010. Patología de pavimentos articulados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], vol. 9, no. 17, pp. 75-94. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v9n17/v9n17a07.pdf>.

LOS ANDES, 2019. 125 toneladas de basura dejó pasacalle de la Federación de Folklore. [en línea]. Disponible en: <https://acortar.link/pTS0I0>

MAHYAR, A., REZA, M. y TAHERI, M., 2016. The effect of using polyethylene terephthalate particles on physical and strength-related properties of concrete ; a laboratory evaluation. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 109, pp. 55-62. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.01.056. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4974825>.

MARIN, C., 2020. *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3996>.

MARTINEZ, A. y COTE, M., 2014. Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. *EDUCOSTA* [en línea], vol. 10, pp. 76-80. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4974825>.

MONTEJO, A., 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 2°. Bogotá: s.n.

MONTIEL, J., 2017. *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*

[en línea]. S.I.: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://acortar.link/6HMwww>.

MVCS, 2020. *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* [en línea]. 2020. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://acortar.link/bedtH>.

PARIGUAMÁN, A., 2017. *Correlación entre las propiedades mecánicas de los adoquines ecológicos fabricados con agregados reciclados y adoquines convencionales* [en línea]. S.I.: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12021>.

PASTOR, A., SALAZAR, J., SEMINARIO, R., TINEO, A. y ZAPATA, J., 2015. *Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado* [en línea]. S.I.: Universidad de Piura. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2343>.

REY, E., 2018. *Propiedades físico-mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10 % y 15 % de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulados* [en línea]. S.I.: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13848>.

RODRÍGUEZ, O. y VILLARREAL, Lady, 2020. *Efecto de las partículas de tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia a la compresión y desgaste de adoquines de concreto* [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47210>.

TAMAYO, M., 2003. *El proceso de la investigación científica*. Cuarta. Balderas 95, México, D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022.						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿Cómo el tereftalato de polietileno reciclado mejora la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022?</p>	<p>Objetivo general Mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano por medio del tereftalato de polietileno reciclado.</p>	<p>Hipótesis general El tereftalato de polietileno reciclado mejora la resistencia a compresión de los adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.</p>	<p>Independiente: Tereftalato de polietileno reciclado.</p>	<p>- Proporción.</p> <p>- Espesor.</p> <p>- Tipo</p>	<p>- 3 % de escamas de PET. - 7 % de escamas de PET.</p> <p>- Espesor 0.27 mm. - Espesor de 1.69 mm. - Grado 0.70 - Grado 0.85</p>	<p>Método de investigación: Científico hipotético deductivo</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación Explicativo.</p> <p>Población Correspondió a los adoquines elaborados según los requerimientos experimentales en donde figuran los adoquines con PET y convencionales.</p> <p>Muestra Fueron en total 45 adoquines tal como se muestra en la Tabla 6.</p> <p>Muestreo No probabilístico.</p>
<p>Problema específico 1: - ¿Cuánto es la proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado que incrementaría la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?</p> <p>Problema específico 2: - ¿Cuál es el espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado que produciría mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?</p> <p>Problema específico 3: - ¿Cuál es el tipo de tereftalato de polietileno reciclado que determinaría mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano?</p>	<p>Objetivo específico 1: - Incrementar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano mediante una proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado.</p> <p>Objetivo específico 2: - Producir mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano a través de un espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado.</p> <p>Objetivo específico 3: - Determinar mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano haciendo uso de un tipo de tereftalato de polietileno reciclado.</p>	<p>Hipótesis específica 1: - Una proporción óptima de tereftalato de polietileno reciclado incrementa la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.</p> <p>Hipótesis específica 2: - Un espesor óptimo de lámina de tereftalato de polietileno reciclado produce mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.</p> <p>Hipótesis específica 3: - El tipo de tereftalato de polietileno reciclado determina mayor resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano.</p>	<p>Dependiente: Resistencia compresión</p>	<p>- Resistencia a compresión a los 7 días.</p> <p>- Resistencia a compresión a los 14 días.</p> <p>- Resistencia a compresión a los 28 días.</p>	<p>- Carga máxima (KN). - Área bruta (mm²).</p> <p>- Carga máxima (KN). - Área bruta (mm²).</p> <p>- Carga máxima (KN). - Área bruta (mm²).</p>	

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables.

Título: “Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022”					
Variables	Concepto de operacionalización	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Tereftalato de polietileno reciclado	Son aquellos que provienen de la industria de los productos desechables, que al ser clasificados se pueden aprovechar (Estrada, 2017).	Se empleó el tereftalato de polietileno reciclado en forma de escamas, cuyas dimensiones fueron menores a 5 mm de diferentes espesores y proporciones.	Proporción	3 % de escamas de PET.	Intervalos
				7 % de escamas de PET.	
			Espesor	Espesor 0.27 mm.	Intervalos
				Espesor de 1.69 mm.	
			Tipo	Grado 0.70	
				Grado 0.85	
Variable dependiente: resistencia a la compresión	Se considera como la capacidad que tiene el concreto para soportar una carga en determinada unidad de área (CEMEX, 2019).	Se midió la resistencia a compresión de los adoquines por medio del ensayo estipulado en la NTP. 399.611:2017 a los 7, 14 y 28 días.	Resistencia a compresión a los 7 días.	Carga máxima (KN).	Intervalos
				Área bruta (mm ²).	Intervalos
			Resistencia a compresión a los 14 días.	Carga máxima (KN).	Intervalos
				Área bruta (mm ²).	Intervalos
			Resistencia a compresión a los 28 días.	Carga máxima (KN).	Intervalos
				Área bruta (mm ²).	Intervalos

Anexo 3. Reporte de Turnitin

The screenshot shows a Turnitin report for a document titled "TESIS CONDORI MEDINA (TURNITIN).docx" by MARCO ITALO CONDORI MEDINA. The similarity score is 21%. The report lists five sources of similarity:

Rank	Source	Similarity %
1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
4	dspace.uccuenca.edu.ec Fuente de Internet	1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %

The document content includes the following text:

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Avila (2019) menciona que, en los últimos años a nivel mundial el pavimento adoquinado de concreto está siendo utilizado en diferentes obras comportándose satisfactoriamente, además de tener un menor impacto ambiental y avance tecnológico generando empleo y tecnología; como también en Latinoamérica se vienen elaborando trabajos con pavimento adoquinado como alternativa, medio factible y renovable.

Condori (2018) detalla que, en Perú y específicamente en Puno se experimenta un enorme problema a consecuencia de la falta de condiciones en calles y avenidas

Page: 1 de 69 | Number of words: 13198 | Version: solo texto del informe | Alta

System tray: 38°C Soleado | 20:04 7/07/2022

Anexo 4. Validez de Expertos



Universidad César Vallejo

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	
1. Datos generales	
1.1 Nombres y apellidos del experto:	ING. ELARD CRUZ MIRANDA
1.2 Cargo o Institución donde labora:	RESIDENTE DE OBRA
1.3 Investigador:	Bach. Condori Medina, Marco Italo.
1.4 Tesis:	"Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"

2. Aspectos de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
		(0-20%)	(21-40%)	(41-60%)	(61-80%)	(81-100%)
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada					95%
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a medición y calificación				70%	
3. Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado					90%
4. Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación					90%
5. Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente para medir la variable				80%	
6. Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda					95%
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipótesis existe coherencia.					90%
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos				80%	

3. Opinión de aplicabilidad: El citado instrumeto de investigación cumple con los criterios de intencionalidad, objetividad, organización, claridad, suficiencia, consistencia, coherencia y aplicabilidad.

4. Promedio de valoración al 100 %:

86.25%

Firma:



Nombre y apellidos:

ELARD CRUZ MIRANDA

DNI:

41759487

Puno, abril de 2022.



INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	
1. Datos generales	
1.1 Nombres y apellidos del experto:	Ing. Alexander E. Mamani Nina
1.2 Cargo o Institución donde labora:	Sub Gerente de Obras y Mantenimiento Bach. Condori Medina, Marco Italo.
1.3 Investigador:	
1.4 Tesis:	"Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"

2. Aspectos de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
		(0-20%)	(21-40%)	(41-60%)	(61-80%)	(81-100%)
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada					90%
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a medición y calificación				80%	
3. Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado					85%
4. Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación					90%
5. Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente para medir la variable					90%
6. Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda				80%	
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipótesis existe coherencia.					90%
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos					95%

3. Opinión de aplicabilidad: El citado instrumento de investigación cumple con los criterios de intencionalidad, objetividad, organización, claridad, suficiencia, consistencia, coherencia y aplicabilidad.

4. Promedio de valoración al 100 %: 87.5%

Firma:



Nombre y apellidos: Ing. Alexander E. Mamani Nina

DNI: 72465298

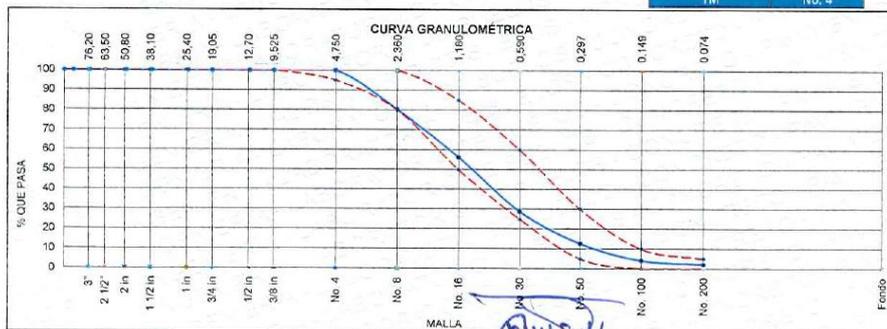
Puno, abril de 2022.

Anexo 5. Certificados de laboratorio



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL							
(Normas internacionales: ASTM C136 / C136 - 19)							
NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : Terrafalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022*				SLAB - Rev. 001-2021 LAB. SUNING S.E. : AGA N° E. : 041 PAG 1 - 1			
UBICACION DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO				INC. RESPONSABLE : D.S.H. TEC. RESPONSABLE : G.P.S. F. EJECUCION : 09/05/2022			
PETICIONARIO : Bach. Condoni Medina Marco Italo							
MUESTRA							
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROMAN	DISTRITO	CABANILLAS	
	REFERENCIA	RIO CABANILLAS		CANTERA	CANTERA CABANILLAS		
N° DE MUESTRA	1	PROFUNDIDA (m.)	---	CALICATA	---	CAPA	---
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 kg/m ³ - ADOQUIN (AGREGADO FINO)			CANTIDAD APROXIMADA	90 Kg

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		MASA RETENIDA g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
NOMBRE	mm					MÍNIMO	MÁXIMO
4 in'	100.00 mm				100.0	100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm				100.0	100.00	100.00
3 in	75.00 mm				100.0	100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm				100.0	100.00	100.00
2 in	50.00 mm				100.0	100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.0	100.00	100.00
1 in	25.00 mm				100.0	100.00	100.00
3/4 in	19.00 mm				100.0	100.00	100.00
1/2 in	12.50 mm				100.0	100.00	100.00
3/8 in	9.50 mm				100.0	100.00	100.00
No. 4	4.75 mm				100.0	95.00	100.00
No. 8	2.36 mm	1301.99	19.8	19.8	80.2	80.00	100.00
No. 16	1.18 mm	1586.09	24.1	43.8	56.2	50.00	85.00
No. 30	600 µm	1809.17	27.5	71.3	28.7	25.00	60.00
No. 50	300 µm	1066.27	15.2	87.5	12.5	5.00	30.00
No. 100	150 µm	562.74	8.5	96.0	4.0	0.00	10.00
No. 200	75 µm	123.98	1.9	97.9	2.1	0.00	5.00
< No. 200	< No. 200	139.76	2.1	100.0	0.0	-	-
						MF	3.18
						TMN	No. 8
						TM	No. 4



Observaciones: * Muestras fueron identificadas y depositadas en LABORATORIO POR PETICIONARIO.

Daniel Suni Hueracha
 INGENIERO CIVIL
 Colegio Profesional del Perú Reg. N° 123472

* Esta terminantemente prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001490

**CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD (Agua) EVAPORABLE DEL
 AGREGADO POR SECADO**
 AGREGADO GRUESO, FINO Y GLOBAL
 (Norma Internacional: ASTM C556 - 19)

SLAB - Rev. 001 - 2021

LAB. SUNING	
S.E.	CHA
N° E.	027
PAG 1 - 1	

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : "Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
 UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
 PETICIONARIO : Bach. Condori Medina Marco Italo
 ING. ESP. RESPONSABLE : D.S.H.
 ING. TEC. RESPONSABLE : G.P.S.
 F. EJECUCION : 09/05/2022

MUESTRA						
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO PUNO	PROVINCIA SAN ROMAN	DISTRITO CABANILLAS			
	REFERENCIA RIO CABANILLAS	CANTERA	CANTERA CABANILLAS			
N° DE MUESTRA	1	PROFUNDIDA (m.)	---	CALICATA	---	CAPA
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 kg/cm ² - ADOQUIN		CANTIDAD APROXIMADA	2 kg
	TIPO DE MUESTRA	A. GRUESO	A. FINO	<input checked="" type="checkbox"/>	A GLOBAL	

HOJA DE DATOS DE ENSAYO			
MUESTRA	1	2	3
CONTENEDOR / NÚMERO DE TAPA	T-2	T-45	---
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA HÚMEDA (g) = W	263.4	232.4	
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA INICIAL (g)	260.3	228.6	
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA SECUNDARIO (g)	254.6	224.8	
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA FINAL (g) = D	254.5	224.6	
MASA DE CONTENEDOR (g) = M c	25.6	23.4	
MASA DEL AGUA (g) = M w	8.9	7.8	
MASA DE SÓLIDO (g) = M s	228.9	201.2	
CONTENIDO DE AGUA (%) = P	3.9	3.9	
Tamaño de Partícula Máxima Aproximado (VISUAL)	3/4 in.		---

PROMEDIO % DE AGUA : 3.9

Observaciones: * Humedad de muestra de sacos dejados en laboratorio
 * Muestras fueron depositadas e identificadas en LABORATORIO por peticionario.


 Ing. Juan Huaracha
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 121479

* Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L. 001491
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) y ABSORCIÓN
 AGREGADO FINO
 (Norma Internacional: ASTM C128 - 15)

SLAB - Rev. 001 - 2021

LAB. SUNING	
S.E.	GEAF
N° E.	019

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA): Terrestre de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022*
 UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA): CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
 PETICIONARIO: Bach. Concori Medina Marco Italo
 ING. ESP. RESPONSABLE: D.S.H.
 ING. TEC. RESPONSABLE: G.P.S.
 F. EJECUCION: 10/05/2022

MUESTRA						
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO PUNO	PROVINCIA SAN ROMAN	DISTRITO CABANILLAS			
	REFERENCIA RIO CABANILLAS	CANTERA	CANTERA CABANILLAS			
N° DE MUESTRA		PROFUNDIDA (m.)		CALICATA		CAPA
PROGRESIVA / CTRO		USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA: 340 kg/m ² - ADOQUIN			CANTIDAD APROXIMADA
						5

REGISTRO Y CALCULOS

MUESTRA	1	2	
MASA DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (OD) (g) = A	549.0	531.0	
MASA DE PICNÓMETRO + AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN (g) = B	666.5	666.5	
MASA DE PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN (g) = C	1015.0	1000.0	
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (SSS) (g) = S	562.9	543.4	PROMEDIO
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (OD)	2.56	2.53	2.5
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SUPERFICIE SECA SATURADA) (SSD)	2.63	2.59	2.6
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECÍFICA)	2.74	2.69	2.7
ABSORCIÓN (%)	2.5	2.3	2.4
MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECADA AL HORNO		

Observaciones: * Muestras fueron recogidas en obra e identificadas por el peticionario, en saco de rafia.


 Concori Medina Marco Italo
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado en Ingeniería del Puno Reg. N° 121478

001492

* Este terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO EN AGREGADO FINO, GRUESO Y MIXTOS
 (Norma Internacional: ASTM C29 / C29M - 17a)

SLAB - Rev. 001 - 2021

LAB. SUNING	
S.E.	PUSC
N° E.	027

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA): *Terminado de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022*
 UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA): CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
 PETICIONARIO: Bach. Condoni Medina Marco Italo

ING. ESP. RESPONSABLE: D.S.H.
 ING. TEC. RESPONSABLE: G.P.S.
 F. EJECUCION: 11 de Mayo de 2022

MUESTRA						
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO PUNO	PROVINCIA SAN ROMAN	DISTRITO CABANILLAS			
	REFERENCIA	CANTERA	CANTERA CABANILLAS			
N° DE MUESTRA	1	PROFUNDIDAD (m.)	----	CALICATA	---	CAPA
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 kg/m ² - ADOQUIN (AGREGADO FINO)			
					CANTIDAD APROX (kg)	50

REGISTRO Y CALCULOS

DENSIDAD APARENTE SUELTA				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
MASA DEL MOLDE (kg) = T	3.433	3.433	3.433	
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³) = V	0.007063	0.007063	0.007063	
MASA DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA (kg) = G	15.232	15.220	15.233	
DENSIDAD APARENTE SUELTA (kg/m ³) = M	1671	1669	1671	1670

DENSIDAD APARENTE COMPACTADA				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
MASA DEL MOLDE (kg) = T	3.433	3.433	3.433	
VOLUMEN DEL MOLDE (m ³) = V	0.007063	0.007063	0.007063	
MASA DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA (kg) = G	15.831	15.819	15.860	
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA (kg/m ³) = M	1755	1754	1759	1760
METODO UTILIZADO PARA LA COMPACTACION				
Rodding (Varillado)				

PORCENTAJE DE VACIOS	
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad especifica) OD = S	2.47
% DE VACIOS - MUESTRA SUELTA	32.4
% DE VACIOS - MUESTRA COMPACTADA	28.7

Observaciones: * Muestras fueron depositadas e identificadas por el peticionario, en saco de rafia.


 Condoni Medina Marco Italo
 INGENIERO CIVIL
 N° de Colegiación: 171479

* Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001403

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL
 (Normas Internacionales: ASTM C136 / C136 - 19)

SLAB - Rev. 001-2021

LAB. SUNING

S.E. AGA

N° E. 042

MAG 1-1

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : *Terminado de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito Arriano, Puno 2022*

UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO

PETICIONARIO : Bach. Condon Medina Marco Italo

ING. ESP. RESPONSABLE : D.S.H.

ING. TEC. RESPONSABLE : G.P.S.

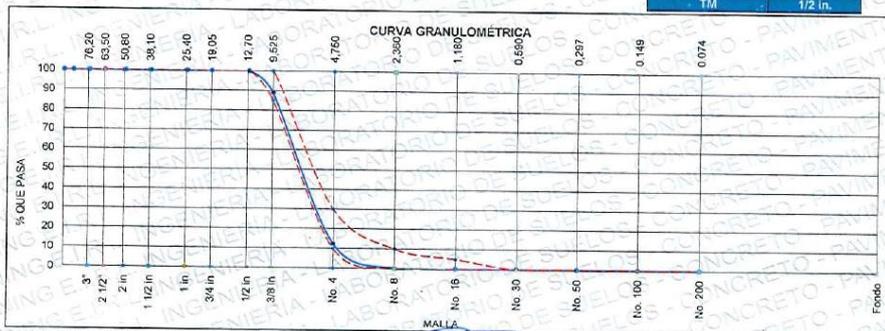
F. EJECUCION : 09/05/2022

MUESTRA

ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROMAN	DISTRITO	CABANILLAS	
	REFERENCIA	RIO CABANILLAS		CANTERA	CANTERA CABANILLAS		
N° DE MUESTRA	2	PROFUNDIDAD (m.)	---	CALICATA	---	CAPA	
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 kg/m ³ - ADOQUIN (AGREGADO GRUESO)			CANTIDAD APROXIMADA	90 kg

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 8

ABERTURA DE TÁMICES Marco de 8" de diámetro	MASA RETENIDA g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
					MÍNIMO	MÁXIMO
4 in'	100,00 mm			100,0	100,00	100,00
3 1/2 in	90,00 mm			100,0	100,00	100,00
3 in	75,00 mm			100,0	100,00	100,00
2 1/2 in	63,00 mm			100,0	100,00	100,00
2 in	50,00 mm			100,0	100,00	100,00
1 1/2 in	37,50 mm			100,0	100,00	100,00
1 in	25,00 mm			100,0	100,00	100,00
3/4 in	19,00 mm			100,0	100,00	100,00
1/2 in	12,50 mm			100,0	100,00	100,00
3/8 in	9,50 mm	715,00	11,1	88,9	85,00	100,00
No. 4	4,75 mm	4933,00	76,6	12,3	10,00	30,00
No. 8	2,36 mm	787,69	12,2	99,9	0,1	10,00
No. 16	1,18 mm				0,00	5,00
No. 30	600 µm				0,00	0,00
No. 50	300 µm				0,00	0,00
No. 100	150 µm				0,00	0,00
No. 200	75 µm				0,00	0,00
< No. 200	< No. 200	4,31		100,0	0,0	
					MF	5,99
					TMN	3/8 in.
					TM	1/2 in.



[Firma]
 Dni. Juan Huarcaba
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. 001151478

001494

* Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD (Agua) EVAPORABLE DEL
 AGREGADO POR SECADO**
 AGREGADO GRUESO, FINO Y GLOBAL
 (Norma Internacional: ASTM C556 - 19)

SLAB - Rev. 001 - 2021

LAB. SUNING

S.E. CHA
 N° E. 028

PAG 1 - 1

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : "Terrefaltato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"

ING. ESP. RESPONSABLE : D.S.H.

UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO

ING. TEC. RESPONSABLE : G.P.S.

PETICIONARIO : Bach. Condoni Medina Marco Italo

F. EJECUCION : 09/05/2022

MUESTRA						
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO	PUNO	PROVINCIA	SAN ROMAN	DISTRITO	
	UBICACION	RIO CABANILLAS	CANTERA	CANTERA CABANILLAS		
N° DE MUESTRA	2	PROFUNDIDA (m.)	---	CALICATA	---	CAPA
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 kg/cm ² - ADOQUIN			CANTIDAD APROX.(kg)
TIPO DE MUESTRA	A. GRUESO	X	A. FINO	A. GLOBAL		

HOJA DE DATOS DE ENSAYO			
MUESTRA	1	2	3
CONTENEDOR / NÚMERO DE TAPA	X-12	X-15	---
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA HÚMEDA (g) = W	405.3	356.7	---
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA INICIAL (g)	402.0	354.2	---
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA SECUNDARIO (g)	401.0	353.6	---
CONTENEDOR + MASA DE MUESTRA SECA FINAL (g) = D	399.9	353.3	---
MASA DE CONTENEDOR (g) = M c	25.3	26.6	---
MASA DEL AGUA (g) = M w	5.4	3.4	---
MASA DE SÓLIDO (g) = M s	374.6	326.7	---
CONTENIDO DE AGUA (%) = P	1.4	1.0	---
Tamaño de Partícula Máximo Aproximado (VISUAL)	1 in.		

PROMEDIO % DE AGUA : 1.2

Observaciones : * Humedad de muestra de sacos dejados en laboratorio
 * Muestras fueron desecadas e identificadas en LABORATORIO por peticionario.


 ING. CONDONI MEDINA MARCO ITALO
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado en el Registro del Puno Reg. N° 1271118

* Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001495

DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO EN AGREGADO FINO, GRUESO Y MIXTOS
 (Norma Internacional: ASTM C29 / C29M - 17a)

SLAB - Rev. 001 - 2021

LAB. SUNING	
S.E.	PUSC
N° E.	028

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA): Terofalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito livianos, Puno 2322.
 UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA): CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
 PETICIONARIO: Bach. Condoni Medina Marco Italo

ING. ESP. RESPONSABLE: D.S.H.
 ING. TEC. RESPONSABLE: G.P.S.
 F. EJECUCION: 11 de Mayo de 2022

MUESTRA						
ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO	PROVINCIA			DISTRITO	
	PUNO	SAN ROMAN			CABANILLAS	
	REFERENCIA	CANTERA		CANTERA CABANILLAS		
	RIO CABANILLAS					
N° DE MUESTRA	2	PROFUNDIDAD (m.)	---	CALICATA	---	CAPA
PROGRESIVA / OTRO	---	USO DE MATERIAL	DISEÑO DE MEZCLA 340 ligero - ADOQUIN (AGREGADO GRUESO)			CANTIDAD APROX. (kg)
						50

REGISTRO Y CALCULOS

DENSIDAD APARENTE SUELTA				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
MASA DEL MOLDE (kg) = T	3.433	3.433	3.433	
VOLUMEN DEL MOLDE (m³) = V	0.007063	0.007063	0.007063	
MASA DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA (kg) = G	12.817	12.919	12.818	
DENSIDAD APARENTE SUELTA (kg/m³) = M	1329	1343	1329	1330

DENSIDAD APARENTE COMPACTADA				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
MASA DEL MOLDE (kg) = T	3.433	3.433	3.433	
VOLUMEN DEL MOLDE (m³) = V	0.007063	0.007063	0.007063	
MASA DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA (kg) = G	13.300	13.309	13.328	
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA (kg/m³) = M	1397	1398	1401	1400
MÉTODO UTILIZADO PARA LA COMPACTACIÓN	Rodding (Varillado)			

PORCENTAJE DE VACIOS	
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) OD = S	2.47
% DE VACIOS - MUESTRA SUELTA	46.1
% DE VACIOS - MUESTRA COMPACTADA	43.3

Observaciones: * Muestras fueron depositadas e identificadas por el peticionario, en saco de rafia.


 Condoni Medina Marco Italo
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú N° 121479

* Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001437

DISEÑO DE MEZCLA F'C =340 KG/CM2

DISEÑO POR SEPARADO
 (Norma Internacional: ACI 211.1-91)

SLAB - Rev. 002 - 2020

LAB. SUNING

S.E. DM
 N°E. 030

PAG 1 - 3

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"

UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO

PETICIONARIO : Bach. Condori Medina Marco Italo

ING. ESP. RESPONSABLE : D.S.H.

ING. TEC. RESPONSABLE : G.P.S.

F. EJECUCION : 16/05/2022

MUESTRA

ORIGEN DE LA MUESTRA	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO		
	PUNO	SAN ROMAN	CABANILLAS		
	REFERENCIA	CANTERA	CANTERA CABANILLAS		
	RIO CABANILLAS				
N° DE MUESTRA	2	PROFUNDIDA (m.)	---	CALICATA	---
PROGRESIVA / OTRO				CAPA	---

PROCESO DE DISEÑO:

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 340 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días entonces la resistencia promedio $F'cr = 424 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

Se usara **CEMENTO ALTA DURABILIDAD RUMI TIPO IP**

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: **3/8"** (9.53mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.45	2.50
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1400	1760
P.U. Suelto	1330	1670
% de Absorción	3.70	2.40
% de Humedad Natural	1.20	3.90
Modulo de Fineza	5.99	3.18

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal: **3/8"** (25.4mm)
3. Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **228 Lt/m3**
4. Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **3.0 %**
5. Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.406**



* Este terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001487

DISEÑO DE MEZCLA F'C =340 KG/CM2

DISEÑO POR SEPARADO
 (Norma Internacional: ACI 211.1.74, ACI 211.1.81)

SLAB - Rev. 002 - 2020

LAB. SUNING	
S.E.	DM
Nº.E.	030
PAG 2 - 3	

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA)	: "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"	ING. ESP. RESPONSABLE :	D.S.H.
UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA)	: CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO	ING. TEC. RESPONSABLE :	G.P.S.
PETICIONARIO	: Bach. Condori Medina Marco Iltalo	F. EJECUCION :	16/05/2022

6. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:
 $(228 \text{ Lt/m}^3) / (0.41) = 562 \text{ Kg/m}^3$
7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.18 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1400 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal 3/8" (9.53mm) se recomienda el uso de 0.422 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:
 $(0.422) * (1400) = 591 \text{ Kg/m}^3$
8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación. Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:
- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Volúmen absoluto de agua | = (228) / (1000) | = 0.228 |
| Volúmen absoluto de cemento | = (562) / (2.80 * 1000) | = 0.201 |
| Volúmen absoluto de agregado grueso | = (591) / (2.45 * 1000) | = 0.241 |
| Volúmen de aire atrapado | = (3.0) / (100) | = 0.030 |
| Volúmen sub total | | <u>0.700</u> |
- Volúmen absoluto de arena
 Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = (1.000 - 0.700) = 0.300 m³
 $(0.300) * (2.50) * 1000 = 751 \text{ Kg/m}^3$
9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:
 Agregado grueso húmedo (591) * (1.012) = 598 Kg.
 Agregado Fino húmedo (751) * (1.0390) = 780 Kg.
10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:
 $228 - 591 * (\frac{1.20 - 3.7}{100}) - 751 (\frac{3.90 - 2.40}{100}) = 232$


 INGENIERO CIVIL
 Colegiado en el Perú N.º 121473

* Este terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001488

DISEÑO DE MEZCLA F'C =340 KG/CM2

DISEÑO POR SEPARADO

(Norma Internacional: ACI 211.1.74, ACI 211.1.81)

SLAB - Rev. 002 - 2020

LAB. SUNING

S.E. DM
 N° E. 030

PAG 3 -3

NOMBRE DE PROYECTO (OBRA) : "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"

UBICACIÓN DE PROYECTO (OBRA) : CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO

PETICIONARIO : Bach. Condori Medina Marco Italo

ING. RESPONSABLE : D.S.H.

TEC. RESPONSABLE : G.P.S.

F. EJECUCION : 16/05/2022

DOSIFICACION

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (Kg/m3)	PROPORCION EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (Kg/m3)	PROPORCION EN VOLUMEN PESO HUMEDO
Cemento	562	1.00	562	1.00
Agua	228	0.41	232	0.41
Agreg. Grueso	591	1.05	598	1.06
Agreg. Fino	751	1.34	780	1.39
Aire	3.0 %		3.0 %	

13.22 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento : 42.50 Kg.
 Agregado fino húmedo : 59.01 Kg.
 Agregado grueso húmedo : 45.24 Kg.
 Agua efectiva : 17.52 Kg.

DOSIFICACION POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies3

1.0 Bolsa de Cemento: Redondeo
 - 1.25 p3 de Arena 1.2 p3 de Arena
 - 1.20 p3 de Grava 1.2 p3 de Grava
 - 18 Lt de Agua 18 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debiera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

O. servaciones:

* Muestras fueron depositadas e identificadas por el peticionario, en saco de rafia.


 Daniel Suni Huaracha
 INGENIERO CIVIL
 Legajo de Matrícula de Puno Reg. Nº 121479

* Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 * El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 * Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001489

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS
 (Norma Nacional: NTP 399.611:2017)

SLAB - Rev. 001 - 2022	
LAB. SUNING	
S.E.	RCAC
N°E.	006
PAG 1 de 1	

PROYECTO : "Terrestriato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
PETICIONARIO : Bach. Condori Medina Marco Italo
MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm
UBICACION : PUNO - SAN ROMAN - CABANILLAS

ING. RESPONSABLE: D.S.H.
 F. INGRESO: 23 de Mayo de 2022
 F. EMISION: 21 de Junio de 2022

N°	ESPECIMEN		DIMENSIONES (mm)		FECHA		EDAD (Dias)	AREA BRUTA (mm2)	CARGA MAXIMA (Kn)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	
	ELEMENTO	CODIGO	Alt. x Anch. x Larg	VACIADO	COMPRESION	f'b (Kg/cm2)				f'b (Mpa)	
1	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-10	79.7 x 99.3 x 200.3	23/05/2022	30/05/2022	7	19,889	454.74	233.1	22.9	
2	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-11	79.6 x 99.4 x 200.9	23/05/2022	30/05/2022	7	19,970	444.78	227.1	22.3	
3	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-12	79.5 x 99.4 x 201.1	23/05/2022	30/05/2022	7	19,989	464.70	237.1	23.2	
4	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-5	79.4 x 100.4 x 201.9	23/05/2022	06/06/2022	14	20,263	574.01	288.9	28.3	
5	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-13	79.3 x 100.8 x 201.5	23/05/2022	06/06/2022	14	20,315	564.05	283.1	27.8	
6	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-14	79.4 x 101.3 x 201.6	23/05/2022	06/06/2022	14	20,425	583.97	291.5	28.6	
7	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-6	79.5 x 104.3 x 202.1	23/05/2022	20/06/2022	28	21,083	729.79	353.3	34.6	
8	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-15	79.8 x 104.3 x 201.7	23/05/2022	20/06/2022	28	21,021	739.75	358.9	35.2	
9	ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm SIN ADICION	A-16	79.6 x 103.8 x 202	23/05/2022	20/06/2022	28	21,047	719.83	348.8	34.2	

Observaciones:
 * Especimenes fueron elaborados e identificados por el peticionario y Laboratorio.
 * Los resultados de este informe estan relacionados al especimen ensayado.

[Firma]
 Dra. Sun Huascha
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú No. 1414-08

*Esta firmantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 Elaborados en su favor no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

001498

LAB. SUNING	
S.E.	RCAC
N°E.	007
PAG. 1 - 1	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS

(Norma Nacional: NTP 399.611:2017)

PROYECTO : "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresion en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
 PETICIONARIO : Bach. Conderi Medina Marco Italo
 MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMAN - CABANILLAS

ING. RESPONSABLE: D.S.H.
 F. INGRESO: 23 de Mayo de 2022
 F. EMISIÓN: 21 de Junio de 2022

N°	ESPECIMEN		DIMENSIONES (mm)		FECHA		EDAD (Días)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MAXIMA (Kn)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	ELEMENTO	CODIGO	AH. x Anch. x Larg	VACIADO	COMPRESIÓN	f'b (Kg/cm ²)				f'b (Mpa)	
1	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	1	79.7 x 99.8 x 200.6	23/05/2022	30/05/2022	7	20,020	423.57	215.7	21.2	
2	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	9	79.9 x 99.7 x 201	23/05/2022	30/05/2022	7	20,038	418.92	213.2	20.9	
3	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	10	79.7 x 99.8 x 201.2	23/05/2022	30/05/2022	7	20,078	421.91	214.3	21.0	
4	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-3	80.4 x 101.8 x 200.7	23/05/2022	06/06/2022	14	20,427	543.42	271.3	26.6	
5	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-17	79.6 x 100.9 x 201.8	23/05/2022	06/06/2022	14	20,386	538.13	269.4	26.4	
6	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-14	79.7 x 101.4 x 201.8	23/05/2022	06/06/2022	14	20,472	540.10	269.0	26.4	
7	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-4	79.7 x 103.2 x 200.1	23/05/2022	20/06/2022	28	20,572	707.43	350.7	34.4	
8	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-19	79.6 x 104.4 x 201.5	23/05/2022	20/06/2022	28	20,996	712.66	348.1	33.9	
9	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-20	79.4 x 103.3 x 201.8	23/05/2022	20/06/2022	28	21,027	719.83	349.1	34.2	

Observaciones: * Especimenes fueron elaborados e identificados por el peticionario y Laboratorio.
 * Los resultados de este informe estan relacionados al especimen ensayado.


 Daniel Suni Huaracha
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado en el Perú N° 121192

001495

Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados al especimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS

(Norma Nacional: NTP 399.611.2017)

SLAB - Rev. 001 - 2022

LAB. SUNING	
S.E.	RCAC
N°E.	008
PÁG. 1 - 1	

PROYECTO : "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
 PETICIONARIO : Bach. Condoni Medina Marco Italo
 MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMAN - CABANILLAS

ING. RESPONSABLE: D.S.H.
 F. INGRESO: 23 de Mayo de 2022
 F. EMISIÓN: 21 de Junio de 2022

N°	ESPECIMEN		DIMENSIONES (mm)		FECHA		EDAD (Días)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MAXIMA (Kn)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	ELEMENTO	CODIGO	Alt. x Anch. x Larg	VACIADO	COMPRESIÓN	f _b (Kg/cm ²)				f _b (Mpa)	
1	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	5	79.7 x 105 x 201.4	23/05/2022	30/05/2022	7	21,145	439.17	211.6	20.6	
2	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	11	79.5 x 99.5 x 200.6	23/05/2022	30/05/2022	7	19,947	413.67	211.5	20.7	
3	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	12	79.8 x 99.5 x 200.9	23/05/2022	30/05/2022	7	19,980	408.63	208.6	20.5	
4	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-21	79.4 x 104.7 x 202.1	23/05/2022	06/06/2022	14	21,161	543.45	281.9	25.7	
5	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-23	79.5 x 100.8 x 201.6	23/05/2022	06/06/2022	14	20,319	518.22	260.1	25.5	
6	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-24	79.6 x 101.2 x 201.6	23/05/2022	06/06/2022	14	20,400	523.83	261.8	25.7	
7	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-22	79.9 x 105 x 201	23/05/2022	20/06/2022	28	20,918	709.75	345.0	33.9	
8	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-25	79.6 x 104 x 201.2	23/05/2022	20/06/2022	28	20,969	707.43	344.0	33.7	
9	ADOQUIN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (1.69mm de ESPESOR)	A-26	79.5 x 103 x 201.5	23/05/2022	20/06/2022	28	21,002	707.43	343.5	33.7	

Observaciones: * Especimenes fueron elaboradas e identificadas por el peticionario y Laboratorio.
 * Los resultados de este informe estan relacionados al especimen ensayado.


 Sumi Huaracha
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú No. 11111

Esta terminación prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 El laboratorio no es responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001500

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS

(Norma Nacional: NTP 399.611:2017)

SLAB - Rev. 001 - 2022	
LAB. SUNING	
S.E.	RCAC
N°E.	009

PROYECTO : "Terrefalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
 PETICIONARIO : Bach. Condori Medina Marco Italo
 MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMAN - CABANILLAS

ING. RESPONSABLE: D.S.H.
 F. INGRESO: 23 de Mayo de 2022
 F. EMISIÓN: 21 de Junio de 2022

N°	ESPECIMEN		DIMENSIONES (mm)		FECHA		EDAD (Dias)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MAXIMA (Kn)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	ELEMENTO	CODIGO	Alt. x Anch. x Larg	VACIADO	COMPRESIÓN	<i>f_b</i> (Kg/cm ²)				<i>f_b</i> (Mpa)	
1	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	3	79.6 x 101.2 x 200.7	23/05/2022	30/05/2022	7	20,305	428.58	215.2	21.1	
2	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	13	90 x 99.5 x 200.6	23/05/2022	30/05/2022	7	19,949	427.69	218.6	21.4	
3	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	14	79.7 x 99.9 x 200.9	23/05/2022	30/05/2022	7	20,070	424.03	215.4	21.1	
4	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-7	79.9 x 102.7 x 201.8	23/05/2022	05/06/2022	14	20,729	518.09	254.9	25.0	
5	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-27	79.8 x 100.7 x 201.6	23/05/2022	06/06/2022	14	20,304	513.24	257.8	25.3	
6	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-28	79.7 x 101.2 x 201.5	23/05/2022	06/06/2022	14	20,399	508.23	254.2	24.9	
7	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	4	79.8 x 104.8 x 201.9	23/05/2022	20/06/2022	28	21,170	717.52	345.6	33.9	
8	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	15	79.7 x 102.7 x 201.5	23/05/2022	20/06/2022	28	20,995	709.49	344.6	33.8	
9	ADOQUIN DE CONCRETO CON 3% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	16	79.4 x 103.3 x 201.8	23/05/2022	20/06/2022	28	21,027	715.73	347.1	34.0	

Observaciones: * Especimenes fueron elaboradas e identificadas por el peticionario y Laboratorio.
 * Los resultados de este informe estan relacionados al especimen ensayado.


 Diana Suni Huarachi
 INGENIERO CIVIL
 Colegiado en el Registro del Perú Reg. N° 129475

Esta documentación prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SUNING E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
 Los resultados de este informe solo están relacionados al especimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001501

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS

(Norma Nacional: NTP 359.611:2017)

PROYECTO : "Tereftalato de polietileno reciclado para mejorar la resistencia a compresión en adoquines para pavimentos urbanos de tránsito liviano, Puno 2022"
 PETICIONARIO : Bach. Condoni Medina Marco Italo
 MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO DE A: 8cm x AN: 10cm x LARG: 20cm
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMAN - CABANILLAS

ING. RESPONSABLE: D.S.H.
 F. INGRESO: 23 de Mayo de 2022
 F. EMISIÓN: 21 de Junio de 2022

N°	ESPECIMEN		DIMENSIONES (mm)		FECHA		EDAD (Días)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA MAXIMA (Kn)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	ELEMENTO	CODIGO	Alt. x Anch. x Larg	VACIADO	COMPRESIÓN	f _b (Kg/cm ²)				f _b (Mpa)	
1	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	7	79.6 x 103.3 x 200.8	23/05/2022	30/05/2022	7	20,737	423.70	208.4	20.4	
2	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	17	79.6 x 99.7 x 200.8	23/05/2022	30/05/2022	7	20,021	404.11	205.8	20.2	
3	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	18	80 x 99.6 x 201	23/05/2022	30/05/2022	7	20,027	398.67	203.0	19.9	
4	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-9	79.7 x 102.4 x 202.2	23/05/2022	06/06/2022	14	20,701	510.01	251.2	24.6	
5	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-2	79.6 x 100.5 x 201.4	23/05/2022	06/06/2022	14	20,251	498.27	250.9	24.6	
6	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-29	79.8 x 100.9 x 201.3	23/05/2022	06/06/2022	14	20,317	498.27	250.6	24.6	
7	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-1	79.6 x 101.7 x 202	23/05/2022	20/06/2022	28	20,244	677.58	341.3	33.6	
8	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-30	79.7 x 103.5 x 201.5	23/05/2022	20/06/2022	28	20,995	692.62	336.4	33.0	
9	ADOQUÍN DE CONCRETO CON 7% DE TEREFALATO DE POLIETILENO DE: (0.27mm de ESPESOR)	A-31	80 x 102.6 x 201.3	23/05/2022	20/06/2022	28	20,973	707.46	344.0	33.7	

Observaciones: * Especímenes fueron elaborados e identificados por el peticionario y Laboratorio.
 * Los resultados de este informe están relacionados al espécimen ensayado.


 Daniel Sani Huaraca
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 121473

Aquí declaro que he leído y comprendido el contenido de este documento y he autorizado a SUNING E.I.R.L. a utilizarlo para fines de su actividad profesional. El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados. Los resultados de este informe solo están relacionados al espécimen ensayado y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

001502

Anexo 6. Certificados de calibración de equipos



CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



American
Concrete
Institute

NTP
NORMA TÉCNICA PERUANA

ASTM
ASTM INTERNATIONAL

AASHTO
THE VOICE OF TRANSPORTATION



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-038-2022

Página 1 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición BALANZA

Identificación SLAD-E-011

Intervalo de indicación 600 g

División de escala 0.01 g

Resolución

División de verificación 0.01 g

(e)

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo SE602F

N° de serie B528438335

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE MASA

Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-038-2022

Página 2 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 16,6 °C Final: 16,5 °C
Humedad Relativa Inicial: 51 %hr Final: 51 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 300 g			Carga L1= 600 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300,0	0,001	-0,001	599,96	0,005	-0,002
2	300,0	0,002	-0,004	599,95	0,004	-0,004
3	300,0	0,004	-0,005	599,96	0,006	-0,004
4	300,0	0,003	-0,007	599,96	0,003	-0,009
5	300,0	0,003	-0,009	599,94	0,005	-0,012
6	300,0	0,004	-0,001	599,95	0,007	-0,014
7	300,0	0,004	-0,004	599,95	0,003	-0,01
8	300,0	0,007	-0,008	599,95	0,005	-0,009
9	300,0	0,006	-0,004	599,95	0,004	-0,007
10	299,9	0,005	-0,003	599,94	0,004	-0,008
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
300	0		0,05			
599,94	0		0,3			



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arayata Carnicero
METROLOGÍA



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀			Determinación de E ₀					
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,004	-0,001	500	499,97	0,006	-0,001	0,001
2		1	0,006	-0,004		499,97	0,003	-0,001	0,004
3		1	0,005	0,004		499,96	0,004	-0,002	-0,005
4		1	0,007	0,001		499,99	0,001	0,004	0,003
5		1	0,009	-0,002		500	0,004	0,004	0,002

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,05	0,05	0,004	-0,001						0,1
0,10	0,10	0,006	0,004	0,004	0,10	0,006	0,001	0,004	0,1
0,50	0,50	0,002	-0,005	0,003	0,50	0,005	0,004	-0,003	0,1
1,00	1,00	0,002	0,004	0,005	1,00	0,009	-0,003	-0,003	0,1
5,00	5,00	0,009	0,004	0,008	5,00	0,005	0,005	0,001	0,1
10,00	10,00	0,004	0,008	0,002	10,00	0,004	-0,004	0,003	0,1
50,00	50,00	0,005	0,008	0,003	50,00	0,007	0,004	0,004	0,1
100,00	100,00	0,004	0,004	0,005	100,00	0,005	-0,03	-0,002	0,1
300,00	299,99	0,009	0,004	0,004	300,00	0,003	-0,008	-0,01	0,5
500,00	499,97	0,015	0,008	0,001	499,97	0,014	-0,014	-0,01	0,5
600,00	599,95	0,19	0,006	0,005	599,95	0,02	-0,015	-0,018	0,5

Legenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$U_p = 2 \cdot \sqrt{0,00002 \text{ g}^2 + 0,0000054019412 \text{ R}^2}$$

$$R_{\text{corregida}} = R + 211,420822081 \cdot R$$

R: Indicación de lectura de balanza : (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2 .
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carniel
METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-035-2022

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición BALANZA

Identificación SLAB-E-008

Intervalo de indicación 15000 g

División de escala 1 g

Resolución

División de verificación 1 g

(e)

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo R21PE302H

N° de serie 8340270116

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS

Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no
Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero
2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de
Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Col: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 17,8 °C Final: 16,8 °C
Humedad Relativa Inicial: 50 %hr Final: 49 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 7500 g			Carga L1= 15000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	7500,0	0,07	-0,12	15000	0,05	-0,1
2	7500,0	0,07	-0,15	15000	0,04	-0,12
3	7500,0	0,08	-0,12	15000	0,05	-0,13
4	7500,0	0,06	-0,11	15000	0,04	-0,1
5	7500,0	0,07	-0,12	15000	0,03	-0,11
6	7500,0	0,07	-0,13	15000	0,05	-0,12
7	7500,0	0,06	-0,11	15000	0,04	-0,13
8	7500,0	0,07	-0,12	15000	0,05	-0,1
9	7500,0	0,09	-0,12	15000	0,04	-0,11
10	7500,0	0,08	-0,1	15000	0,05	-0,12

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
7500	0	1
15000	0	5





ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,04	-0,09	500	500	0,07	-0,02	0,07
2		1	0,07	-0,02		500	0,07	-0,02	0
3		1	0,05	0		500	0,08	-0,03	-0,03
4		1	0,02	0,03		500	0,07	0,08	0,05
5		1	0,07	-0,02		500	0,06	0,19	0,21

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,5	0,5	0,07	-0,02						1
1,0	1,0	0,04	0,01	0,01	1,0	0,04	0,01	0,03	1
5,0	5,0	0,03	-0,01	0,01	5,0	0,04	-0,03	-0,05	1
10,0	10,0	0,05	0,05	0,01	10,0	0,02	-0,07	-0,05	1
50,0	50,0	0,04	0,01	0,03	50,0	0,06	-0,04	0,01	1
100,0	100,0	0,04	0,01	0,01	100,0	0,06	-0,01	0,01	1
500,0	500,0	0,06	-0,02	0,02	500,0	0,03	0	0,02	1
1000,0	1000,0	0,07	-0,05	0,03	1000,0	0,06	-0,3	-0,05	1
5000,0	5000,0	0,09	0,01	0,01	4990,0	0,15	0,43	0,18	5
10000,0	10000,0	0,05	0,09	0,03	10000,0	0,07	-0,12	0,01	5
15000,0	15000,0	0,08	0,15	0,18	15000,0	0,07	-0,25	-0,21	5

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{0.16677 \text{ g}^2 + 0.000000034161 \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R + 3.208447087 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza : (g)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2 .
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carrica
METROLOGIA



Arso Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-036-2022

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante **CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA**

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación SLAB-E-009

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala 1 g

Resolución

División de verificación 1 g

(e)

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo R31PE30

N° de serie 8337240267

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS

Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no
Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009
y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento
No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 16,5 °C Final: 16,5 °C
Humedad Relativa Inicial: 51 %hr Final: 51 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14997,0	0,001	-0,001	30000	0,007	-0,004
2	14997,0	0,002	-0,004	30000	0,003	-0,006
3	15000,0	0,007	0,005	30000	0,004	-0,004
4	14998,0	0,001	0,001	30000	0,001	-0,009
5	14997,0	0,004	-0,007	30000	0,001	-0,004
6	14997,0	0,001	-0,005	30000	0,002	-0,003
7	14997,0	0,003	-0,003	30000	0,003	-0,009
8	14998,0	0,009	-0,001	30001	0,003	-0,001
9	15000,0	0,007	-0,002	30001	0,004	-0,001
10	14997,0	0,005	-0,003	30000	0,003	-0,001

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
14997	0	1
30000	0	5





ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,004	-0,001	500	500	0,006	-0,001	0,001
2		1	0,006	-0,004		500	0,005	0,004	0,002
3		1	0,005	0,001		500	0,003	0,001	0,001
4		1	0,007	0,003		500	0,001	0,002	-0,001
5		1	0,009	-0,006		500	0,002	-0,002	-0,002

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	0,010	0,001	0,001	1	-0,002	0,040	-0,018	0,1
5	5	0,030	0,003	-0,002	5	0,008	-0,005	-0,002	0,1
10	10	0,020	-0,002	0,003	10	0,006	-0,001	0,003	0,1
50	50	0,002	-0,001	0,001	50	0,002	-0,005	0,001	0,1
100	100	0,090	0,004	0,004	100	0,004	0,006	0,008	0,1
500	500	0,010	0,011	-0,002	500	0,006	0,007	0,009	0,1
1000	1000	0,090	-0,005	0,008	1000	0,001	0,009	0,001	0,1
5000	4999	0,019	0,008	0,007	4998	0,007	0,001	-0,005	0,1
10000	9998	0,010	0,014	0,001	9998	0,017	-0,005	-0,001	0,1
15000	14998	0,060	0,004	0,011	14998	0,009	-0,001	0,012	0,8
30000	30000,0	0,070	0,008	0,009	30000,0	0,005	0,004	-0,002	0,8

Incertidumbre de la medición: 1 g

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_R = 2 \cdot \sqrt{0.01156 \text{ g}^2 + 0.000000010635 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 1.658041113 \cdot R$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"





Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMI-007-2022

Página 1 de 5

Fecha de emisión	2022/02/22	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>
Solicitante	CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
Dirección	AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA (A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO - SAN ROMAN - JULIACA	
Instrumento de medición	HORNO DE LABORATORIO	
Identificación	NO INDICA	
Marca	ARSOU	
Modelo	HR702	
Serie	20190801	
Cámara	200L	
Ventilación	NATURAL	
Pirómetro	DIGITAL	
Modelo	AUTONICS	
Procedencia	PERÚ	
Ubicación	LABORATORIO DE MEDIOS ISOTERMICOS	
Lugar de calibración	AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA (A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO - SAN ROMAN - JULIACA	

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración
- SNM – PC-018 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático. INACAL
- ASTM D 2216, MTC E 108 – Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Caralica
METROLOGÍA

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
CADENT S.A.C.	Termómetro con 12 sondas TIPO K	0015-LT-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,1 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 70 %hr	Final: 71 %hr

Resultados

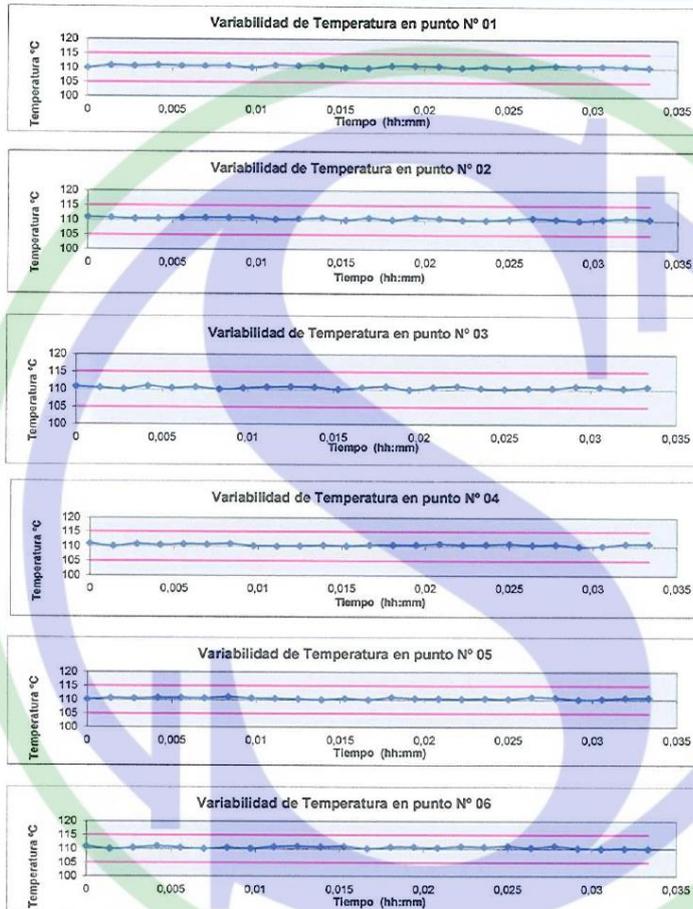
TEMPERATURA

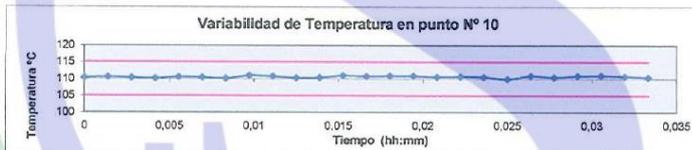
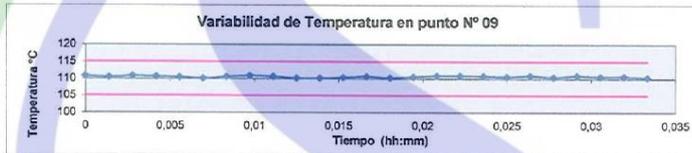
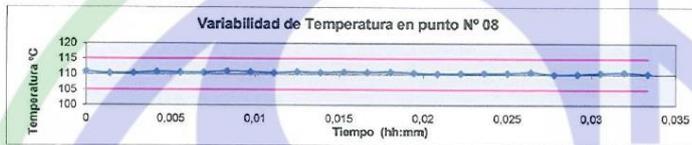
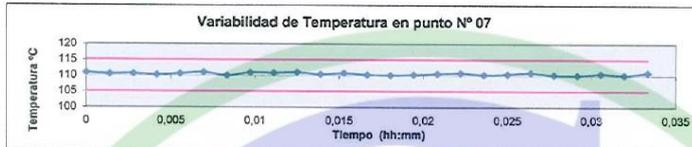
Tiempo (hh:mm)	Pirómetro °C	INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA ° C										T° Prom. °C	Tmax - Tmin °C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110	112,3	109,2	111,1	111,0	109,8	113,7	106,3	112,5	114,1	110,3	111,0	7,8
00:02	110	108,3	108,9	110,4	110,9	108,0	110,3	113,3	112,3	114,1	109,5	110,6	6,1
00:04	110	114,5	110,5	107,0	114,2	106,7	113,7	111,7	110,8	112,4	109,1	111,1	7,8
00:06	110	112,5	106,5	112,0	108,7	108,3	110,2	111,0	113,0	106,1	109,5	109,8	6,9
00:08	110	111,9	108,2	113,8	107,0	108,1	108,7	106,3	106,8	109,2	107,4	108,7	7,5
00:10	110	110,2	113,3	114,9	112,7	106,0	110,5	110,1	114,3	112,3	108,4	111,3	8,9
00:12	110	107,9	110,5	112,5	111,4	106,8	112,2	114,6	113,4	108,4	108,9	110,7	7,8
00:14	110	110,0	110,3	107,9	106,9	111,8	111,9	106,4	114,7	112,3	111,8	110,4	8,3
00:16	110	115,0	112,1	112,1	109,2	106,9	113,8	110,5	108,6	112,1	112,3	111,3	8,1
00:18	110	109,9	112,8	109,7	106,2	108,8	113,1	110,9	112,9	108,8	109,6	110,3	6,9
00:20	110	109,0	110,2	106,0	114,1	106,1	111,0	110,0	113,1	114,1	113,2	110,7	8,1
00:22	110	111,1	114,0	113,8	106,9	114,8	114,2	112,9	106,7	106,8	108,0	110,9	8,1
00:24	110	115,0	108,1	114,6	110,9	112,8	109,8	112,9	112,7	112,4	108,9	111,8	6,9
00:26	110	112,0	113,9	111,6	109,1	113,0	107,9	111,6	106,5	113,9	112,1	111,2	7,4
00:28	110	114,3	112,2	109,7	111,4	108,6	110,0	111,0	110,5	108,1	113,4	110,9	6,2
00:30	110	108,9	109,1	113,5	112,0	113,9	110,4	113,0	114,2	112,8	111,7	112,0	5,3
00:32	110	108,1	110,5	111,3	112,8	107,6	112,1	110,8	106,5	106,2	111,4	109,7	6,6
00:34	110	110,5	114,7	114,2	114,6	112,9	112,1	113,2	112,9	110,3	109,6	112,5	5,1
00:36	110	111,6	106,8	109,6	111,1	114,4	113,1	107,4	114,2	107,5	107,1	110,3	7,6
00:38	110	111,8	112,2	110,3	109,4	110,1	108,3	107,5	108,0	109,5	109,5	109,7	4,7
00:40	110	111,0	109,0	113,5	108,7	108,0	111,6	112,5	107,4	113,6	112,2	110,8	6,2
00:42	110	106,5	108,0	114,0	107,4	112,7	112,7	113,4	111,2	111,0	110,1	110,7	7,5
00:44	110	108,7	113,5	111,3	108,5	107,3	114,0	106,0	106,4	107,7	113,1	109,7	8,0
00:46	110	106,1	107,2	112,0	106,4	110,1	108,0	106,2	108,3	106,3	111,6	108,2	5,9
00:48	110	111,5	113,6	111,6	107,1	106,8	108,8	113,1	111,1	112,9	109,3	110,6	6,8
00:50	110	114,5	111,9	111,0	109,7	114,1	108,8	106,4	114,8	114,1	110,9	111,6	8,4
T. PROM.	110	110,9	110,7	111,5	109,9	109,8	111,2	110,3	110,9	110,7	110,3	110,6	
T. MAX.	110	115,0	114,7	114,9	114,6	114,8	114,2	114,6	114,8	114,1	113,4		
T. MIN.	110	106,1	105,5	106,0	106,2	106,0	107,9	106,0	106,4	106,1	107,1		

Nomenclatura:

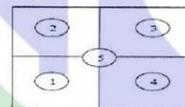
- T. P Promedio de indicaciones corregidas de los termopares para un instante de tiempo.
- Tma Diferencia entre máxima y mínima temperatura para un instante de tiempo.
- T. P Promedio de indicaciones corregidas para a cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M-La Máxima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M-La Mínima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.

GRÁFICO

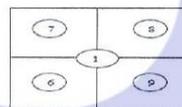




DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL ESPACIO



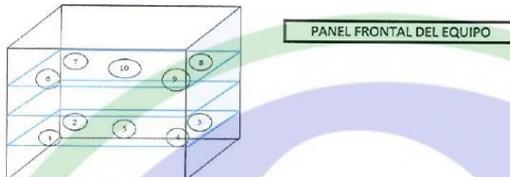
NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"





Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LFP-009-2022

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante **CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA**

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA (A
2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO - SAN
ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición **PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

Identificación NO INDICA

Marca PINZUAR

Modelo PC-42

Serie 489

Capacidad 1500 kN

Indicador PINZUAR

Serie NO INDICA

Bomba ELECTRICA

Procedencia COLOMBIA

Ubicación LABORATORIO DE CONCRETO

Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA (A
2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO - SAN
ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 t	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 16,2 °C Final: 14,8 °C
Humedad Relativa Inicial: 53 %hr Final: 53 %hr

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PREENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kN	SERIE (2) kN	ERROR %	ERROR (2) %			
100	99,9	99,8	-0,10	-0,2	99,9	-0,15	0,07
200	199,6	198,6	-0,20	-0,7	199,1	-0,45	0,36
300	299,8	298,3	-0,07	-0,57	299,1	-0,32	0,35
400	397,1	396,9	-0,72	-0,78	397,0	-0,75	0,04
500	498,6	499,1	-0,28	-0,18	498,9	-0,23	0,07
600	599,6	599,1	-0,07	-0,15	599,4	-0,11	0,06
700	695,4	696,2	-0,66	-0,54	695,8	-0,60	0,08
800	797,2	796,9	-0,35	-0,39	797,1	-0,37	0,03

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.

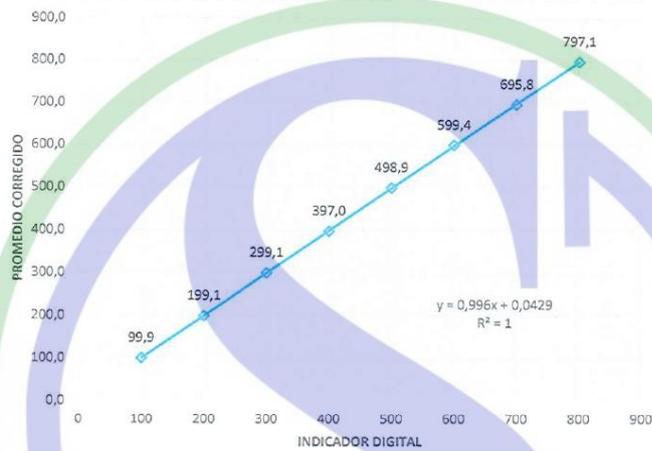
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carrasco
METROLOGÍA



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 0,996x + 0,0429$

Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kN)

Y : fuerza promedio (kN)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-010-2022

Página 1 de 2

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición TERMÓMETRO

Identificación SLAB-H-055

Marca THERMOLAB

Modelo NO INDICA

Serie NO INDICA

Indicador DIGITAL

Alcance -50 °C a 150°C

Resolución 0.1 °C

Sensor VASTAGO - 10 cm

Procedencia ALEMANIA

Ubicación LABORATORIO DE TERMOMETRIA
Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración
Calibración efectuada según procedimiento PC-017 2da. Ed. 2012 ,
"Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales", del Instituto
Nacional de la Calidad - INACAL.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Atayala Carrillo
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-010-2022

Página 2 de 2

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
CADENT S.A.C.	Termómetro con sonda MARCA: LTIutron	0015-LT-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 29,8 °C Final: 20,5 °C
Humedad Relativa Inicial: 55 %hr Final: 65 %hr

Resultados

TEMPERATURA

	Indicación del Termómetro °C	Temperatura Convencionalmente Patrón	Corrección °C
N° 01	112,4	112,6	0,2
N° 02	113,1	112,7	-0,4
N° 03	112,6	112,7	0,1
N° 04	112,3	112,7	0,4
N° 05	112,6	112,8	0,2

Corrección en la Lectura (°C) $\pm 0,3$

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
TCV = Indicación del termómetro + corrección

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LLA-070-2022

Página 1 de 2

Fecha de emisión 2022/02/22

Solicitante **CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SUNI INGENIEROS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA**

Dirección AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición **VERNIER**

Identificación NO INDICA

Marca INSIZE

Modelo 1108-300W

Serie 2010171201

Sistema DIGITAL

Capacidad 300 mm

Sensibilidad 0,01 mm

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS

Lugar de calibración AV. ARGUEDAS MZA. E8A LOTE. 14 URB. LA CAPILLA
(A 2 CDRAS ANTES DE CEMENT. LA CAPILLA) PUNO -
SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2022/02/22

Método/Procedimiento de calibración
La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método
descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-
INDECOPI. 5ta Ed.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LLA-070-2022

Página 2 de 2

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	BLOQUES PATRONES	LLA-249-2020

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 21,5 °C Final: 22,1 °C

Humedad Relativa Inicial: 65 %hr Final: 65 %hr

Resultados

TABLA N° 01

VERIFICACIÓN

Bloque Patrón	Indicación Promedio del Pie de Rey (mm)			Máximo error encontrado (± mm)	Máximo error permitido (± mm)
	Punto I	Punto II	Punto III		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
20,00	20,00	20,00	20,00	0,00	0,05
50,00	50,00	50,01	50,01	-0,01	0,05
100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,05
150,00	150,00	150,00	150,00	0,00	0,05
200,00	200,01	200,01	200,01	-0,01	0,05
300,00	300,00	300,00	300,00	0,00	0,05

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

0,000825

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carrica
METROLOGÍA



CERTIFICADOS DE TRAZABILIDAD DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



American
Concrete
Institute





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - 249 - 2020

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 7

Expediente	1100663
Solicitante	ARSOU GROUP S.A.C.
Dirección	Mz C Lote 01 Av. Las flores de San Diego Lima-Lima-San Martín de Porres
Instrumento de Medición	BLOQUES PATRON DE LONGITUD
Valor Nominal	1 mm a 100 mm
Grado	0 (*)
Marca	INSIZE
Modelo	4100-87
Número de Serie	AG-055
Cantidad	23
Material	ACERO
Fecha de Calibración	2020-09-16 al 2020-09-18

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.



Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Leonardo FAU
2020.09.22 08:17:34



Firmado digitalmente por CANO URIBE
2020.09.22 08:01:50

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 2 de 7

Método de Calibración

Determinación de la corrección a la longitud nominal y la variación de longitud, por el método de comparación, utilizando bloques patrón de longitud y un comparador de bloques patrón..
Se tomó como referencia la Norma ISO 3650:1998

Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Ángulo
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,0 °C ± 0,5 °C
-------------	------------------

Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología (CEM)	Bloques patrón de longitud LA 01 021 Grado K	170439001 DE:2017-11-15
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Comparador de bloques patrón LA 05 019 con incertidumbre del orden de 0,034 µm	INACAL DM/LLA-125-2020 DE: 2020-06-05

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) Dato dado en la caja que los contiene.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 3 de 7

Resultados de Medición

Valor Nominal (mm)	Número de Serie	CARA IZQUIERDA / CARA SIN MARCAR						CARA DERECHA / CARA MARCADA						DESMG
		AR	LR	R	SR	C/O	AD	AR	LR	R	SR	C/O	AD	
100	133292				X		NO				X		NO	NO
75	130997				X		NO				X		NO	NO
50	133937				X		NO				X		NO	NO
25	140328				X		NO				X		NO	NO
20	140390				X		NO				X		NO	NO
15	140211			X			NO			X			NO	NO
12	140037			X			NO			X			NO	NO
11	131958			X			NO			X			NO	NO
10	140501				X		SI				X		SI	NO
9	140344				X		NO			X			NO	NO
8	140152				X		NO				X		NO	NO
7	140272			X			NO			X			NO	NO
6	140385				X		NO				X		NO	NO
5	140873				X		SI				X		SI	NO
4	140912			X			NO			X			NO	NO
3	140425				X		NO				X		NO	NO
2	140430				X		NO				X		NO	NO
1,5	140539			X			SI			X		X	SI	NO
1,40	140419			X		X	NO			X			NO	NO
1,30	130630			X			SI			X			SI	NO
1,20	130904			X			NO			X			SI	NO
1,10	130878			X			SI			X			SI	NO
1	130136				X		SI				X		SI	NO

Un casillero marcado con X significa que el instrumento de medición entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Un casillero sin marca alguna significa que el instrumento de medición no entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Las clasificaciones se describen en la siguiente página.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

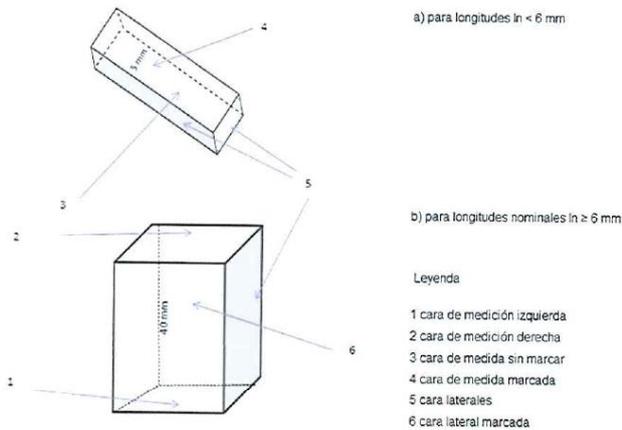
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 4 de 7

Denominación de las caras de los bloques patrón de longitud



Considerar las clasificaciones siguientes:

AR	Ausencia de rayas. No debe observarse rayas en la totalidad de la cara.
LR	Levemente rayado. Se observa una pequeña cantidad de rayas, no mayor de veinte.
R	Rayado. Se observa una cantidad de rayas considerablemente mayor a las del caso anterior, prácticamente es imposible de determinar su número.
SR	Severamente rayado. No existe sector alguno libre de rayas sobre la cara observada, o bien esta presenta al menos una raya de gran longitud y profundidad.
C/O	Corrosión y oxidación. Se observa corrosión y oxidación de cualquier tipo sobre la cara observada.
AD	Resultado de la prueba de adherencia (SI/NO)
DESMG	Fue necesario desmagnetizar el bloque (SI/NO)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 5 de 7

LONGITUD NOMINAL l_n (mm)	N° DE SERIE DEL BLOQUE	CORRECCIÓN A LA LONGITUD NOMINAL ($l_c - l_n$) (μm)	LONGITUD CENTRAL MEDIDA (l_c) (mm)	VARIACIÓN DE LONGITUD ($v = l_{\text{max}} - l_{\text{min}}$) (μm)	GRADO 0		
					ERROR MÁXIMO PERMITIDO		
					EN CUALQUIER PUNTO RESPECTO A LA LONGITUD NOMINAL $\pm t_e$ (μm)	VARIACIÓN DE LONGITUD t_e (μm)	
100	133292	0,05	100,00005	0,17	0,30	0,12	(**)
75	130997	-0,03	74,99997	0,13	0,25	0,12	(**)
50	133937	0,01	50,00001	0,18	0,20	0,10	(**)
25	140328	-0,06	24,99994	0,07	0,14	0,10	
20	140390	0,01	20,00001	0,12	0,14	0,10	(**)
15	140211	0,02	15,00002	0,07	0,14	0,10	
12	140037	0,06	12,00006	0,10	0,14	0,10	
11	131958	-0,02	10,99998	0,09	0,14	0,10	
10	140501	-0,03	9,99997	0,05	0,12	0,10	
9	140344	-0,04	8,99996	0,08	0,12	0,10	
8	140152	-0,04	7,99996	0,03	0,12	0,10	
7	140272	-0,03	6,99997	0,07	0,12	0,10	
6	140385	-0,01	5,99999	0,05	0,12	0,10	
5	140873	0,03	5,00003	0,04	0,12	0,10	
4	140912	-0,02	3,99998	0,05	0,12	0,10	
3	140425	0,11	3,00011	0,04	0,12	0,10	
2	140430	-0,03	1,99997	0,03	0,12	0,10	
1,5	140539	-0,02	1,49998	0,09	0,12	0,10	
1,40	140419	0,03	1,40003	0,07	0,12	0,10	
1,30	130630	0,00	1,30000	0,04	0,12	0,10	
1,20	130904	0,02	1,20002	0,04	0,12	0,10	
1,10	130878	0,00	1,10000	0,03	0,12	0,10	
1	130138	0,01	1,00001	0,04	0,12	0,10	



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

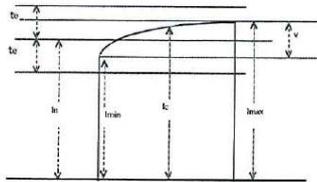
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 6 de 7

Determinación de la corrección de los bloques patrón de longitud



Incertidumbre Expandida de Medición : $2 \cdot [(61,62)^2 + (0,56)^2 + (L)^2]^{1/2}$ nm

L : Valor Nominal expresado en milímetros.

(**) La variación de longitud encontrada para este bloque patrón de longitud es mayor a la permitida para bloques patrón de longitud Grado 0 de acuerdo a la Norma ISO 3650.

Nota:

El coeficiente de dilatación térmica utilizado $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ y los errores máximos permitidos, datos tomados de la Norma ISO 3650:1998.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 249 – 2020

Página 7 de 7

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 2

N° de certificado : **0576-MPES-C-2021**

N° de orden de trabajo : 0195

1. SOLICITANTE : **ARSOU GROUP S.A.C**

Dirección : Mza. C Lote. 01 A.V. Las Flores De San Diego
Lima - Lima - San Martin de Porres

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **JUEGO DE PESAS**

Marca : NO INDICA

Valor nominal : 1 g a 1 kg

Clase de exactitud : M1

Color : PLATEADO

Procedencia : NO INDICA

Número de serie : NO INDICA

Código de identificación : AG-001 (*)

Cantidad : 13 unidades

Fecha de calibración : 2021-05-27 al 2021-05-29

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Metrología de PESATEC PERÚ S.A.C.
Cal. Condevilla Nro. 1269 Urb. El Olivar - Callao

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa por doble sustitución - Procedimiento para la calibración de pesas de precisión (PC-016 de SNM-INDECOPI, 2da Ed. Abril 2015).

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,5 °C
Humedad relativa	51,3 %hr	48,7 %hr
Presión atmosférica	1008 mbar	1007 mbar

Sello



Fecha de emisión



SANDRA
ESPERANZA
JURUPE
MELGAREJO
2021.06.01 17:24:
57-05'00'
2021-06-01

Autorizado por



Sandra Jurupe Melgarejo
Gerente Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0576-MPES-C-2021

Página 2 de 2

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Código de patrón	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesas (Clases de exactitud F1)	MP-12	M-0892-2020

Balanza utilizada	Código de patrón	Informe de caracterización
220 g	BZ-04	004-ICP-2021
1100 g	BZ-03	002-ICP-2021

7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".
- Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para este juego de pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M1, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2007.
- Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.
(*) Código indicado en una etiqueta adherida en la caja que contiene a la pesa.

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor nominal	Identificación	Masa convencional	Incertidumbre	Material	Forma	e.m.p. M1 ± (mg)
1 g	—	1 g + 0,18 mg	0,09 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,0
2 g	—	2 g + 0,32 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
2 g	*	2 g + 0,41 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
5 g	—	5 g + 0,61 mg	0,09 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,6
10 g	—	10 g + 0,79 mg	0,10 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,0
20 g	—	20 g + 0,48 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
20 g	*	20 g + 0,43 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
50 g	—	50 g + 0,25 mg	0,17 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	3,0
100 g	—	100 g + 2,86 mg	0,21 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	5
200 g	—	200 g + 1,5 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
200 g	*	200 g + 2,4 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
500 g	—	500 g + 8 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	25
1 kg	—	1 kg + 11 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	50

Fin del certificado de calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0689-LM-2021

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-22
EXPEDIENTE : 00007

1. SOLICITANTE : ARSOU GROUP S.A.C.

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 01 A.V. LAS FLORES DE SAN
DIEGO LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE
PORRES.

2. MEDIDA : PESA
MATERIALIZADA

MARCA : NO INDICA

VALOR NOMINAL : 10 kg

CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA

COLOR : NEGRO

PROCEDENCIA : NO INDICA

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : AG-022 (*)

CANTIDAD : 01 unidad

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-15

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN
Procedimiento de calibración de pesas de trabajo de las clases de exactitud M_2 , M_{2-3} y M_3 , (PC-008 de SNM-INDECOPI, 2da edición Enero 2009).

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de Calibración N° 2 de CADENT S.A.C.
Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos

Firmado digitalmente por

Luis Zerpa
Fecha: 2021-06-22
08:19:33
Supervisor de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0689-LM-2021

5. CONDICIONES AMBIENTALES

Página 2 de 2

	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	20,3	20,3
Humedad Relativa (%hr)	51,6	51,9
Presión Atmosférica (hPa)	1 006,4	1 006,4

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL	Pesa de clase M ₁	M-0170-2021

7. OBSERVACIONES

(*) Código de identificación grabado en la pesa.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M₂, según la Norma Metrológica Peruana 004 - 2007.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor Nominal	Código de Identificación	Masa Convencional	Incertidumbre	Material	Forma	E.M.P. (±)
10 kg	AG-022	10 kg + 300 mg	500 mg	Hierro fundido	Paralelepípeda	M ₂ 1 600 mg

FIN DE DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° L-0031-2021

Fecha de Emisión: 2021-05-28

Orden de trabajo: 0204-00

Expediente: 0851

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Razón Social : ARSOU GROUP S.A.C.
Dirección: : Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyna, San Martín de Porres - Lima - Lima

Los resultados son válidos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

2. INSTRUMENTO : PIE DE REY

Tipo : DIGITAL
Marca : ACCUD
Serie : 190627258
Modelo : CR2032
Identificación : L0031(*)
Procedencia : NO INDICA
Alcance de Indicación : 300 mm
Resolución : 0,01 mm

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de DSI Perú Automation E.I.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas y sellos de DSI Perú Automation E.I.R.L.

3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el 2021-05-24 en el Laboratorio de Longitud de DSI Perú Automation E.I.R.L.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración corresponden únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibrado por el método de comparación según el PC-012 Procedimiento de Calibración de Pie de Rey, quinta edición 2012.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

5. TRAZABILIDAD

Los patrones utilizados en la calibración son trazables al INACAL-DM:

Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Juegos de Bloques Patrón Grado 0	LLA-251-2020
Bloque Patrón Grado 0	LLA-196-2021
Bloque Patrón Grado 0	LLA-026-2021
Anillo Patrón Grado 0	LLA-064-2020
Varilla Patrón Grado 0	LLA-024-2021


José Luis Panta Abad
Lic. Ciencias Físicas
CFP: 0395

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° L-0031-2021

6. RESULTADOS

	Mínima	Máxima
Temperatura Ambiental (°C) :	19,7	19,8
Humedad relativa (% H.R.) :	63	64

ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
0,00	0

ERROR DE INDICACIÓN DE PIE DE REY PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Patrón (mm)	Promedio de la Indicación del Pie de Rey (mm)	Error (μm)
0,00	0,00	0
20,00	20,00	0
50,00	50,00	0
100,00	100,00	0
150,00	150,00	0
200,00	200,00	0
300,00	300,00	1

ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Patrón (mm)	Error (E) (μm)
300,00	0

ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Patrón (mm)	Error (R) (μm)
300,00	0

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° L-0031-2021

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Patrón (mm)	Error ($S_{E,i}$) (μm)
25,00	0

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

Valor Patrón (mm)	Error ($S_{E,p}$) (μm)
25,00	0

ERROR DE CONTACTO LINEAL

Valor Patrón (mm)	Error (L) (μm)
10,00	10

ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Patrón (mm)	Error (J) (μm)
10,00	0

ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN PARA MEDICIÓN DE INTERIORES

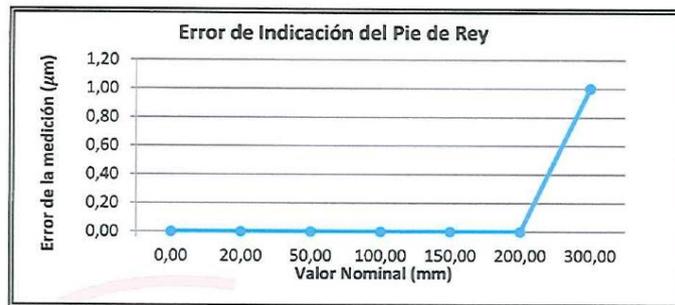
Valor Patrón (mm)	Error (K) (μm)
5,00	0

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° L-0031-2021

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y ERROR DE INDICACIÓN DEL PIE DE REY

INCERTIDUMBRE

$$U = (8,18^2 + 0,03^2 \times L^2)^{1/2} \mu\text{m}$$



7. OBSERVACIONES

L : Indicación del Pie de Rey expresado en milímetros.

Error de indicación del Pie de Rey para medición de interiores =

Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E-i})

Error de indicación del Pie de Rey para medición de profundidad =

Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E-p})

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO.

Para la calibración del Pie de Rey se consideró 2 Subdivisiones de Escala.

La incertidumbre reportada es la incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k = 2$ para una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

(*) Identificación asignada por DSI PERU AUTOMATION E.I.R.L.

Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0015-LT-2021

Página 1 de 2

Fecha de Emisión : 2021-06-23
Expediente : 00007

1. SOLICITANTE : ARSOU GROUP S.A.C.

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 01 A.V. LAS FLORES DE
SAN DIEGO LIMA - LIMA - SAN MARTÍN
DE PORRES.

**2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN** : TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL

Marca : LUTRON

Modelo : BTM.4208S

Número de serie : I.448884

Intervalo de Indicación : - 100 °C a 1300 °C

Resolución : 0,1 °C

Sensor : TERMOPAR TIPO K

Procedencia : TAIWAN

Identificación : AG-208 (*)

Ubicación : LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.

**FECHA DE
CALIBRACIÓN** : 2021-06-23

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-017 "Calibración de termómetros digitales", edición 2, diciembre 2012; del SNM-INDECOPI - Perú.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

CADENT S.A.C
Jr. Llumpa N° 1352 - Urb. Parque Naranjal, Los Olivos, Lima



Firmado digitalmente por
Juan Pinedo
Fecha: 2021-06-23 15:
21:26

Jefe de Metrología

RTC-L1MC-T02

Versión: 10 Aprobado por: JM

Fecha: 2020-03-15

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura °C	20,4	20,5
Humedad Relativa %HR	55	55

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Termómetro digital con dos sensores de platino de 100 ohm con incertidumbres del orden desde 0,027 °C hasta 0,042 °C .	LT - 015 - 2021

7. OBSERVACIONES

(*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

La inscripciones AG-208-K1 y AG-208-K2 están indicadas en etiquetas adheridas a los conectores de los sensores.

Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.

La profundidad de inmersión del sensor fue de aproximadamente 50 mm .

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

8. RESULTADOS

Para el Sensor AG-208-K1 (Canal 1)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
100,8	-0,84	99,96	0,08
110,9	-0,90	110,00	0,09
120,9	-0,97	119,93	0,08

Para el Sensor AG-208-K2 (Canal 2)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
100,7	-0,74	99,96	0,08
110,8	-0,80	110,00	0,09
120,7	-0,77	119,93	0,08

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del Termómetro + Corrección

FIN DE DOCUMENTO

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-JUN-0513-2021

Número de Páginas : 2

Solicitado por : ARSOU GROUP S.A.C.

Dirección : Mz C Lote 1 Av. Las Flores de San Diego – Lima

Fecha de Emisión : 2021.07.05.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo:** Dureza
- **Métodos de Ensayo:**

ASTM E10 -18	Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials
ASTM E18 – 20	Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials
ASTM E92 - 17	Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials
ASTM F606/F606M-19	Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, Direct Tension Indicators, and Rivets.
- **Fecha de Ejecución:** 2021.07.05.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (20°C).

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.



ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL

MAT-Lab-4.04 Rev. 6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas:02

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 02.

MUESTRA : Muestra de acero.

FECHA DE EJECUCIÓN : 2021.07.05

RESULTADOS:

MUESTRA	MEDICIONES (HRC)			DUREZA PROMEDIO (HRC)
	1	2	3	
1	61.0	60.9	61.0	61

Incertidumbre (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%): ± 0.8 HRC.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: Acondicionada para el ensayo.
- La muestra ensayada fue proporcionada por el solicitante.

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
 Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 2

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP

INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 175 – 21

SOLICITANTE : **ARSOU GROUP S.A.C.**
Mz. C Lt 1 Av. Las Flores de San Diego
(entrada del grifo San Diego), San Martín de
Porres, Lima
Att.: Sr. Joshep A. Arévalo F.

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: ANY LOAD
N° serie: S/N
Capacidad: 100000 kg
INDICADOR DIGITAL: ANYLOAD
Modelo: DD-KC1
N° serie: 4917000036
Resolución: 1 kg

FECHA : San Miguel, 30 de septiembre de 2021



Ing. Daniel Torrealva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas

CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

ARSOU GROUP S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras. La calibración se efectuó en el Laboratorio de Estructuras el día 24 de septiembre de 2021.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga

- Marca : ANYLOAD
- N° serie : S/N
- Capacidad : 100000 kg (nominal)

Indicador Digital

- Marca : ANYLOAD
- N° serie : 4917000036
- Resolución: 1 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano.
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 87747, 1000 KN, con última calibración de 04 de junio de 2021.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 99101, 500 KN, con última calibración del 26 de agosto de 2021.
- Amplificador, HBM-MGCplus0 ch2
- Gata hidráulica, LUKAS, 2000 kN HP 200/200 FNr.: 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS ZPH 3/8 PN 700 NS: 263915

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicados en la página 3/3. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

INF-LE 175-21



Celda calibrada: ANYLOAD

N° serie: S/N

Indicador Digital: ANYLOAD

N° serie: 4917000036

Celda patrón: HBM #serie: 87747 Capacidad: 1000 kN U = 1.5 kN

Amplificador usado: MGCplus1 ch6

Informe de Calibración N° 2020-1 87747 de 04 de junio de 2021

Celda patrón: HBM #serie: 99101 Capacidad: 500 kN U = 0.7 kN

Amplificador usado: MGCplus0 ch2

Informe de Calibración N° 2021-1 99101 de 26 de agosto de 2021

Celdas patrones calibradas en LEDI-PUCP con patrones trazables al
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania

Norma de referencia: ASTM E74-18

Fecha calibración: 2021-09-27

Ejecutores: M. Bernardo L. - S. Llanos I.

Capacidad: 100000 kg

Modelo: DD-KC1

Resolución: 1 kg

PATRON(CARGA) (kg)			INDICADOR DIGITAL ANYLOAD (kg)		
12557.31	12557.31	12557.31	12584	12605	12607
25104.64	25104.64	25104.64	25115	25147	25139
33803.87	33801.14	33798.40	33900	33884	34001
40851.24	40847.94	40844.64	40950	40933	41086
51068.20	51064.07	51059.94	51168	51187	51390
61289.16	61284.21	61279.25	61415	61385	61477
71514.12	71508.34	71502.55	71624	71622	71700
81743.07	81736.46	81729.85	81821	81806	81867
91976.03	91968.59	91961.15	92013	92058	92118
99653.36	99645.31	99637.25	99620	99706	99795

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es:

$$\text{DEFLEXIÓN} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:

$$A = -57.3665131674$$

$$B = 1.0070816991$$

$$C = -0.0000000599$$

Obteniéndose como resultado:

$$\text{Desviación Standard } S = 56.5 \text{ kg}$$

$$\text{LLF} = 135.7 \text{ kg}$$

$$U = 323 \text{ kg}$$

Nota: DEFLEXIÓN es la lectura directa del indicador digital ANYLOAD

La Incertidumbre expandida, para k=2, se ha calculado para 100000 kg

Este informe contiene 3 páginas.

Prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas



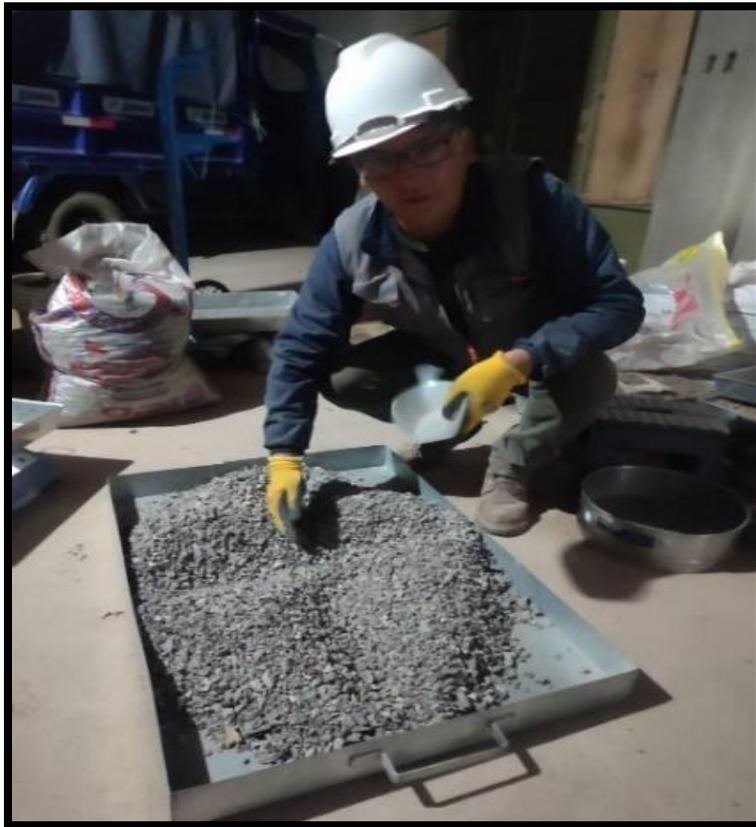
Anexo 7. Panel fotográfico



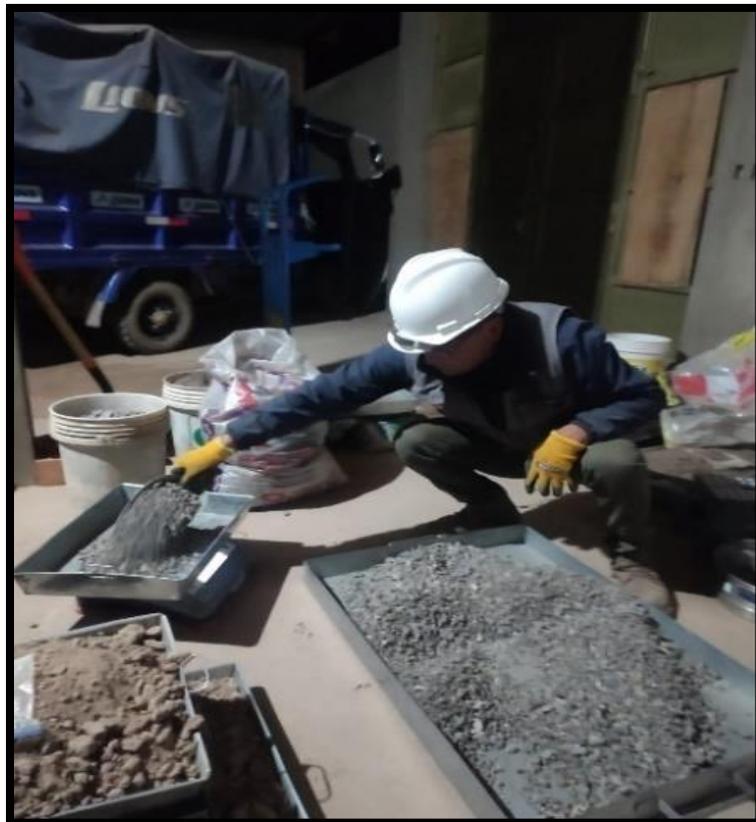
Fotografía 1. Vista del agregado fino, antes de la determinación de sus propiedades.



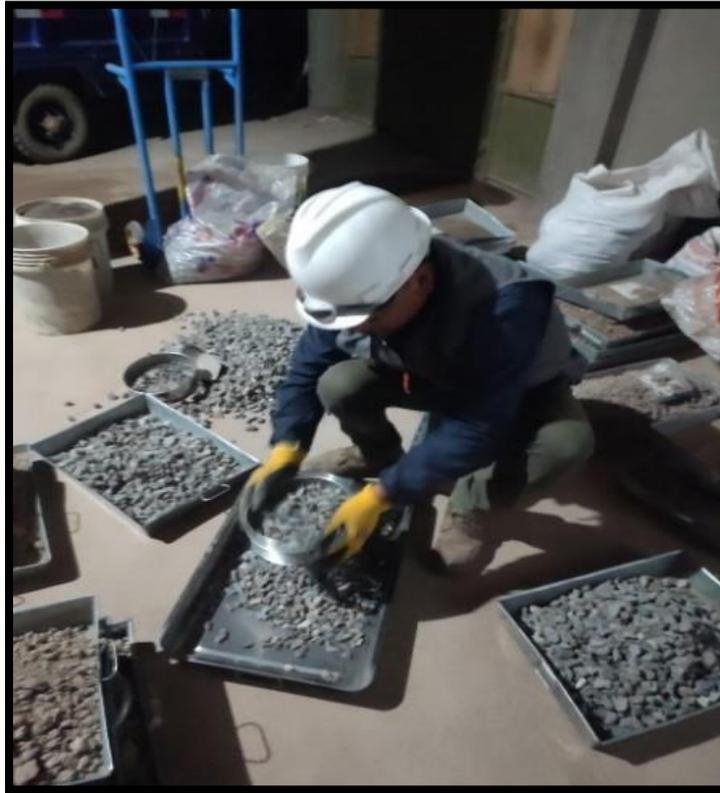
Fotografía 2. Vista del agregado grueso, antes de la determinación de sus propiedades.



Fotografía 3. Cuarteo del agregado grueso.



Fotografía 4. Pesaje del agregado grueso para la determinación de sus propiedades



Fotografía 5. Vista del proceso de tamizaje del agregado grueso.



Fotografía 6. Lavado del agregado antes de la determinación de sus propiedades.



Fotografía 7. Secado de los agregados que serán utilizados en la elaboración del adoquín.



Fotografía 8. Vista del tamizaje del agregado fino.



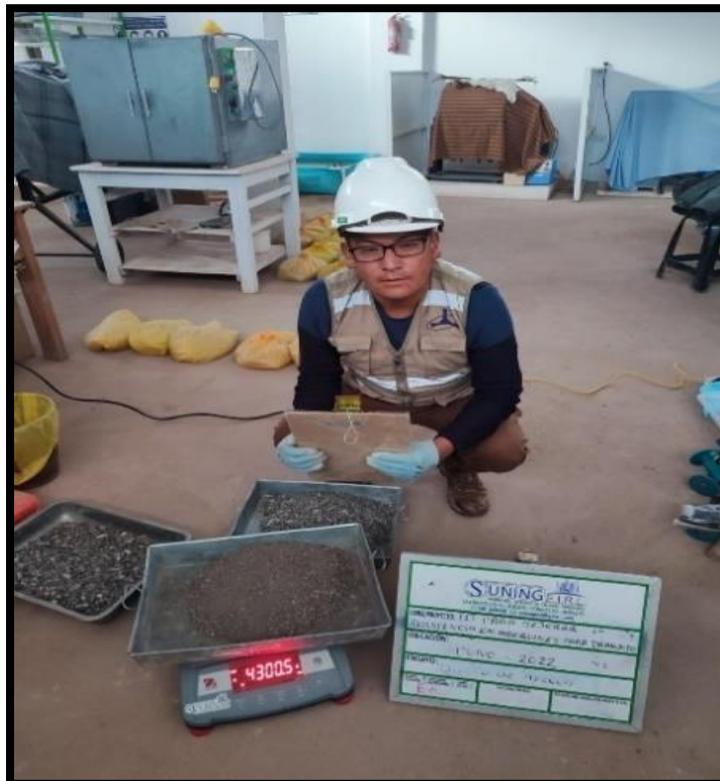
Fotografía 9. Vista global del PET que se empleará en la elaboración de adoquines.



Fotografía 10. Vista detallada de los tipos de PET utilizados en la investigación



Fotografía 11. Cálculo de la cantidad de agua necesario para la mezcla.



Fotografía 12. Pesaje de la cantidad de agregado fino para la mezcla.



Fotografía 13. Pesaje del agregado grueso que será empleado en la mezcla.



Fotografía 14. Pesaje del cemento necesario de cemento para la mezcla.



Fotografía 15. Pesaje del PET necesario para la mezcla del concreto.



Fotografía 16. Vista de los materiales que se utilizaron para realizar la mezcla de concreto.



Fotografía 17. Limpieza del recipiente de mezclado,



Fotografía 18. Vista del mezclado de los materiales.



Fotografía 19. Proceso de mezclado de los componentes del adoquín con PET.



Fotografía 20. Proceso de compactado de las muestras del adoquín de concreto.



Fotografía 21. Vista del curado del adoquín.



Fotografía 22. Vista de los adoquines de concreto patrón y modificados con PET



Fotografía 25. Vista de la rotura del adoquín patrón a los 7 días.



Fotografía 26. Vista de la rotura del adoquín patrón a los 7 días.



Fotografía 27. Preparación del adoquín patrón a los 14 días.



Fotografía 28. Vista de la rotura del adoquín patrón a los 14 días.



Fotografía 29. Vista de la rotura de adoquín patrón a los 28 días.



Fotografía 30. Lectura de la máquina de compresión .



Fotografía 31. Rotura de adoquín de concreto con PET al 3 % a los 7 días.



Fotografía 32. Rotura de adoquín de concreto con PET al 3 % a los 14 días.



Fotografía 33. Rotura de adoquín de concreto con PET al 3 % a los 28 días.



Fotografía 34. Rotura de adoquín de concreto con PET al 7 % a los 7 días.



Fotografía 35. Rotura de adoquín de concreto con PET al 7 % a los 14 días.



Fotografía 36. Rotura de adoquín de concreto con PET al 7 % a los 28 días.



Fotografía 37. Vista de la forma de falla del adoquín con PET al 3 %.



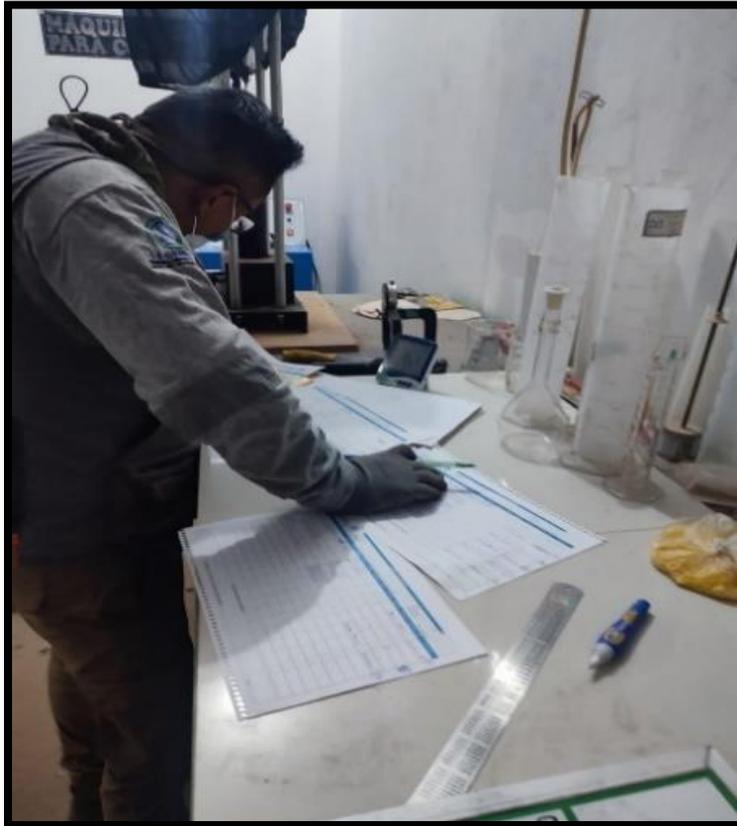
Fotografía 38. Vista de la forma de falla del adoquín con PET al 7 %.



Fotografía 39. Vista del adoquín roturado.



Fotografía 40. Vista de los adoquines de concreto después de los ensayos.



Fotografía 41. Recolección y organización de la información recolectada.