

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

Evaluación de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021

Keyla Lizet Palomino Flores

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : FELIPE NESTOR GUTARRA MESA
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 19 de Julio de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) KEYLA LIZET PALOMINO FLORES, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19% de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (N.º de palabras excluidas: 40) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, KEYLA LIZET PALOMINO FLORES, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70423509, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

13 de Julio de 2023.



KEYLA LIZET PALOMINO FLORES

DNI. No. 70423509

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	1%
5	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1 %
11	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1 %
13	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.utelesup.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
22	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
29	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	docslib.org Fuente de Internet	<1 %
32	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %

33	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
34	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
35	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	1library.co Fuente de Internet	<1 %
39	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
44	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

45	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
50	www.travelagenciesfinder.com Fuente de Internet	<1 %
51	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
52	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.ufsc.br Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
56	cdn.mitma.gob.es Fuente de Internet	<1 %

57	licenciamento.ibama.gov.br Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
62	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constancia-IGA0000697", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
65	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
66	silo.tips Fuente de Internet	<1 %
67	tampub.uta.fi Fuente de Internet	<1 %

68

www.theibfr.com

Fuente de Internet

<1 %

69

DOMUS CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C..
"ITS para el Proyecto Reemplazo, Mejora y/o
Ampliación de Componentes de la Planta
Vitapro Trujillo-IGA0015967", R.D. N° 191-
2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

70

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

"XXV IUFRO World Congress: Forest Research
and Cooperation for Sustainable", XXV IUFRO
World Congress: Forest Research and
Cooperation for Sustainable, 2019

Publicación

<1 %

72

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

73

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

74

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

75

www.uprrp.edu

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 12 words

Excluir bibliografía

Activo

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021

[INFORME DE GRADEMARK](#)

NOTA FINAL

/0

COMENTARIOS GENERALES

Instructor

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO
POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA
PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA
CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN
JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

**PRESENTADO POR:
BACH. KEYLA LIZET PALOMINO FLORES**

**HUANCAYO - PERÚ
2021**

AGRADECIMIENTO

A Dios, el Inspirador de vida, por darme fuerzas para seguir en esta etapa de mi vida y lograr obtener el anhelo más deseado. A mis queridos padres, quienes fueron la base principal en la edificación de mi vida profesional, asentaron en mi buenos valores y deseos de superación.

A la universidad continental, por brindarme la oportunidad de ser una profesional.

A mi asesora de tesis, Ing. Zadith Nancy Garrido Campaña, por haberme orientado académicamente en la investigación y haber impartido sus conocimientos.

De igual manera a mi mama Gladis, y a mi papá Víctor, quienes me motivaron durante mi formación profesional con sus consejos que me ayudaron a formarme como persona.

A mi amigo Cris, por apoyarme y terminar la tesis.

A todas aquellas personas que formaron parte de mi vida durante la formación académica, agradecerles por su amistad, apoyo, consejos, ánimo, y por la compañía en los momentos más difíciles de mi vida; cuyos recuerdos están en mi corazón, sin importar dónde se encuentren, agradecerles por formar parte de mí.

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos, no abandonarme nunca y brindarme la fuerza suficiente para no rendirme en el proceso de obtener uno de los más ansiados anhelos. A mis queridos padres, por brindarme la maravillosa oportunidad de poder ser profesional

A mi mama Gladis, pues sin ella nada de esto se habría logrado. Tu bendición y tus consejos a lo largo de mi vida me lleva por el buen camino.

A mi papá Víctor, por ser el apoyo invaluable en cada momento de mi vida.

A mis hermanas Yumira, Karina y Briana, quienes me brindaron su apoyo absoluto a lo largo de mi carrera. A mis amigos y compañeros que siempre estuvieron compartiendo momentos únicos en la universidad.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1 Planteamiento y formulación del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problema secundario	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Hipótesis	5
1.4.1 Hipótesis general	5
1.4.2 Hipótesis específicas	5
1.5 Delimitación del tema de investigación	6
1.6 Justificación e importancia	6
CAPÍTULO II	7
2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes del problema	7
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes nacionales	10
2.2 Bases teóricas.....	13
2.2.1 Pavimentos porosos	13
2.2.2 Clasificaciones de pavimentos porosos.	14
2.2.3 Pavimentos convencionales	15
2.2.4 Pavimento poroso	15
2.2.5 Diseño estructural del pavimento poroso.....	19
2.2.6 Concreto poroso	24
2.2.7 Propiedades del concreto poroso.	25
2.2.8 La permeabilización del concreto poroso	27

2.2.9 Elementos del concreto poroso	27
2.2.10 Criterios de diseño	29
2.2.11 procedimiento de diseño	30
2.2.12 Conceptualización del sistema.....	34
2.2.13 Análisis hidrológico en pavimentos porosos	35
2.2.14 Estudios hidrológicos.....	36
2.2.15 Aguas pluviales.....	37
2.2.16 Precipitación Pluvial	37
2.2.17 Las inundaciones ocurren en áreas urbanas	37
2.2.18 Infiltración del agua	38
2.3 Definición de términos básicos	38
CAPÍTULO III.....	40
3 METODOLOGÍA.....	40
3.1 Método y alcance de la investigación	40
3.1.1 Método de investigación	40
3.1.2 Alcance de investigación	40
3.2 Diseño de la investigación	40
3.3 Variables, dimensiones e indicadores	41
3.4 Población y muestra.....	42
3.4.1 Población	42
3.4.2 muestra.....	42
3.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos	42
3.5.1 Técnicas de selección de datos	42
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos	43
CAPÍTULO IV.....	45
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 Ubicación	45
4.2 Programa de investigación.....	46
4.2.1 Estudios topográficos.....	46
4.2.2 Estudios Hidrológicos.....	46
4.2.3 Estudio de cantera.....	56
4.3 Diseño de mezclas de concreto poroso	59
4.3.1 Consideraciones iniciales de diseño.	60
4.3.2 Procedimiento de diseño de concreto poroso	60

4.3.3 Resumen del diseño de mezcla del concreto poroso.....	65
4.3.4 Procesamiento de muestras de concreto poroso	65
4.3.5 Curado de briquetas concreto poroso.....	66
4.4 Ensayos en concreto poroso.....	67
4.4.1 Resistencia a la compresión simple	67
4.4.2 Prueba de Permeabilidad	73
4.4.3 Ensayo de porosidad	78
4.4.4 Influencia de las propiedades en el concreto poroso	81
4.4.5 Estudio de mecánica de suelos.....	84
4.4.6 Estudio del trafico	85
4.4.7 Diseño del pavimento poroso	86
4.5 Discusión de resultados.....	88
CONCLUSIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura del pavimento poroso</i>	14
Figura 2 <i>Estructura del pavimento poroso de infiltración total</i>	16
Figura 3 <i>Estructura del pavimento poroso de infiltración parcial.</i>	16
Figura 4 <i>Estructura del pavimento poroso de infiltración nula</i>	17
Figura 5 <i>Reservorio en pavimentos nivelados e inclinados.</i>	18
Figura 6 <i>Concreto poroso</i>	24
Figura 7 <i>Aplicaciones del concreto poroso</i>	25
Figura 8 <i>Permeabilización de concreto poroso</i>	27
Figura 9 <i>Concreto poroso con diferentes cantidades de agua</i>	30
Figura 10 <i>Relación entre filtración y contenido de aire</i>	31
Figura 11 <i>Porcentaje de pasta entre contenido de vacíos</i>	31
Figura 12 <i>Proceso de compactación para briquetas</i>	33
Figura 13 <i>Permeabilización de concreto poroso</i>	35
Figura 14 <i>Filtración de agua</i>	36
Figura 15 <i>Calles inundadas en el distrito</i>	38
Figura 16 <i>Ubicación del proyecto</i>	45
Figura 17 <i>Curvas IDF determinado por años</i>	56
Figura 18 <i>Ubicación de la cantera</i>	57
Figura 19 <i>Ensayo de abrasión de los ángeles</i>	58
Figura 20 <i>Ensayo de abrasión de los ángeles</i>	59
Figura 21 <i>Filtración vs Contenido de Vacíos</i>	61
Figura 22 <i>Probable resistencia a la Compresión</i>	62
Figura 23 <i>Porcentaje de vacío vs. Contenido de pasta</i>	63
Figura 24 <i>Prueba de asentamiento del concreto</i>	66
Figura 25 <i>Curado de briquetas de concreto poroso</i>	66
Figura 26 <i>Ensayo a la compresión</i>	67
Figura 27 <i>Roturas habituales del concreto poroso</i>	68
Figura 28 <i>Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión - a/c de 0.3569</i>	
Figura 29 <i>Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión a/c de 0.40.</i>	69
Figura 30 <i>Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión</i>	70
Figura 31 <i>Cuadro comparativo de resistencia a la compresión de 7, 14 y 28 días</i> ...	71

Figura 32 <i>Comparación del tipo de curado</i>	72
Figura 33 <i>Comparación del tipo de Curado con agregado de 1/2"</i>	73
Figura 34 <i>Proceso de prueba de permeabilidad</i>	74
Figura 35 <i>Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad con relación agua-cemento de 0.35</i>	76
Figura 36 <i>Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad con relación agua-cemento de 0.40</i>	77
Figura 37 <i>Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad</i>	78
Figura 38 <i>Ensayo de porosidad del concreto poroso</i>	78
Figura 39 <i>Tamaño de agregado grueso vs porosidad a/c 0.35</i>	80
Figura 40 <i>Tamaño de agregado grueso vs porosidad a/c 0.40</i>	80
Figura 41 <i>Tamaño de agregado grueso vs porosidad</i>	81
Figura 42 <i>Ensayo de percolación C1 y C2</i>	85
Figura 43 <i>Resistencia a la compresión vs permeabilidad a/c 0.35</i>	82
Figura 44 <i>Resistencia a la compresión vs permeabilidad a/c 0.40</i>	82
Figura 45 <i>Resistencia a la compresión vs permeabilidad y porosidad a/c 0.35</i>	83
Figura 46 <i>Resistencia a la compresión vs permeabilidad y porosidad a/c 0.40</i>	83
Figura 47 <i>Sección propuesta del pavimento poroso</i>	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de la resistencia del suelo.....	19
Tabla 2 Espesores de un pavimento poroso para varias condiciones de tráfico	20
Tabla 3 Espesores mínimos de las capas de un pavimento permeable	20
Tabla 4 Diseño de pavimentos porosos de acuerdo con las categorías de carga msa: millones de ejes estándar	20
Tabla 5 Ensayos al agregado grueso	28
Tabla 6 Rangos típicos de la proporción de materiales en el concreto poroso	29
Tabla 7 Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación	44
Tabla 8 Precipitación máxima anual en 24 horas	47
Tabla 9 Precipitación máxima en 24 horas	48
Tabla 10 Precipitación máxima en 24 horas	49
Tabla 11 Distribución de Gumbel momentos ordinarios	49
Tabla 12 Resultado final de la distribución de Gumbel.....	50
Tabla 13 Intensidades máximas (mm/h)	51
Tabla 14 Intensidad máxima para lluvia de diseño.....	51
Tabla 15 Intensidades máximas de diseño	53
Tabla 16 Valores de la curva IDF	55
Tabla 17 Ensayos de laboratorio realizados.....	57
Tabla 18 Resumen de los ensayos de laboratorio realizados	58
Tabla 19 Dosificación del concreto poroso.....	65
Tabla 20 Resultado de esfuerzos a los 28 días.....	68
Tabla 21 Resultados de los ensayos de permeabilidad	75
Tabla 22 Resultados de porosidad del concreto.....	79
Tabla 23 Estudio de mecánica de suelos.....	84
Tabla 24 Cálculo del IMDA.....	86
Tabla 25 Cálculo del EAL	86

RESUMEN

En inundaciones generadas por lluvias intensas, el agua sobrepasa la capacidad de las cunetas y los drenajes existentes en los pavimentos convencionales. Por esta razón se realizó la presente investigación que tiene como objetivo evaluar el nivel de eficiencia del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de las aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021. El diseño de la investigación fue del tipo experimental a nivel de laboratorio, el alcance de la investigación del tipo descriptivo, cuyo fin fue determinar la eficiencia del pavimento poroso; para ello se elaboró 42 briquetas con 9 diseños de mezcla, para elegir un adecuado concreto poroso, relación agua-cemento de 0.35 a 0.40, y el porcentaje de vacíos de 15%, 19% y 30%. Los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido se realizaron con estas briquetas. De acuerdo con la norma ACI 522R-10 las muestras fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión simple, porosidad y permeabilidad.

Los resultados indican una dosificación de concreto poroso con agregado 3/8'' con un 15 % de vacíos y relación a/c 0.35, ya que se obtuvo 176.05 kgf/cm² como resultado a la resistencia de compresión, permeabilidad de 507.18 L/m²/min y porosidad de 19.75 %. Obteniendo buena resistencia a la compresión.

Palabras clave: pavimento poroso, diseño de mezclas, permeabilidad, porosidad resistencia a compresión, concreto poroso

ABSTRACT

In floods generated by heavy rains, the water exceeded the capacity of the ditches and existing drains in conventional pavements. For this reason, the present investigation was carried out with the objective of evaluate the level of efficiency of porous pavement as an alternative system for the permeabilization of rainwater in the sixth block of Jr. Manco Cápac, district of San Jerónimo, Andahuaylas 2021, the research design was experimental at the laboratory level, the scope of the research was descriptive. The purpose of the research was to determine the efficiency of the porous pavement, for which 42 briquettes were made with 9 mix designs, to choose an adequate porous concrete, water-cement ratio of 0.35 to 0.40, and the percentage of voids of 15%, 19% and 30%. These briquettes were subjected to fresh and hardened concrete tests. According to the ACI 522R-10 standard, the samples were tested for simple compressive strength, porosity, and permeability.

The results obtained propose a dosage of porous concrete with 3/8" aggregate with 15% voids and a/c ratio of 0.35, since 176.05 kg/cm² was obtained because of compressive strength, permeability of 507.18 L/m²/min and porosity of 19.75%. Obtaining good compressive strength.

Keywords: porous pavement, mix design, permeability, porosity, compressive strength, porous concrete

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial y en nuestro país se realizan investigaciones para incluir el concreto poroso, parte de la estructura del pavimento y así proporcionando una solución alternativa a los problemas de drenaje de aguas pluviales.

La investigación titulada: *Evaluación de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, Distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021*, busca como alternativa de solución el uso de pavimentos porosos frente a los problemas generados por las intensas lluvias que se dan en nuestra zona, generando inundaciones en relación a las variables: pavimentos porosos, aguas pluviales.

En su desarrollo el objetivo es determinar la eficiencia del pavimento poroso como alternativa de permeabilización de las aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, Distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021, con lo que se obtienen los siguientes resultados obtenidos de los ensayos realizados a las probetas cilíndricas elaboradas con el agregado 3/4", llegando a una resistencia de 3.61MPa a 5.55MPa, con una permeabilidad de 2,114.56 a 1,336.82L/m²/min y una porosidad del 31.33%, la resistencia con el agregado 1/2" es de 6.41MPa a 14.37MPa, con una permeabilidad de 453.33 a 1,008.52L/m²/min y una porosidad del 28.05 %; mientras la resistencia con el agregado 3/8" es 11.29MPa a 17.26MPa con una permeabilidad de 507.18 a 661.26L/m²/min y una porosidad de 25.85% por último la resistencia del agregado N°04 es de 10.52MPa a 10.62MPa, con permeabilidad de 534.58 a 548.85L/m²/min y porosidad de 23.4 %. Obteniendo resultados que van en el rango de 2.80MPa a 28MPa

La realización de esta investigación es crucial debido a que en el Perú aún no se ha implementado una solución alternativa para abordar el problema de la evacuación de las aguas pluviales. La investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo I. Se detalla el planteamiento del estudio teniendo los siguientes subtemas: planteamiento y formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación e importancia, por último, la hipótesis y descripción de variables.

Capítulo II. Está compuesto por el marco teórico, en el cual se describe los antecedentes del problema (internacional, nacional y local), bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III. Está constituido por la metodología de investigación y se conforma de la siguiente manera: Método y alcance de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV. Muestra los resultados y discusión, presentación de resultados, prueba de hipótesis, discusión de resultados.

Para finalizar, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, anexos que representan la complementación del trabajo de investigación que se ha realizado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

3.1 Planteamiento y formulación del problema

Se ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años de ciudades urbanizadas, lo cual genera dificultades en la evacuación las aguas pluviales generando escurrimiento superficial; este proceso está asociado a la impermeabilización (el uso masivo de pavimentos convencionales), provocando el traslado de materiales contaminantes que son acumulados en las calles, ocasionando inundaciones, y desbordes de los sistemas de drenaje (cajas de drenaje, cunetas, buzones) en las principales ciudades del Perú. Las municipales, al atender esta necesidad de la población para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal, construyen pavimentos convencionales (rígidos y flexibles) sin tomar en consideración las nuevas tecnológicas en la construcción de pavimentos. El empleo indiscriminado de estos pavimentos convencionales en zonas urbanas trae como consecuencia grandes problemas como: aumento del caudal y volumen de la escorrentía; por ende, se aumenta el riesgo de inundaciones en las zonas bajas del sector urbano. En algunos casos las alcantarillas sobrepasan su capacidad formando charcos de volumen de agua donde se hace imposible el paso peatonal.

Distintas ciudades del país han experimentado un crecimiento exponencial en la población urbana, año tras año el cambio climático provoca fenómenos naturales; en temporadas lluviosas se dan inundaciones notables afectando zonas urbanas. La provincia de Andahuaylas no ha sido la excepción en estos eventos naturales, provocados por lluvias intensas que se dan en esta parte del país en los meses de noviembre a abril, perjudicando el desarrollo de la ciudad en aspectos de circulación vehicular y peatonal.

Si continuamos en estas condiciones, durante los periodos de lluvia se seguirán presentando los problemas en la circulación, tanto vehicular y peatonal, en las zonas bajas de la provincia de Andahuaylas. Para afrontar estos efectos negativos de las

escorrentías de aguas pluviales, se propone implementar el uso de pavimentos porosos que permitirá el drenaje eficiente y eficaz de estas aguas al subsuelo alimentando el manto acuífero.

Como expresa Sañudo et al. (1), la base del pavimento poroso es una capa usualmente constituida por agregado grueso seleccionado granular, con espesor de 50 cm, estas absorben las cargas a las que están sometidas la superficie y las transmiten hacia la parte inferior del pavimento, fundamentalmente la subbase, esta capa inferior está relacionada directamente con el suelo natural con la finalidad infiltrar el agua recogida por el pavimento poroso al suelo, de esta manera permitir la recarga del manto acuífero.

La presente investigación surge de la necesidad de ver el comportamiento de la estructura del pavimento en condiciones saturadas, aplicando el pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales. Debido a que, actualmente, en nuestros países estos procedimientos no son muy conocidos y usados por los ingenieros y constructores, se pretende ampliar y brindar información sobre el pavimento poroso como alternativa de permeabilización de las aguas pluviales.

3.2 Formulación del problema

3.2.1 Problema general

¿Como evaluar la eficiencia del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo – 2021?

3.2.2 Problema secundario

- ¿Cómo se relaciona la granulometría del agregado grueso con la permeabilidad del pavimento poroso, en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021?
- ¿Cuál es la influencia de la granulometría del agregado grueso respecto a la resistencia a la compresión del pavimento poroso como técnica alternativa de para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021?
- ¿Como se relaciona la Resistencia a la compresión respecto a la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021?

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo 2021.

3.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación de la granulometría del agregado grueso con la permeabilidad del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.
- Determinar la influencia de la granulometría del agregado grueso con la respecto a la resistencia a la compresión del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.
- Determinar la relación de la Resistencia a la compresión respecto permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.

3.4 Hipótesis

3.4.1 Hipótesis general

El pavimento poroso si mejorara el sistema de permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo.

3.4.2 Hipótesis específicas

- La granulometría del agregado grueso si tiene relación con la permeabilidad del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.
- La granulometría del agregado grueso sí influye en la resistencia a la compresión del pavimento poroso y es como sistema alternativo para la permeabilización de las aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac del distrito de San Jerónimo.

- Existe una relación entre la Resistencia a la compresión con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.

3.5 Delimitación del tema de investigación

La siguiente investigación está abocada en el estudio de la capa de rodadura del pavimento poroso, puesto que se requiere conocer las características de permeabilidad y resistencia a la compresión de este pavimento y su uso en obras de tránsito liviano.

3.6 Justificación e importancia

A nivel del Perú, el uso del concreto poroso aún no se implementó como alternativa de solución frente a los problemas que conlleva la evacuación de las aguas pluviales; esto se debe al uso extenso del pavimento convencional (impermeable), en cambio este tipo de pavimentos son los más estudiados en diferentes países como es el caso de Colombia, México y Chile lograron incluir este tipo de pavimento en su infraestructura gracias a estudios realizados a nivel de pregrado y posgrado.

La presente investigación se realizó porque en la región Apurímac no existen estudios sobre la conducta de la estructura de un pavimento poroso, por lo que es necesario realizar diversos ensayos para determinar la justificación del pavimento poroso como técnica alternativa para permeabilizar las aguas pluviales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes del problema

4.1.1 Antecedentes internacionales

Guamán (2) desarrolló un trabajo de investigación titulado *Propuesta de un pavimento de concreto poroso permeable para estacionamientos en zonas urbanas, que evite el estancamiento de aguas pluviales*, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Técnica de Machala. El trabajo tuvo como objetivo crear una propuesta de pavimento permeable por métodos experimentales para el estacionamiento de vehículos ligeros en zonas urbanas, y desarrollar 27 dosificaciones que serán el objeto de la demostración.

Se muestran los siguientes resultados de los cilindros preparados con el material molido a un espesor de 3/8" de la cantera Tuco León en el desarrollo de 27 dosificaciones, que permitirán demostrar que la dosificación preparada con 15% de vacío y una presión relativa de aire de 0.35 es la más alta en cuanto a resistencia a la compresión, arrojando un valor de 10.92 MPa, llegando a las siguientes conclusiones:

La resistencia obtenida de los cilindros fabricados con material triturado de 3/8" es de 9,51 a 10,92 MPa; la resistencia con material de piedra bola de 3/4" es de 9,11 a 12,45 MPa y la resistencia con material triturado de 3/4" es de 7,64 a 9,34 MPa, se obtuvieron resistencias entre 2,80 y 28 MPa como indica la norma, pero no se obtuvo la resistencia adecuada para ser utilizada en aparcamientos.

La permeabilidad y el porcentaje de porosidad obtenidos con las briquetas fabricadas con piedra triturada de 3/8" son de 645,46 a 975,42 L/m²/min y de 26,66 a 33,68%, respectivamente; los resultados con piedra triturada de 3/4" son de 1280,23 a 1993,14 L/m²/min y de 28,70 a 35,82%; y los resultados con piedra triturada de 3/4" son de 1613,90 a 2217,79 L/m²/min y de 30,01 a 35,65%. Los valores de porosidad y permeabilidad obtenidos superan significativamente los parámetros especificados por la norma para el aislamiento permeable.

Sañudo (3) desarrolló una investigación titulada *Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerante poroso para el control en orígenes de inundaciones*, con la finalidad de optar el Grado Académico de Doctor por la Universidad de Cantabria Santander. El trabajo de investigación tuvo como objetivo la creación de sistemas de recogida de agua de lluvia, su almacenamiento y su utilización con fines no potables, así como de energía geotérmica de baja entalpía mediante el filtrado de los pavimentos permeables de los aparcamientos. La muestra estuvo conformada por 3 tipos de pavimentos permeables, adoquines ranurados impermeables. Se utilizaron tres muestras en tres escenarios diferentes de colmatación y cinco pendientes diferentes para un total de 45 pruebas, mientras que cinco muestras del hormigón poroso se sometieron a 65 pruebas. A fin de obtener datos que pudieran tratarse estadísticamente de forma similar a los de otras superficies, se realizaron 20 ensayos más, además de los 45 ensayos que se realizaron para los adoquines, debido a la mayor variabilidad registrada en la superficie de asfalto poroso PA-16. En cuanto a los adoquines impermeables, se realizaron 45 ensayos utilizando tres probetas en tres escenarios de colmatación y cinco pendientes. Tras un examen exhaustivo de la infiltración en varias secciones de pavimento permeable que emplean sistemas de captación para regular las fuentes de precipitaciones con el fin de minimizar las inundaciones, se evaluó el éxito de los objetivos principales de esta tesis. Las metodologías de laboratorio y de campo creadas y desarrolladas en esta tesis permitieron este logro.

Gámez et al. (4) desarrollaron una investigación titulada *Evaluación del comportamiento en el Módulo de ruptura en concretos Permeables para carpetas de rodadura de Pavimentos rígidos utilizando Geosintéticos en su estructura*, con la finalidad de optar el grado académico de Doctor, en la Universidad de el salvador, la investigación tuvo como objetivo orientar el mejoramiento de la capacidad al esfuerzo de flexión de concretos porosos para capa de rodadura usando geosintéticos y fibras en su estructura. Se realizaron 121 muestras de vigas permeables con capa de geosintético. Para obtener los resultados se realizaron ensayos en laboratorio, recolectó información, tomaron y analizaron datos por medio de conceptos estadísticos del comité ACI 214. Para representar con mayor precisión la regularidad del procedimiento de manipulación del hormigón, se hicieron pruebas de permeabilidad en testigos extraídos de probetas de viguetas de hormigón permeable.

Se realizaron comparaciones de permeabilidad entre probetas de hormigón permeable simétrico porque el tipo de geomalla utilizado en las probetas que llevaban esta variante no era un factor significativo. El resultado fue que, como se había previsto, la inclusión de fibras reduce la permeabilidad.

Mendoza y Ospina (5) desarrollaron una investigación titulada *Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico medio*, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por Universidad Distrital Francisco José Caldas. El trabajo tuvo como objetivo adoptar un diseño de mezcla de hormigón permeable y utilizarlo en un estudio de caso teniendo en cuenta la investigación nacional, ponerlo en práctica en un estudio de caso y sugerir un diseño de pavimento diferente. Su conclusión fue la siguiente: el caudal máximo de escorrentía de la zona de investigación para un período crítico de precipitaciones es $Q=82,98$ l/s o $0,08298$ m³/s, y la intensidad máxima I es de 215 mm/h. El uso de hormigón con una resistencia de 4000 psi se puso de relieve en un análisis de los insumos que se emplearían en esta mezcla. Se cotejaron los datos de investigaciones anteriores y se realizaron los análisis de laboratorio pertinentes. Como resultado se obtuvo una mezcla de menor resistencia que, sin embargo, no cumplía los objetivos de este estudio. Se aconseja utilizar hormigón con una resistencia de 2500 psi. El objetivo de este estudio era utilizar datos secundarios e investigaciones realizadas localmente para desarrollar un diseño de mezcla de hormigón permeable. Al final, se creó una mezcla que no era apta para servir como capa de rodadura para un diseño estructural de pavimento rígido. Como conclusión, se sugiere contar con el equipo esencial, como estudios de suelo, estudios de tráfico y laboratorios adecuados para realizar las pruebas con el fin de llevar a cabo este estudio y poder tener resultados favorables con mayor precisión.

Cabezón (6) desarrolló una investigación titulada *Estudio de la capacidad de infiltración de pavimentos permeable* para optar el título profesional de ingeniero civil por la Universidad de Cantabria. La investigación tuvo como objetivo investigar la capacidad de infiltración de los pavimentos permeables, ofreciendo y validando una metodología de ensayo de campo especial para cualquier tipo de superficie, permitiendo su control en el tiempo, cuantificando los problemas de colmatación, y permitiendo prescribir el tipo de mantenimiento más adecuado para garantizar los beneficios de este tipo de sistemas a lo largo de su vida útil.

La muestra en esta investigación viene a ser la sección de pavimentos ya construidos 9 paños. La investigación concluyó de la siguiente forma: con el fin de evaluar la capacidad de infiltración de los pavimentos permeables, este TFG validó una metodología de ensayo de campo especial para cualquier tipo de superficie, permitiendo su control en el tiempo, cuantificando los problemas de colmatación, y posibilitando la prescripción del tipo de mantenimiento más adecuado para asegurar los beneficios de este tipo de sistemas a lo largo de su vida útil.

4.1.2 Antecedentes nacionales

Tarifeño (7) presentó un trabajo de investigación titulado *Evaluar las propiedades del concreto permeable en pavimentos especiales, Lambayeque 2018* para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Se hizo con el objetivo de evaluar la permeabilidad del hormigón en pavimentos especiales. Es del tipo experimental, el diseño para el análisis de la investigación es cuantitativo, dado que se procesará datos para llegar al resultado de los diseños. La muestra es el subconjunto distintivo y determinado que se toma de la población, y para este proyecto se utilizarán diferentes materiales como muestras. Para determinar las características físicas se utilizarán agregados gruesos de 12" de las canteras Tres Tomas - Ferreñafe - Lambayeque y arena gruesa de la cantera Pátapo - La Victoria, ya que estas canteras cumplen con los requisitos de la norma peruana, la investigación llegó a la siguiente conclusión: los diseños expuestos en el estudio reúnen las características precisas y vitales para este tipo de hormigón mostrado, se alcanzaron tanto la resistencia a la flexión $f'c = 67,76\text{kgf/cm}^2$ como la resistencia a la compresión $f'c=93,33\text{kgf/cm}^2$ permeabilidad de 10,88mm/s, el promedio de infiltración es de 0.61cm/s.

Paucar y Morales (8) presentaron un trabajo de investigación titulado *Influencia del agregado grueso de la cantera del rio Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo Transito- $F'CI75\text{kg/cm}^2$* con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Huancavelica. Presenta como objetivo evaluar el impacto del árido grueso procedente de la cantera del río Ichu en el hormigón permeable. La metodología aplicada fue del tipo experimental, el diseño del análisis es cuantitativo, los datos obtenidos llegan a los resultados del diseño. La muestra consistía en 24 briquetas cilíndricas de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de alto. Las siguientes fueron las conclusiones del estudio: en pavimentos de bajo tránsito, donde los valores de la Norma oscilan entre 28.55 kg/cm² y 285.51 kg/cm², el agregado

grueso de tamaño de 3/4" tenía una fuerza compresiva promedio de 145.21 kg/cm². ACI 522 R.

Guizado y Curi (9) presentaron un trabajo de investigación titulado *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú* con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. Tuvo como objetivo investigar sobre el hormigón permeable como solución sustitutiva para la gestión de las aguas pluviales en pavimentos singulares de la costa norte del Perú y vías locales. La metodología de investigación es del tipo experimental, la muestra de la investigación fueron 15 diseños de mezcla. El diseño del estudio fue cuantitativo, ya que se procedió a hacer cálculos numéricos para llegar a los resultados. El módulo de rotura del hormigón permeable elaboradas en este estudio va de 16% y el 22% al esfuerzo de compresión. En cambio, el concreto convencional va de 13% y 15% a un esfuerzo de compresión entre 175kgf/cm² y 250kgf/cm². Esto se debe al hecho de que se diseñó el hormigón permeable determina su resistencia a la compresión. Para alcanzar un RM mínima de 34kgf/cm², se aconseja diseñar con un contenido de huecos inferior al 21,5%.

Vela y Cruz (10) presentaron un trabajo de investigación titulado *Pavimentos permeables como sistema Alternativo para el drenaje urbano en la Localidad de Molinopampa, Amazonas, 2018* con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El objetivo de la investigación está basado en el estudio del concreto poroso como sistema alternativo para el drenaje urbano del Perú. La variable de estudio fue el pavimento, donde se evaluó su capacidad para drenar un volumen de agua y proporcionar una resistencia estructural adecuada para soportar un determinado nivel de tráfico. El universo muestral estuvo representado por las seis calles no pavimentadas de la localidad de Molinopampa, donde se realizó un muestreo no probabilístico discrecional o intencional. Dado que es importante realizar cálculos matemáticos para llegar a los resultados, la metodología de este enfoque de investigación es experimental. Este método de investigación es de tipo experimental y el diseño del análisis es cuantitativo porque se requieren cálculos numéricos para obtener los resultados.

El área de estudio cuenta con seis carreteras: Héroes del Cenepa, Corpus Christi, Independencia, 21 de noviembre, El Molino y José Olaya. Tienen áreas de

influencia de 4269.487m^2 , 6404.19m^2 , 7897.11m^2 , 10300.03m^2 , 9302.97m^2 y 10932.89m^2 , respectivamente. Se registró una precipitación máxima de 59,03 mm durante un día, lo que resultó en un coeficiente de escorrentía ponderado de 0,89, 0,81,0.75,0,77.

Bautista (11) desarrolló un trabajo de investigación titulado *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de agua pluviales según la norma ACI 522r-10* con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Presenta como objetivo diseñar un Pavimento Rígido Permeable para la evacuación de aguas pluviales según la Norma ACI 522R-10. La muestra de la investigación es la siguiente: 5 diseños de mezcla con 3 porcentajes de vacíos y contenido de arena, la investigación es del tipo experimental, el diseño para el análisis de la investigación es cuantitativo, dado que se va a hacer uso de cálculos numéricos para llegar a los resultados, Los diseños que no tienen agregado fino son los que tienen poca resistencia a la compresión y flexión. Este es el caso del Diseño 1 propuesto, que tuvo una resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días de 51.3kgf/cm^2 y $\text{MR} = 22.35\text{kgf/cm}$, El requisito mínimo de resistencia a la compresión para pavimentos especiales (aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías) según la norma C.E 010 – Pavimentos Urbanos, es de 175 kg/cm^2 , por lo que el Diseño 5 si cumple con la resistencia a los 28 días (177.98 kg/cm^2).

4.2 Bases teóricas

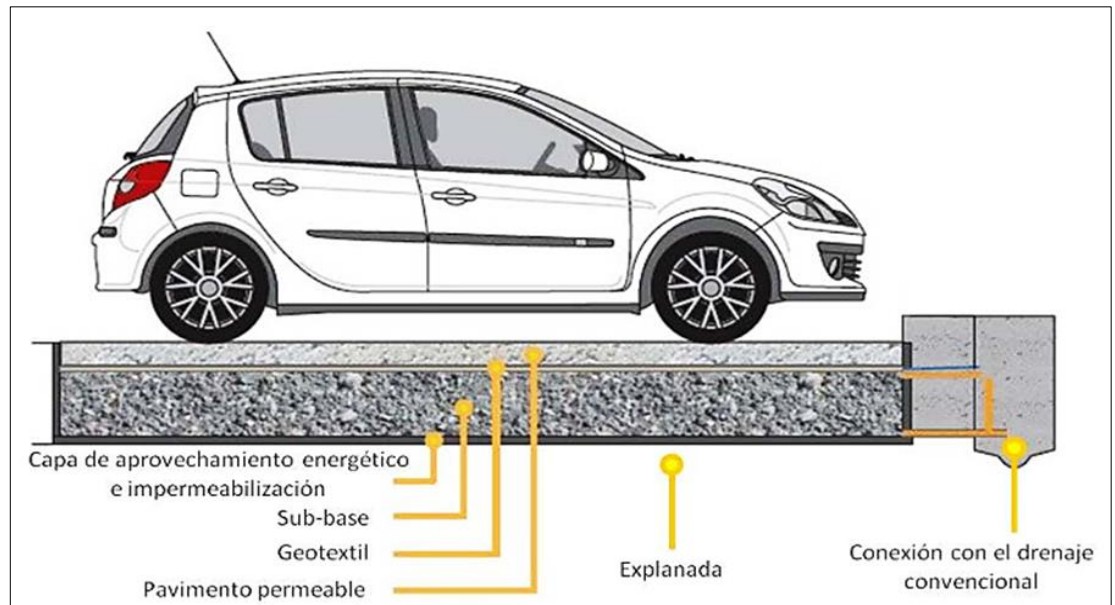
4.2.1 Pavimentos porosos

Pavimentos porosos una técnica de drenaje sostenible ampliamente usada a nivel mundial. Desde los años setenta en el siglo XX. Los primeros estudios en los Estados Unidos de Norteamérica demostraron su alta eficacia para controlar la escorrentía superficial y las aguas pluviales (1). En los pavimentos porosos, el agua que penetra la superficie porosa actúa como filtro, hasta la llegar a la capa inferior, donde se acumula la reserva. La principal función de un pavimento poroso es filtrar la escorrentía superficial hacia la capa inferior del pavimento poroso; asimismo, dar un acabado estético a la capa porosa para su incorporación paisajista, del mismo modo la estructura está diseñada para resistir las cargas a las que será sometida durante su vida útil. La estructura del pavimento poroso es la siguiente (3):

- Superficie porosa. Esta capa del pavimento poroso se encuentra en contacto con el ambiente además permite que el agua atraviese su estructura. Asimismo, esta capa superficial tiene un estético acabado, excelente con respecto a las capas internas del pavimento poroso pues se trata de la superficie de rodadura.
- Base. Es la capa usualmente constituida por agregado grueso seleccionado granular, estas absorben las cargas a las que están sometidas la superficie y las transmiten hacia la parte inferior del pavimento, fundamentalmente la subbase.
- Subbase. Esta capa inferior está en interacción directa con el suelo circundante la finalidad infiltrar el agua recogida por el pavimento poroso al suelo, de esta manera permitir la recarga de los mantos acuíferos.
- Explanada. Las características de la capa sobre las que descansará el pavimento poroso, definirá el diseño en términos de métodos para resistir la carga.
- Componentes adicionales. Aquellos elementos que proporcionan al pavimento poroso características extras con la finalidad mejorar las aplicaciones.
- Geosintético. Si se toma en cuenta, esta capa está compuesta por un geotextil. cuyo papel principal es filtrar los sedimentos arrastrados por la escorrentía y el agua infiltrada separan las capas granulares de la base y la subbase. Aparte de eso tienen otras funciones, que posiblemente sean las más convenientes, como la eliminación de contaminantes (ver Figura 1).

Figura 1

Estructura del pavimento poroso



Fuente: (3).

4.2.2 Clasificaciones de pavimentos porosos

“La clasificación de pavimentos permeables fue establecida gracias a los autores que realizaron investigaciones a nivel mundial a continuación se dan a conocer los más importantes” (1) se define en dos grupos:

4.2.2.1 Pavimentos porosos discontinuos

“Estos pavimentos porosos discontinuos fueron desarrollados mediante materiales impermeables, estos al ser unidos con elementos porosos, permite la filtración de líquidos mediante sus poros” (1):

- Césped grava con refuerzo.
- Adoquines con ranuras.

4.2.2.2 Pavimentos permeables continuos

Son aquellos conformados exclusivamente por elementos permeables que permiten la filtración de líquidos en toda su área por igual, y son:

- Asfalto permeable.
- Hormigón poroso.

4.2.3 Pavimentos convencionales

Los pavimentos vehiculares tradicionales se componen de un sello superficial y una, o más, capa de material de pavimento compacto. El diseño convencional de los pavimentos se concentra en evitar que el agua penetre en el suelo a través de las juntas o sellos de pavimentación con el fin de salvaguardar la integridad de la capa de cimentación y subbase (12)

Debido a su capa impermeable, los pavimentos convencionales son responsables de los excesos de caudal debido a la contaminación con hidrocarburos y metales pesados. Estos excesos pueden observarse en los cursos de agua situados más abajo o en hábitats que reciben aguas más contaminadas. (13)

Las siguientes capas están presentes en el pavimento:

La capa de rodadura: es la parte del pavimento que soporta las cargas de los vehículos. Puede ser de concreto o de material bituminoso.

La base: es la capa inferior a la capa de rodadura y se encarga, principalmente, de sostener, transmitir y distribuir las cargas que soporta el tráfico. Esta capa de material granular que drena tiene un CBR de al menos el 80%.

Subbase: es una capa de material específico con un espesor de diseño que sostiene la base y la carpeta. Para su uso como capa de drenaje, y para minimizar la capilaridad del agua, esta capa también puede estar compuesta de material granular con un CBR de al menos el 40%. (14) (MTC 2013)

4.2.4 Pavimento poroso

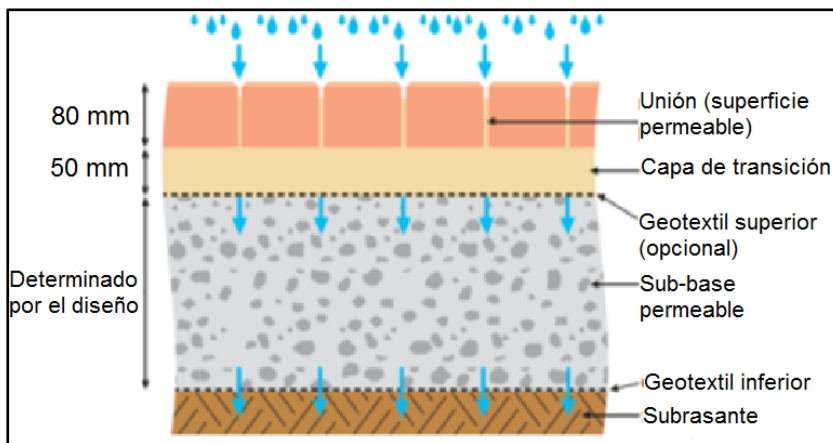
La gestión del agua de lluvia y las ventajas medioambientales son posibles gracias a los pavimentos porosos que estimulan la infiltración del agua de lluvia a través de las distintas capas de la base. El agua de lluvia se filtra recogiendo para su uso posterior o liberándola gradualmente en los suelos subyacentes o en los sistemas de drenaje de aguas pluviales (15).

Los pavimentos permeables son modulares y monolíticos (15). Asfalto poroso y concreto poroso son ejemplos de estructuras monolíticas (Figura 2), que permite que la infiltración atraviese la pavimentación. Similar a una mezcla de asfalto convencional, pero sin los finos, es el asfalto poroso. De manera similar, se debe prescindir de agregados finos en el concreto poroso. Aunque las estructuras modulares están hechas de adoquines o losas de concretos impermeables, el agua puede pasar por sus uniones o aperturas (Figura 3).

Como se muestra en las Figuras 2, 3 y 4, el agua puede permear parcial o totalmente y ser retenida por la subbase. La retención se utiliza cuando el suelo tiene tendencia a ser impermeable o cuando se quiere utilizar esta agua (por ejemplo, recogida de pluviales), mientras que la infiltración requiere que el suelo natural (subsuelo) tenga capacidad para recibir esta agua (recarga de acuíferos). (16) (17) (Watanabe, 1995; Interpave, 2008).

Figura 2

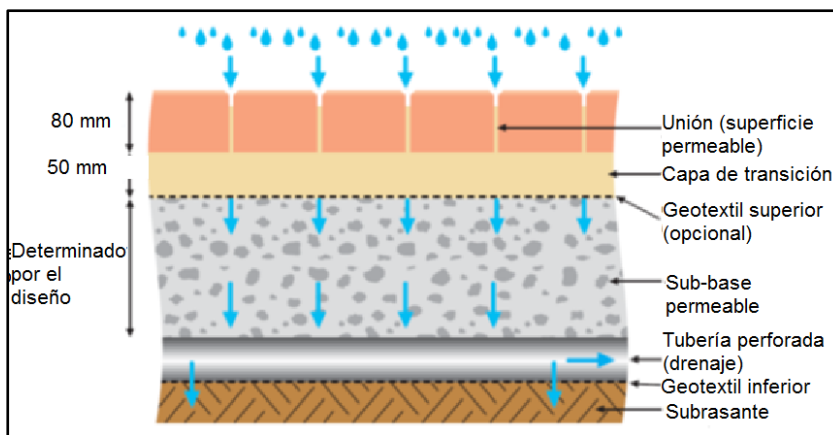
Estructura de infiltración total del pavimento poroso



Fuente: (17) (13). Interpave, Trujillo y Quiroz

Figura 3

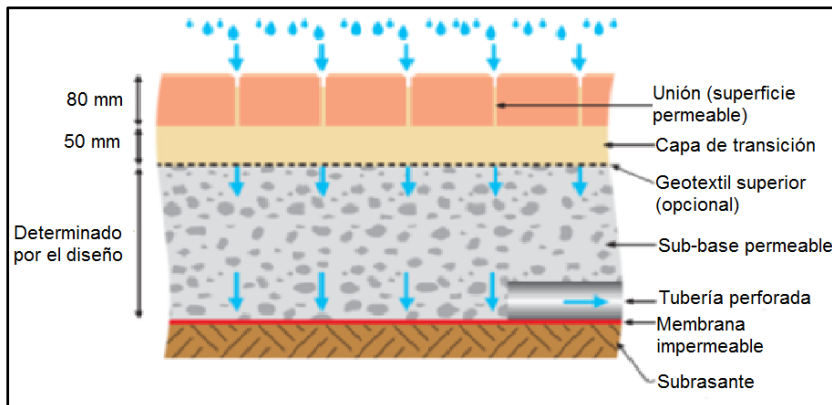
Estructura de infiltración parcial del pavimento poroso



Fuente: (17) (13). Interpave, Trujillo y Quiroz

Figura 4

Estructura de infiltración nula del pavimento poroso



Fuente: (17) (13). Interpave, Trujillo y Quiroz

4.2.4.1 Configuración

No todos los pavimentos porosos tienen las configuraciones que se indican a continuación; al igual que los pavimentos estándar, los pavimentos porosos están formados por una serie de componentes. Debe quedar claro que cada pavimento tiene una combinación particular de características, lo que permite que cada pavimento cumpla una función determinada y que la estructura se construya con el menor coste posible. Las disposiciones siguientes fueron creadas por FERGUSON (18). (2005).

4.2.4.1.1 Capa de rodadura y base.

La capa de rodadura se ve afectada, específicamente, por la carga del tráfico y los impactos de la abrasión. Probablemente se construya con un material costoso y especializado resistente a la abrasión y ofrezca características como la accesibilidad y la estética. Para distribuir uniformemente la carga del tráfico por toda la subbase, la base del pavimento puede construirse con un material de precio razonable. Cuando el agua se vierte en una tubería o se filtra en el suelo, la subbase se coloca sobre el pavimento para espesarlo o almacenar más cantidad (13).

4.2.4.1.2 Revestimiento

Cualquier capa que se aplique sobre un pavimento denso o viejo se denomina revestimiento; básicamente consiste en una superficie gruesa cubierta por una capa porosa. Al permitir que el agua drene de la superficie, la capa porosa hace que el pavimento sea más seguro y más adecuado para soportar el tráfico pesado, al tiempo que reduce el gasto que supone ampliar la carretera. Además, disminuye el ruido y el deslumbramiento, mejora la visión y refuerza la tracción. Sin embargo, su

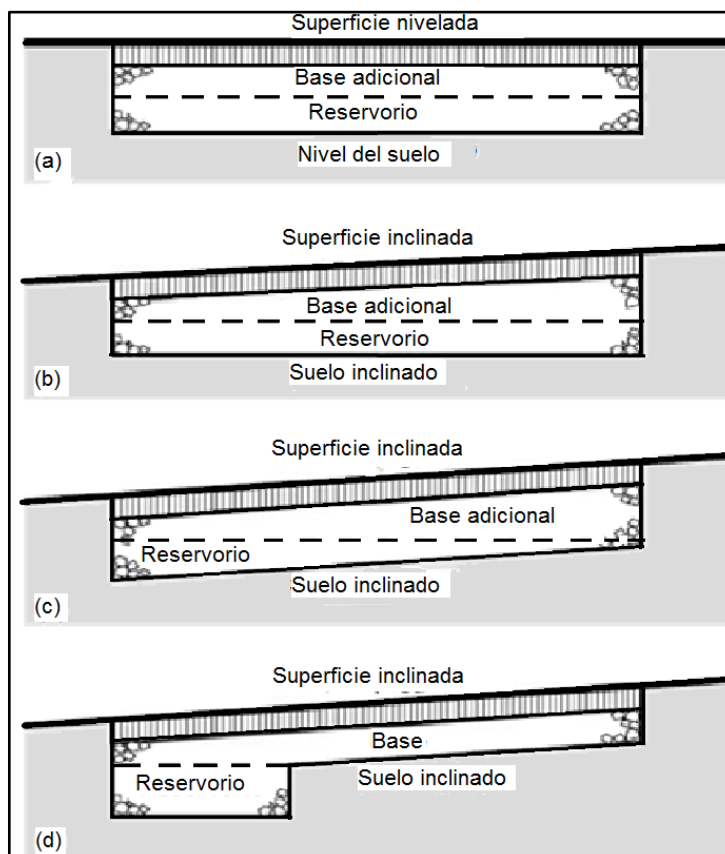
mantenimiento y el almacenamiento de agua suponen un reto. Además, la capa impermeable bajo la superficie limita la recarga de las aguas subterráneas y el flujo de aire para las raíces de los árboles (13).

4.2.4.1.3 Reservoirio

Un segmento de pavimento que almacena o transporta el agua que sale a través de una tubería de drenaje o al suelo se conoce como depósito. La configuración de un depósito puede variar en función del nivel y la inclinación de la superficie del pavimento, como se muestra en la Figura 5. Por ejemplo, una superficie de un depósito que esté inclinada puede permanecer en el nivel del suelo, la superficie de un embalse que esté inclinada puede permanecer en terreno llano siempre que el coste del material de base adicional necesario para compensar la diferencia de inclinaciones no sea demasiado elevado (13).

Figura 5

Reservoirio en pavimentos nivelados e inclinados.



Fuente: (18). Ferguson, 2005

4.2.5 Diseño estructural del pavimento poroso

Para crear un pavimento permeable, es importante establecer el espesor mínimo de la estructura. En esta situación, los criterios de diseño deben dotar al pavimento de la capacidad portante adecuada para soportar el tipo de tráfico que debe soportar sin experimentar deformaciones severas (19). Independientemente de cómo se utilice una superficie permeable, durante el diseño siempre se tienen en cuenta los siguientes procedimientos (19).

1. Definir la categoría de tráfico.
2. Verificar la calidad de la explanada para asegurar la capacidad portante del suelo. En caso de ser necesario mejorar la capacidad portante.
3. La selección de la base y el espesor de la base.
4. Determine el tipo y el grosor de la superficie permeable.

El grosor de una superficie permeable viene definido por el tipo de superficie que es y la resistencia que debe soportar durante su uso. El espesor de una superficie permeable viene determinado por el tipo de superficie que es y la resistencia que debe soportar durante su uso. La base y la subbase suelen estar formadas por una capa de grava de 13 mm de diámetro y 25-50 mm de espesor. El espesor mínimo exigido por la mayoría de los manuales y normas para garantizar que el pavimento se comporta adecuadamente desde el punto de vista de la construcción suele estar constituido por grava de un diámetro comprendido entre 20 y 75 mm.

Tabla 1

Categorías de la resistencia del suelo

	Descripción del suelo	CBR
Excelente	Contiene un alto porcentaje uniforme de materiales granulares. Las clases unificadas del suelo (USC): GW, GM, GC, GP; algunos SM, SP y SC. Grupos de Suelos AASHTO: A-1, A-2 y algunos de los A-3	15 o más
Bueno	Contiene algunos materiales granulares mezclados con limo y / o arcilla. Las clases unificadas del suelo (USC): SM, SP, SC: algunos ML, CL, CH. Grupos de Suelos AASHTO: A-2, A-3, algunos A-4, y unos pocos A-6 o A-7	10-14
Razonable	Arenas arcillosas, limos arenosos, o arcillas limosas, pueden tener cierta plasticidad. USC: ML, CL, algunos MH, CH. AASHTO: Que van desde la A-4 a A-7 (bajos índices de grupo)	6-9
Pobre	Arcillas plásticas, limos finos, arcillas limosas finas o micáceas. USC: MH, CH, OL, OH. AASHTO: desde A-4 a A-7 (los índices más altos de grupo)	5 o menos

Fuente: (20). EPA 1980

Tabla 2*Espesores de un pavimento poroso para varias condiciones de tráfico*

Categoría de tráfico	Descripción	Descripción	EA L	CBR					
				15	≥ 10	10 - 14	6 - 9		
1	ligero	Tráfico	< 5	7	12	8	17	9	22
2	ligero-medio (máx. 1000 vpd2)	Tráfico	6 - 20	2	15	3	20	9	27
3	medio (máx. 3000 vpd)	Tráfico	21 - 75	8	17	9	22	5	30

Fuente: Los espesores dados en la tabla están en milímetros. Adaptado de (20).

Tabla 3*Los espesores de las capas de un pavimento poroso son mínimos*

Capa	Espesor mínimo (cm)
Superficie: Acera	4
Superficie: Calles de baja densidad tráfico	5
Base	15
Subbase granular	15

Nota: Adaptado de (21).

Por el contrario, basándose en el índice CBR y teniendo en cuenta seis clasificaciones de tráfico, Interpave (2008) sugiere un espesor superficial fijo de 130 mm y un espesor de subbase variable para el pavimento de adoquines.

Tabla 4

Las categorías de carga MSA se utilizan para diseñar pavimentos porosos: millones de ejes estándar

CARGA CLASE 1	
<p>Aparcamiento doméstico: Los vehículos pesados no pueden aparcar en el interior (para trasladar mercancías).</p> <p>Ejes estándar cero Patios públicos. Calles privadas. Pasos de vehículos sin obstáculo. Pasos de vehículos que con vallas ornamentales.</p> <p>Aceras libres de invasión de vehículos.</p>	
CARGA CLASE 2	
<p>Automóviles: Emergencia (sólo camiones pesados).</p> <p>Ejes estándar 100 Pasillos y plazas de aparcamiento. Andenes de carga de una estación del ferrocarril. Exposición externa de automóviles. Estadio deportivo – camino peatonal. Los automóviles ocasionalmente invaden las aceras. Carreteras y cruces privadas.</p>	

CARGA CLASE 3	
<p>Peatonal: Un vehículo pesado cada semana.</p> <p>0.015 msa³ Ciudades y calles exclusivamente peatonales. Acceso para niños. Garaje para una urbanización. Jardines - espacios exteriores. Crematorios y cementerios. Aparcamientos de hoteles. Aparcamiento de aeropuertos sin paradas de autobús. Instalaciones deportivas.</p>	<p>130 mm</p> <p>125 mm</p> <p>150 mm</p> <p>150 mm</p> <p>Agregado de granulometría gruesa unido hidráulicamente</p> <p>Agregado de granulometría gruesa</p>
CARGA CLASE 4	
<p>Tiendas: Diez vehículos pesados por semana.</p> <p>0.15 MSA Vía de acceso de entrega a urbanizaciones comerciales. Rutas de acceso a colegios y escuelas. Ruta de entregas a oficinas. Entregas a residencias pequeñas. Rutas de entrega a jardines o huertos. Estacionamiento de bomberos. Aparcamiento en el aeropuerto con autobuses al terminal. Calle de acceso a instalaciones deportivas.</p>	<p>130 mm</p> <p>150 mm</p> <p>150 mm</p> <p>150 mm</p> <p>Agregado de granulometría gruesa unido hidráulicamente</p> <p>Agregado de granulometría gruesa</p>

CARGA CLASE 5	
<p>Comercial: 100 vehículos pesados por semana.</p> <p>1.5 MSA Edificios comerciales. Vía pública de tránsito ligero. Ligero desarrollo industrial. Comercial de uso mixto al por menor.</p> <p>Desarrollo industrial. Plaza de la ciudad. Veredas invadidas generalmente por vehículos. Vías de acceso al aeropuerto.</p>	
CARGA CLASE 6	
<p>Tráfico Pesado: 1000 vehículos pesados por semana.</p> <p>15 MSA Vías principales. Instalaciones de distribución. Parada de buses (buses cada 5 minutos). Autopistas. Paradas de camiones. Paradas de buses. Plazas. Calles de buses.</p>	
<p>Según las unidades utilizadas habitualmente en todo el mundo, el tráfico del proyecto se expresa en MSA (millones de ejes estándar) cada uno pesa 8.2 toneladas métricas por eje sencillo (80 kN). (Corro & Prado, 1999).</p>	

4.2.6 Concreto poroso

Es una mezcla que está conformada por agregado grueso, cemento Portland, poco o ningún árido fino, agua y aditivo. Estos materiales nos proporcionan un concreto duradero y con porosidad, espacios vacíos que van de 2mm a 8mm de modo que el agua es infiltrada con facilidad. El agua puede fluir a través de coeficientes de vacíos del 15% al 35%, y la resistencia a la compresión habitual oscila entre 2,8 MPa y 28 MPa. La permeabilidad oscila entre 81 L/min/m² y 730 L/min/m², en función de la densidad de la mezcla y el tamaño de los árido (22). Ver Figura 6.

Figura 6

Concreto poroso



Fuente: (23).

4.2.6.1 Aplicaciones del concreto poroso

Por su peculiaridad de filtrar agua y una buena gestión del agua de lluvia, el concreto poroso es usado ampliamente. Según el Instituto Americano del Concreto (ACI) (22), el concreto poroso debe ser colocado en terrenos con alta permeabilidad y una gran conductividad hidráulica; en este tipo de pavimentos la pendiente no deberá superar el 5%, ya que este tipo de pavimento no llevan acero de refuerzo, debido al alto riesgo de corrosión que pueda causar la estructura porosa (ver Figura 7).

Figura 7

Aplicaciones del concreto poroso



Fuente: (24)

4.2.7 Propiedades del concreto poroso

Las características del concreto poroso se basan principalmente en el contenido de vacíos, material cementante, nivel de compactado, relación a/c, calidad del agregado y tamaños máximos. Se recomienda utilizar los procedimientos de ensayo del subcomité para determinar las propiedades del concreto poroso. Dado que este tipo de concreto difiere del concreto convencional, se debe tener especial cuidado al aplicarlo.

4.2.7.1 Propiedades del concreto poroso en estado fresco

4.2.7.1.1 Trabajabilidad

Según el comité ACI-116R, una de las cualidades del concreto en estado fresco es ser manipulado con facilidad; homogéneo al ser combinado, transportado, colocado y, finalmente, permite un buen acabado.

4.2.7.1.2 Revenimiento (*Slump*)

Revenimiento o asentamiento, permite medir la consistencia de una mezcla en estado fresco. Analiza las desproporciones que presenta el concreto; se considera como

un medio para establecer si las cantidades de materiales empleadas están bien proporcionadas. Mientras tanto, las mezclas de concreto poroso se caracterizan por tener un asentamiento nulo, cero slump y tener una consistencia seca que al ser medidas alcanzan valores de 0 a 2 mm (25).

4.2.7.1.3 Contenido de vacíos

Se debe a la cantidad de árido grueso que tiene la pasta cementante y la energía con la que se compacta esta mezcla, el contenido de vacíos según la ACI- 552R se encuentra en un rango del 15% al 30%.

4.2.7.1.4 Relación agua - cemento (a/c)

En el concreto poroso no se puede establecer la resistencia a la compresión en función de la relación a/c, como se realiza al concreto convencional. Según el Instituto Americana del Concreto (26), la relación a/c en el concreto poroso oscila entre de 0.26 a 0.45.

4.2.7.1.5 Pasta de cemento

Es una mezcla de agua y cemento. Aquí radica la importancia de dosificar la mezcla y así obtener la proporción de huecos necesarios y una resistencia del concreto poroso adecuada. Si la pasta de cemento es mayor en cuanto a cantidad, el porcentaje de vacíos será menor. Sucede lo contrario si la pasta cementante es menor los agregados no quedan bien cubiertos; por ende, la resistencia tiende a descender.

El Instituto Americana del Concreto recomienda utilizar valores para el porcentaje de pasta de cemento que oscilan entre el 10% y 30 %.

4.2.7.2 Propiedades del concreto poroso endurecido

4.2.7.2.1 Resistencia a la compresión.

Es elaborado para satisfacer una gran variedad de requisitos mecánicos, como es la durabilidad. Según la norma ASTM C39, se especifica como la medida máxima de fuerza ofrecida por una briqueta de hormigón cuando se somete a un esfuerzo axial.

4.2.7.2.2 Porosidad.

La porosidad se centra en el contenido de vacíos que posee la estructura. Asimismo, posee un impacto significativo en el esfuerzo axial, considerando que la resistencia y la porosidad están inversamente relacionadas. Lo contrario a concretos convencionales donde la porosidad no es imprescindible, la base del concreto poroso consiste en contenido de vacíos, de esto depende su funcionalidad y rendimiento (27).

4.2.8 La permeabilización del concreto poroso

La permeabilidad regula la velocidad de penetración de un fluido en un sólido poroso. Se considera permeable a un material cuando contiene espacios vacíos que generan la circulación del agua ya sea al suelo, al agregado o al concreto. El Concreto Poroso tiene el propósito de infiltrar agua a través de él; por esta propiedad se lo conoce con el nombre de “Concreto Poroso”. De esta forma se pretende eliminar la escorrentía y problemas relaciones a este, que afectan al pavimento, asimismo se pretende reducir las olas de calor y recargar el manto acuífero (ver Figura 8).

Figura 8

Permeabilización de concreto poroso



Fuente: (23)

Según la norma del Instituto Americano del Concreto, la capacidad de infiltración está en rango de $80\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ y $730\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ depende del porcentaje de vacíos que contenga (26).

4.2.9 Elementos del concreto poroso

Los materiales utilizados para crear hormigón poroso son los mismos que los utilizados para construir hormigón convencional, excepto por la cantidad de árido fino que se utiliza.

4.2.9.1 Materiales cementantes

4.2.9.1.1 Cemento portland.

Según lo establecido en el Instituto Americano del Concreto (26) el cemento Portland debe cumplir con ciertos requerimientos suscritos en la norma de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM C150-07), este material es el más usado en la construcción ya que posee óptimas propiedades en estado endurecido al elaborar hormigón poroso, hay que tener en cuenta lo siguiente, si la dosis de cemento es mayor se obtiene un concreto con buena resistencia, pero se pierde la capacidad de infiltración ya que el porcentaje de vacíos es reducido.

4.2.9.2 Los agregados

Como indica la norma ASTM C33 sobre las especificaciones de estándares del agregado para el concreto, se pueden triturar áridos gruesos de peso ligero o regular con tamaños nominales de 3/4" a 3/8" para crear hormigón poroso. Los áridos son materiales granulares sólidos que se utilizan en la construcción con frecuencia.

4.2.9.2.1 Propiedades físicas del agregado.

A través de los ensayos se conocen las características físicas del agregado para el diseño de un concreto poroso aceptable, los agregados son puestos a prueba, mediante ensayos los resultados pronostican el comportamiento de estos durante la colocación y el acabado del concreto (ver Tabla 5).

Tabla 5

Ensayos al agregado grueso

Tipos de ensayos	ASTM	NTP
Granulométrica del agregado grueso.	C-136	400.012
Peso unitario.	C-29	400.017
Prueba desgaste del agregado.	C-131	400.019
Absorción y gravedad específica.	C-127	400.021

4.2.9.3 Agua

El agua debe tener parámetros de calidad similares al concreto convencional, cumpliendo con los requisitos la ASTM C109M. Las impurezas no deben estar presentes en el agua; debe ser limpia, sin sustancias que le den sabores u olores raros que puedan afectar la calidad de la mezcla.

4.2.9.4 Aditivos

Son utilizados en la elaboración de concretos porosos para mejorar sus propiedades como aditivos reductores de agua, plastificantes, acelerantes o retardo del tiempo de fraguado. Son usados dependiendo de la relación a/c. También se utilizan aditivos para el control de la hidratación y estabilizar el concreto poroso (26).

4.2.10 Criterios de diseño

4.2.10.1 Diseño de mezclas de concreto poroso

Está orientada para garantizar la permeabilización de las aguas pluviales, este diseño está basado en el porcentaje de vacíos con el cual se determinará la velocidad de infiltración; asimismo, es importante el volumen de la pasta con el cual se asegura la adherencia del agregado. Este tipo de mezclas difieren del concreto convencional puesto que este tipo de concreto se basa en la relación agua cemento a/c y la resistencia. El concreto poroso no es aceptado por la resistencia lo primordial es el porcentaje de espacios vacíos (28). En la tabla 6 se puede apreciar las proporciones de los materiales

Tabla 6

Rangos típicos de la proporción de materiales en el concreto poroso

Parámetro	Rango
Materiales cementantes, kg/m ³ .	270 a 415
Agregado, kg/m ³ .	1190 a 1480
Relación agua - cemento, en peso.	0.26 a 0.45
Relación agregado fino - agregado grueso, en peso.	0 a 1:1

Fuente: (29)

4.2.10.1.1 Relación agua cemento a/c.

Elegir una relación a/c afecta significativamente las propiedades del diseño. Si se opta por usar una cantidad inadecuada de agua, se debe considerar que una cantidad excesiva de agua lavaría los agregados, dando lugar a una mezcla con escasa resistencia a la compresión y falta de consistencia, mientras que la pasta selle los vacíos que busca obtener (30). En el concreto poroso se busca la cantidad adecuada con el que se elabora una pasta cementante totalmente humedad y una perfecta viscosidad. Esta mezcla tendrá un aspecto brillante metálico. Para proporcionar un diseño de mezcla es importante el tamaño y tipo de los agregados, pues la relación a/c tiene un estrecho

rango de valores aceptables; la pasta cementante de una mezcla ideal conectará eficazmente los áridos sin sellar la red de huecos deseada.

Para elegir una relaciona a/c adecuada se debe basar, principalmente, en las propiedades físicas y el tamaño del árido grueso y el volumen de los elementos cementantes en la mezcla. Para el concreto poroso la relación a/c generalmente está en un rango de 0.26 a 0.45; para obtener una buena trabajabilidad en el concreto poroso el agua que se utilice debe ser suficiente que al observar tenga un aspecto metálico.

Es viable si, al aplastarla y soltarla al mismo tiempo, un puñado de la mezcla no se desmenuza y la pasta no se escurre del árido. La inspección correcta debe asegurar que la pasta debe ser suficiente para recubrir el agregado con una película brillante metálica como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Concreto poroso con diferentes cantidades de agua



Fuente: (29)

4.2.11 Procedimiento de diseño.

4.2.11.1 Intensidad de la lluvia

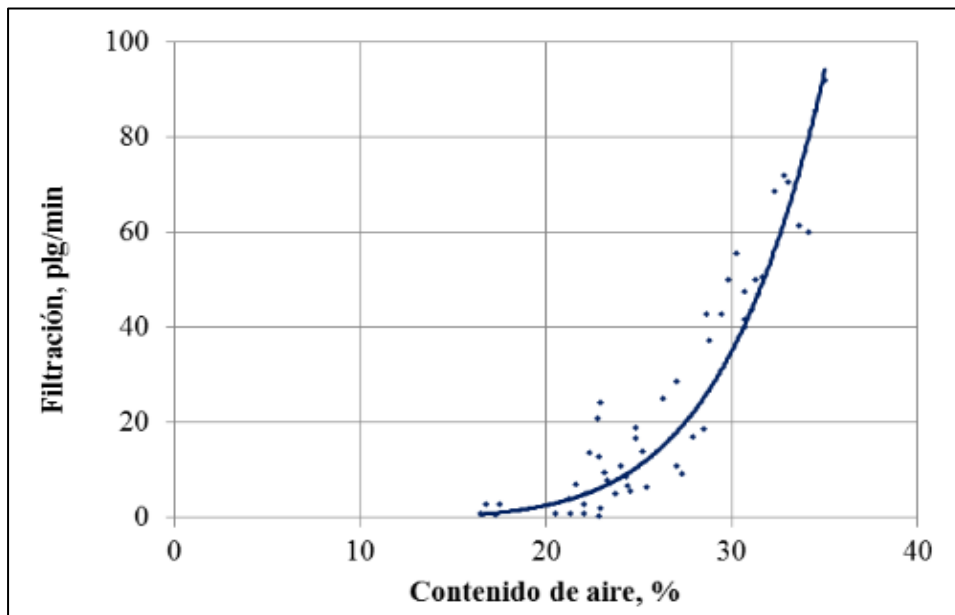
Para realizar el diseño del pavimento, primero se obtuvieron datos de las intensidades máximas de lluvia lo cual facilita el porcentaje de vacío que se elige.

4.2.11.2 Elección del porcentaje de vacíos

Al elegir el porcentaje de huecos se tiene en cuenta la velocidad de infiltración del agua de lluvia requerida. El estudio se realizó en la provincia de (Andahuaylas), y se basará en la severidad de un evento de diseño (duración del evento y período de retorno), recogido de los registros históricos de precipitación. La Figura 10 muestra la relación.

Figura 10

Relación entre filtración y contenido de aire



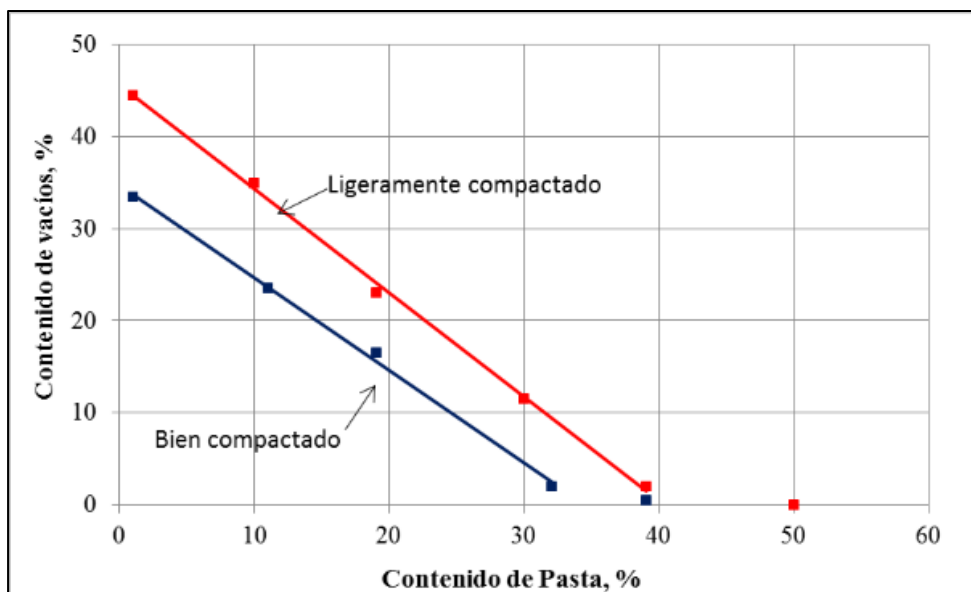
Fuente: (26).

4.2.11.3 Determinación del volumen de pasta

Según la (ACI-211 y ACI 522R), el volumen de pasta se selecciona en función del contenido en huecos y del nivel de compactación (ver Figura 11).

Figura 11

Porcentaje de pasta entre contenido de vacíos



Fuente: (26).

El gráfico muestra dos líneas paralelas que indican el nivel de compactación y la cantidad de energía de compactación utilizada durante el vaciado de la briqueta: el volumen de la pasta aumenta con una compactación ligera, pero disminuye con una compactación bien compactada. Debe utilizarse la siguiente ecuación para determinar el volumen de pasta necesario en metros cúbicos para el material:

$$V_P = V_C + V_a \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- V_p : Volumen de pasta.
- V_c : Volumen de cemento.
- V_a : Volumen de agua.

La ecuación puede ser expresada como:

$$V_P = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- c : Peso del cemento por m^3 de mezcla.
- A : Peso del agua por m^3 de mezcla.
- $P.E.c$: Peso específico del cemento.
- $P.E.a$: Peso específico del agua

Considerando que el peso específico del cemento y agua son 3.15 y 1.00 respectivamente, se tiene:

$$V_P = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{a}{1 * 1000} \quad \text{Ecuación 3}$$

Con la relación a/c , obtenemos

$$V_P = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1 * 1000} \quad \text{Ecuación 4}$$

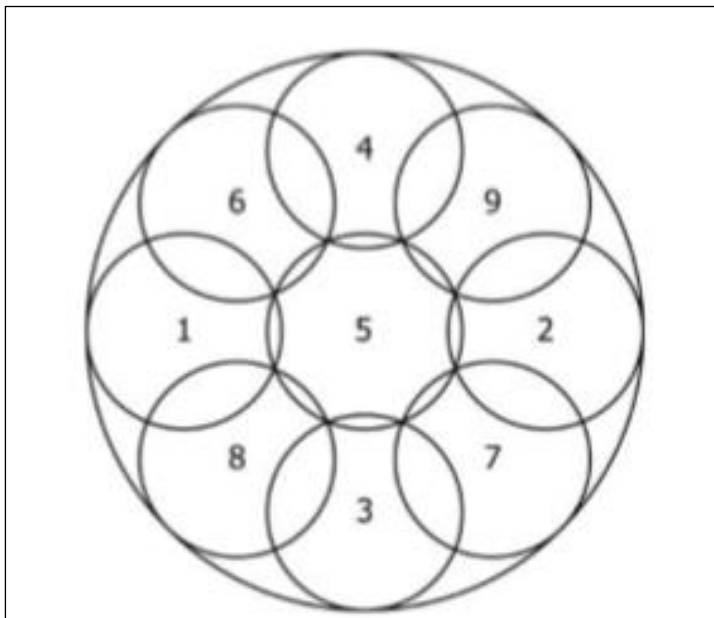
4.2.11.4 Compactación

La compactación del concreto poroso es un procedimiento único que se debe llevar a cabo para lograr la densidad y resistencia deseadas. Para la elaboración de briquetas se trabajó con un mazo de Proctor modificado con un peso de 44.48N a una altura de 457.2 mm (29). Ver Figura 12. La siguiente ecuación se utiliza para calcular la energía aplicada:

$$F_c = -3.37 * \left(\frac{a}{c}\right)^2 + 3.49 * \left(\frac{a}{c}\right) \quad \text{Ecuación 5}$$

Figura 12

Proceso de compactación para briquetas



Fuente: (30).

4.2.11.5 Elección de la relación agua cemento

El Comité ACI 522-2010 recomienda una relación a/c de 0.26 a 0.45 para asegurar que los agregados estén cubiertos por la pasta, uniéndolos sin interferir en la formación de vacíos. El exceso de agua puede causar un colapso en la red de vacíos, esto permite que el agua fluya. La ausencia de agua hace que los agregados se ligen mal. Se tomaron valores de 0.35 y 0.40 para la investigación.

4.2.11.6 Método de volúmenes absolutos y corrección

El contenido de huecos, el volumen de pasta y la proporción de a/c se determinaron con el cálculo de las cantidades de los materiales en m³. Se realizó la corrección por humedad, así como se hace para un concreto convencional.

4.2.11.7 Corrección por humedad y absorción

El estado real del árido, después de estar expuesto a la intemperie ya sea que ha ganado o perdido agua, se denomina "contenido de humedad". La absorción es la capacidad del agregado para absorber agua. Por lo tanto, si se reduce el contenido de humedad (la condición presente en el vaciado) del porcentaje de absorción, se conoce la cantidad de agua que el agregado absorberá durante el vaciado y, por lo tanto, la cantidad de agua.

$\%CH > \% Abs$: Se retira Agua en el diseño SSS.

$\%CH < \% Abs$: Se adiciona Agua en el diseño SSS.

4.2.11.8 Agua

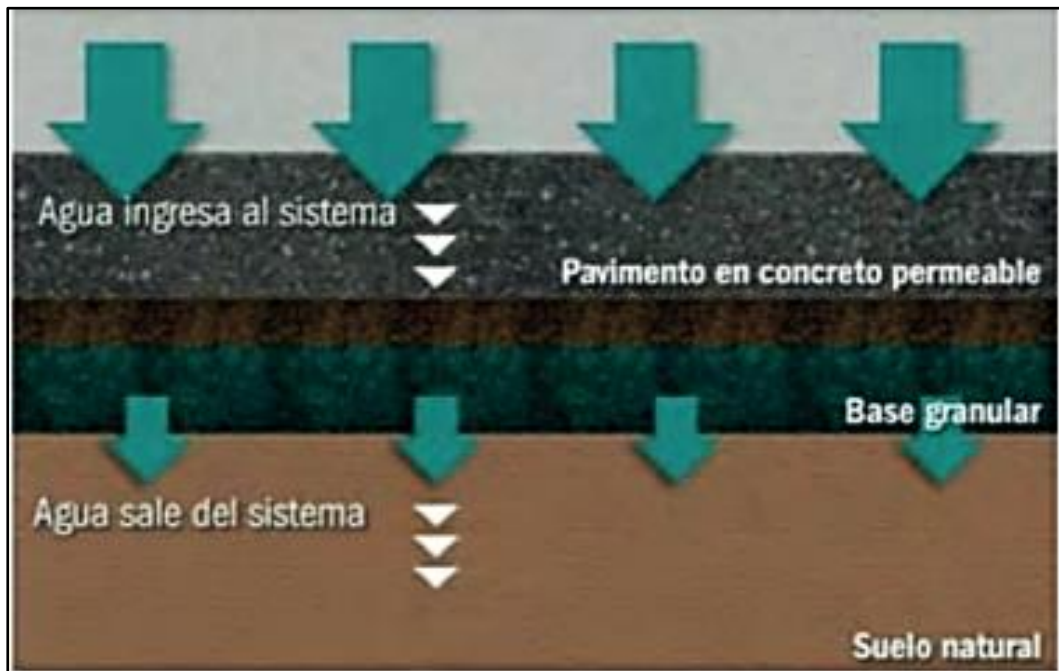
La relación a/c es respectivamente baja (0.26 a 0.45) para un concreto poroso ya que una cantidad enorme de agua produciría el atascamiento del sistema de poros como indica (ACI 522R); en caso de añadir agua, tiene que ser supervisada.

4.2.12 Conceptualización del sistema

El concepto del pavimento consiste en eliminar encharcamiento de aguas pluviales sobre los pavimentos. Se muestra un sistema alternativo de pavimento de concreto poroso calificado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) que se encuentra dentro de las buenas prácticas de gestión de lluvia; este sistema infiltra rápidamente las aguas pluviales y es beneficioso en el aspecto ecológico, restaurando los mantos acuíferos y permitiendo al agua proseguir su curso natural al subsuelo. Para la zona de estudio se conceptualizó un prototipo que recolecta el agua de lluvia y la escorrentía generada. Para este caso la técnica que se emplea representa a un pavimento poroso y presenta un orden sucesivo de capas verticales con propiedades determinadas. Se presenta el esquema de prototipo en la Figura 13.

Figura 13

Permeabilización de concreto poroso



Fuente: (31) Toxement 2020.

4.2.13 Análisis hidrológico en pavimentos porosos

Desde un punto de vista hidrológico e hidráulico, los pavimentos porosos se desempeñan a partir de una base de datos cuantitativos ocurridos por fenómenos meteorológicos aplicados en el balance hídrico; estos datos se recolectan a través de dispositivos de monitoreo. Estos fenómenos son: precipitaciones, infiltración, evaporación y escorrentía superficial. Las variables de ingreso, salida y almacenamiento a su vez se dividen en diferentes categorías. Para el dimensionamiento de la infraestructura se debe comenzar con el pavimento poroso en el lugar de aplicación de acuerdo con las regulaciones pluviométricas. Generalmente, los procedimientos de diseños hidrológicos toman criterios extremos asociados con el período de retorno para determinar parámetros de diseño fundamentalmente caudales pico de venida (32). Para el diseño hidrológico del pavimento poroso se tiene en cuenta cuatro aspectos importantes:

- Evaluar las características de infiltración de la capa de asfalto.
- Determinar la magnitud de almacenamiento necesaria (producida por la conexión de vacíos en la subbase) para lograr las tasas de rendimiento apropiadas.

- Calcular la capacidad de drenaje longitudinal adicional.
- Analizar la reacción del pavimento a las precipitaciones extremas.

Figura 14

Filtración de agua



Fuente: (33)

La capacidad de infiltración de la capa no es un elemento limitador del diseño de pavimentos porosos porque alcanzan niveles superiores a las intensidades de lluvias esperadas. Sin embargo, la tasa de filtración disminuiría con el tiempo debido a la acumulación de sedimentos. Por consiguiente, se aconseja tener en cuenta un factor de seguridad de 10 en lugar de 5 (32).

Las características de las precipitaciones, la capacidad de infiltración al subsuelo, la capacidad de la zona drenada al pavimento y el drenaje complementario están relacionadas con el grosor de cada capa del pavimento y sus correspondientes porcentajes de vacíos para determinar la capacidad de almacenamiento del pavimento en particular.

4.2.14 Estudios hidrológicos

La hidrología es la ciencia que estudia las características y la distribución temporal del agua en el aire. Este estudio incluye la precipitación de los ríos, la escorrentía, la evaporación y la humedad del suelo. El estudio hidrológico es crucial para el pavimento poroso para dimensionarlo correctamente y diseñar la mezcla adecuada del concreto poroso. Esto es especialmente cierto para determinar la

capacidad de almacenamiento en los pavimentos porosos y el diseño adecuado del contenido de vacíos (32).

4.2.14.1 Periodo de Retorno

El Periodo de Retorno "T" es el tiempo promedio en los años de crecimiento en los que se determina el valor igual o superior a cada "T" años. Debido a que los eventos anuales son independientes, se puede estimar la probabilidad de una falla en su vida útil de "n" años. Para diseñar sistemas urbanos de drenaje pluvial, el Reglamento Nacional de Edificaciones recomienda tener en cuenta un periodo de retorno de 2 a 10 años.

- T = 5 años, para redes de drenaje existentes bien desarrollado aguas abajo.
- T = 10 años, para redes de drenaje que no existan o estén bien desarrolladas.

Habitualmente se adopta el tiempo de retorno de 10 años para propósitos de estructurales de infiltración total. En esta investigación se trabajará, con un plazo de retorno de diez años.

4.2.15 Aguas pluviales

“Son aguas que caen superficialmente por el suelo como resultado de las lluvias. Según la teoría de Horton, ocurre cuando la cantidad de precipitaciones supera la capacidad de infiltración del suelo” (34).

4.2.16 Precipitación pluvial

Toda agua meteórica que cae sobre la superficie de la tierra ya sea líquida (llovizna, lluvia, etc.), sólida (nieve, granizo, etc.) u oculta (rocío, helada blanca, etc.), se denomina precipitación; son originados por cambios de temperatura o presión. La única entrada principal al sistema hidrológico continental es la precipitación. La precipitación es una parte crucial del ciclo hidrológico, que es responsable de la acumulación y almacenamiento del fluido dulce en el planeta. Por lo tanto, toda la vida en el planeta, tanta flora como fauna, necesita agua para vivir. La precipitación comienza en los estratos hasta llegar a un límite de congestiónamiento, donde las gotas de agua aumentan de volumen y caen en forma de gotas debido a la fuerza de gravedad (13).

4.2.17 Las inundaciones ocurren en áreas urbanas

Los sistemas de drenaje pluvial no pueden seguir el ritmo del rápido crecimiento de las urbanizaciones. Las inundaciones en las principales calles y los suelos urbanos son poco permeables debido a los techados, las vías impermeables y el envejecimiento

de las redes pluviales debido al aumento de la urbanización. De este modo, el agua avanza velozmente por cunetas y calzadas, encontrándose en los sistemas de alcantarillado subterráneos en escasos minutos. El aumento de escorrentía genera incremento en la magnitud y frecuencia de las inundaciones. Por tal razón, cuando se presentan precipitaciones más frecuentes y de menor magnitud, pueden causar problemas de inundaciones (20). La falta de habilidad e ingenio en el diseño de sistemas de drenaje está directamente relacionada con los sucesos de inundaciones urbanas: cuando se presentan precipitaciones elevadas, se convierten en problemas generalizados con consecuencias sociales y económicas (ver Figura 15).

Figura 15

Calles inundadas en el distrito



4.2.18 Infiltración del agua

El tiempo que tarda el suelo en absorber una determinada cantidad de agua se mide por el índice de infiltración. Se conoce como infiltración por la rapidez con la que el agua se absorbe por el suelo y es medida en milimétricas por hora (35) En pavimentos porosos, la tasa de infiltración se determina comparando la varianza de la cantidad de agua almacenada en el hormigón poroso y la diferencia de precipitaciones.

4.3 Definición de términos básicos

- **Pavimento poroso:** en áreas donde el alcantarillado de aguas pluviales no es suficiente, los pavimentos que absorben agua debido a su estructura porosa son

muy beneficiosos. Estos pueden ser continuos o en bloque y permiten que el agua se infiltre por el suelo y sea captada en las capas interiores para alimentar los mantos acuíferos (35).

- **Diseño de mezclas:** “consiste en proporcionar una mezcla de concreto siguiendo pasos independientes entre sí la elección de agregados, cemento, agua y aditivos si lo requiere; se tomará el mismo concepto para elaborar el concreto poroso” (36).
- **Permeabilidad:** la permeabilidad del concreto poroso se relaciona con la cantidad de vacíos en la estructura.
- **Porosidad:** “la porosidad afecta significativamente a la resistencia a la compresión, ya que está inversamente relacionada con la resistencia del material. Para un rendimiento estructural y funcional óptimo, los hormigones porosos requieren una cantidad mínima de porosidad” (32).
- **Resistencia a compresión:** es la medida más alta que proporciona una briqueta de concreto sometida a un esfuerzo axial. Mientras el concreto poroso está relacionado con la compactación durante el colocado. Según la ACI 522R-10 la resistencia que alcanza el concreto permeable es de 2.8 a 28MPa.
- **Concreto poroso:** “concreto con poros Esta mezcla de cemento, agregado grueso y agua hace que los pavimentos sean completamente permeables. Debido a la baja composición de áridos finos el concreto tiene una estructura porosa que permite que el agua se mueva a través de él” (26).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

5.1 Método y alcance de la investigación

5.1.1 Método de investigación

La investigación utilizará el método inductivo porque “este método utilizará el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general” (37 p. 59).

5.1.2 Alcance de investigación

El proyecto de investigación será de tipo descriptivo porque “pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (38 p. 95).

5.2 Diseño de la investigación

La presente investigación es del tipo experimental, transversal, correlacional - causal:

- **El diseño experimental** porque “en una situación de control, los experimentos manipulan estímulos, influencias o intervenciones (conocidas como variables independientes) para ver cómo afectan a otras variables (conocidas como variables dependientes)” (38 p. 130).
- **El diseño transeccional o transversal** debido a que “cuando se mide o se obtiene información sobre un fenómeno en una sola ocasión y en una fecha determinada, se llama estudio transversal o transeccional” (38 p. 53).
- **El diseño de investigación transversal correlativo - causal** porque “[...] el objetivo es explicar cómo se relacionan dos o más variables en un momento dado. Además, se trata de descripciones, pero no de las variables individuales, sino de las formas en que se relacionan entre sí, sean estas relaciones casuales o puramente correlacionales” (38 p. 248).

5.3 Variables, dimensiones e indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Rango de valores esperados
X=VI VARIABLE INDEPENDIENTE PAVIMENTO POROSO	Los pavimentos porosos son un tipo de pavimento único que permite la infiltración del agua mediante conexiones de vacíos. Gracias a ello, el agua puede retenerse temporalmente en la subbase para su uso o infiltración en el suelo en el futuro (29).	El diseño de mezcla se operará de acuerdo con el tamaño de agregado grueso y diferente relación a/c	Diseño de mezcla	Densidad y absorción	gr	intervalo	> 0
				Abrasión de los ángeles	%	intervalo	0-100
				Asentamiento	cm	intervalo	0-2
				Relación agua cemento	adimensional	razón	0.35-0.45
		Porcentajes de vacíos	%	intervalos	15-45		
		Resistencia a la compresión	MPa	intervalo	2.8 a 28		
		Porosidad	%	intervalo	15-45		
		Permeabilidad	l/min/m ²	intervalo	81-730		
Y=VD VARIABLE DEPENDIENTE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POR AGUAS PLUVIALES	La cantidad de líquidos que pasan a través de los poros del hormigón durante un periodo de tiempo determinado se denomina permeabilidad del material. (35).	La permeabilidad de aguas pluviales se operacionaliza a través de la dimensión características físicas.	Características físicas	Periodo de retorno	Años	intervalo	5-100
				Precipitaciones máximas	mm/h	intervalo	>0
				Intensidades	mm/s	intervalo	15-240

5.4 Población y muestra

5.4.1 Población

La población de la investigación la conforma la calzada de la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac del distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, región Apurímac.

5.4.2 muestra

La muestra de investigación la conforman 42 probetas cilíndricas y 2 calicatas.

5.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos

5.5.1 Técnicas de selección de datos

Según lo planteado por Sánchez y Reyes (40) “Las técnicas son los medios por los cuales se procede a recoger información requerida de una realidad o fenómeno en función a los objetivos de la investigación. Las técnicas varían y se seleccionan considerando el método de investigación que se emplee”.

5.5.1.1 La observación científica

La observación es el “proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada” (37 p. 257). Dentro de la observación científica se tienen las siguientes técnicas:

- La observación directa.
- La observación indirecta.
- La observación de campo.
- La observación de laboratorio.
- La observación individual.
- La observación grupal.

a. Observación indirecta

La información indirecta es la “recopilación de información existente en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación a realizar), recurriendo a las fuentes originales, en lo posible: libros escritos por autores expertos y páginas web de internet” (41 p. 16).

b. observación directa

La información indirecta es cuando “el investigador se pone en contacto, personalmente, con el hecho o fenómeno que trata de investigar” (41 p. 16).

c. Observación de campo y laboratorio

La observación de campo “se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados”. Por otro lado, la observación de laboratorio es la que “se realiza en lugares preestablecidos [...]” (41 p. 16). Ver anexo.

d. Observación individual y de equipo

La observación individual “es la que hace un solo individuo [...]”. Por el contrario, la observación indirecta se “realiza por varias personas que integran un equipo o grupo de trabajo que realiza una misma investigación” (41 p. 17).

- **Preparación de muestras:** se tendrá en cuenta para la preparación de las muestras la metodología de diseño de mezclas del pavimento poroso donde se obtendrá el contenido óptimo agua cemento, para este caso de la investigación se utilizará el tipo de a/c 0.35 y 0.45 que es el recomendado por la normativa.
- **Análisis documental de la información:** se buscará información en la red de investigaciones similares que se hicieron, y poder utilizar la metodología que se utilizaron.
- **Información meteorología SENAMHI:** la información sobre precipitaciones fue facilitada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), para la provincia de Andahuaylas.

5.5.1.2 La revisión documental

Para conocer más sobre el pavimento poroso y analizar los temas generales de la investigación a tratar, recorro a fuentes originales como libros, artículos científicos, tesis, recortes, páginas web y notas de prensa.

5.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Un “recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” como instrumento de medición (38 p. 199).

Fichas de registro de laboratorio

Se obtuvieron a través de las Normas Técnicas Peruanas (NTP): NTP 339.129 (límites de consistencia del suelo), NTP 339.128 (granulometría), NTP 339.150 (identificación de suelos), ACI- 522R-06 (Guía de pavimentos porosos). De este modo, el laboratorio en el que se realizaron los análisis de acuerdo con las normas necesarias entregó los datos. Ver Anexo A del presente trabajo.

Instrumentos de recolección de campo

Las herramientas empleadas en la recogida de información en el campo fueron:

- Herramientas manuales (pico, pala y sacos).
- Equipos topográficos (estación total, cinta métrica, GPS).

Instrumentos de laboratorio (observación asistida técnicamente)

Los instrumentos utilizados para recopilar información en el laboratorio fueron:

- Juego de tamices para clasificación de suelos.
- Balanza.
- Equipo de permeabilidad.
- Equipo de rotura de briquetas.
- Equipo para medir la porosidad.

Tabla 7

Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación

Técnica	Instrumentos
Acumulación de datos primario	Normas ACI 522R-06 – 211-06.
	Normas Técnicas Peruanas NTP.
Observación directa sistemática	Tesis: Evaluación de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito San Jerónimo, Andahuaylas 2021.
Procesamiento de la información	Estudio de suelo.
	Ensayo de permeabilidad.
	Ensayo de porosidad.
	Ensayo de resistencia a la compresión.
	Resultados de la investigación.

Las principales técnicas usadas en este estudio son análisis del documento y ensayo de testigos cilíndricos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

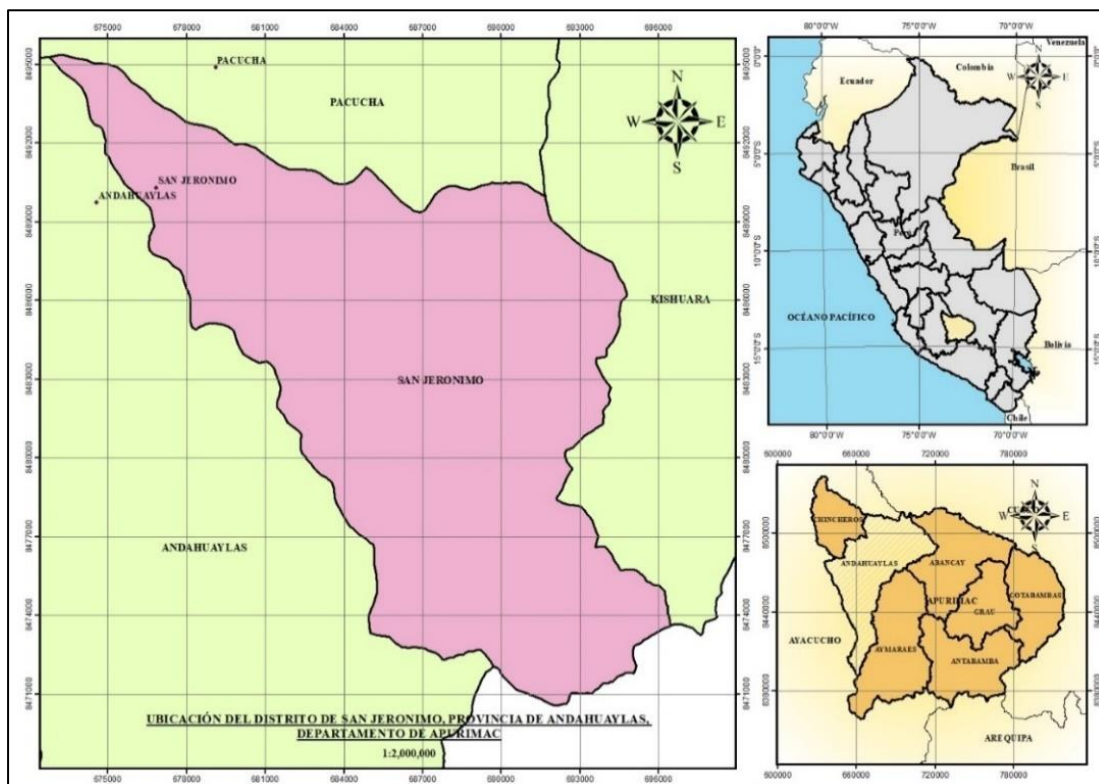
6.1 Ubicación

El área en estudio se encuentra ubicada en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac del distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, región Apurímac (ver Figura 13). El distrito se encuentra limitado por:

- Norte : Distrito de Pachucha.
- Sur : Provincia de Aymaraes.
- Este : Distrito de Kishuará.
- Oeste : Provincia de Andahuaylas.

Figura 16

Ubicación del proyecto



6.2 Programa de investigación

6.2.1 Estudios topográficos

Los valores de los diversos parámetros involucrados en el diseño de una vía dependen de la topografía del terreno. Los estudios se realizaron con el objetivo de conocer el relieve y las pendientes del terreno, determinándose que el área de estudio posee poca pendiente clasificándola como una topografía plana.

6.2.2 Estudios hidrológicos

6.2.2.1 Periodo de Retorno

Es el tiempo promedio, en años, el valor del caudal pico de crecida es igual o superior a cada "T" años, conocido como Periodo de Retorno "T". La vida útil de "n" año se puede estimar porque el evento anual es independiente.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) aconseja tener en cuenta un periodo de retorno de dos a diez años a la hora de diseñar los sistemas urbanos de drenaje de aguas pluviales. Los dos diseños de lluvia se utilizan para seleccionar los períodos de retorno:

- T = 5 años, para redes de drenaje existentes bien desarrollado aguas abajo.
- T = 10 años, para redes de drenaje que no existan o estén bien desarrolladas.

En esta investigación se trabajará con un periodo de retorno de diez años.

6.2.2.2 Precipitación máxima en 24 horas

Para generar hormigón poroso no se utiliza el valor máximo de precipitación del día (en 24 horas), sino un evento de gran magnitud que se repite durante un periodo de tiempo determinado, conocido como Periodo de Retorno. Esto garantiza que la estructura no supere su capacidad durante su vida útil. La duración y la intensidad de la lluvia que se agregan al periodo de retorno mejoran la elección de la precipitación de diseño y el volumen de almacenamiento.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) proporcionó información hidrológica. La estación meteorológica Andahuaylas, ubicada en el distrito de San Jerónimo de la provincia de Andahuaylas, es de tipo convencional y se seleccionó como representativa para el diseño del concreto poroso que se utilizará en los pavimentos del distrito de San Jerónimo (ver Tabla 8).

Tabla 8*Precipitación máxima anual en 24 horas*

ño	ne	eb	ar	br	ay	un	ul	go.	ept	ct	ov	ic
005	0.70	0.50	0.70	1.50	.90	.00	.60	.40	.10	0.50	5.30	4.10
006	4.10	1.50	3.30	.40	.70	.40	.00	.50	.70	7.30	6.60	1.60
007	2.50	7.80	1.80	.50	.60	.00	.90	.30	.90	5.10	6.20	9.20
008	6.10	5.70	3.50	1.20	.80	.60	.00	.40	4.80	3.10	.00	2.60
009	2.20	9.00	6.80	6.00	.40	.00	.70	.50	.20	.80	.60	7.20
010	6.30	7.20	.40	2.20	4.50	.40	.20	.00	2.20	.60	.20	8.00
011	8.10	1.40	8.10	3.60	.00	.50	.70	.20	.40	.30	4.80	3.50
012	5.90	1.80	6.00	4.50	1.70	.80		.40	4.60	6.70	3.60	9.30
013	0.20	5.90	8.90	.60	.90	1.30	0.30	5.90	2.10	.00	.80	3.00
014	1.30	8.10	2.20	5.60	6.60	.00	.40	.70	8.80	1.80	.00	0.40
AX	0.20	1.80	3.30	6.00	6.60	1.30	.90	5.90	8.80	6.70	5.30	3.00

Fuente:

Asimismo, se procedió con los cálculos que corresponden a precipitaciones máximas en 24 horas con distintos periodos de retorno, usando la función, distribución Gumbel (ver Tabla 9).

Tabla 9*Precipitación máxima en 24 horas*

# Años	Años (T)	Precipitaciones máximas (mm)
1	2005	35.3
2	2006	43.3
3	2007	29.2
4	2008	23.5
5	2009	22.2
6	2010	36.3
7	2011	28.1
8	2012	29.3
9	2013	40.2
10	2014	31.3

Los valores anuales de precipitaciones máximas en 24 horas fueron ajustados a la distribución de Gumbel, los cuales son usados, generalmente, en estudios hidrológicos.

6.2.2.3 Distribución Gumbel

La distribución Gumbel tiene como función la distribución de probabilidades.

- μ : parámetro de localización.
- α : parámetro de concentración.

En la Tabla 6 se presenta el resultado de la máxima precipitación en 24 horas para un retorno de 10 años para la provincia de Andahuaylas. obteniéndose un valor de 39.12 mm.

Tabla 10*Precipitación máxima en 24 horas*

T (años)	Precipitación (mm)
2	19.22
5	31.19
10	39.12
25	49.13
50	56.55
100	63.93
500	80.97

Nota: periodo de retorno 10 años.

En Tabla 11 se presenta los parámetros de la distribución Gumbel desarrollada.

Tabla 11*Distribución de Gumbel momentos ordinarios*

Descripción	Valor
Media	18.98
Desviación estándar	11.99
u (parámetro de localización)	13.59
α (parámetro de concentración)	9.35

En Tabla 7 Se muestra el valor máximo de precipitación para un período de retorno de diez años, para la provincia de Andahuaylas.

Tabla 12*Resultado final de la distribución de Gumbel*

T (años)	Precipitación (mm)	Probabilidad de Ocurrencia
2	19.22	0.5000
5	31.19	0.8000
10	39.12	0.9000
25	49.13	0.9600
50	56.55	0.9800
100	63.93	0.9900
500	80.97	0.9980

Se consideró las proyecciones de la distribución Gumbel, en proyección a la base de datos obtenidos; por lo tanto, el valor de las precipitaciones máximas en 24 horas requerido es de 39.12 mm para un periodo de retorno de 10 años.

6.2.2.4 Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

El cumulo de lluvias con características adecuadas se denomina tormenta. Las tormentas pueden durar desde minutos hasta varias horas e incluso días y afectar desde áreas pequeñas hasta extensas áreas. De estas tormentas nos importa saber las curvas IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia), lo que facilita en la obtención de datos e intensidades para cualquier periodo de tiempo requerido.

6.2.2.4.1 Intensidad.

Los mililitros por hora (mm/h) son su medida que cambia durante las tormentas. Debido a que no tienen registros de lluvia que permitan calcular las intensidades máximas, se utilizan los valores obtenidos de las precipitaciones máximas en un lapso de 24 horas, siguiendo el modelo de trabajo de Dick y Peschk, la siguiente ecuación.:

$$P_t = P_{24h} * \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- P_t : Precipitación total en mililitros.

- P_{24h} : Precipitación máxima en 24 horas en mililitros.
- D : Duración (h).

La intensidad se obtiene mediante la siguiente ecuación propuesta:

$$I = \frac{P_t}{d} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

- I : Intensidad (mm/h).
- P_t : Precipitación total (mm).
- d : Duración (h).

6.2.2.4.2 Duración

La duración de una tormenta, medida en minutos u horas, es el tiempo que dura de principio a fin en el que se eligen varios periodos de tiempo. Los tiempos elegidos para esta investigación fueron 15, 30, 60, 120 y 240 minutos. Se consideró una duración de 60 minutos para determinar la intensidad del diseño para una tormenta de diseño.

Tabla 13

Intensidades máximas (mm/h)

Años	Precipitación Máxima	15'		30'		60'		120'		240'	
		pt	I	pt	I	pt	I	pt	I	pt	I
		mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
2005	35.50	11.34	45.36	13.49	26.97	16.04	16.04	19.07	9.54	22.68	5.67
2006	43.30	13.83	55.33	16.45	32.90	19.56	19.56	23.26	11.63	27.67	6.92
2007	29.20	9.33	37.31	11.09	22.19	13.19	13.19	15.69	7.84	18.66	4.66
2008	23.50	7.51	30.03	8.93	17.86	10.62	10.62	12.63	6.31	15.02	3.75
2009	22.20	7.09	28.37	8.43	16.87	10.03	10.03	11.93	56	14.18	3.55
2010	36.30	11.60	46.39	13.79	27.58	16.4	16.4	19.50	9.75	23.19	5.80
2011	28.10	8.98	35.91	10.68	21.35	12.7	12.7	15.10	7.55	17.95	4.49
2012	29.30	9.36	37.44	11.13	22.26	13.24	13.24	15.74	7.87	18.72	4.68
2013	40.20	12.84	51.37	15.27	30.55	18.16	18.16	21.60	10.80	25.69	6.42
2014	31.30	10.00	40.00	11.89	23.78	14.14	14.14	16.82	8.41	20.00	5.00

Tabla 14*Intensidad máxima para lluvia de diseño*

Valor calculado de	Periodo de duración									
	15'		30'		60'		120'		240'	
precipitación	pt	I	pt	I	pt	I	pt	I	pt	I
Max 24 h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
39.12	12.50	49.99	14.86	29.72	17.67	17.67	21.02	10.51	25.00	6.25

6.2.2.4.3 Frecuencia

Es el número de veces que pueda ocurrir un acontecimiento intenso en un determinado periodo, en otros términos, es el intervalo de repeticiones en acontecimientos que puedan superar una capacidad definida.

Fórmula de Weibull.

$$F = \frac{m}{(n + 1)} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$T = \frac{(n + 1)}{m} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

- F : Frecuencia.
- n : Número total de años en observación.
- m : Número de orden o posición de la variable.
- T : Periodo de Retorno.

Tabla 15*Intensidades máximas de diseño*

n	T (años)	Duración en minutos					
		15'	30'	60'	120'	180'	240'
1	11	55.33	32.9	19.56	11.63	8.58	6.92
2	5.5	51.37	30.55	18.16	10.8	7.97	6.42
3	3.67	46.39	27.58	16.4	9.75	7.19	5.8
4	2.75	45.36	26.97	16.04	9.54	7.04	5.67
5	2.2	40	23.78	14.14	8.41	6.2	5
6	1.83	37.44	22.26	13.24	7.97	5.81	4.68
7	1.57	37.31	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
8	1.38	35.91	21.35	12.7	7.55	5.57	4.49
9	1.22	30.03	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
10	1.1	28.37	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55

Para proyectar las curvas IDF, se desarrollan parámetros con la siguiente fórmula:

$$I = k * T^{\frac{m}{n}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

- I : Intensidad máxima (mm/h).
- K, m, n : Factores de la zona en estudio.
- T : Periodo de retorno.
- t : Duración de la precipitación en minutos.

6.2.2.5 Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

Es la relación entre la intensidad máxima promedio esperado, para frecuencias determinadas y la duración de precipitaciones. En resumen, simplifica el procedimiento pluviométrico de la zona en estudio.

6.2.2.5.1 Curva IDF IILA – SENAMHI.

El SENAMHI y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en 1983, en el marco del convenio en colaboración con el Instituto Ítalo - Latino Americano (IILA), han desarrollado una familia de curvas de IDF, para las regiones del Perú.

A continuación, se tiene la siguiente fórmula:

$$I(t, T) = (t + b)^{n-1}(1 + k * \log(T))$$

Ecuación 11

Para una duración de tormenta menor a tres horas ($t < 3$).

Donde:

- I : Intensidad de lluvia en (mm/h).
- A : Parámetro de intensidad (mm).
- K : Parámetro de frecuencia (adimensional).
- b : Parámetro (hora)

b = 0.5 horas (Costa, centro y sur).

b = 0.4 horas (Sierra).

b = 0.2 horas (Costa norte y selva).

- N : Parámetro de duración (adimensional).
- t : Duración (hora).
- T : Tiempo de Retorno.

Con el uso de este enfoque, el territorio se divide en zonas y subzonas pluviométricas, cada una de las cuales tiene características únicas. El área que se analiza se encuentra en la zona pluviométrica 123 y la subzona 123s. Los valores estimados en la zona de estudio son:

- Zona : 123
- Subzona : 123s
- K : 0.553
- A : 9.2
- N : 0.353
- B : 0.4

Por lo tanto, reemplazando los parámetros en la ecuación 11.

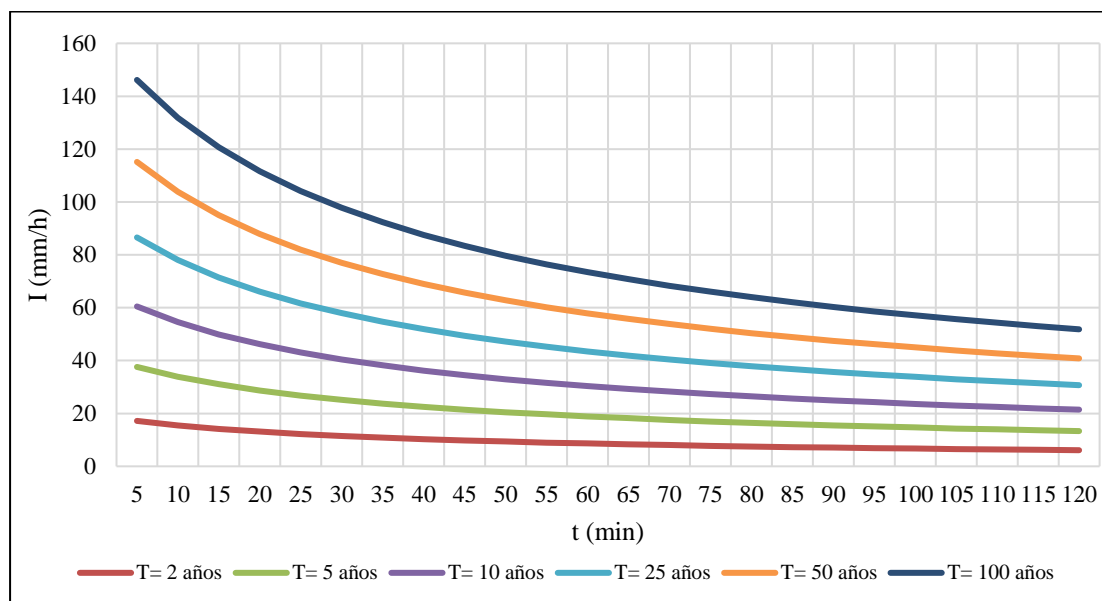
$$I(t, T) = (t + b)^{0.353-1}(1 + 0.533 * \log(T))$$

Tabla 16*Valores de la curva IDF*

t(min)	Intensidad (mm/h)					
	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	17.18	20.42	22.87	126.11	28.56	31.01
10	15.5	18.42	20.63	23.56	25.77	27.98
15	14.18	16.85	18.88	21.56	23.58	25.6
20	13.12	15.59	17.46	19.94	21.81	23.68
25	12.23	14.54	16.29	18.6	20.34	22.09
30	11.49	13.66	15.3	17.46	19.1	20.74
35	10.85	12.9	14.44	16.49	18.04	19.59
40	10.29	12.23	13.7	15.65	17.11	18.58
45	9.8	11.65	13.05	14.9	16.3	17.7
50	9.36	11.13	12.47	14.24	15.58	16.92
55	8.98	10.68	11.96	13.65	14.93	16.22
60	8.63	10.26	11.49	13.12	14.35	15.58
65	8.32	9.88	11.07	12.64	13.83	15.01
70	8.03	9.54	10.69	12.2	13.35	14.49
75	7.76	9.22	10.33	11.8	12.91	14.01
80	7.52	8.94	10.01	11.43	12.5	13.57
85	7.29	8.67	9.71	11.08	12.13	13.17
90	7.08	8.42	9.43	10.77	11.78	12.79
95	6.89	8.19	9.17	10.47	11.46	12.44
100	6.71	7.98	8.93	10.2	11.16	12.11
105	6.54	7.77	8.71	9.94	10.87	11.81
110	6.38	7.58	8.50	9.70	10.61	11.52
115	6.23	7.41	8.30	9.47	10.36	11.25
120	6.09	7.24	8.11	9.26	10.13	11.00

Figura 17

Curvas IDF determinado por años



6.2.2.6 Intensidad de lluvia de diseño.

Al calcular la tasa de filtración de un concreto poroso para usar en la provincia de Andahuaylas, se cree que tiene una capacidad superior a las intensidades de lluvia previstas. Por otro lado, la colmatación puede reducir y estabilizar la tasa de infiltración con el tiempo, por lo que recomiendan elegir un factor de seguridad de 10. La Tabla 5 muestra las precipitaciones máximas en 24 horas con un retorno de 10 años de 39,12 mm. En 60 minutos, con las expresiones de Gumbel, se obtuvo una intensidad de lluvia de 17,67 mm/h, lo que resultó en una lluvia de diseño de 176.70 mm/h con el factor de seguridad o el factor ante la colmatación de los pavimentos porosos.

6.2.3 Estudio de cantera

El agregado grueso utilizado en esta investigación se obtuvo de la cantera de Yanamachay, porque es la cantera más utilizada en las obras de la provincia de Andahuaylas.

6.2.3.1 Ubicación de la cantera.

- Nombre : Yanamachay.
- Departamento : Apurímac.
- Provincia : Andahuaylas.
- Distrito : San Jerónimo.

Figura 18

Ubicación de la cantera



Fuente: Google mapas.

6.2.3.2 Ensayos a los agregados.

Los agregados para el diseño fueron puestos a los diferentes ensayos que se presentan en la Tabla 17, tomado como referencia Normas Técnicas Peruanas (NTP) y las ASTM.

Tabla 17

Ensayos de laboratorio realizados

Ensayo	Norma Aplicable	
	NTP	ASTM
Contenido de humedad del agregado	NTP 339.127	ASTM D - 2216
Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128	ASTM D - 422
Peso específico y absorción del agregado	NTP 400.021	ASTM C – 127
Peso unitario y % de vacíos del agregado	NTP 400.017	ASTM C – 29
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019	ASTM C – 535

En Tabla 18 se muestra el resumen de los resultados obtenidos de los agregados gruesos en el laboratorio.

Tabla 18*Resumen de los ensayos de laboratorio realizados*

Ensayo realizado		Tamaño de Agregado			
		3/4"	1/2"	3/8"	N°4
Contenido de humedad	%	1.59	1.59	1.59	1.59
Peso específico	gr/cm ³	2.77	2.77	2.60	2.60
Peso específico superficialmente seco	gr/cm ³	2.78	2.78	2.63	2.63
Peso unitario suelto	kg/m ³	1348.14	1366.44	1322.17	1350.47
Peso unitario compactado	kg/m ³	1438.34	1464.86	1419.48	1384.42
% vacíos del agregado suelto	%	51.27	50.61	49.15	48.06
% vacíos del agregado compactado	%	48.01	47.05	45.40	46.75
Porcentaje de absorción	%	0.40	0.40	1.21	1.21

6.2.3.2.1 Ensayo de Abrasión Los Ángeles

Este ensayo se llevó a cabo de acuerdo con la NTP-400.019, se utilizó un total de 5 kg del material. La norma establece que se deben usar 12 esferas, juntamente con el total del agregado estos son depositados en la máquina de abrasión, programado según lo indica el manual, que son 500 revoluciones de 30 a 33 rpm. Una vez terminado el ensayo, se retira el material y se procede al tamizaje con la malla N°12; el material retenido se pesa. Ver la Figura 19.

Figura 19*Ensayo de resistencia al desgaste*

Ensayo al desgaste

Máquina de Los
Ángeles

Pesado del arido

Para estimar el desgaste del árido grueso se usa la siguiente expresión:

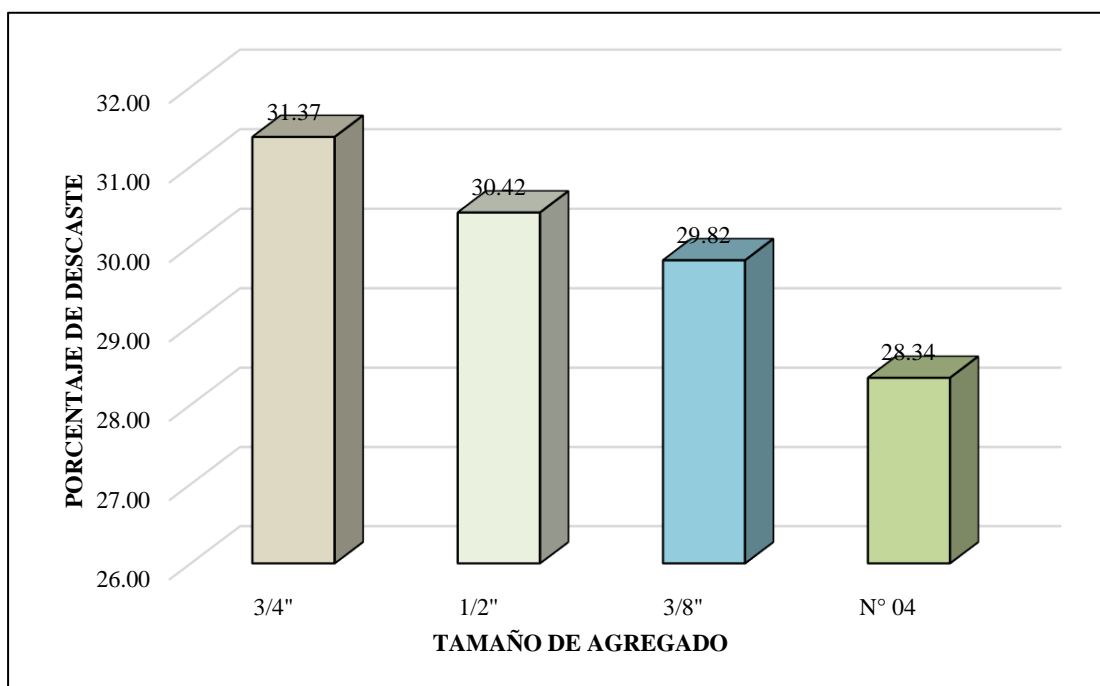
$$\% \text{Degaste} = \frac{100 * (P_1 - P_2)}{P_1} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

- P1= Peso de la muestra previamente seca para el ensayo.
- P2= Peso de la muestra seca después de la prueba y tamizado (N°12).

La Figura 20 muestra los porcentajes de abrasión para varios tamaños de agregado. El agregado N°04 tiene una resistencia al desgaste menor que el agregado de 3/4", lo que indica que cuanto más pequeño sea el agregado, menos desgaste sufrirá.

Figura 20



Ensayo de Abrasión Los Ángeles.

6.3 Diseño de mezclas de concreto poroso

El diseño del concreto poroso es muy diferente al hormigón tradicional en muchos aspectos. Para un concreto poroso, el porcentaje de vacíos y el volumen de pasta son cruciales porque determinan la velocidad de infiltración y la permeabilidad del elemento, mientras que el volumen de pasta garantiza la adherencia entre los materiales; el diseño de mezcla está encaminado a garantizar la funcionalidad. En la presente investigación, se optó por elaborar seis diseños de mezclas teniendo en cuenta

que debe cumplir con el objetivo general de determinar la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilización de aguas pluviales.

6.3.1 Consideraciones iniciales de diseño.

6.3.1.1 Materiales cementantes

El cemento Portland marca SOL tipo IP fue elegido porque es, generalmente, utilizado en obras sin especificaciones definidas y tiene un peso específico de 3.15 gramos por centímetro cúbico.

6.3.1.2 Agregados pétreos

Los agregados utilizados provienen de la cantera Yanamachay. Para el primer diseño se usó agregado de tamaños 3/4" y 1/2" para un porcentaje de vacíos igual al 30%, y en el segundo diseño se usaron agregados del tamaño 3/4", 1/2", 3/8" y N° 04 para un porcentaje de 19%.

6.3.2 Procedimiento de diseño de concreto poroso

Se realizó lo siguiente:

a. Elección de la filtración requerida

Después de realizar el estudio Hidrológico para la provincia de Andahuaylas del pavimento poroso, se eligió 10 años para un periodo de retorno con un tiempo de 60 minutos. Se consideró una fuerte cantidad de lluvia de **176.7**mm/h. teniendo en cuenta que el concreto poroso a diseñar tuviera la facilidad de infiltrar una precipitación eventual con la intensidad máxima determinada.

b. Contenido de vacíos de diseño

La Figura 21 muestra el contenido de vacíos en relación con la infiltración empleada para este diseño, que es de 176.7 mm/h. Se obtuvo un porcentaje del 19% de vacíos de diseño.

Figura 21

Filtración vs Contenido de vacíos



Fuente: (26)

c. Relación agua - cemento (a/c)

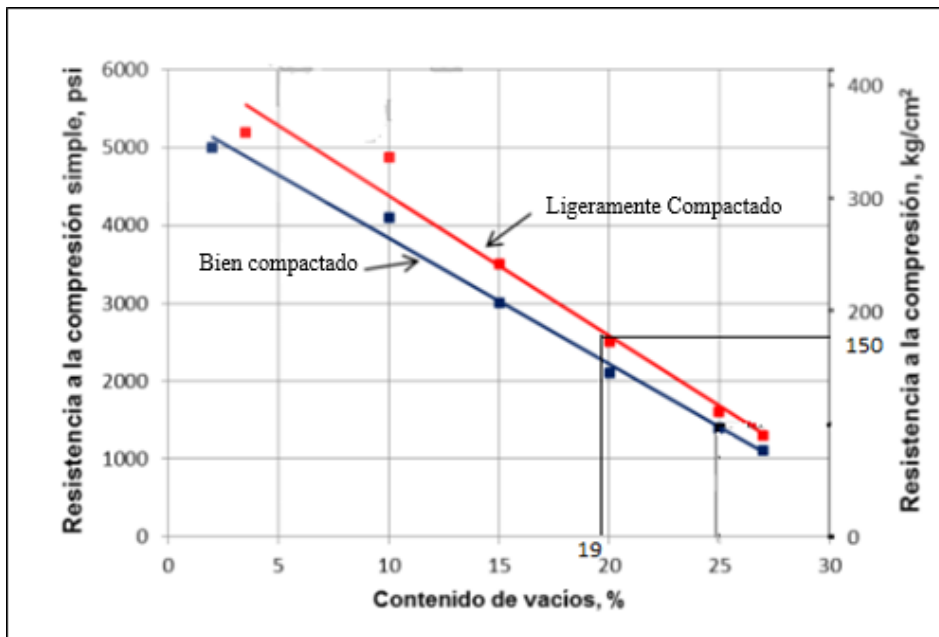
Las normas ACI 211 sugieren una relación agua/cemento de 0.26 para garantizar que la pasta cubra todos los agregados. La relación a/c elegida fue de 0.35 y 0.40. Estos valores fueron elegidos porque se busca prevenir problemas relacionados con el exceso o insuficiente agua en la pasta, pues estos valores elegidos se encuentran en los valores intermedios.

d. La elección del diseño de resistencia a la compresión

Después de establecer el porcentaje de vacíos, podemos calcular la resistencia a compresión. La Figura 22 muestra los valores potenciales que las probetas de concreto poroso pueden alcanzar después de 28 días de esfuerzo de compresión. Para un porcentaje de vacíos del 19 %, una probable resistencia es de 15 MPa, como se puede ver en la Figura 19 (línea roja).

Figura 22

Probable resistencia a la Compresión



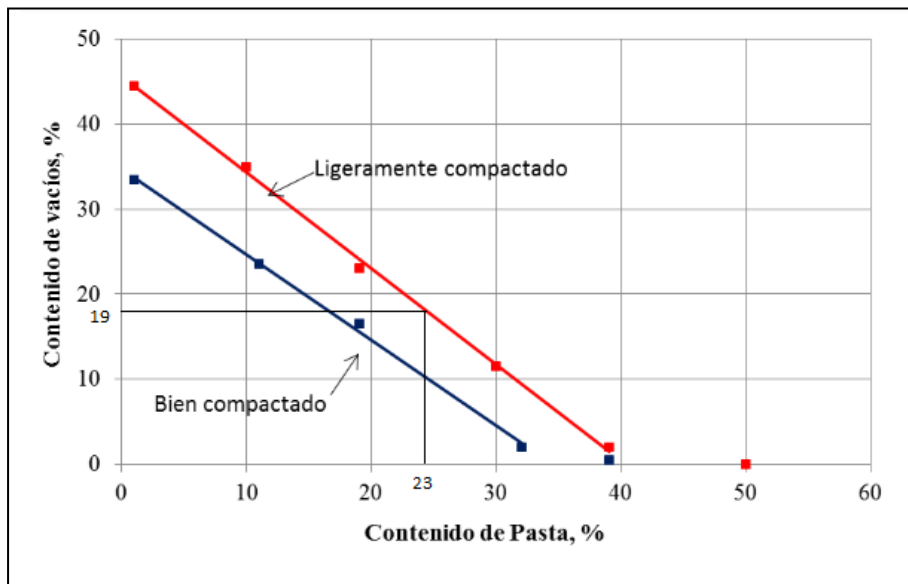
Fuente: (26).

- e. Calcular el volumen de la pasta utilizando el volumen de agua y el cemento.

Obtuvimos el volumen de la pasta de acuerdo con el porcentaje de vacío obtenido y el nivel de compactación aplicado. La Figura 23 muestra cómo se calcula el porcentaje de pasta en volumen del concreto poroso a partir del nivel de compactado (ligero) así como la proporción de vacíos de diseño. Se obtuvo un contenido de pasta igual al 23%.

Figura 23

Porcentaje de vacío vs Contenido de pasta



Fuente: (26).

Remplazando el peso específico del cemento y el agua en la ecuación 1, se obtiene:

$$V_p = \frac{c}{3.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} + \frac{a}{1.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}$$

$$0.23 = \frac{c}{3.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}$$

$$0.23 = \frac{c}{3.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} + \frac{0.40 * c}{1.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}$$

$$W_{\text{cem}} = 320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1\text{m}^3 = 320.58\text{kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 128.23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1\text{m}^3 = 128.23\text{kg}$$

f. Cálculo de Volúmenes Absolutos

$$V_{\text{cem}} = \frac{320.58\text{kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1018\text{m}^3$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{128.23\text{kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1282\text{m}^3$$

$$V_{\text{agr}} = 0.58\text{m}^3$$

$$V_{\text{vac}} = 0.19\text{m}^3$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{cem}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{agr}} + V_{\text{vac}} = 1\text{m}^3$$

g. Corrección por Humedad, Absorción y Aporte

$$\% \text{ Humedad} = 1.59\%$$

$$\% \text{ Absorción} = 0.40\%$$

$$A. \text{ grueso} = (834.24\text{kg} * 1.04\%) = 867.61\text{kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 128.23\text{kg} - \left(\frac{1.59 - 0.40}{100} * 834.24\text{kg} \right)$$

$$\text{Agua efectiva} = 118.30\text{L}$$

h. Valores de Diseño Corregido por Humedad

$$\text{Cemento} = 320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A. \text{ grueso} = 867.61 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Agua efectiva} = 118.30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

i. Proporciones de Diseño de Mezcla en Peso

$$\text{Cemento} = \frac{320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1$$

$$A. \text{ grueso} = \frac{867.61 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2.71$$

$$\text{Agua} = \frac{118.30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{320.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.31$$

Lo anterior se expresa de la siguiente manera:

$$1: 2.71 : 0.31$$

La cantidad por bolsa de cemento será de la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = 1 * 42.5\text{kg} = 42.5\text{kg}$$

$$A. \text{ grueso} = 2.71 * 42.5\text{kg} = 115.18\text{kg}$$

$$\text{Agua} = 0.31 * 42.5\text{kg} = 13.18\text{L}$$

6.3.3 Resumen del diseño de mezcla del concreto poroso

Finalizado el diseño de mezcla detalladamente y obtenida las dosificaciones, se procedió a calcular en peso y metro cúbico todos los materiales necesarios para elaborar las briquetas de concreto poroso de 15 cm x 30 cm, para luego ser sometidas a pruebas de compresión (ver Tabla 19).

Tabla 19

Dosificación del concreto poroso

Tamaño de agregado	a/c	% vacíos	Agregado kg	Cemento kg	Agua kg
3/4"	0.35	30.00	794.25	224.73	69.24
	0.40	30.00	794.25	209.07	74.21
	0.35	19.00	794.25	224.73	69.24
	0.40	19.00	837.57	320.58	118.30
1/2"	0.35	19.00	853.02	344.59	110.50
	0.40	19.00	852.71	320.58	118.12
	0.35	15.00	897.14	359.57	115.22
3/8"	0.35	19.00	833.26	344.59	117.48
	0.40	19.00	833.26	320.58	125.10
	0.35	15.00	876.36	359.57	122.56
N°04	0.35	19.00	763.64	397.03	136.09
	0.40	19.00	812.68	320.58	125.18

Nota: Dosificación por peso.

6.3.4 Procesamiento de muestras de concreto poroso

Las briquetas se fabricaron siguiendo las especificaciones del NTP 339.033 en moldes cilíndricos estándar de 15 cm por 30 cm. Para este estudio, se construyeron 42 probetas cilíndricas con diferentes porcentajes de vacío y una relación agua-cemento; la prueba de asentamiento se muestra en la Figura 24. El concreto poroso tiene la característica de tener poca o nulo revenimiento (*slump*).

Figura 24

Prueba de asentamiento del concreto



6.3.5 Curado de briquetas concreto poroso

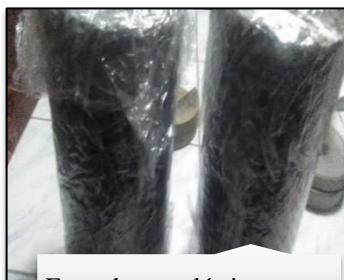
Pasada las 24 horas, se procedió a desmoldar las briquetas cilíndricas, luego se envolvió con plástico y se dejó curar hasta que alcanzara su resistencia a los 7, 14 y 28 días. La ACI522R-10 recomienda que el material que cubra el concreto debe ser claro y de aproximadamente de 0.15 mm caso contrario láminas de polietileno grueso con una dimensión capaz de cubrir. No son recomendables el uso de arpilleras y geotextil tejido ya que no se mantendrá la humedad en el concreto (ver Figura 25).

Figura 25

Curado de briquetas de concreto poroso



Desenfofrado de briquetas



Envuelto en plástico transparente



curado de briquetas

6.4 Ensayos en concreto poroso

6.4.1 Resistencia a la compresión simple

Según la ASTM C 39, es el procedimiento de prueba de acuerdo con las especificaciones de la resistencia de los cilindros a la compresión uniaxial. El ensayo realizado trata sobre aplicar un esfuerzo de carga axial a las probetas cilíndricas con una velocidad determinada hasta que presenten fallas en su estructura. Para la presente investigación se elaboró 3 briquetas, de 7.5 cm de radio y 30 cm de largo, comprobadas a los siete, catorce, y veinte y ocho días, respectivamente (ver Figuras 26 y 27).

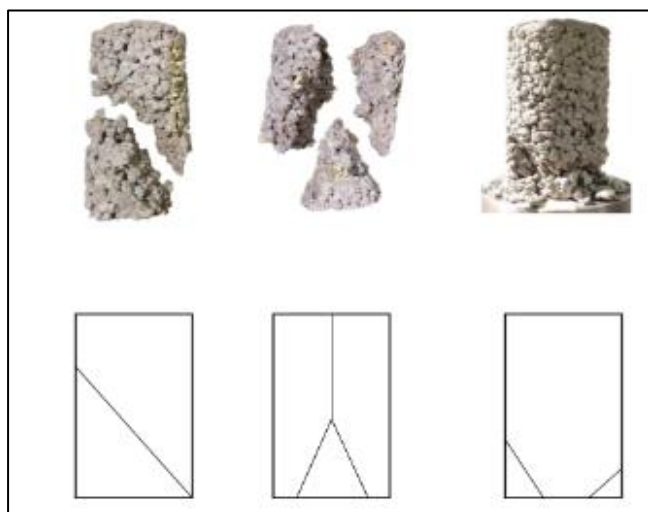
Figura 26

Ensayo a la compresión



Figura 27

Roturas habituales del concreto poroso



6.4.1.1 Resultados del ensayo resistencia a la compresión

En la Tabla 20 se muestra el resumen de las resistencias obtenidas del ensayo de compresión a los 28 días después de haber sido elaboradas.

Tabla 20

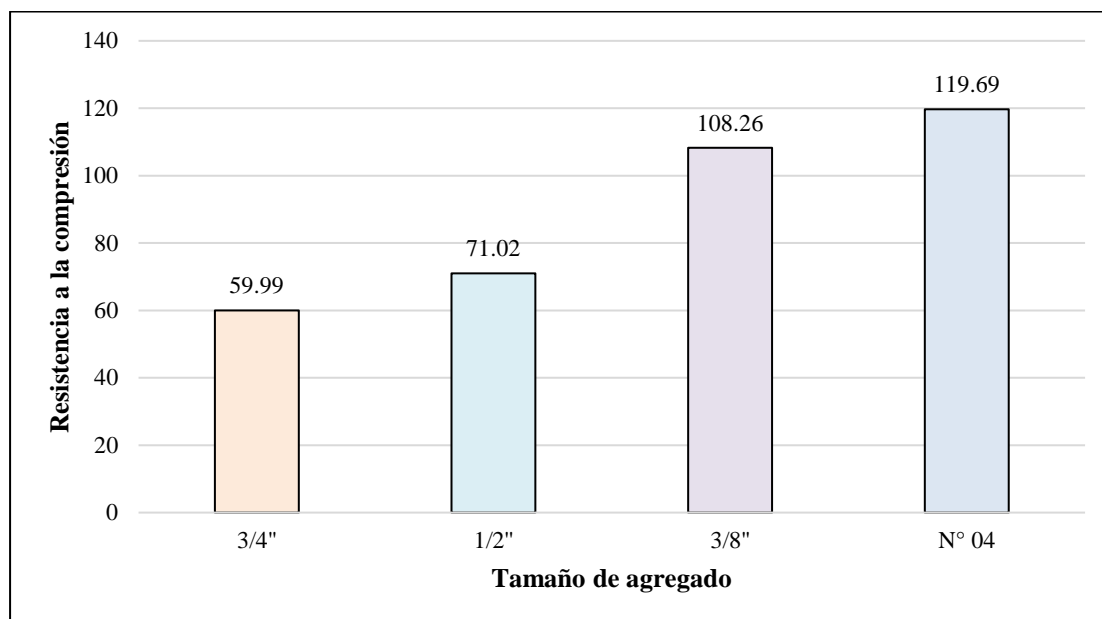
Resultado de esfuerzos a los 28 días

Tamaño del agregado	a/c	% de vacíos	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (t)	Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)
3/4"	0.35	30%	28	176.71	6.5	36.78
3/4"	0.4	30%	28	176.71	5.2	29.43
3/4"	0.35	19%	28	176.71	10.6	59.99
3/4"	0.4	19%	28	176.71	10	56.59
1/2"	0.35	19%	28	176.71	12.55	71.02
1/2"	0.4	19%	28	176.71	11.55	65.36
3/8"	0.35	19%	28	176.71	19.13	108.26
3/8"	0.4	19%	28	176.71	18.95	107.24
N°04	0.35	19%	28	176.71	21.15	119.69
N°04	0.4	19%	28	176.71	20.35	115.16
1/2"	0.35	15%	28	176.71	25.9	146.57
3/8"	0.35	15%	28	176.71	31.11	176.05

En las Figuras 28 y 29 se presentan la resistencia a la compresión en función a la relación a/c y el porcentaje de vacíos.

Figura 28

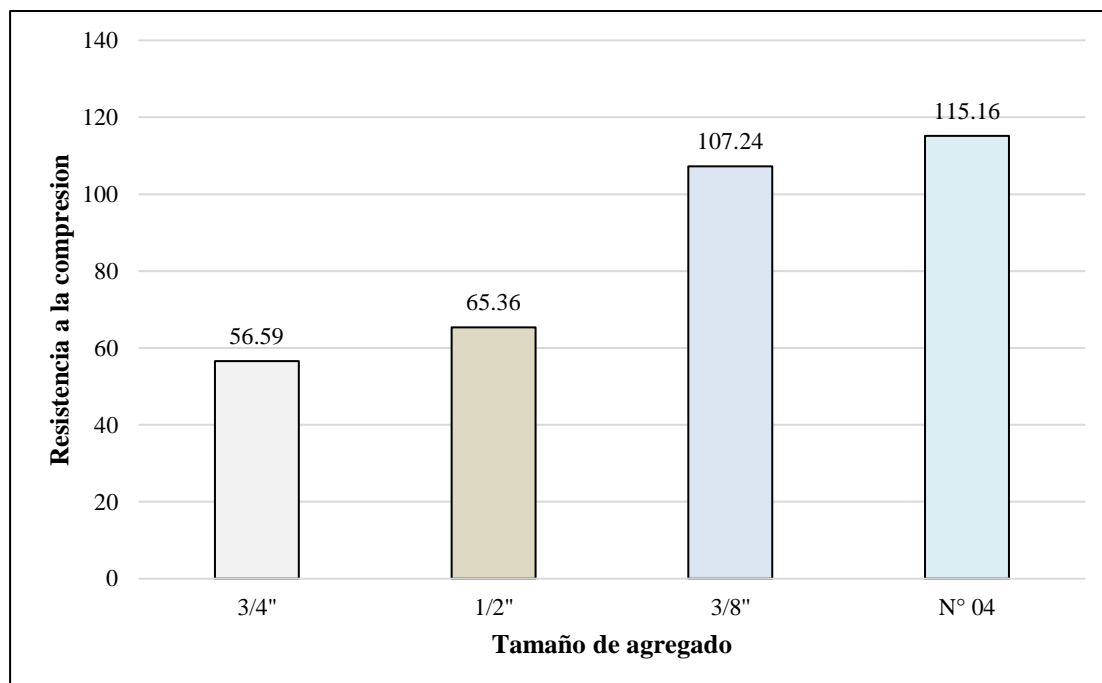
Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión - a/c de 0.35



Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

Figura 29

Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión a/c de 0.40

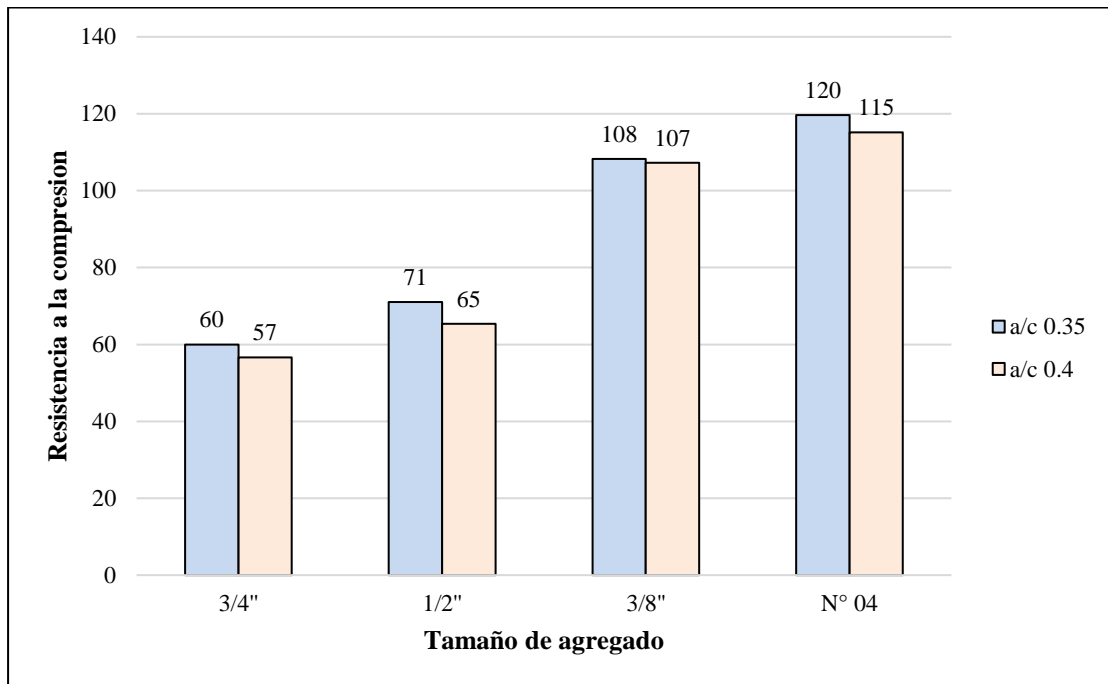


Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

En la Figura 30 se presenta la resistencia a la compresión en tamaño de agregado.

Figura 30

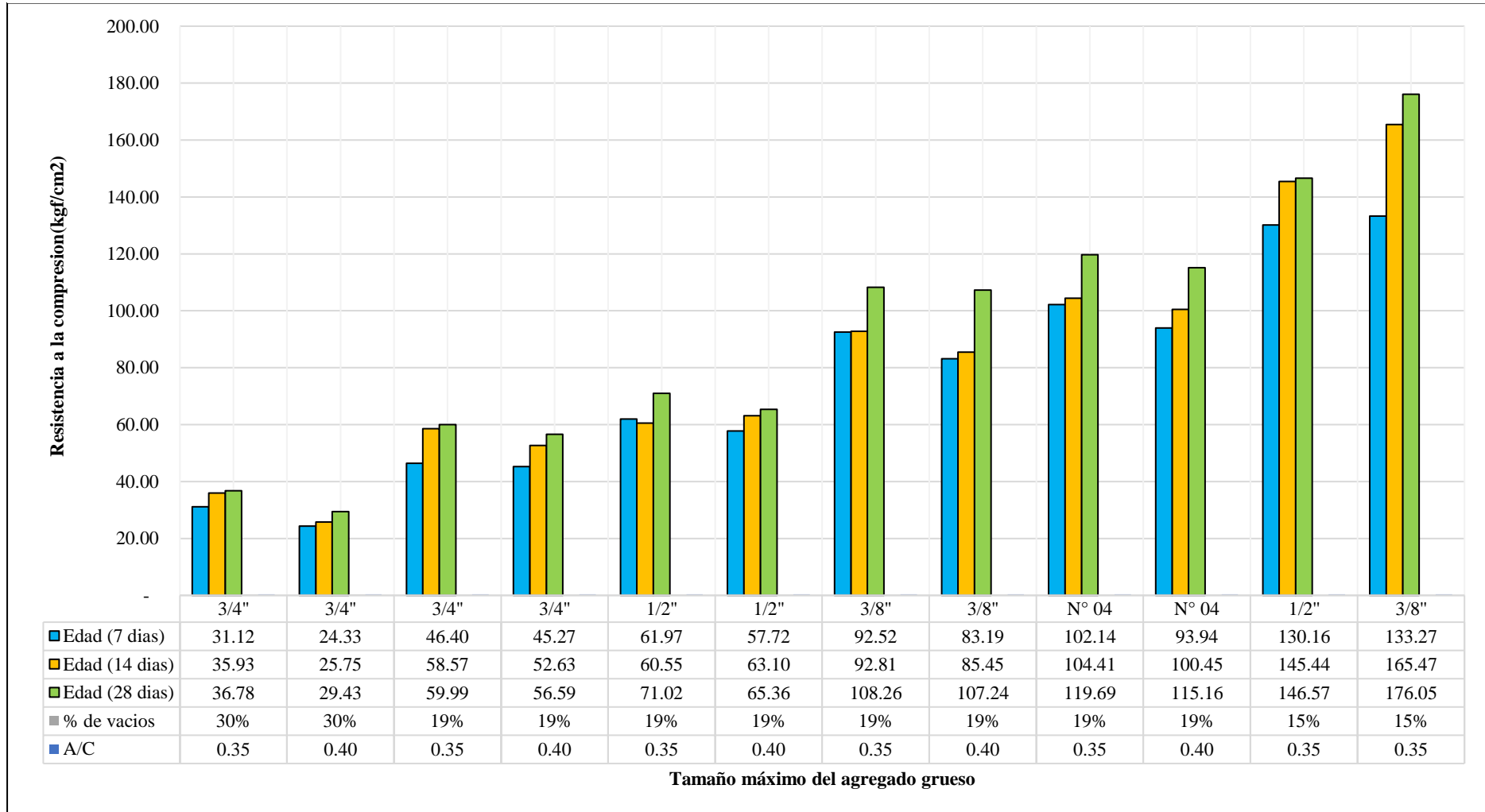
Tamaño de agregado grueso vs resistencia a la compresión



Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

Figura 31

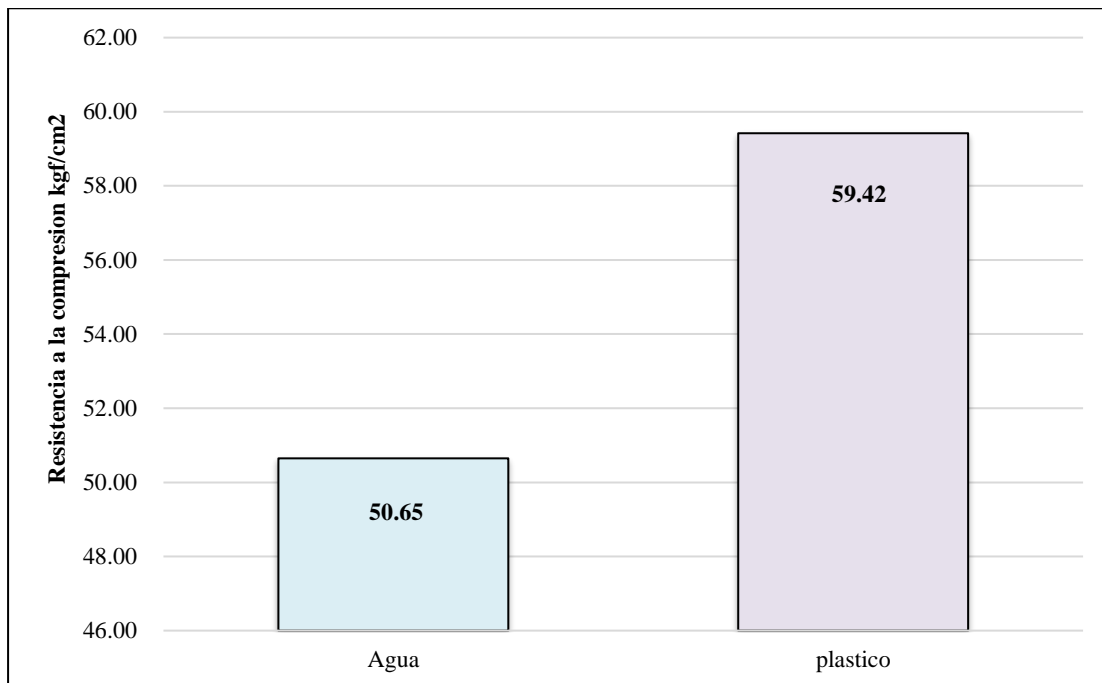
Cuadro comparativo de resistencia a la compresión de 7, 14 y 28 días



En la Figura 32, se observa que al curar las probetas con plástico se obtiene una resistencia mayor de 59.42 kgf/cm² a diferencia del curado con agua de 50.65 kgf/cm².

Figura 32

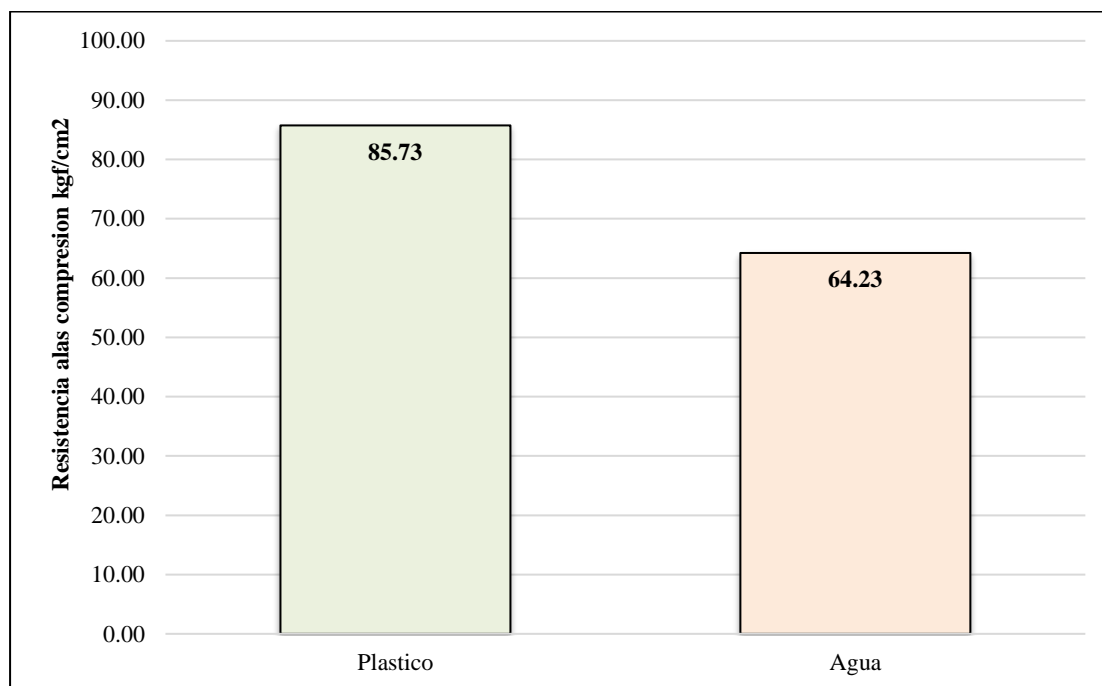
Comparación del tipo de curado



La Figura 33 muestra cómo la curación de las probetas con plástico se obtiene una resistencia mayor de 85.73kgf/cm² a diferencia del curado con agua de 64.23kg/cm².

Figura 33

Comparación del tipo de Curado con agregado de 1/2"



6.4.2 Prueba de Permeabilidad

Para efectuar la prueba de permeabilidad, se elaboraron moldes de tubo con 4 pulgadas de diámetro, cortándose estos a una longitud de 15 cm. Los moldes fueron usados tanto para los ensayos de permeabilidad y porosidad, respectivamente. Las muestras se colocaron en el permeámetro, sujetando con ligaduras para evitar posibles fugas de agua durante el ensayo.

Los ensayos de permeabilidad para concretos en general no están estandarizados. Por este motivo el caudal se midió bajo presión aplicada y procesándose con la Ley de Darcy. Para esta prueba se empleó un permeámetro de cabeza constante.

Para determinar la permeabilidad, se registraron en este ensayo las medidas de la longitud, volumen, tiempo y diámetro de la muestra. Para elaborar las muestras se rellenaron los moldes con la mezcla en 3 tiempos compactando cada una de las capas (ver Figura 34).

Figura 34

Proceso de prueba de permeabilidad



6.4.2.1 Resultados del ensayo de permeabilidad.

En la Tabla 16 se puede observar los resultados de la prueba de permeabilidad en los distintos tipos de agregados y relación a/c.

Tabla 21*Resultados de los ensayos de permeabilidad*

Agregado	% de vacíos	a/c	E (cm)	H (cm)	A (cm²)	Volumen (cm³)	Tiempo (s)	Q (cm³/s)	K (cm/s)	Flujo (mm/s)	L/m²/min
3/4"	0.19	0.35	15	10	78.53	1300	7.43	174.97	3.34	174.97	1336.82
		0.40	15	10	81.07	1300	6.07	214.17	3.96	214.17	1585.05
	0.30	0.35	15	10	78.35	1300	5.04	257.94	4.94	257.94	1975.26
		0.40	15	10	81.07	1300	4.55	285.71	5.29	285.71	2114.56
1/2"	0.19	0.35	15	10	78.53	1300	10.08	128.97	2.46	128.97	985.36
		0.40	15	10	81.07	1300	9.54	136.27	2.52	136.27	1008.52
	0.15	0.35	15	10	78.35	1300	19.56	66.46	1.27	66.46	453.33
3/8"	0.19	0.35	15	10	78.53	1300	15.84	82.07	1.57	82.07	628.49
		0.40	15	10	81.07	1300	14.55	89.35	1.65	89.35	661.26
	0.15	0.35	15	10	78.35	1300	18.97	68.53	1.31	68.53	507.18
N°04	0.19	0.35	15	10	78.53	1300	18.58	69.97	1.34	69.97	534.58
		0.40	15	10	81.07	1300	17.53	74.16	1.37	74.16	548.85

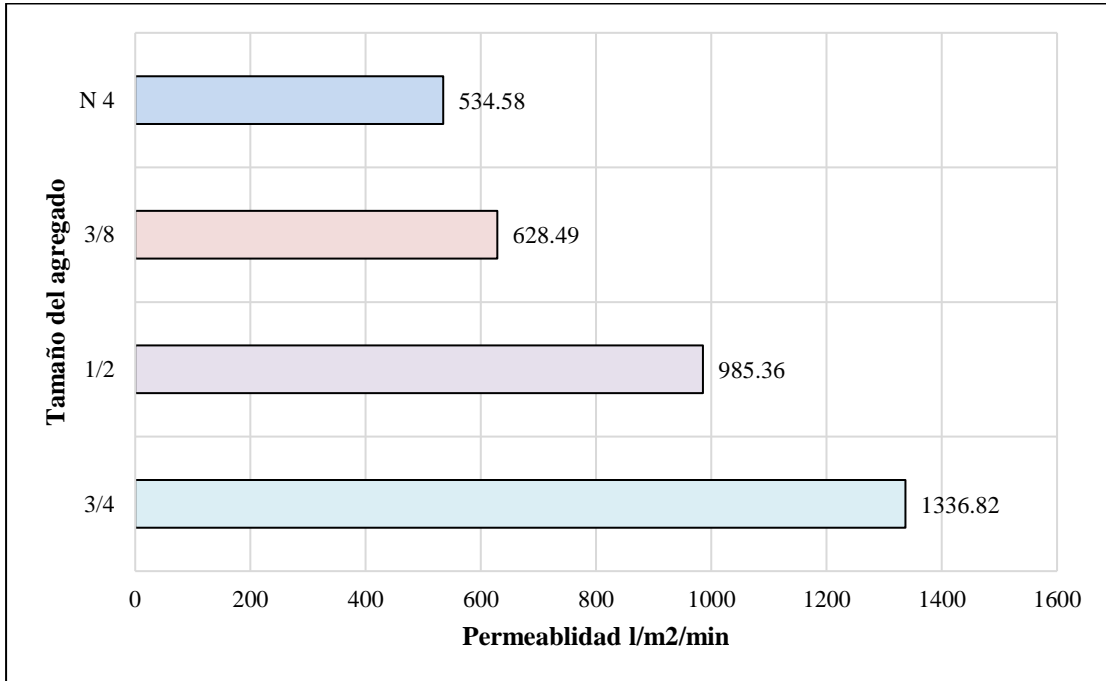
Nota: E= Espesor de la briqueta, H= Altura de briqueta, A=Área, Q= Caudal, K= Permeabilidad.

6.4.2.2 Permeabilidad con respecto al tamaño del agregado.

En las Figuras 35 y 36 Se presentan los hallazgos sobre el impacto del tamaño del agregado en la permeabilidad del concreto poroso.

Figura 35

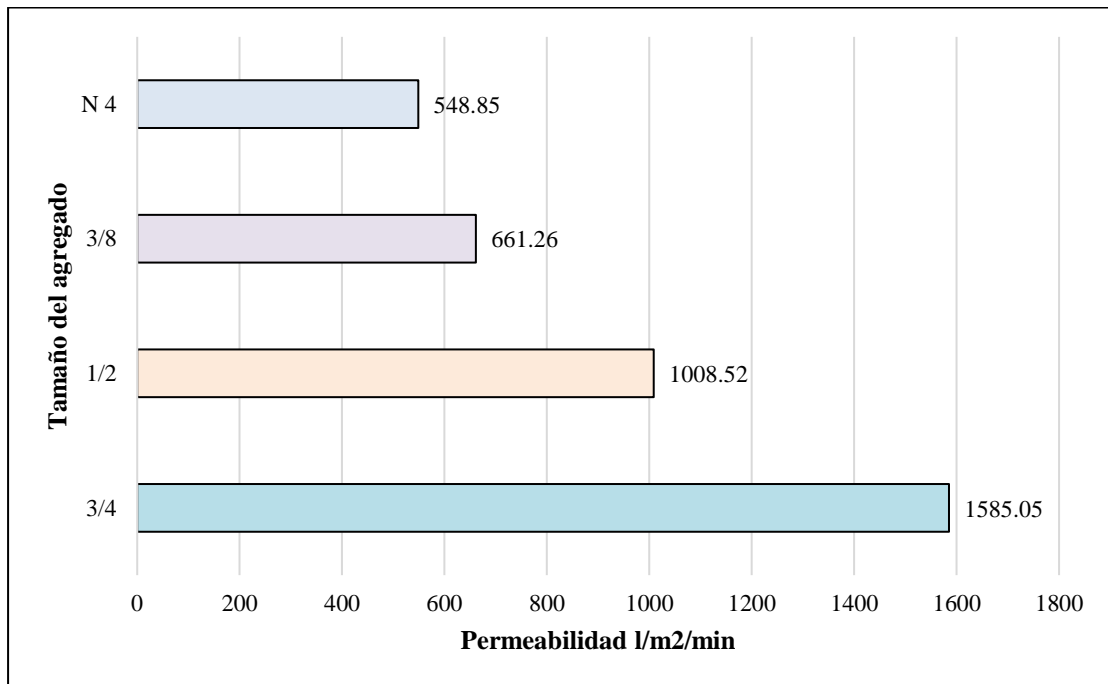
Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad con relación agua-cemento de 0.35



Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

Figura 36

Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad con relación agua-cemento de 0.40

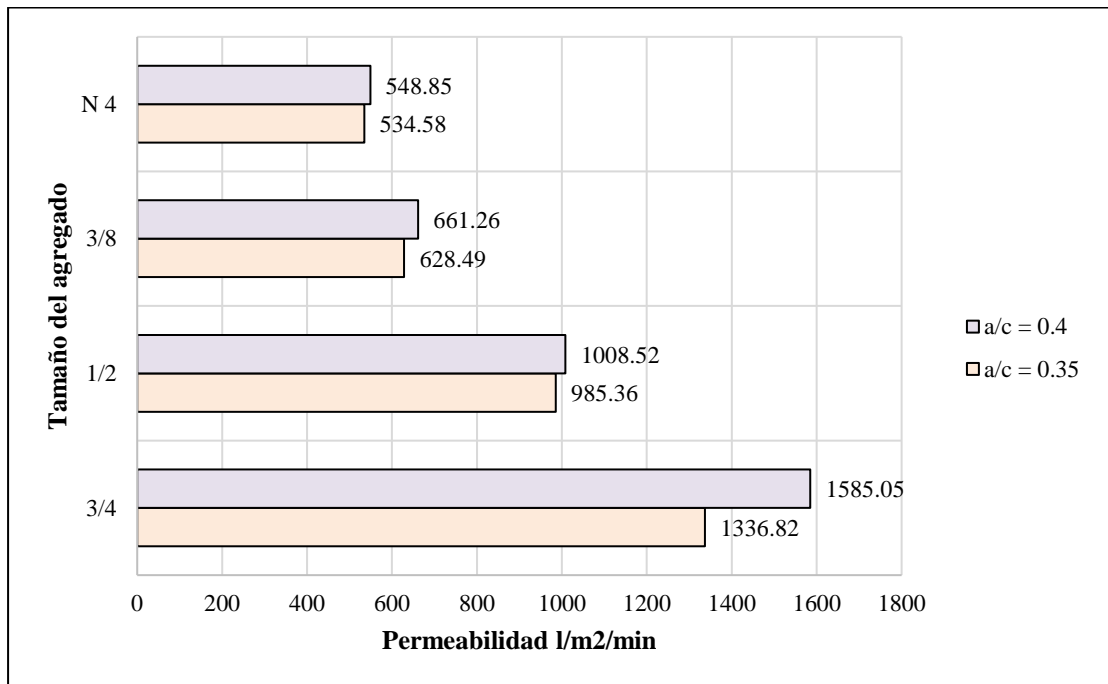


Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

En la Figura 37 se muestra la comparación de ambos resultados obtenidos anteriormente.

Figura 37

Tamaño de agregado grueso vs permeabilidad



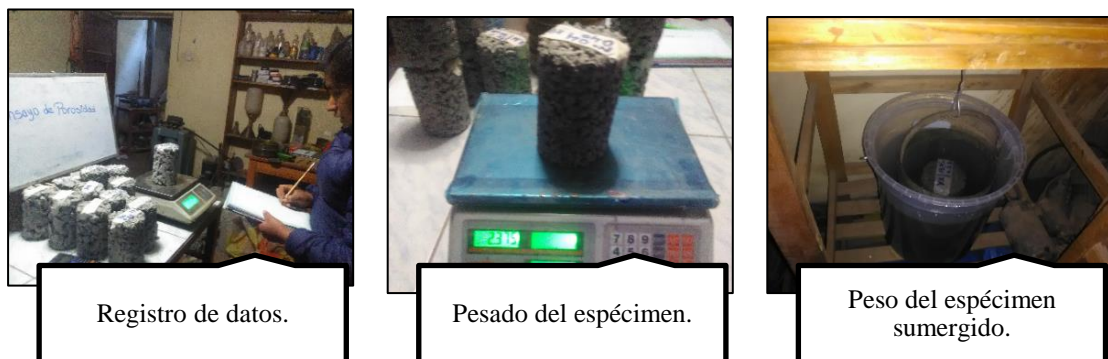
Nota: Se presentan los resultados para una porosidad del 19%.

6.4.3 Ensayo de porosidad

Para determinar la densidad y el contenido de huecos del hormigón poroso se trata en la sección “Método de ensayo estándar para la densidad y el contenido de huecos del hormigón permeable endurecido” de la prueba. Para llevar a cabo la prueba, se utilizaron los mismos cilindros que se utilizaron para la permeabilidad (ver Figura 38).

Figura 38

Ensayo de porosidad del concreto poroso



En Tabla 22 se presentan los resultados del ensayo de porosidad, de los diferentes tamaños de agregados.

Tabla 22

Resultados de porosidad del concreto

Agregado	Porcentaje de vacíos	a/c	Vol. de muestra (cm ³)	P _w (tf/m ³)	W _a (gm)	W _s (gm)	V _r (%)
3/4"	0.19	0.4	1178.1	1	1440	2249	31.33
		0.35	1143.01	1	1400	2219	28.35
	0.3	0.4	1214.09	1	1310	2095	35.34
		0.35	1176.00	1	1300	2045	36.65
1/2"	0.19	0.4	1216.08	1	1390	2265	28.05
		0.35	1175.06	1	1340	2205	26.39
	0.15	0.35	1201.06	1	1360	2275	23.82
3/8"	0.19	0.4	1215.03	1	1450	2351	25.85
		0.35	1176.07	1	1420	2320	23.47
	0.15	0.35	1215.01	1	1470	2445	19.75
N°04	0.19	0.35	1297.17	1	1625	2618	23.45
		0.4	1178.09	1	1460	2345	24.88

Nota: P_w=Densidad del agua, W_a=peso de la muestra en el agua, W_s=peso de muestra después del secado, V_r= volumen total de vacíos del concreto.

En las Figuras 39 y 40 los resultados muestran cómo el tamaño del agregado afecta la porosidad del concreto poroso.

Figura 39

Tamaño de agregado grueso vs. porosidad a/c 0.35

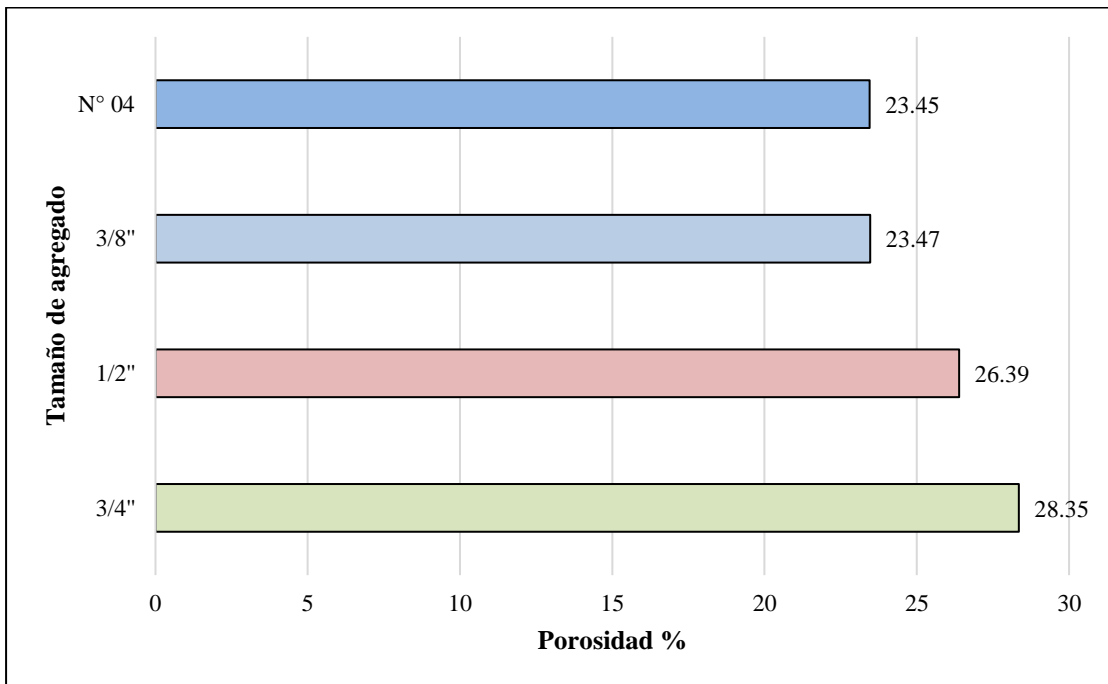
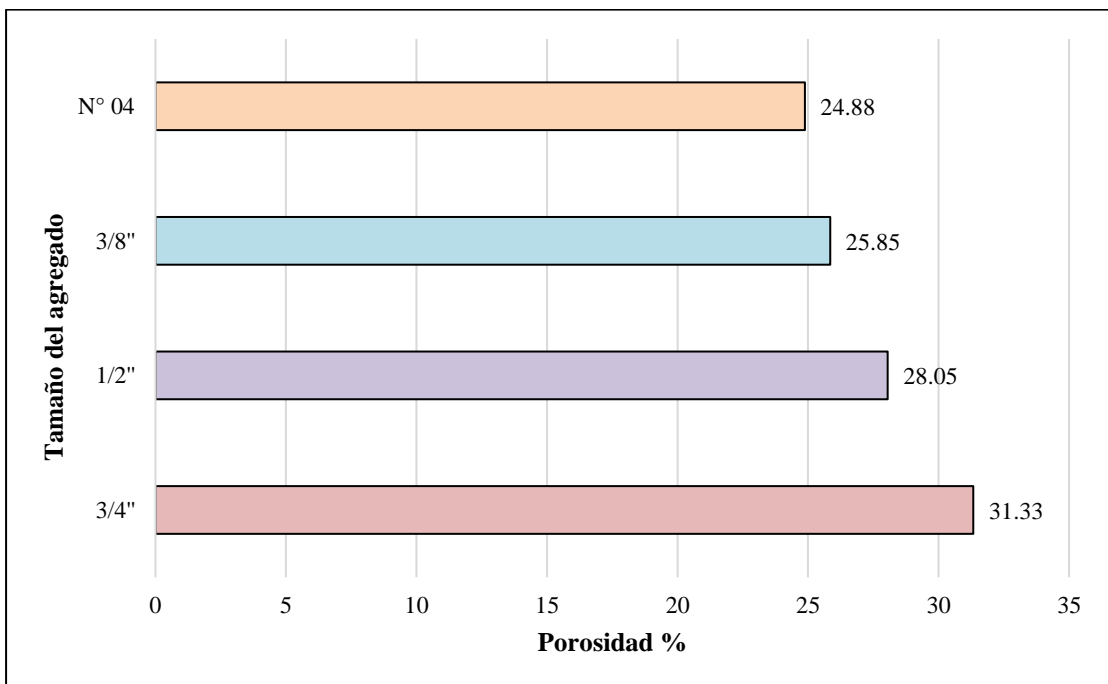


Figura 40

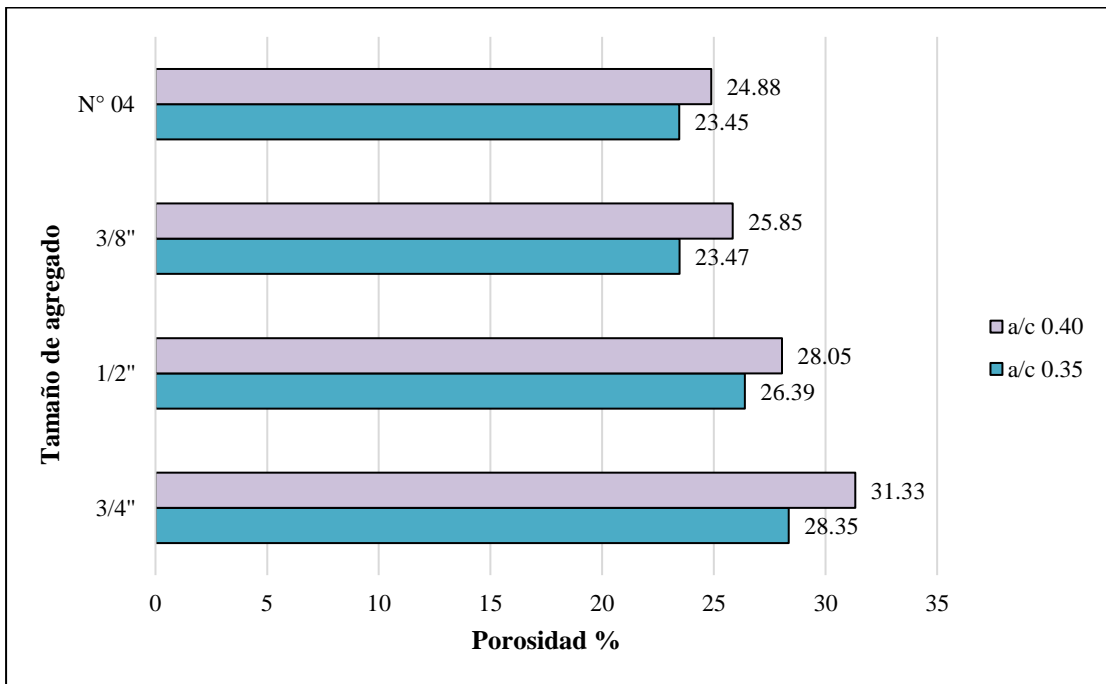
Tamaño de agregado grueso vs. porosidad a/c 0.40



La Figura 38 muestra cómo el tamaño del agregado afecta la porosidad del concreto poroso.

Figura 41

Tamaño de agregado grueso vs. porosidad

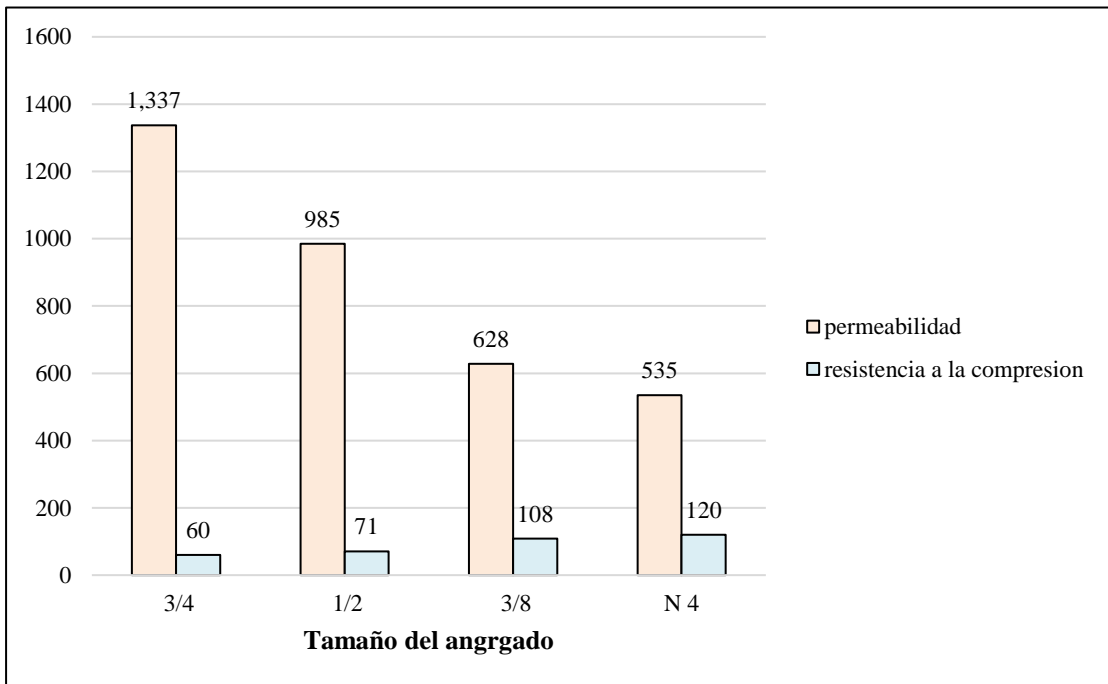


6.4.4 Influencia de las propiedades en el concreto poroso

Como se muestra en las siguientes figuras, la relación a-c y el tamaño de los áridos pueden tener un impacto en las propiedades del pavimento poroso, como la porosidad, la permeabilidad y la resistencia a la compresión (ver Figuras 42 y 43).

Figura 42

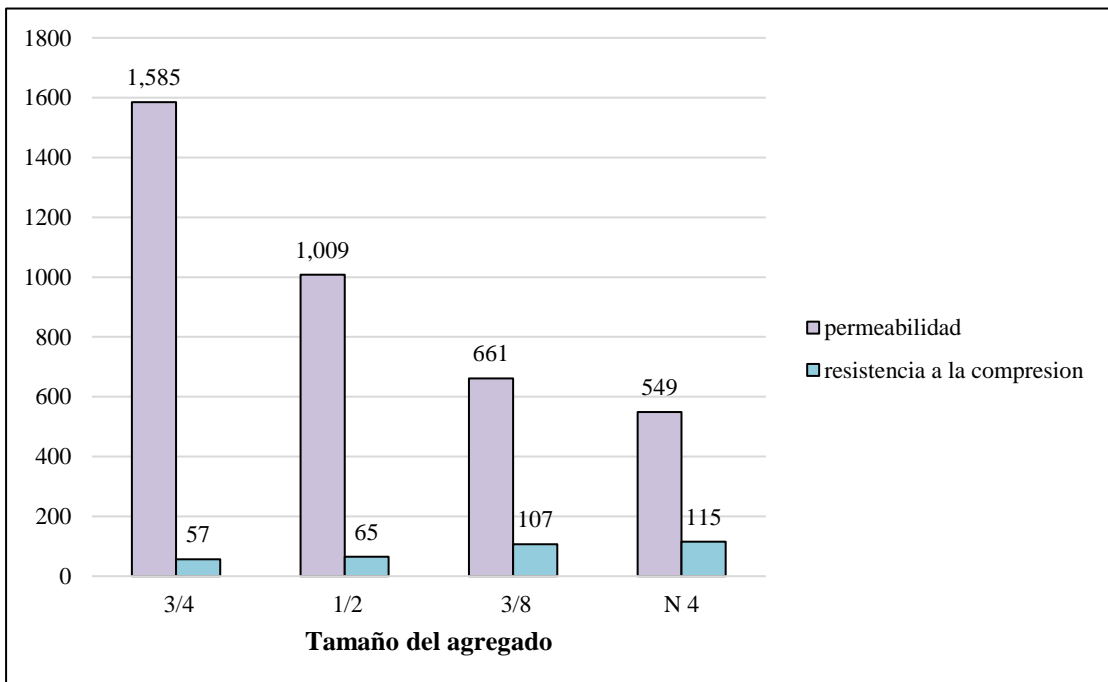
Resistencia a la compresión vs. permeabilidad a/c 0.35



Nota: porcentaje de vacíos 19%

Figura 43

Resistencia a la compresión vs. permeabilidad a/c 0.40



Nota: porcentaje de vacíos 19%

En las Figuras 44 y 45 muestran la influencia de la resistencia a la compresión vs permeabilidad y porosidad.

Figura 44

Resistencia a la compresión vs. permeabilidad y porosidad a/c 0.35

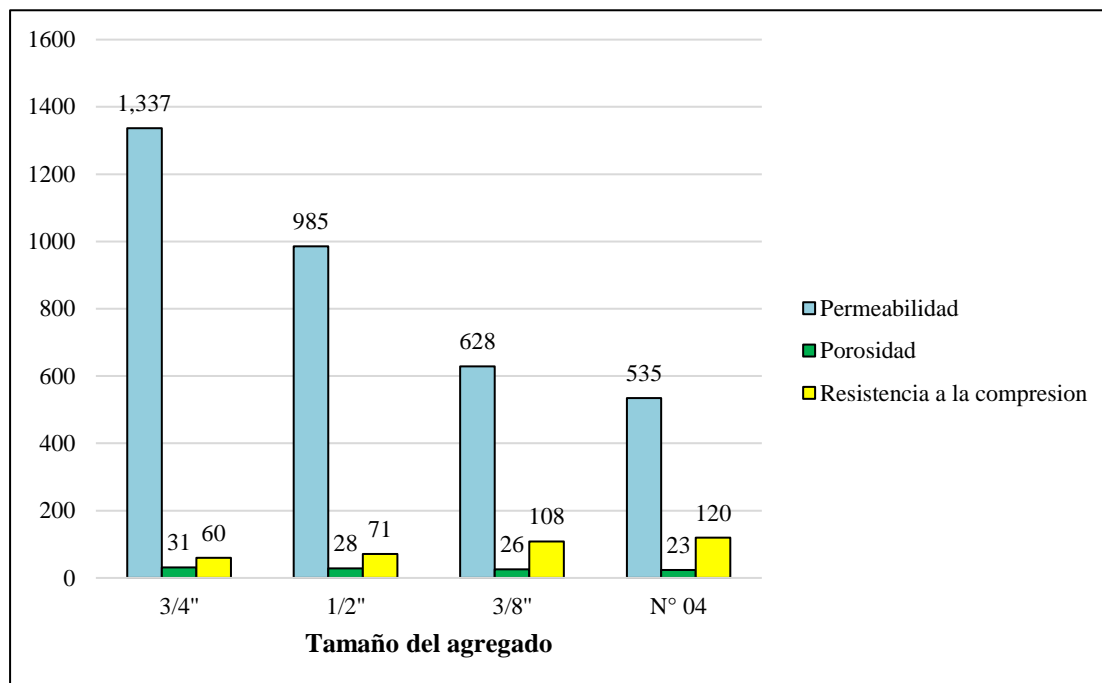
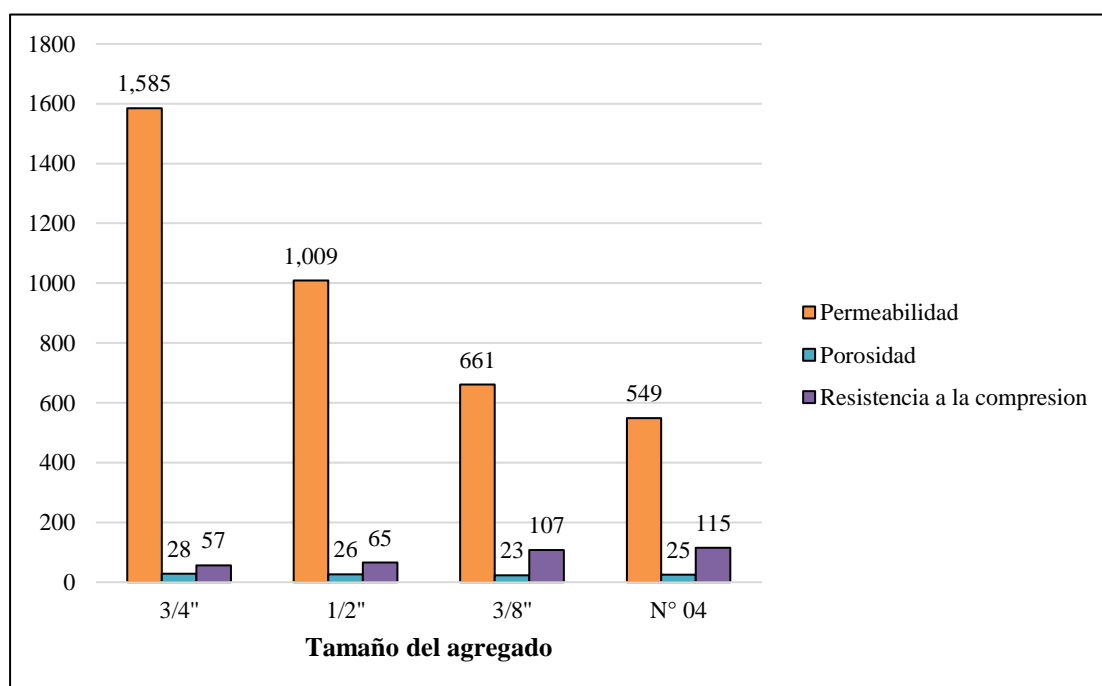


Figura 45

Resistencia a la compresión vs. permeabilidad y porosidad a/c 0.40



6.4.5 Estudio de mecánica de suelos

El análisis de la mecánica del suelo es crucial en obras viales, pues es necesario conocer las características físicas y mecánicas de los suelos; estos estudios permitieron conocer las características generales y el comportamiento del suelo, siendo este un buen criterio para la selección de la subrasante (ver Tabla 23).

Tabla 23

Estudio de mecánica de suelos

TIPO DE ENSAYO	CALICATA	
	1	2
Humedad natural	20.24%	14.00%
límite líquido	33.73%	29.58%
límite plástico	20.27%	20.12 %
Índice de plasticidad	13.46%	9.46 %
Clasificación	GC	SC
SUCS		
Clasificación	A-2-6	A-4
AASTHO		
CBR 95%	9.42%	6.57%

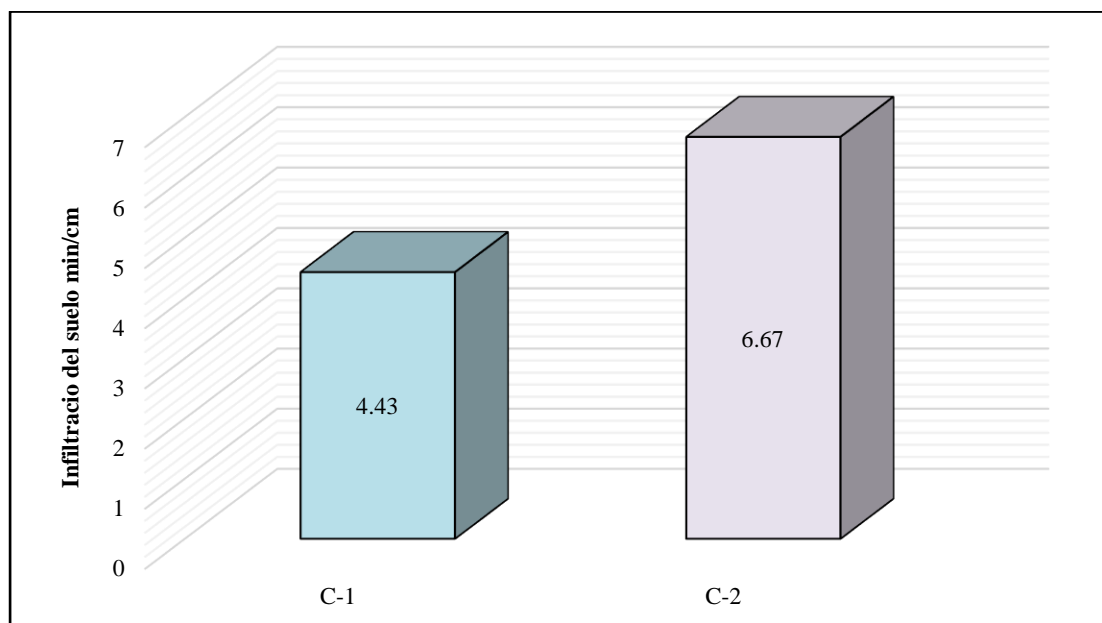
Nota: Clasificación de suelos c1 y c2.

6.4.5.1 Ensayo de percolación del suelo

Los suelos que tienen la característica de permitir que el agua pase a través de sus poros se consideran permeables en mecánica del suelo. La permeabilidad depende de la velocidad de infiltración del agua, porque puede variar de acuerdo con la dificultad que pueda existir. Por lo general los suelos gruesos alcanzan valores mayores de permeabilidad que los suelos finos.

Figura 46

Ensayo de percolación C1 y C2



Nota: C1 GC (grava arcillosa) y C2 SC (arena arcillosa).

Como se observa en la Figura 46, la C1 obtuvo una infiltración de 4.43 min/cm, mientras la C2 obtuvo una infiltración de 6.67 min/cm, ambas calicatas tienen suelos una infiltración media encontrándose en los rangos de 4 a 8 min/cm. según (36) IS.020.

Con el estudio de percolación se conoce la infiltración del suelo, siendo la propiedad más importante para la elaboración de este tipo de pavimentos. Se midió en cuánto tiempo el agua es evacuada, si no se obtienen los valores dentro del rango mencionados anteriormente se deberá proponer sistemas de drenaje alternativos para eliminar el agua de lluvia modificando el diseño del pavimento.

6.4.6 Estudio del tráfico

La sexta cuadra del Jr. Manco Cápac posee un IDMA de 15 veh/día de acuerdo con la clasificación de MTC DG (2018), y se clasifica como “trocha carrozable ya que el IMDA es ≤ 200 veh/día” (p.13). Mientras el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, clasifica como T0 según IMD proyectado es < 15 vehículos por día.

Tabla 24*Cálculo del IMDA*

Día	Motos	Auto	Station Wagon	Pick up	Panel	Total
Lunes	10	2	1	1	0	14
Martes	8	2	0	1	0	11
Miércoles	10	1	0	1	0	12
Jueves	10	1	0	0	0	11
Viernes	8	2	1	1	0	12
Sábado	9	1	0	0	0	10
Domingo	10	2	0	7	0	19
Total	65	11	2	11	0	89
IDMS	9	2	0	2	0	13
IDMA 2021	10	2	0	2	0	14
IDMA 2026	11	2	0	2	0	15

Tabla 25*Cálculo del EAL*

Tipo de vehículo	Número de vehículos	Factor camión	Factor crecimiento	EAL
Motos	11	0.03	5.63	1.60
autos	2	0.03	5.63	0.29
S. Wagon	0	0.03	5.63	0.00
Pick Up	2	0.03	5.63	0.29
Total				2.18

6.4.7 Diseño del pavimento poroso

6.4.7.1 Consideración de diseño

Para realizar el diseño del pavimento poroso se tomará en cuenta las recomendaciones de la norma peruana CE-010, donde se especifica que la resistencia mínima para pavimentos especiales como ciclovías, estacionamientos y veredas, la resistencia mínima será de 17.50 MPa (175kgf/cm²).

6.4.7.2 Diseño del paquete estructural.

Como menciona la guía ACI 325.12R-02, estos pavimentos son diseñados para bajos volúmenes de tráfico. Para lograr el éxito de los sistemas de pavimento poroso para carreteras se debe realizar el ensayo de permeabilidad de los suelos, estos deben de ser verificados mediante el ensayo de percolación, asimismo la base o subbase deben

de ser de un material permeable (recomiendan usar gravas de 3/4" en la base). Mientras la superficie de la calzada debe garantizar las características de drenaje, los requisitos de resistencia puedan variar dependiendo del material en la ubicación la sección de pavimento. El intervalo de espesores de diseño ya está definido por la ACI 522R-06, estos espesores se encuentran en estos rangos de 6 a 10 in (150 mm a 250 mm) para pavimentos de caminos llanos (26). La base del pavimento poroso trabaja como sistema de drenaje sostenible y como reservorio temporal, mientras el agua se va infiltrando a través de la subrasante. Los datos para el diseño del pavimento poroso son:

- EAL : 2.18
- Resistencia a la compresión : 17.50 MPa (175 kgf/cm²)
- CBR subrasante (Promedio) : 7.99 %
- Infiltración del suelo (promedio) : 5.55 min/cm
- Intensidad de lluvia de diseño : 176.70 mm/h

6.4.7.2.1 Determinación del porcentaje de vacíos

La proporción de vacíos en los concretos porosos está estrechamente relacionado con la resistencia a la compresión; una muestra con mayor porosidad tendrá una resistencia a la compresión más baja, mientras que un concreto con un porcentaje de vacíos más bajo tendrá una alta resistencia a la compresión. Por lo que, de acuerdo con la figura 28, con un porcentaje de vacíos del 15% y un tamaño máximo de agregado de 3/8" se logra conseguir una resistencia mínima de 176.05 kgf/cm² por lo que:

- Porcentaje de vacíos : 15%
- Tamaño máximo del agregado grueso : 3/8"

6.4.7.2.2 Determinación del espesor del pavimento.

Para determinar el espesor mínimo del pavimento poroso se empleará la tabla 2. Teniendo un EAL de 2.8 y un CBR de 7.99% el espesor será de:

- Espesor mínimo : 229 mm
- Espesor del pavimento : 230 mm

6.4.7.2.3 Determinación del espesor de la base.

De acuerdo con los requisitos del ACI 522R-10 el espesor de la base deberá ser como mínimo de 500 mm por lo que:

- Espesor de base : 500 mm

6.4.7.2.4 Verificación de la infiltración.

- Infiltración del pavimento : 1.31 cm/s (tabla 16)
- Intensidad de lluvia de diseño : 176.70 mm/h

La infiltración del pavimento es superior a la intensidad de lluvia por lo que se considera adecuado.

6.4.7.2.5 Verificación de infiltración del suelo.

En esta sección se verifica si el suelo de fundación (subrasante) tiene infiltración total, parcial o nula como se detalle en el apartado 4.2.4.

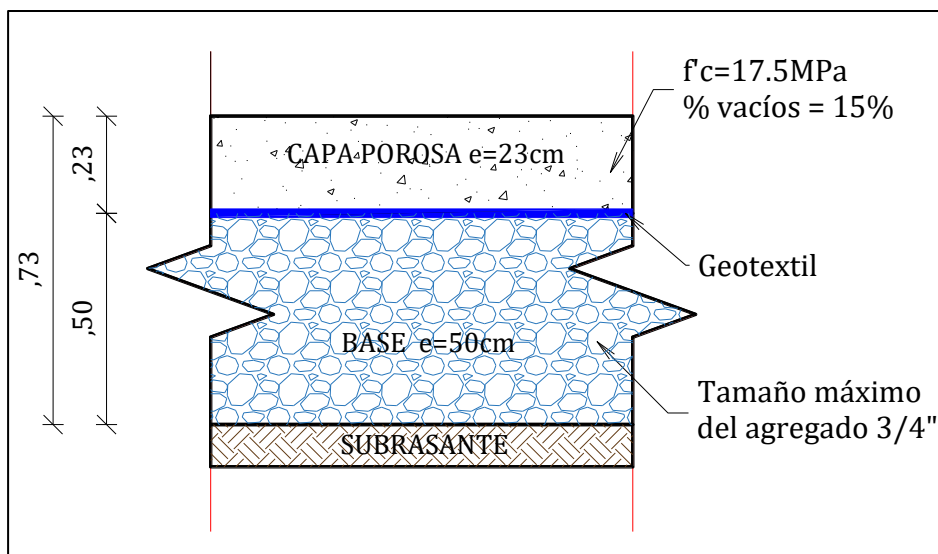
- Infiltración del suelo : 5.5 cm/h

El cual se encuentra dentro de la clasificación de infiltración parcial, por lo que no requiere de un sistema adicional de drenaje como tuberías cribadas.

Por lo que el diseño final del pavimento se muestra en la Figura 47.

Figura 47

Sección propuesta del pavimento poroso



6.5 Discusión de resultados

A partir de los resultados de la investigación al pavimento poroso, como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales, podemos indicar que con el agregado grueso de 3/8" y relación a/c 0.35 al 15% de vacíos, se obtiene una resistencia a la compresión de 176.05kgf/cm², la que se encuentra en los rangos permitidos por la norma ACI 522R-10.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Guamán (2019), al señalar que las resistencias obtenidas en sus probetas elaborados con agregado triturado de 3/8” llegó a 9.51 a 10.92 MPa, mientras las briquetas elaboradas agregando piedra bola de 3/4” llegó a 9.11 a 12.45 MPa; las briquetas elaboradas con agregado triturado de 3/4” a 7.64 a 9.34MPa sostiene que la resistencia obtenida se encuentra 2.8 y 28MPa, así como la norma precisa. Ello es acorde con lo que en este estudio se plantea.

Asimismo, Paucar y Morales (8), concluyen que obtuvieron diferentes resistencias descargo de acuerdo con el tamaño del agregado que usaron con el agregado 3/4", obtuvieron 145.21kgf/cm² de resistencia, que alcanzó una mayor resistencia adecuada para el uso de pavimentos de bajo tránsito obteniendo resultados que se encuentran en el rango de 28.55kgf/cm² a 285.51kgf/cm² como indica la norma ACI 522 R -10.

El estudio realizado coincide con Paucar y Morales (8) acerca del diseño para pavimentos porosos, encontrándonos con la norma ACI 522R-10 que es usada a nivel mundial y nacional para este tipo de concretos. Esta metodología nos permitió conocer la capacidad de filtración de los pavimentos porosos para cualquier evento de tormenta y duración de eventos de precipitaciones, a través de los ensayos realizados en laboratorio.

A similares conclusiones arriba Sañudo et al. (1), quien señaló que las pruebas realizadas en laboratorio corresponden a la metodología utilizada que permiten el analizar si el pavimento poroso es apto para infiltrar grandes cantidades de agua de lluvia y condiciones de colmatación, los cuales permiten conocer si nuestro estudio es apto para realizar el trabajo de un drenaje sostenible.

Tarifeño (7) señaló que al realizar distintos diseños que están formulados en su investigación, contienen partículas indispensables y principales para el tipo de concreto que se formuló, en el cual se alcanzó resistencia a la compresión de $f'c = 193.33\text{kgf/cm}^2$ a los 28 días. Mientras la investigación realizada no coincide con los resultados señalados ya que a los 28 días logramos una resistencia compresiva de 176.05kgf/cm^2 .

Mendoza y Ospina (5) señalaron que la caracterización del estudio a nivel de laboratorio poniendo énfasis en una resistencia de 400 psi resistencia que no se alcanzó se obtuvo una resistencia menor. Coincidimos con los hallazgos del autor, pues tampoco pudimos llegar a la resistencia requerida para un pavimento de bajo volumen de tránsito.

CONCLUSIONES

- En este trabajo se determinó que el empleo del pavimento poroso es eficiente como sistema alternativo para la permeabilización de las aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, porque de acuerdo con los estudios hidrológicos realizados en la zona de estudio, se tiene una intensidad máxima de lluvia de 176.70 mm/h y mediante los estudios realizados en laboratorio se determinó que el concreto elaborado con agregado grueso N° 04 logra permeabilizar 1.37 cm/s (49,320.00 mm/h) cuando el agregado grueso es de 3/8'' logra permeabilizar 1.57 cm/s (56,520.00 mm/h). Asimismo, con el agregado de 1/2'' logra permeabilizar 2.52 cm/s (90,720.00 mm/h), y cuando el tamaño del agregado es de 3/4'', se logra permeabilizar 3.34 cm/s (120,240.00 mm/h), los cuales son mucho mayores al valor esperado de 176.70 mm/h en la zona de estudio. En cuanto a la resistencia del concreto se obtuvo un valor de 5.99 MPa (55.99 kgf/cm²) con el agregado grueso de 3/4'', 7.01 MPa (71.02 kgf/cm²) con el agregado grueso de 1/2'', 10.83 MPa (107.24kgf/cm²) con el agregado grueso de 3/8'' un valor de 11.52 MPa (115.16 kgf/cm²) con el agregado grueso N° 04. Estos valores, para un porcentaje de vacíos del 19%, la norma técnica peruana CE.010 (pavimentos urbanos) afirma que la resistencia mínima para aceras, pasajes peatonales y ciclovía tiene que ser mayor a 17.5MPa (175 kgf/ cm²), el cual no se logra conseguir con un porcentaje de vacíos mayores al 19% como se puede observar de la Figura 31. Los valores de resistencia a la compresión con un porcentaje de vacíos del 15% se obtuvieron 17.61MPa (176.05 kg/f/ cm²) con el agregado 3/8'', el cual supera a los 17.5 MPa recomendado por la norma mencionada.
- Se determinó que sí existe relación de la granulometría del agregado grueso con la permeabilidad del concreto. Esto debido a que mayor el tamaño del agregado grueso mayor será la infiltración del agua pluvial de manera inversa a menor tamaño de agregado grueso menor será la infiltración, verificándose que con el agregado de 3/4'' se logró permeabilizar 3.34 cm/s (120,240.00 mm/h). Asimismo, con el agregado de 1/2'' se logró permeabilizar 2.52 cm/s (90,720.00 mm/h); con el agregado grueso de 3/8'', 1.57 cm/s (56,520 mm/h); y con el agregado grueso N° 04, 1.37 cm/s (49,320.00 mm/h), tal como se muestra en la Figura 34.
- Se determinó que la granulometría del agregado grueso sí influye en la resistencia a la compresión del concreto. Con el agregado grueso de 3/4'' se obtuvo un valor de

resistencia a la compresión de 5.99 MPa (55.99 kgf/ cm²); con el agregado grueso de 1/2'', 7.01 MPa (71.02 kgf/cm²); con el agregado grueso de 3/8'', 10.83 MPa (107.24kgf/cm²); y con el agregado grueso N° 04, 11.52 MPa (115.16 kgf/ cm²), evidenciándose que a mayor tamaño de agregado grueso la resistencia es menor y cuando el agregado grueso es de menor tamaño la resistencia a la compresión es mayor como puede observarse en la Figura 28.

- Se determinó que sí existe relación entre la resistencia a la compresión con la permeabilidad del concreto, ya que a mayor permeabilidad la resistencia a la compresión es menor, verificándose que con el agregado de 3/4'' se logró permeabilizar 3.34 cm/s (120,240.00 mm/h), y una resistencia a la compresión de 5.99 MPa (55.99 kgf/cm²), mientras que con el agregado de 1/2'' se logró permeabilizar 2.52 cm/s (90,720.00 mm/h), y una resistencia a la compresión de 7.01 MPa (71.02 kgf/cm²); con el agregado grueso de 3/8'' se logró permeabilizar 1.57 cm/s (56,520 mm/h), mientras la resistencia a la compresión tiene un valor de 10.83 MPa (107.24kgf/cm²); y con el agregado grueso N°04 se logró permeabilizar 1.37 cm/s (49,320.00 mm/h) y una resistencia a la compresión de 11.52 MPa (115.16 kgf/cm²) como se muestra en la Figura 45. Esto se debe a que cuando el tamaño del agregado es de mayor diámetro este tendrá una buena permeabilidad debido al mayor porcentaje de vacíos en su estructura, pero reducirá considerablemente la resistencia a la compresión.

RECOMENDACIONES

- La relación de agua - cemento a usar debe ser a/c 0.35, para poder tener una buena consistencia del concreto y trabajabilidad y llegar a buena resistencia a la compresión.
- Se recomienda el pavimento poroso para uso en ciclovías, estacionamientos y veredas.
- Para realizar el diseño de mezcla se recomienda emplear las normas ACI 522R-10 “Reporte en concreto permeable”.
- El curado de las briquetas se debe realizar con plástico ya que alcanzan una mayor resistencia a la compresión en comparación al curado con agua.
- Se recomienda agregar agregado fino en porcentajes mínimos para mejorar la resistencia a la compresión y aditivos para mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Efectuar estudios de mecánica de suelos para conocer las características físico-mecánicas del suelo; asimismo, conocer su permeabilidad en caso de no ser permeable plantear un sistema de drenaje alternativo.
- Para mejorar la resistencia a la compresión simple y obtener una buena permeabilidad, se aconseja utilizar un porcentaje de huecos igual al 15%.
- Para observar las deformaciones y el módulo elástico, se recomienda realizar ensayos de flexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAÑUDO, Luis, RODRÍGUEZ, Jorge y CASTRO, Daniel. *Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)* [En línea]. Cantabria: Universidad de Cantabria, Santander, 2013. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257231993_Diseño_y_Construcción_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_SUDS
2. GUAMAN, Maria. *Propuesta de un pavimento de concreto poroso permeable para estacionamientos en zonas urbanas, que evite el estancamiento de aguas pluviales* [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala, 2019.
3. SAÑUDO, Luis. *Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerante poroso para el control en orígenes de inundaciones* [En línea]. Tesis de doctorado, Universidad de Cantabria, Santander, 2014. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/5053>
4. GAMEZ , Jhony, GUZMAN, Carlos y RENDEROS, Francisco. *Evaluación del comportamiento en el módulo de ruptura en concretos permeables para carpetas de rodadura de pavimentos rígidos utilizando geosintético en su estructura*. Salvador: Universidad de El Salvador, 2016.
5. MENDOZA, Eddy y OSPINA, Jenny. *Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Distrital José Caldas, Bogotá, 2018. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14127>
6. CABEZON, Iñigo. *Estudio de la capacidad de infiltración de pavimentos permeable* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad de Cantabria, Santander, 2020.
7. TARIFEÑO, Branco. *Evaluación de las propiedades del concreto permeable en pavimentos especiales* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, 2018. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6425>
8. PAUCAR , Yesica y MORALES, Franciss. *Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo Tránsito- $F'_{C175\text{kg/cm}^2}$* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de

- Huancavelica, Huancavelica, 2018. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/3eabdde6-a63b-4e92-91ad-060cb42d5d68>
9. GUIZADO, Agneth y CURI, Elvis. *Evaluacion del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vias locales y pavimentos especiales de la costa Noroeste del Peru* [En línea]. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9831>
 10. VELA, Emerson y CRUZ, Lloiner. *Pavimentos permeables como sistema alternativo para el drenaje urbano en la localidad de Molinopampa, Amazonas, 2018* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, 2019. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2071>
 11. BAUTISTA, Alessandro. *Diseño de pavimento rigido permeable para la evacuacion de aguas pluviales segun ña norma ACI 522-10* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Lima, 2018.
 12. LUCKE, Terry, y otros. *Are Infiltration Capacities of Clogged Permeable Pavements Still Acceptable* [En línea]. Lyon, Francia, 2013. <https://hal.science/hal-03303530/document>
 13. TRUJILLO, Alejandra y QUIROZ, Diana. *Pavimentos Porosos utilizados como sistema alternativos al drenaje urbano* [En línea]. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, 2013. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11174/TrujilloLopezAlejandra2013.pdf?sequence=1>
 14. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras. Manual suelos, geologia, geotecnia y pavimento* [En línea]. Seccion suelos y pavimentos, Lima, Perú 2013. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
 15. FLETCHER, Tim, y otros. Reuse of urban runoff in Australia: a review of recent advances and remaining challenges. *Journal of environmental quality* [En línea]. 2008, vol. 37, pp. 116-127. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18765758/>

16. WATANABE. *Study on storm water control by permeable pavement and infiltration pipes* Water Science Technology 1995 25-32 [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/027312239500534T>
17. INTERPAVE. *Guide to desian, contruction and maintenance of concrete block permeable pavements* [En línea]. 2008. Disponible en: <http://www.paving.org.uk/documents/cppave.pdf>
18. FERGUSON. *Porous pavements*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis. [Google Scholar]. 2005. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9781420038439>
19. GARCÍA, Eduardo. *Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables aplicación en climas mediterráneos*. Tesis de maestría, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, 2011. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/15383>
20. EPA. Preliminary data summary of urban storm water. Washington DC. , 1999.
21. MINVU. *Tecnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos - Guia de Diseño* 1996.
22. INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO. *Report on Pervious Concrete*.
23. TOXEMENT, EUCLID GROUP. *Concreto poroso o concreto permeable* [En línea]. 2017. Disponible en: https://www.toxement.com.co/media/3812/concreto_poroso.pdf
24. SHARMA, Ashok, GARDNER, Ted y BEGBIE, Don. *Approaches to water sensitive Urban Design*. [En línea] 2019. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/approaches-to-water-sensitive-urban-design/sharma/978-0-12-812843-5>
25. COMISIÓN DE NORMALIZACIÓN Y DE FISCALIZACIÓN DE BARRERAS COMERCIALES NO ARANCELARIAS - INDECOPI. NTP-339.035. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigon con el cono de Abrams*. Lima, 1999.
26. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *ACI522R-10. Report on Pervious Concrete* [En línea]. 2011. Disponible en: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PROTECTED_PDF&Language=English&Units=US_AND_METRIC

27. ASTM. *ASTM C1754/C1754M-12. Método de Prueba Estándar para Densidad y Contenido de Vacíos del Hormigón Permeable Endurecido* [En línea]. 2012. Disponible en https://www.astm.org/c1754_c1754m-12.html
28. BENITES, Juan. *Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera rio Jequetepeque y el aditivo chemaplast* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2013. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/522>
29. TENNIS, Paul, LEMING, Michael y AKERS, David. *Pervios concrete pavements*. 2004.
30. PORRAS, José. *Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad* [En línea]. Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2017. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/7109>.
31. TOXEMENT, *Guía de especificación concreto poroso o concreto permeable* [En línea] en línea https://www.toxement.com.co/media/4333/concreto_poroso-comprimido.pdf
32. FLORES, Cesar y PACOMPIA, Ivan. *Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de tiras de plástico para pavimentos F'c 175 Kg/Cm² en la Ciudad de Puno* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2015. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3274530>
33. PIERALISI, Ricardo. *Hormigon permeable: usos, especificaciones y diseño* [En línea]. Parana, 2018.
34. CHURCH, FALLS. *Aguas Pluviales y Planicie Inundable*. [En línea]. 2014. Disponible en: <http://www.fallschurchva.gov/1373/Aguas-Pluviales-y-Planicie-Inundable>.
35. CASTRO, Daniel, y otros. *Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*. *Revista interciencia* [En línea]. 2005. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910403.pdf>
36. LAURA, Samuel. *Diseño de mezcla de concreto* [En línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2006. Disponible en: <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/Dise%C3%B1o-de-Mezclas-de-Concreto-Ing.-Samuel-Laura-Huanca.pdf>

37. BERNAL, César. *Metologia de la investigacion administracion, economia, humanidades y ciencias sociales* [En línea]. Colombia: Pearson, 2010. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
38. HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education, 2014.
39. VÉLEZ, Ligia M. Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *Tecno Lógicas* [En línea]. 2010, núm. 25, pp. 169-187. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234320010.pdf>
40. SÁNCHEZ, Hugo; REYES, Carlos. *Metodología de la investigación científica*. Lima: Business Support Anneth SRL, 2015.
41. HUAMÁN, Hector. *Manual de tecnicas de investigacion concpetos y aplicaciones*. Lima: IPLADEES S.A.C, 2005.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	
<p>Problema principal:</p> <p>¿Cómo evaluar la eficiencia del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo 2021?</p> <p>Problemas secundarios:</p> <p>1.- ¿Cómo se relaciona la granulometría del agregado con la permeabilidad del pavimento poroso, en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021?</p> <p>2.- ¿Cuál es la influencia de la granulometría del agregado grueso respecto a la resistencia a la compresión del pavimento poroso como técnica alternativa de para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021?</p> <p>3.- ¿Cómo se relaciona la Resistencia a la compresión con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de san jerónimo, Andahuaylas 2021?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la eficiencia del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo 2021.</p> <p>Objetivo específico:</p> <p>1.- Determinar la relación de la granulometría del agregado con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021.</p> <p>2.- Determinar la influencia de la granulometría del agregado grueso con la respecto a la resistencia a la compresión del pavimento poroso como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas 2021.</p> <p>3.- Determinar la relación de la resistencia a la compresión con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El pavimento si es eficiente como sistema alternativo para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac, distrito de San Jerónimo 2021.</p> <p>Hipótesis específica:</p> <p>1.- Existe una relación entre la granulometría del agregado con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021.</p> <p>2.- La granulometría del agregado grueso si influye en la resistencia a la compresión del pavimento poroso es como sistema alternativo de para la permeabilización de las aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac del distrito de San Jerónimo.</p> <p>3.-Existe una relación entre la resistencia a la compresión con la permeabilidad del pavimento poroso en la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2021</p>	Variable dependiente: Pavimento Poroso	
			Dimensiones	Indicadores
			D1: Diseño de mezcla	Densidad y absorción Abrasión Los Ángeles Asentamiento Relación agua-cemento Porcentajes de vacíos
			D2: Métodos de pruebas	Resistencia a la compresión Porosidad Permeabilidad
			Variable independiente: permeabilización de aguas pluviales	
			Dimensiones	Indicadores
D1: Características físicas	Periodo de retorno Precipitaciones máximas Intensidades			

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>MÉTODO El método de investigación es inductivo. Al respecto Bernal (2010), menciona que “este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general” (p. 59). ALCANCE El nivel de la investigación es descriptivo</p> <p>DISEÑO DE ESTUDIO El diseño es tipo experimental, transversal, correlacional - causal</p>	<p>POBLACIÓN La población de la investigación la conforma la calzada de la sexta cuadra del Jr. Manco Cápac del distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas de la región de Apurímac.</p> <p>MUESTRA La muestra de investigación la conforman probetas 24 cilíndricas de los ensayos y dos calicatas.</p>	<p>Técnicas de recolección de datos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La observación científica <ul style="list-style-type: none"> • La observación directa • La observación indirecta • La observación de campo • La observación de laboratorio • La observación grupal 2. Revisión documental <p>Instrumento de recolección de datos Fichas de registro de laboratorio</p> <p>Instrumentos de recolección de campo</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Herramientas manuales ➤ Pico, pala y sacos <p>Herramientas manuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estación total ➤ Cinta métrica ➤ GPS <p>Instrumentos de laboratorio</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Juego de tamices ➤ Balanza ➤ Equipo de permeabilidad ➤ Equipo de rotura briquetas ➤ Equipo para medir porosidad

ANEXO B: PANEL FOTOGRÁFICO



Acontecimientos suscitados por las lluvias en las calles del distrito.



Imposibilidad de paso peatonal causada por lluvias intensas.



Ensayo de granulometría.



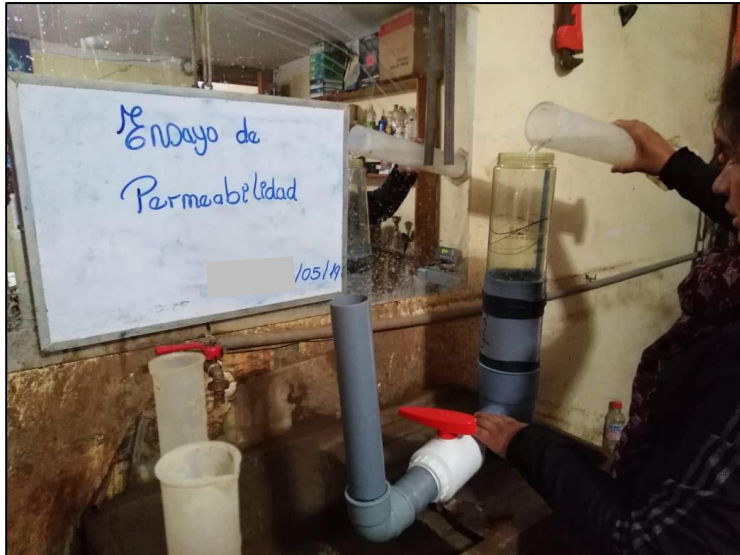
Diseño de mezcla.



Elaboración de briquetas.



Vaciado de briquetas con agregado 3/4\"/>



Prueba de permeabilidad.



Curando de briquetas con plástico.



Muestra de curado de briquetas con plástico.

ANEXO C: ENSAYOS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS
(NORMA NTP 339.127, ASTM D 2216)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021		
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA	:25/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores		

CARACTERISTICAS	M1	M2	M3
Recipiente N°	01	02	
Peso de Recipiente gr	12.58	12.86	
Peso de Recipiente + Muestra Humeda gr	98.16	95.98	
Peso de Recipiente + Muestra Seca gr	96.64	94.86	
Peso de Agua gr	1.52	1.12	
Peso de la Muestra Seca gr	84.06	82.00	
Contenido de Humedad (%)	1.81	1.37	
Contenido de Humedad Promedio (%)	1.59		


INDEOLAB S.R.L.
Keyla Palomino Flores
 Ing. Edwin Milavinda Palomino
 CIP. 71317
 JEFE DE LABORATORIO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA NTP 400.021, ASTM C 127)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluación de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilización de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021	
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA :25/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores	

AGREGADO GRUESO - 3/4"

A	Peso de la muestra secada al horno	gr	498.00
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00
C	Peso sumergida de la canastilla	gr	-
D	Peso sumergido de la canastilla + muestra SSS	gr	320.00
E	Peso sumirgido en agua de la muestra saturada	gr	320.00
	Peso especifico aparante	gr/cm ³	2.77
	Peso especifico aparente S.S.S	gr/cm ³	2.78
	Peso especifico nominal	gr/cm ³	2.80
	Absorcion	%	0.40%

AGREGADO GRUESO - 1/2"

A	Peso de la muestra secada al horno	gr	498.00
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00
C	Peso sumergida de la canastilla	gr	-
D	Peso sumergido de la canastilla + muestra SSS	gr	320.00
E	Peso sumirgido en agua de la muestra saturada	gr	320.00
	Peso especifico aparante	gr/cm ³	2.77
	Peso especifico aparente S.S.S	gr/cm ³	2.78
	Peso especifico nominal	gr/cm ³	2.80
	Absorcion	%	0.40%

AGREGADO GRUESO - 3/8"

A	Peso de la muestra secada al horno	gr	494.00
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00
C	Peso sumergida de la canastilla	gr	-
D	Peso sumergido de la canastilla + muestra SSS	gr	310.00
E	Peso sumirgido en agua de la muestra saturada	gr	310.00
	Peso especifico aparante	gr/cm ³	2.60
	Peso especifico aparente S.S.S	gr/cm ³	2.63
	Peso especifico nominal	gr/cm ³	2.68
	Absorcion	%	1.21%

AGREGADO GRUESO - N°4

A	Peso de la muestra secada al horno	gr	494.00
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00
C	Peso sumergida de la canastilla	gr	-
D	Peso sumergido de la canastilla + muestra SSS	gr	310.00
E	Peso sumirgido en agua de la muestra saturada	gr	310.00
	Peso especifico aparante	gr/cm ³	2.60
	Peso especifico aparente S.S.S	gr/cm ³	2.63
	Peso especifico nominal	gr/cm ³	2.68
	Absorcion	%	1.21%



 Ing. Edwin Milojos Patuquimo

 CIP. 27317

 JEFE DE LABORATORIO

PESO UNITARIO
(NORMA NTP 400.017, ASTM C 29)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021		
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA	:26/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores		

AGREGADO GRUESO - 3/4"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,405.00
C	Peso de la muestra	gr	4,050.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario suelta	gr/cm3	1.35
	Peso unitario suelta	kg/m3	1,348.14

AGREGADO GRUESO - 1/2"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,460.00
C	Peso de la muestra	gr	4,105.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario suelta	gr/cm3	1.37
	Peso unitario suelta	kg/m3	1,366.44

AGREGADO GRUESO - 3/8"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,327.00
C	Peso de la muestra	gr	3,972.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario suelta	gr/cm3	1.32
	Peso unitario suelta	kg/m3	1,322.17

AGREGADO GRUESO - N°4

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,412.00
C	Peso de la muestra	gr	4,057.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario suelta	gr/cm3	1.35
	Peso unitario suelta	kg/m3	1,350.47


 INYTI S.A.S.
 Ing. Keyla Palomino
 CIP. 773
 JEFE DE LABORATORIO

PESO UNITARIO
(NORMA NTP 400.021, ASTM T 127)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021		
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA	:26/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores		

AGREGADO GRUESO - 3/4"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,676.00
C	Peso de la muestra	gr	4,321.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario compactado	gr/cm3	1.44
	Peso unitario compactado	kg/m3	1,438.34

AGREGADO GRUESO - 1/2"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,755.67
C	Peso de la muestra	gr	4,400.67
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario compactado	gr/cm3	1.46
	Peso unitario compactado	kg/m3	1,464.86

AGREGADO GRUESO - 3/8"

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,619.33
C	Peso de la muestra	gr	4,264.33
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario compactado	gr/cm3	1.42
	Peso unitario compactado	kg/m3	1,419.48

AGREGADO GRUESO - N°4

A	Peso del molde	gr	4,355.00
B	Peso del molde + peso de la muestra	gr	8,514.00
C	Peso de la muestra	gr	4,159.00
D	Volumen del mode	cm3	3,004.15
	Peso unitario compactado	gr/cm3	1.38
	Peso unitario compactado	kg/m3	1,384.42


INTECOLAB S.R.L.
 Ing. Edwin Alberto Palomino
 CIP-25317
 JEFE DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL CONCRETO
(NORMA NTP 399.603 - NTP339.604)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas.
UBICACION : San Jeronimo, Andahuaylas
TESISTA : Bach. Keyla Palomino Flores
FECHA : 12/04/2019

DATOS DE PERMEABILIDAD

Tamaño del agregado	% de vacios	A/C	E (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Volumen en (cm ³)	Tiempo (s)	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	Flujo (mm/s)	L/m ² /min	Promedio
3/4"	19%	0.35	15	10	78.53	1300	7.43	174.97	3.34	174.97	1,336.82	1,460.93
		0.4	15	10	81.07	1300	6.07	214.17	3.96	214.17	1,585.05	
	30%	0.35	15	10	78.35	1300	5.04	257.94	4.94	257.94	1,975.26	
		0.4	15	10	81.07	1300	4.55	285.71	5.29	285.71	2,114.56	

DATOS DE PERMEABILIDAD

Tamaño del agregado	% de vacios	A/C	E (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Volumen en (cm ³)	Tiempo (s)	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	Flujo (mm/s)	L/m ² /min	Promedio
1/2"	19%	0.35	15	10	78.53	1300	10.08	128.97	2.46	128.97	985.36	996.94
		0.4	15	10	81.07	1300	9.54	136.27	2.52	136.27	1,008.52	
	15%	0.35	15	10	78.35	1300	19.56	66.46	1.27	66.46	453.33	

DATOS DE PERMEABILIDAD

Tamaño del agregado	% de vacios	A/C	E (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Volumen en (cm ³)	Tiempo (s)	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	Flujo (mm/s)	L/m ² /min	Promedio
3/8"	19%	0.35	15	10	78.53	1300	15.84	82.07	1.57	82.07	628.49	644.88
		0.4	15	10	81.07	1300	14.55	89.35	1.65	89.35	661.26	
	15%	0.35	15	10	78.35	1300	18.97	68.53	1.31	68.53	507.18	

DATOS DE PERMEABILIDAD

Tamaño del agregado	% de vacios	A/C	E (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Volumen en (cm ³)	Tiempo (s)	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	Flujo (mm/s)	L/m ² /min	Promedio
N° 04	19%	0.35	15	10	78.53	1300	18.58	69.97	1.34	69.97	534.58	541.71
		0.4	15	10	81.07	1300	17.53	74.16	1.37	74.16	548.85	


 JEFE DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL CONCRETO
(NORMA NTP 399.603 - NTP339.604)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas.
UBICACION : San Jeronimo, Andahuaylas
TESISTA : Bach. Keyla Palomino Flores
FECHA : 12/06/2021

# AGREGADO	A/C	% DE VACIOS	FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	EDAD	AREA (cm ²)	CARGA (Tonnet)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kgf/cm ²)
3/4"	0.35	30%	05/05/2021	12/05/2021	7	176.71	5.50	31.12
3/4"	0.40	30%	05/05/2021	12/05/2021	7	176.71	4.30	24.33
3/4"	0.35	19%	09/05/2021	16/05/2021	7	176.71	8.20	46.40
3/4"	0.40	19%	09/05/2021	16/05/2021	7	176.71	8.00	45.27
1/2"	0.35	19%	10/05/2021	17/05/2021	7	176.71	10.95	61.97
1/2"	0.40	19%	10/05/2021	17/05/2021	7	176.71	10.20	57.72
3/8"	0.35	19%	11/05/2021	18/05/2021	7	176.71	16.35	92.52
3/8"	0.40	19%	11/05/2021	18/05/2021	7	176.71	14.70	83.19
N° 04	0.35	19%	13/05/2021	20/05/2021	7	176.71	18.05	102.14
N° 04	0.40	19%	13/05/2021	20/05/2021	7	176.71	16.60	93.94
1/2"	0.35	15%	15/05/2021	22/05/2021	7	176.71	23.00	130.16
3/8"	0.35	15%	15/05/2021	22/05/2021	7	176.71	23.55	133.27
3/4"	0.35	30%	05/05/2021	19/05/2021	14	176.71	6.35	35.93
3/4"	0.40	30%	05/05/2021	19/05/2021	14	176.71	4.55	25.75
3/4"	0.35	19%	09/05/2021	23/05/2021	14	176.71	10.35	58.57
3/4"	0.40	19%	09/05/2021	23/05/2021	14	176.71	9.30	52.63
1/2"	0.35	19%	10/05/2021	24/05/2021	14	176.71	10.70	60.55
1/2"	0.40	19%	10/05/2021	24/05/2021	14	176.71	11.15	63.10
3/8"	0.35	19%	11/05/2021	25/05/2021	14	176.71	16.40	92.81
3/8"	0.40	19%	11/05/2021	25/05/2021	14	176.71	15.10	85.45
N° 04	0.35	19%	13/05/2021	27/05/2021	14	176.71	18.45	104.41
N° 04	0.40	19%	13/05/2021	27/05/2021	14	176.71	17.75	100.45
1/2"	0.35	15%	15/05/2021	29/05/2021	14	176.71	25.70	145.44
3/8"	0.35	15%	15/05/2021	29/05/2021	14	176.71	29.24	165.47
3/4"	0.35	30%	05/05/2021	02/06/2021	28	176.71	6.50	36.78
3/4"	0.40	30%	05/05/2021	02/06/2021	28	176.71	5.20	29.43
3/4"	0.35	19%	09/05/2021	06/06/2021	28	176.71	10.60	59.99
3/4"	0.40	19%	09/05/2021	06/06/2021	28	176.71	10.00	56.59
1/2"	0.35	19%	10/05/2021	07/06/2021	28	176.71	12.55	71.02
1/2"	0.40	19%	10/05/2021	07/06/2021	28	176.71	11.55	65.36
3/8"	0.35	19%	11/05/2021	08/06/2021	28	176.71	19.13	108.26



 JEFE DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL CONCRETO
(NORMA NTP 399.603 - NTP339.604)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO :Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco
UBICACION :Capac, Distrito de San Jeronimo,Andahuaylas.
TESISTA :Bach. Keyla Palimino Flores **FECHA** : 12/06/2021

# AGREGADO	A/C	% DE VACIOS	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	AREA (cm ²)	CARGA (Tonnel)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kgf/cm ²)
3/8"	0.40	19%	11/05/2021	08/06/2021	28	176.71	18.95	107.24
N° 04	0.35	19%	13/05/2021	10/06/2021	28	176.71	21.15	119.69
N° 04	0.40	19%	13/05/2021	10/06/2021	28	176.71	20.35	115.16
1/2"	0.35	15%	15/05/2021	12/06/2021	28	176.71	25.90	146.57
3/8"	0.35	15%	15/05/2021	12/06/2021	28	176.71	31.11	176.05


INEOLAB S.R.L.
 Ing. Keyla Palimino Flores
 CIP: 7237
 JEFE DE LABORATORIO

% DE VACIOS
(NORMA NTP 400.017, ASTM C 29)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Ma nco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021		
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA	:27/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores		

AGREGADO GRUESO - 3/4"

A	Peso especifico aparante	gr/cm3	2.77
B	peso unitario suelto	gr/cm3	1.35
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	51.27

AGREGADO GRUESO - 1/2"

A	Peso especifico aparante	gr/cm3	2.77
B	peso unitario suelto	gr/cm3	1.37
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	50.61

AGREGADO GRUESO - 3/8"

A	Peso especifico aparante	gr/cm3	2.60
B	peso unitario suelto	gr/cm3	1.32
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	49.15

AGREGADO GRUESO - N°4

A	Peso especifico aparante	gr/cm3	2.60
B	peso unitario suelto	gr/cm3	1.35
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	48.06



 Ing. Keyla Palomino Flores

 CIP 77417

 JEFE DE LABORATORIO

% DE VACIOS
(NORMA NTP 400.021, ASTM T 127)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021		
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA	:27/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores		

AGREGADO GRUESO - 3/4"

A	Peso específico aparente	gr/cm3	2.77
B	peso unitario compactado	gr/cm3	1.44
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	48.01

AGREGADO GRUESO - 1/2"

A	Peso específico aparente	gr/cm3	2.77
B	peso unitario compactado	gr/cm3	1.46
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	47.05

AGREGADO GRUESO - 3/8"

A	Peso específico aparente	gr/cm3	2.60
B	peso unitario compactado	gr/cm3	1.42
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	45.40

AGREGADO GRUESO - N°4

A	Peso específico aparente	gr/cm3	2.60
B	peso unitario compactado	gr/cm3	1.38
C	peso unitario del agua	gr/cm3	1.00
D	% vacios del agregado suelto	%	46.75



 INGENIERIA S.R.L.

 Ing. Keyla Palomino Flores

 JEFE DE LABORATORIO

ABRASION DE LOS ANGELES
(NORMA NTP 400.019, ASTM C 535)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO	Evaluacion de la eficiencia del pavimento poroso como alternativa para la permeabilizacion de aguas pluviales en la sexta cuadra del Jr. Manco Capac, Distrito de San Jeronimo, Andahuaylas 2021	
UBICACIÓN	San Jeronimo, Andahuaylas	FECHA :29/05/2021
TESISTA	Keyla Palomino Flores	

AGREGADO GRUESO - 3/4"

p1	Peso inicial de la muestra	gr/cm3	5,000.00
p2	Peso de final de la muestra seca	gr/cm3	3,431.30
p3	Peso de finos pasantes del tamiz N° 12	gr/cm3	1,568.70
(P1-P2)	Peso perdido por desgaste		1,568.70
	Desgaste	%	31.37

AGREGADO GRUESO - 1/2"

p1	Peso inicial de la muestra	gr/cm3	5,000.00
p2	Peso de final de la muestra seca	gr/cm3	3,479.00
p3	Peso de finos pasantes del tamiz N° 12	gr/cm3	1,521.00
(P1-P2)	Peso perdido por desgaste		1,521.00
	Desgaste	%	30.42

AGREGADO GRUESO - 3/8"

p1	Peso inicial de la muestra	gr/cm3	5,000.00
p2	Peso de final de la muestra seca	gr/cm3	3,509.20
p3	Peso de finos pasantes del tamiz N° 12	gr/cm3	1,490.80
(P1-P2)	Peso perdido por desgaste		1,490.80
	Desgaste	%	29.82

AGREGADO GRUESO - N°4

p1	Peso inicial de la muestra	gr/cm3	5,000.00
p2	Peso de final de la muestra seca	gr/cm3	3,583.10
p3	Peso de finos pasantes del tamiz N° 12	gr/cm3	1,416.90
(P1-P2)	Peso perdido por desgaste		1,416.90
	Desgaste	%	28.34


INGEOLAB S.R.L.
 Ing. Keyla Palomino Flores
 CIP. 72117
 JEFE DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E-107, AASHTO T-27, ASTM D-422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO	: PAVIMENTO POROSO	TIPO DE MUESTRA	: ALTERADA
UBICACIÓN	: SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS	FECHA	: 18-03-2021
TESISTA	: KEYLA, PALOMINO FLORES		

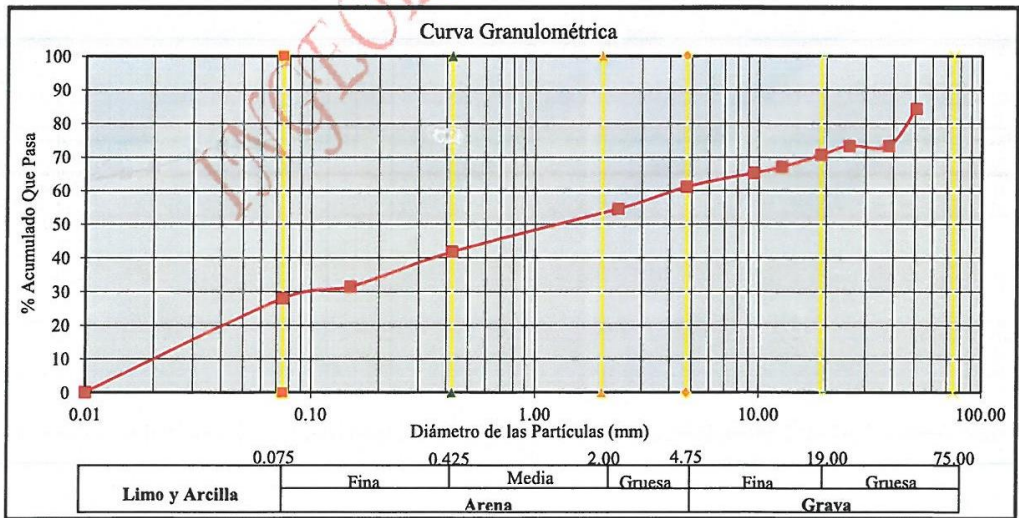
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: C-1	TAMAÑO MÁXIMO	2"
MUESTRA	: M-01	PESO DE LA MUESTRA	2127gr
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50m		

Tamiz		Peso Parcial Retenido (gr)	Peso Parcial Corregido (gr)	% Parcial Retenido (%)	% Acumulado Retenido (%)	% Acumulado Que Pasa (%)	Datos de La muestra Observaciones	
in	mm							
2"	50.800	335.00	335.00	15.75	15.75	84.25	<i>Datos Para Clasificación</i>	
1 1/2"	38.100	234.00	234.00	11.00	26.75	73.25	Pasa N° 4	61.07
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	26.75	73.25	Pasa N° 10	54.49
3/4"	19.050	57.00	57.00	2.68	29.43	70.57	Pasa N° 40	41.70
1/2"	12.700	76.00	76.00	3.57	33.00	67.00	Pasa N° 200	27.93
3/8"	9.525	40.00	40.00	1.88	34.88	65.12	Retiene N° 4	4.04
N° 04	4.750	86.00	86.00	4.04	38.93	61.07		
N° 10	2.360	140.00	140.00	6.58	45.51	54.49	D10	0.03
N° 40	0.425	272.00	272.00	12.79	58.30	41.70	D30	0.12
N° 100	0.150	220.00	220.00	10.34	68.64	31.36	D60	4.36
N° 200	0.075	73.00	73.00	3.43	72.07	27.93	Cu	> 99
Platillo		594.00	594.00	27.93	100.00	0.00	Cc	0.12
TOTAL		2127.00	2127.00	100.00	-	-		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MUESTRA

Limite Líquido (%)	33.73	Max. Dens. Seca (gr./cc)	-	Abrasion (%)	-
Limite Plástico (%)	20.27	Humedad óptima (%)	-	Durabilidad Grava	-
Índice Plástico (%)	13.46	CBR.: al 100%	-	Durabilidad Arena	-
Clasificación		CBR.: al 95%	-	Sales	-
<i>SUCS</i>	GC	Expansion (%)	-	Peso Especifico (gr/cc)	#jREF!
<i>AASHTO</i>	A-2-6	Equivalente de arena (%)	-	% Absorción	#jREF!




ING. EDWIN MIRANDA PALOMINO
 CIP. 77317
 JEFE DE LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40
(NORMA AASHTO T89, T-90, ASTM D-4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : PAVIMENTO POROSO TIPO DE MUESTRA : ALTERADA
 UBICACIÓN : SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS FECHA : 19-03-2021
 TESISTA : KEYLA, PALOMINO FLORES

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-1
 MUESTRA : M-01
 PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

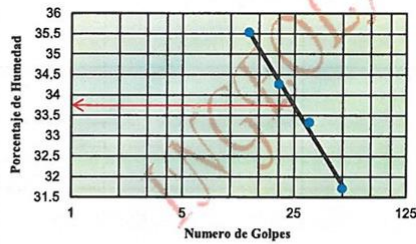
LIMITE LIQUIDO

N° De Recipiente		4	3	2	1
Peso Recipiente (gr)		12.60	12.84	12.80	12.60
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)		28.88	28.84	30.04	27.40
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)		24.96	24.84	25.64	23.52
Peso del Agua (gr)		3.92	4.00	4.40	3.88
Peso Suelo Seco (gr)		12.36	12.00	12.84	10.92
Contenido de Humedad (%)		31.72	33.33	34.27	35.53
N° De Golpes		50	31	20	13

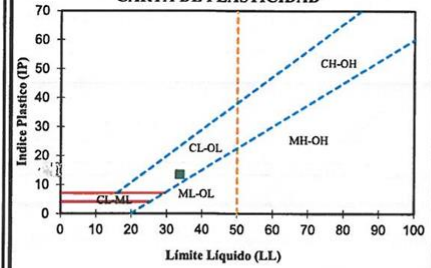
LIMITE PLASTICO

N° De Recipiente		3	4	5	
Peso Recipiente (gr)		12.56	12.88	12.94	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)		26.46	25.98	25.92	
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)		24.10	23.78	23.74	
Peso del Agua (gr)		2.36	2.20	2.18	
Peso Suelo Seco (gr)		11.54	10.90	10.80	
Contenido de Humedad (%)		20.45	20.18	20.19	
Límite Plástico (%)				20.27	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



Constantes Físicas De La Muestra

Límite Líquido (LL)	33.73
Límite Plástico (LP)	20.27
Índice de Plasticidad	13.46


INGEORAB S.R.L.
Edwin Miranda Palomino
 Ing. Edwin Miranda Palomino
 CIP. 73017
 JEFE DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E-108, ASTM D-2216)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS			
PROYECTO	: PAVIMENTO POROSO	TIPO DE MUESTRA	: Natural
UBICACIÓN	: SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS	FECHA	:09-05-2021
TESISTA	: KEYLA, PALOMINO FLORES		

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:C-1
MUESTRA	:M-01
PROF. (m)	:0.00 - 1.50m

CARACTERISTICAS		M1	M2	M3
Recipiente N°		01	02	
Peso de Recipiente	gr.	12.58	12.78	
Peso de Recipiente + Muestra Humeda	gr.	74.08	75.66	
Peso de Recipiente + Muestra Seca	gr.	64.06	64.74	
Peso de Agua	gr.	10.02	10.92	
Peso de la Muestra Seca	gr.	51.48	51.96	
Contenido de Humedad	(%)	19.46	21.02	
Contenido de Humedad Promedio	(%)		20.24	




INGEOLAB S.R.L.
[Signature]
 Ing. Edwin Miranda Palomino
 CIP. 74517
 JEFE DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E-107, AASHTO T-27, ASTM D-422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : PAVIMENTO POROSO TIPO DE MUESTRA : ALTERADA
 UBICACIÓN : SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS FECHA : 18-03-2021
 TESISTA : KEYLA, PALOMINO FLORES

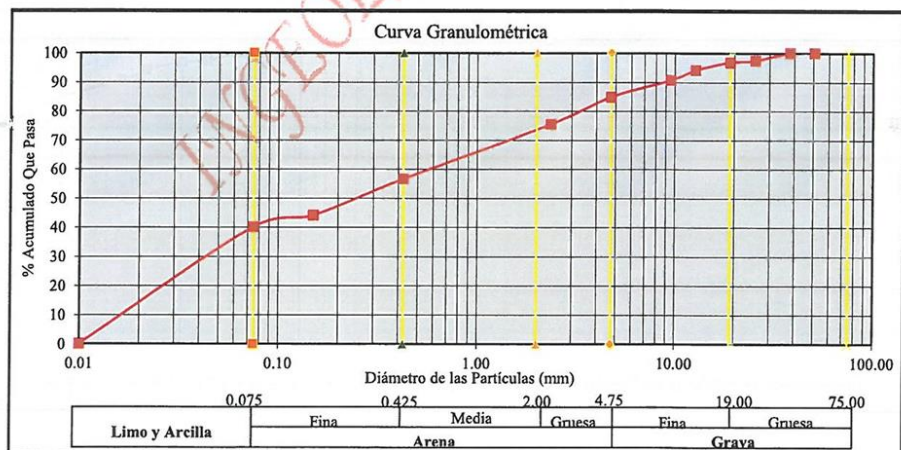
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2 TAMANO MAXIMO
 MUESTRA : M-01 PESO DE LA MUESTRA 2411 gr
 PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

Tamiz		Peso Parcial Retenido (gr)	Peso Parcial Corregido (gr)	% Parcial Retenido (%)	% Acumulado Retenido (%)	% Acumulado Que Pasa (%)	Datos de La muestra Observaciones	
in	mm							
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	<i>Datos Para Clasificación</i>	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	Pasa N° 4	84.82
1"	25.400	65.00	65.00	2.70	2.70	97.30	Pasa N° 10	75.45
3/4"	19.050	14.00	14.00	0.58	3.28	96.72	Pasa N° 40	56.57
1/2"	12.700	63.00	63.00	2.61	5.89	94.11	Pasa N° 200	40.11
3/8"	9.525	83.00	83.00	3.44	9.33	90.67	Retiene N° 4	5.85
N° 04	4.750	141.00	141.00	5.85	15.18	84.82		
N° 10	2.360	226.00	226.00	9.37	24.55	75.45	D10	0.02
N° 40	0.425	450.00	455.00	18.87	43.43	56.57	D30	0.06
N° 100	0.150	300.00	300.00	12.44	55.87	44.13	D60	0.78
N° 200	0.075	97.00	97.00	4.02	59.89	40.11	Cu	41.51
Platillo		967.00	967.00	40.11	100.00	0.00	Cc	0.22
TOTAL		2406.00	2411.00	100.00				

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MUESTRA

Limite Líquido (%)	29.58	Max. Dens. Seca (gr./cc)	-	Abrasion (%)	-
Limite Plástico (%)	20.12	Humedad óptima (%)	-	Durabilidad Grava	-
Índice Plástico (%)	9.46	CBR.: al 100%	-	Durabilidad Arena	-
Clasificación		CBR.: al 95%	-	Sales	-
SUCS	SC	Expansion (%)	-	Peso Especifico (gr/cc)	2.78
AASHTO	A-4	Equivalente de arena (%)	-	% Absorción	0.40




INTEOCAB S.R.L.
[Signature]
 Ing. Edwin Mirca de Palomino
 CIP. 77817
 JEFE DE LABORATORIO

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40
(NORMA AASHTO T89, T-90, ASTM D-4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : PAVIMENTO POROSO TIPO DE MUESTRA : ALTERADA
 UBICACIÓN : SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS FECHA : 19-03-2021
 TESISTA : KEYLA, PALOMINO FLORES

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-01
 PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

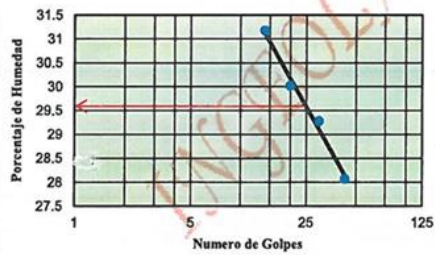
LIMITE LIQUIDO

N° De Recipiente	4	3	2	1
Peso Recipiente (gr)	12.92	13.16	13.02	12.94
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	31.90	29.32	30.26	30.36
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	27.74	25.66	26.28	26.22
Peso del Agua (gr)	4.16	3.66	3.98	4.14
Peso Suelo Seco (gr)	14.82	12.50	13.26	13.28
Contenido de Humedad (%)	28.07	29.28	30.02	31.17
N° De Golpes	43	30	20	14

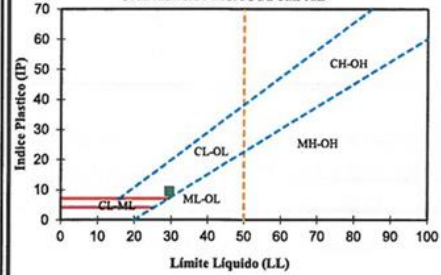
LIMITE PLASTICO

N° De Recipiente	3	4	5
Peso Recipiente (gr)	13.20	13.36	12.58
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	27.20	27.06	25.24
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	24.86	24.76	23.12
Peso del Agua (gr)	2.34	2.30	2.12
Peso Suelo Seco (gr)	11.66	11.40	10.54
Contenido de Humedad (%)	20.07	20.18	20.11
Límite Plástico (%)			20.12

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



Constantes Físicas De La Muestra

Límite Líquido (LL)	29.58
Límite Plástico (LP)	20.12
Índice de Plasticidad	9.46


INGEOLAB SRL.
Edwin Palomino Flores
 Ing. Edwin Palomino Flores
 CIP 47317
 JEFE DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E-108, ASTM D-2216)

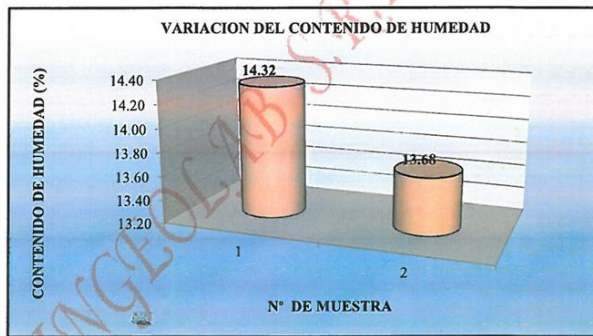
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : PAVIMENTO POROSO TIPO DE MUESTRA : Natural
 UBICACIÓN : SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS FECHA : 11-03-2021
 TESISISTA : KEYLA, PALOMINO FLORES

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-01
 PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

CARACTERISTICAS	M1	M2	M3
Recipiente N°	01	02	
Peso de Recipiente	gr. 12.84	12.62	
Peso de Recipiente + Muestra Humeda	gr. 95.70	91.38	
Peso de Recipiente + Muestra Seca	gr. 85.32	81.90	
Peso de Agua	gr. 10.38	9.48	
Peso de la Muestra Seca	gr. 72.48	69.28	
Contenido de Humedad	(%) 14.32	13.68	
Contenido de Humedad Promedio	(%)	14.00	




INGEOLAB S.R.L.
 Ing. Edwin Parandé JIMÉNEZ
 CIP 17311
 JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO	TRABAJO DE TESIS	AASHO	
UBICACION	JR. MANCO CAPAC	SUCS	
MATERIAL	GC	FECHA	

COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3				
Altura Molde cm.	11.7		11.7		11.7				
N° Capas	5		5		5				
N° Golp x Capa	12		25		56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES	ANTES DE EMPAPA	DESPUES			
P. Húm.+ Molde	8060.00	8422.00	8425.00	8686.00	8858.00	8898.00			
Peso Molde (gr)	3952.00	3952.00	3954.00	3954.00	3962.00	3962.00			
Peso Húmedo (gr)	4108.00	4470.00	4471.00	4732.00	4896.00	4936.00			
Vol. Molde (cc)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06			
Densidad H.(gr/cc)	1.93	2.11	2.11	2.23	2.31	2.32			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	59.18	61.12	54.62	54.94	54.18	54.30	49.82	50.04	47.94
Peso Seco + Tara	54.84	57.18	48.30	51.08	50.46	48.20	45.10	47.52	43.46
Peso Agua (gr)	4.34	3.94	6.32	3.86	3.72	6.10	4.72	2.52	4.48
Peso Tara (gr)	13.66	14.70	15.18	13.60	13.68	14.96	13.44	13.62	15.24
P. Muestra Seca	41.18	42.48	33.12	37.48	36.78	33.24	31.66	33.90	28.22
Cont. Humedad	10.54%	9.27%	19.08%	10.30%	10.11%	18.35%	14.91%	7.43%	15.88%
Cont.Hum.Prom.	9.91%	19.08%		10.21%	18.35%		11.17%	15.88%	
DENSIDAD SECA	1.761	1.768		1.911	1.883		2.074	2.006	

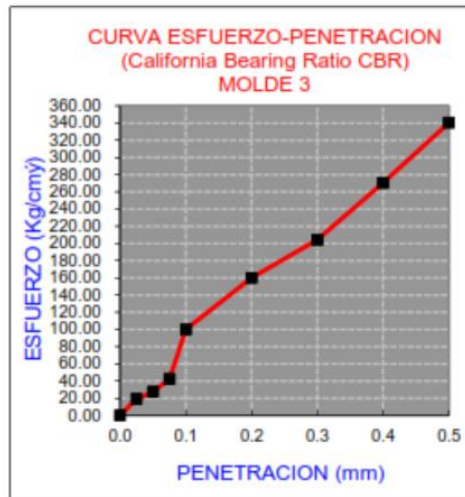
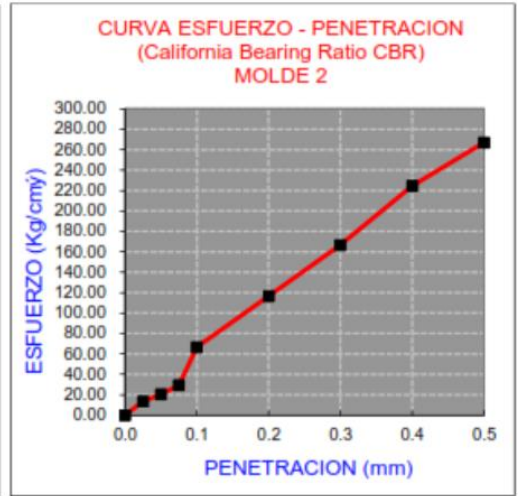
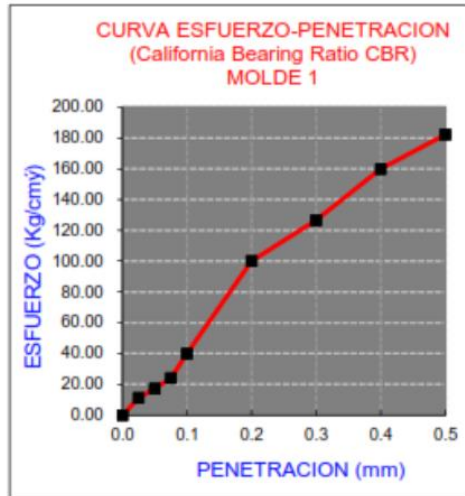
ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM	pul	(%)	DEFORM	pul	(%)	DEFORM	pul	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	150.000	1.500	32.56%	110.000	1.100	23.88%	95.000	0.950	20.62%
48	2	174.000	1.740	37.77%	134.000	1.340	29.09%	115.000	1.150	24.97%
72	3	191.000	1.910	41.46%	151.000	1.510	32.78%	129.000	1.290	28.01%
96	4	208.000	2.080	45.16%	168.000	1.680	36.47%	137.000	1.370	29.74%

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	34	11.17	40	13.33	57	19.00
1.27	0.050	52	17.33	61	20.33	83	27.50
1.91	0.075	72	24.00	88	29.33	126	42.00
2.54	0.100	120	40.00	200	66.67	300	100.00
5.08	0.200	300	100.00	350	116.67	480	160.00
7.62	0.300	380	126.67	500	166.67	613	204.33
10.16	0.400	480	160.00	674	224.67	811	270.33
12.70	0.500	547	182.17	801	267.00	1021	340.33

JR. MANCO CAPAC



C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	10.00%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	9.42%



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

PROYECTO	TRABAJO DE TESIS	AASHO	
UBICACION	JR. MANCO CAPAC	SUCS	
MATERIAL	SC	FECHA	

COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3				
Altura Molde cm	11.7		11.7		11.7				
N° Capas	5		5		5				
N°Golp x Capa	12		25		56				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPA		DESPUES		ANTES DE EMPAPA		DESPUES		
P. Húm.+ Molde	8005.00	8444.00	8274.00	8590.00	8633.00	8825.00			
Peso Molde (gr)	3952.00	3952.00	3954.00	3954.00	3962.00	3962.00			
Peso Húmedo (gr)	4053.00	4492.00	4320.00	4636.00	4671.00	4863.00			
Vol. Molde (cc)	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06	2123.06			
Densidad H.(gr/cc)	1.91	2.12	2.03	2.18	2.20	2.29			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	51.28	62.74	56.08	54.76	55.46	57.26	45.20	49.34	48.34
Peso Seco + Tara	47.42	57.50	49.62	47.32	51.82	51.40	42.56	46.18	43.08
Peso Agua (gr)	3.86	5.24	6.46	7.44	3.64	5.86	2.64	3.16	5.26
Peso Tara (gr)	16.50	15.20	14.72	14.96	14.32	13.62	15.24	14.68	13.44
P. Muestra Seca	30.92	42.30	34.90	32.36	37.50	37.78	27.32	31.50	29.64
Cont. Humedad	12.48%	12.39%	18.51%	22.99%	9.71%	15.51%	9.66%	10.03%	17.75%
Cont.Hum.Prom.	12.44%		18.51%	16.35%		15.51%	9.85%		17.75%
DENSIDAD SECA	1.698		1.785	1.749		1.890	2.003		1.945

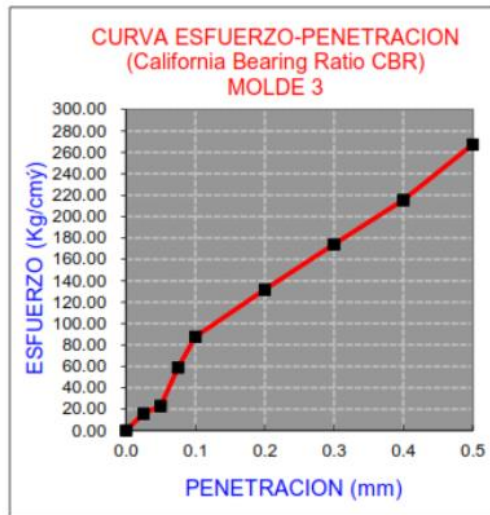
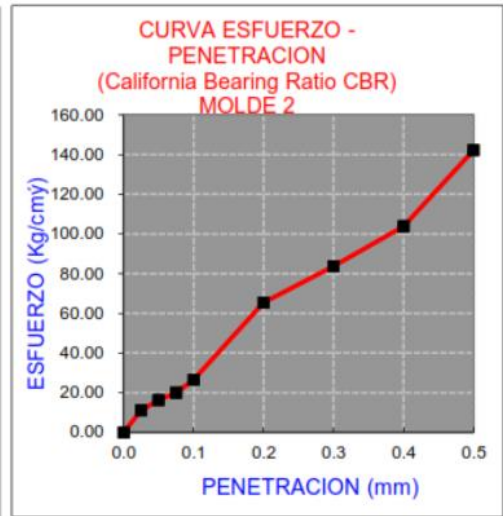
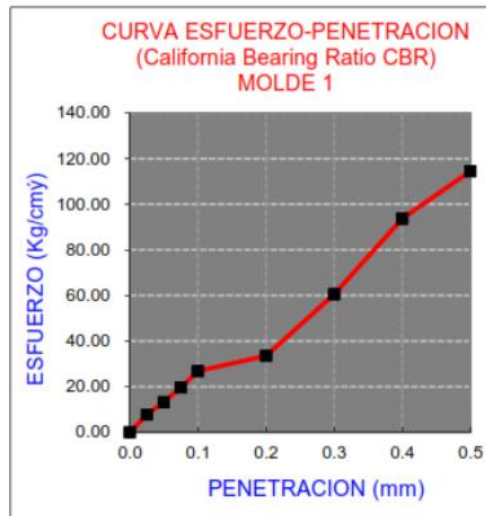
ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTUR	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Dias)	DEFORM	pul	(%)	DEFORM	pul	(%)	DEFORM	pul	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	224.000	2.240	48.63%	170.000	1.700	36.91%	125.000	1.250	27.14%
48	2	249.000	2.490	54.06%	194.000	1.940	42.12%	142.000	1.420	30.83%
72	3	265.000	2.650	57.53%	207.000	2.070	44.94%	165.000	1.650	35.82%
96	4	279.000	2.790	60.57%	219.000	2.190	47.54%	178.000	1.780	38.64%

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	24	7.83	34	11.17	48	15.83
1.27	0.050	40	13.17	49	16.33	69	23.00
1.91	0.075	59	19.67	60	20.00	177	58.83
2.54	0.100	81	26.83	80	26.50	263	87.67
5.08	0.200	101	33.50	196	65.33	395	131.67
7.62	0.300	182	60.50	251	83.67	522	174.00
10.16	0.400	281	93.67	312	103.83	647	215.50
12.70	0.500	344	114.50	427	142.17	803	267.50

JR. MANCO CAPAC



C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	8.80%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	6.57%





INGEOLAB S.R.L.

INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO DE LA EMPRESA INGENIERÍA,
GEOLOGÍA Y LABORATORIO INGEOLAB S.R.L

HACE COSTAR:

Que el señor(a) PALOMINO FLORES KEYLA LIZET, identificado con DNI N°70423509; ha realizado los trabajos de laboratorio de mecánica de suelos, en el marco de desarrollo de su trabajo de investigación para optar el título profesional de ingeniero civil, intitulada “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CÁPAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS 2021”, en cual se desarrollo de manera regular en esta empresa, por lo que doy fe de los resultados obtenidos.

En tal sentido se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que por conveniente.

Andahuaylas, 27 de junio de 2021

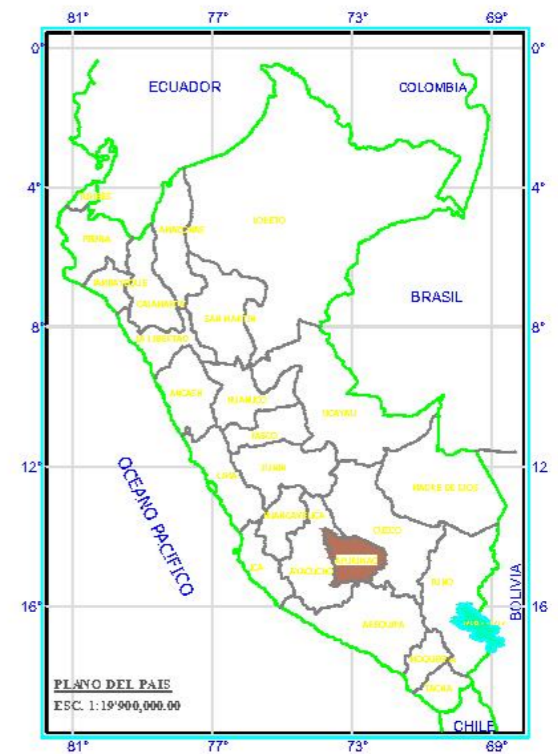
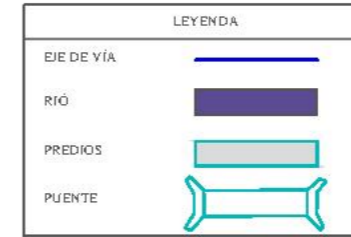


INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Faján Quispilupa

C.I. 18015
SERENTE

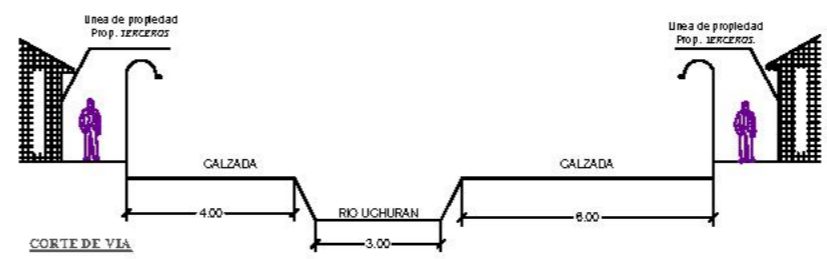
ANEXO D: PLANOS



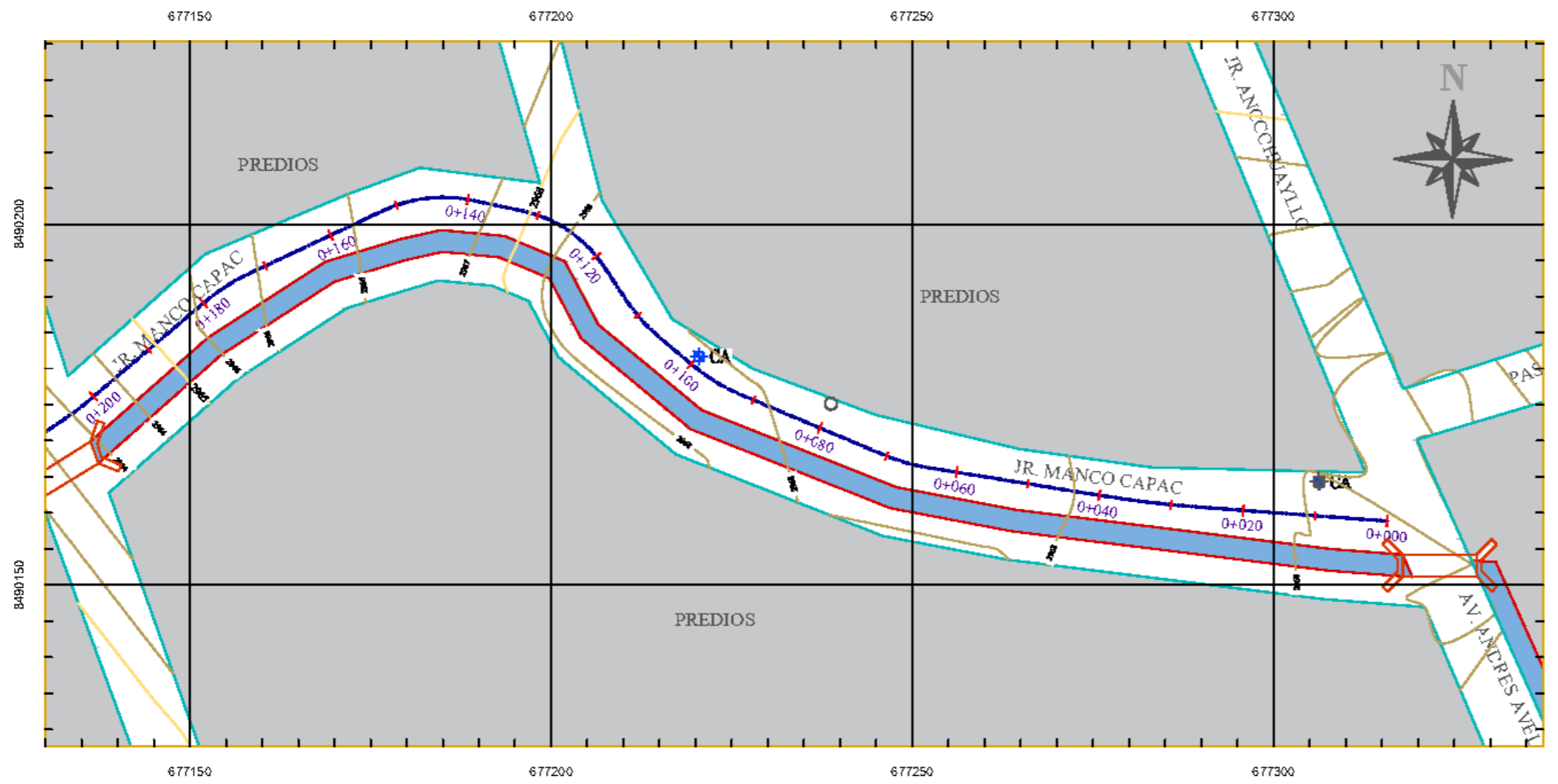
677100.000 677200.000 677300.000

PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESC. 1:1250

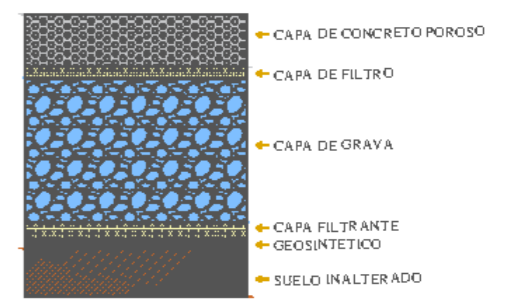
0 35 70 Metros



		UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERÍA	
TESIS EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA PARA LA PERMEABILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CAPAC - SAN JERÓNIMO - ANDAHUAYLAS 2021.			
TESISISTA KEYLA LIZET PALOMINO FLORES		LAMINA U-01	
ASESOR ING. ZADITHNANCY GARRIDO CAMPAÑA		PLANO UBICACIÓN, LOCALIZACIÓN	
ESCALA 1/1250	DATUM WGS - 84	SIS. DE PROYEC. UTM	HEMISFERIO SUR ZONA 18
		FECHA JUNIO-2021	



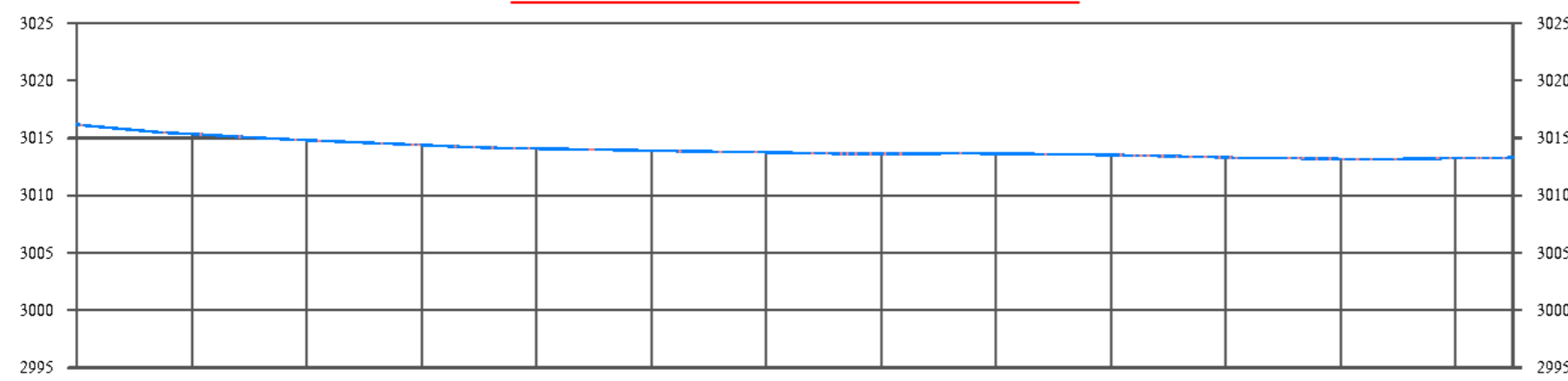
LEYENDA	
EJE DE VÍA	
RIÓ	
PREDIOS	
PUENTE	
CURVAS DE NIVEL PRIMARIO 2.5m	
CURVAS DE NIVEL SECUNDARIO 0.5m	
CALICATAS	CA



SECCIÓN TÍPICA DEL PAVIMENTO POROSO
ESC. S/E

PLANO PERFILE LONGITUDINAL
ESC. 1:750

PERFILE LONGITUDINAL JR. MANCO CAPAC



KILOMETRAJE	0+000 0+010 0+020 0+030 0+040 0+050 0+060 0+070 0+080 0+090 0+100 0+110 0+120 0+125															
NIVEL DE TERRENO	[Ground level profile line]															
ALINEAMIENTO HORIZONTAL	L=26.53m		L=12.84m R=149.65m		L=24.67m			L=6.30m R=26.39m		L=21.69m		L=7.44m R=24.96m		L=6.06m	L=7.13m R=24.99m	L=5.73m

		UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERÍA	
TESIS EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL PAVIMENTO POROSO COMO ALTERNATIVA A LA PERMEABILIZACION DE AGUAS PLUVIALES EN LA SEXTA CUADRA DEL JR. MANCO CAPAC - SAN JERONIMO ANDAHUAYLAS - 2021.			
TESIS KEYLA LIZET PALOMINO FLORES		LAMINA T-01	
ASESOR ING. ZADITH GARRIDO CAMPAÑA		PLANO PERFILE LONGITUDINAL	
ESCALA 1/1250	DATUM WSG - 84	SIS. DE PROYEC. UITM	HEMISFERIO SUR ZONA 18
FECHA JUNIO-2021			