



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 16-2025-UNACH/UI/MAST**

- A** : **Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.
- ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de NEISER SOLANO LINARES y WILMER MARIN DIAZ MEDINA.
- FECHA** : Colpa Matara, 05 de junio del 2025.
- REFERENCIA:** i) Carta N° 044 – 2024 – ECS– JT – UNACH (Envío de tesis en digital en su versión final)  
ii) Carta N° 043 – 2025 – ECS– DO – UNACH / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) CARTA N° 012-2025-UNACH/KRST / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) CARTA N° 040- 2025- UNACH/CRCR / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: “**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024**”, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **NEISER SOLANO LINARES y WILMER MARIN DIAZ MEDINA**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
C.O.P. N° 157792

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 16-2025.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 05 de junio del 2025.

C.O. N° 16-2025-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD




El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **NEISER SOLANO LINARES y WILMER MARIN DIAZ MEDINA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 18% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

# NEISER SOLANO LINARES y WILMER MARIN DIAZ ... ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONA...

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3269279952

Fecha de entrega

5 jun 2025, 7:28 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 jun 2025, 7:41 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_Neiser\_Wilmer\_26.05.25\_extr.pdf

Tamaño de archivo

5.9 MB

176 Páginas

42.095 Palabras

203.349 Caracteres




# 18% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 8 words)

## Top Sources

- 18%  Internet sources
- 2%  Publications
- 6%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 18% Internet sources
- 2% Publications
- 6% Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	<b>repositorio.unach.edu.pe</b>	4%
2	Internet	<b>hdl.handle.net</b>	3%
3	Internet	<b>repositorio.continental.edu.pe</b>	<1%
4	Internet	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b>	<1%
5	Student papers	<b>Universidad Cesar Vallejo</b>	<1%
6	Internet	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b>	<1%
7	Internet	<b>repositorio.unc.edu.pe</b>	<1%
8	Internet	<b>repositorio.uss.edu.pe</b>	<1%
9	Student papers	<b>Universidad Nacional Autonoma de Chota</b>	<1%
10	Internet	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b>	<1%
11	Internet	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b>	<1%

12	Student papers	uncedu	<1%
13	Internet	docs.google.com	<1%
14	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
15	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
18	Student papers	Universidad Privada Antenor Orrego	<1%
19	Internet	doku.pub	<1%
20	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
21	Student papers	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
22	Student papers	Universidad Politécnica del Perú	<1%
23	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
24	Student papers	Universidad Católica San Pablo	<1%
25	Internet	www.coursehero.com	<1%

26	Internet	www.greenworldjournal.com	<1%
27	Internet	pdfcookie.com	<1%
28	Internet	www.scribd.com	<1%
29	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
30	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
31	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
32	Student papers	Universidad Andina del Cusco	<1%
33	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
34	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
35	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
36	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
37	Internet	vsip.info	<1%
38	Internet	1library.co	<1%
39	Internet	repositorio.puce.edu.ec	<1%

40	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
41	Student papers	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE	<1%
42	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
43	Internet	www.slideshare.net	<1%
44	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
45	Student papers	University of Salford	<1%
46	Internet	repositorio.esuelamilitar.edu.pe	<1%
47	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
48	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
49	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	<1%
50	Student papers	Universidad Continental	<1%
51	Student papers	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD	<1%
52	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
53	Student papers	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%

54	Internet	docplayer.es	<1%
55	Internet	pt.slideshare.net	<1%
56	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
57	Internet	www.bergeselectronics.com	<1%
58	Student papers	Universidad Ricardo Palma	<1%
59	Internet	civilgeeks.com	<1%
60	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
61	Internet	fdocuments.ec	<1%
62	Publication	ENVIROPROJECT S.R.LTDA.. "DIA del Proyecto de Inversión Denominado Almacén ...	<1%
63	Student papers	Southern New Hampshire University - Continuing Education	<1%
64	Student papers	Universidad Privada Boliviana	<1%
65	Student papers	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
66	Student papers	Universidad Señor de Sipan	<1%
67	Student papers	Universidad Tecnologica del Peru	<1%

68	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
69	Student papers	Universidad Nacional de Trujillo	<1%
70	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
71	Student papers	ufidelitas	<1%
72	Student papers	Universidad Pontificia Bolivariana	<1%
73	Student papers	Universidad Privada del Norte	<1%
74	Student papers	Universidad Santo Tomas	<1%
75	Student papers	Universidad de Piura	<1%
76	Internet	es.slideshare.net	<1%
77	Internet	producaocientifica.eesc.usp.br	<1%
78	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
79	Student papers	ucb	<1%
80	Publication	Quenta Flores, Darwin. "Efecto del reciclado de las fibras de las botellas PET en la..."	<1%
81	Student papers	Universidad Anahuac México Sur	<1%

82	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
83	Publication	A. Magalhães, R. Veiga. "Physical and mechanical characterisation of historic mor...	<1%
84	Publication	C. Mileto, F. Vegas, V. Cristini. "Rammed Earth Conservation", CRC Press, 2019	<1%
85	Publication	GUERRERO TORRES YOEL RICARDO. "EIA-SD del Proyecto Denominado Mejoramie...	<1%
86	Student papers	Universidad Nacional de Piura	<1%
87	Internet	oldri.ues.edu.sv	<1%
88	Internet	parltrack.eu	<1%
89	Internet	repositorio.uladech.edu.pe	<1%
90	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	<1%
91	Internet	updocs.net	<1%
92	Publication	"ABSTRACTS", Journal of Nematology, 2016	<1%
93	Internet	aguamarket.com	<1%
94	Internet	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx	<1%
95	Internet	es.scribd.com	<1%

96	Internet	idoc.pub	<1%
97	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
98	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
99	Internet	www.jove.com	<1%
100	Internet	www.researchgate.net	<1%
101	Publication	IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta d...	<1%
102	Publication	Konstantinov, Dancho D., Philip J. Bowen, Richard Marsh, Peter J. Kay, Andrew P. ...	<1%
103	Internet	core.ac.uk	<1%
104	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
105	Internet	dspace.espace.edu.ec	<1%
106	Internet	dspace.unl.edu.ec	<1%
107	Internet	fic.uanl.mx	<1%
108	Internet	idus.us.es	<1%
109	Internet	metall-mater-eng.com	<1%

110	Internet	pdffox.com	<1%
111	Internet	repositorio.unan.edu.ni	<1%
112	Internet	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
113	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
114	Internet	repositorio.uprit.edu.pe	<1%
115	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
116	Internet	repositorio.uta.edu.ec	<1%
117	Internet	ri-ng.uaq.mx	<1%
118	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
119	Internet	www.bio-nica.info	<1%
120	Internet	www.gob.mx	<1%
121	Internet	www.mfds.go.kr	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL  
DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL**

**EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**NEISER SOLANO LINARES**

**WILMER MARIN DIAZ MEDINA**

**Asesor:**

**Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

**Chota – Perú**

**2025**



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Neiser Solano Linares  
Código del alumno: 2015051037 Teléfono: 982965710  
Correo electrónico: [2015051037@unach.edu.pe](mailto:2015051037@unach.edu.pe) DNI: 48331412

Apellidos y nombres: Wilmer Marin Diaz Medina  
Código del alumno: 2016052013 Teléfono: 916526222  
Correo electrónico: [2016052013@unach.edu.pe](mailto:2016052013@unach.edu.pe) DNI: 48416770

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico  Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller  Licenciado  Título  
 Magister  Segunda especialidad  Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

**"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"**

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Romero Chuquilín, Luis Fernando Teléfono: 976481585  
Correo electrónico: [lfromeroch@unach.edu.pe](mailto:lfromeroch@unach.edu.pe) D.N.I.: 26682903

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

NEISER SOLANO LINARES

DNI 48331412

WILMER MARÍN DIAZ MEDINA

DNI 48416770

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO  
PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y  
TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE  
CHOTA, 2024**

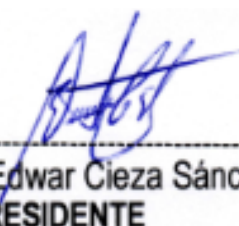
**POR:**

**NEISER SOLANO LINARES**

**WILMER MARIN DIAZ MEDINA**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título  
de  
INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**




---

**Dr. Edwar Cieza Sánchez  
PRESIDENTE**



---

**Mg. Karina del Rocio Silva Tarrillo  
SECRETARIO**



---

**Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales  
VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 a.m. del día 16 de julio 2025, reunidos en la sala de docentes de la EPIC, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Wilmer Marín Díaz Medina y Neiser Solano Linares**, denominada: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobado

CON EL CALIFICATIVO (\*)

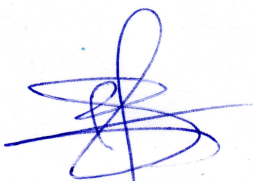
Catorce (14)


En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 16 de julio 2025.

  
-----  
Dr. Edwar Cieza Sánchez  
**PRÉSIDENTE**

  
-----  
Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo  
**SECRETARIO**

  
-----  
Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales  
**VOCAL**

  
-----  
Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

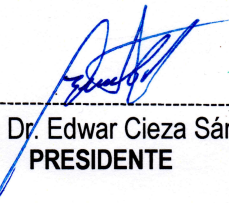
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**; presentado por los Bachilleres: **Wilmer Marín Díaz Medina y Neiser Solano Linares**, sustentada el día 16 de julio 2025, según Resolución N°156-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 01 de agosto de 2025.




-----  
Dr. Edwar Cieza Sánchez  
**PRESIDENTE**



-----  
Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo  
**SECRETARIO**



-----  
Dra. Carmen Rosa Cardenas Rosales  
**VOCAL**



-----  
Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino, por darnos la sabiduría, perseverancia y determinación para alcanzar nuestras metas. Su luz ha iluminado nuestro esfuerzo y nos ha dado la fortaleza necesaria para concluir esta etapa tan importante en nuestras vidas.

A nuestras familias, por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y confianza en nosotros. A nuestros padres, por ser nuestro pilar y fuente de inspiración, por sus sacrificios y enseñanzas que nos han impulsado a seguir adelante. A nuestros hermanos, por su constante motivación y compañía, que han hecho este proceso más llevadero.

A nuestros amigos, por estar siempre presentes, brindándonos su apoyo, aliento y palabras de aliento en los momentos de desafío. Su amistad ha sido un motor de motivación y una parte fundamental de esta etapa académica.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Esta tesis es el reflejo de nuestro esfuerzo, pero también del amor, la confianza y el respaldo que hemos recibido de cada uno.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, expresamos nuestra más profunda gratitud a Dios, fuente de nuestra fortaleza y guía en todo momento. Su infinita sabiduría y amor nos han acompañado en cada desafío, dándonos la perseverancia necesaria para culminar este trabajo de investigación.

A nuestro asesor, Mg. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso en cada etapa de esta investigación. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo, guiándonos con sabiduría y dedicación.

A los técnicos del Laboratorio de Mecánica de Materiales y Mecánica de Suelos de la EPIC-UNACH, por su apoyo constante, asesoramiento y colaboración en la realización de los ensayos de laboratorio. Su disposición y conocimientos han sido esenciales para obtener resultados precisos y confiables.

A los pobladores de la habilitación urbana del pasaje Teofilo Idrogo, quienes con su colaboración y apoyo hicieron posible la ejecución de los estudios topográficos y de mecánica de suelos. Su disposición y ayuda fueron clave para llevar a cabo esta investigación en campo.

Finalmente, agradecemos a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este logro. Su apoyo, aliento y confianza en nosotros nos impulsaron a superar cada obstáculo y a hacer realidad este proyecto.

Este trabajo es el reflejo del esfuerzo conjunto y del compromiso de muchas personas, a quienes les expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	<b>18</b>
1.2.1. Problema general .....	18
1.2.2. Problemas específicos.....	18
<b>1.3. Justificación</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos .....	20
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	<b>22</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	25
2.1.3. Antecedentes regionales .....	29
<b>2.2. Bases teórico – científicas</b> .....	<b>30</b>
2.2.1. Teoría del flujo en medios porosos.....	30
2.2.2. Teoría de diseño de pavimentos permeables .....	33
<b>2.3. Marco conceptual</b> .....	<b>36</b>
2.3.1. Concreto.....	36
2.3.2. Concreto poroso .....	37
2.3.3. Elementos del concreto poroso .....	38
2.3.4. Diseño de mezclas de concreto poroso .....	39
2.3.5. Propiedades del concreto poroso .....	43
2.3.6. Aplicaciones del concreto poroso como pavimento .....	45
2.3.7. Pavimento poroso .....	46
2.3.8. Principios de diseño del pavimento poroso .....	51

<b>2.4. Hipótesis .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5. Operacionalización de variables .....</b>	<b>55</b>
2.5.1. Variable independiente: Pavimento poroso .....	55
2.5.2. Variable dependiente: Drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal.....	55
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>57</b>
<b>3.2. Diseño de investigación .....</b>	<b>58</b>
<b>3.3. Métodos de investigación.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4. Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>61</b>
3.4.1. Población .....	61
3.4.2. Muestreo .....	62
3.4.3. Muestra .....	66
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>67</b>
3.5.1. Técnicas .....	67
3.5.2. Instrumentos .....	67
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>68</b>
3.6.1. Proceso de obtención de los datos .....	68
3.6.2. Procesamiento de datos.....	135
3.6.3. Análisis de datos .....	135
<b>3.7. Aspectos éticos .....</b>	<b>136</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>137</b>
<b>4.1. Descripción de resultados.....</b>	<b>137</b>
4.1.1. Dosificación para la preparación de concreto poroso .....	137
4.1.2. Propiedades del concreto poroso .....	143
4.1.3. Diseño del pavimento rígido.....	161
<b>4.2. Contrastación de hipótesis.....</b>	<b>169</b>
<b>4.3. Discusión de resultados.....</b>	<b>175</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>185</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>185</b>

<b>5.2. Recomendaciones y/o sugerencias .....</b>	<b>186</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>188</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>198</b>
Anexo A. Matriz de consistencia.....	198
Anexo B. Panel fotográfico .....	199
Anexo C. Resultado de ensayos de laboratorio .....	208
Anexo D. Análisis de intensidades máximas .....	277
Anexo E. Estudio de tránsito .....	287
Anexo F. Diseño de pavimento poroso .....	295
Anexo G. Planos .....	323

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Intervalos habituales en la composición de materiales del concreto poroso .....	40
<b>Tabla 2</b>	Mínimos espesores de pavimento permeable para varias condiciones tráfico .....	54
<b>Tabla 3</b>	Matriz de operacionalización de variables en estudio .....	56
<b>Tabla 4</b>	Criterios de inclusión y exclusión para la selección de la muestra .....	64
<b>Tabla 5</b>	Selección de la muestra de estudio en base a los criterios de inclusión .....	65
<b>Tabla 6</b>	Ubicación geográfica de las canteras .....	68
<b>Tabla 7</b>	Propiedades físico mecánicas de los agregados .....	75
<b>Tabla 8</b>	Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Conchán .....	76
<b>Tabla 9</b>	Análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Choctapata .....	78
<b>Tabla 10</b>	Características físicas de los materiales utilizados en el diseño de mezclas .....	79
<b>Tabla 11</b>	Volumen de pasta de acuerdo al porcentaje de vacíos en la pasta .....	82
<b>Tabla 12</b>	Factor b/bo para huso granulométrico N° 8 y N° 67 del agregado grueso .....	83
<b>Tabla 13</b>	Número de probetas cilíndricas de concreto poroso para ensayo a compresión .....	88
<b>Tabla 14</b>	Número de probetas prismáticas de concreto poroso para ensayo a flexión .....	88
<b>Tabla 15</b>	Ubicación geográfica del pasaje Teofilo Idrogo .....	97
<b>Tabla 16</b>	Características de la urbanización Teofilo Idrogo y su calle peatonal .....	97
<b>Tabla 17</b>	Ubicación geográfica de la calicata del pasaje Teofilo Idrogo.....	103
<b>Tabla 18</b>	Propiedades físico mecánicas del suelo del pasaje Teofilo Idrogo .....	111
<b>Tabla 19</b>	Ubicación de la estación meteorológica de Chota.....	117
<b>Tabla 20</b>	Precipitación Máxima y Corregida de la Estación Chota.....	119
<b>Tabla 21</b>	Análisis de Kolmogórov-Smirnov para la verificación del método que mejor se ajusta a las precipitaciones pluviométricas.....	120
<b>Tabla 22</b>	Análisis de las precipitaciones de acuerdo al periodo de retorno.....	121
<b>Tabla 23</b>	Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno .....	121
<b>Tabla 24</b>	Intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de retorno .....	122
<b>Tabla 25</b>	Parámetros de diseño del pavimento poroso .....	128
<b>Tabla 26</b>	Número de Repeticiones ESAL en el pasaje Teofilo Idrogo .....	128
<b>Tabla 27</b>	Intensidades máximas para Tr de 20 años, con data de la estación meteorológica Chota .....	129
<b>Tabla 28</b>	Confiabilidad (R) y desviación estándar (Zr) para 20 Años, TP1 .....	130
<b>Tabla 29</b>	Efectos de las camas de apoyo en el módulo de reacción del suelo.....	131
<b>Tabla 30</b>	Cálculo preliminar del espesor de la base granular .....	131
<b>Tabla 31</b>	Espesor estimado de losa del pasaje Teofilo Idrogo .....	131
<b>Tabla 32</b>	Datos para la determinación del volumen afluente .....	132

<b>Tabla 33</b>	Datos para la determinación del volumen infiltrado .....	133
<b>Tabla 34</b>	Espesores de un pavimento poroso para varias condiciones de tráfico.....	134
<b>Tabla 35</b>	Datos para iterar y determinar el espesor de la losa de concreto poroso.....	134
<b>Tabla 36</b>	Dosificaciones para la preparación de concreto poroso elaborado con arena fina de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata.....	137
<b>Tabla 37</b>	Propiedades del concreto poroso en estado fresco de acuerdo al diseño.....	140
<b>Tabla 38</b>	Propiedades del concreto poroso endurecido de acuerdo al diseño de mezcla .....	143
<b>Tabla 39</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso a los 7, 14 y 28 días .....	145
<b>Tabla 40</b>	Porcentaje de resistencia a compresión esperada del concreto poroso.....	145
<b>Tabla 41</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D1.....	147
<b>Tabla 42</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D2.....	148
<b>Tabla 43</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D3.....	149
<b>Tabla 44</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D4.....	150
<b>Tabla 45</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D5.....	151
<b>Tabla 46</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días .....	152
<b>Tabla 47</b>	Porcentaje de resistencia a flexión respecto a la resistencia a compresión esperada $f'_c$ (210 kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días .....	153
<b>Tabla 48</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D1 .....	154
<b>Tabla 49</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D2 .....	154
<b>Tabla 50</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D3 .....	155
<b>Tabla 51</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D4 .....	155
<b>Tabla 52</b>	Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D5 .....	156
<b>Tabla 53</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso .....	157
<b>Tabla 54</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D1.....	158
<b>Tabla 55</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D2.....	159
<b>Tabla 56</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D3.....	159
<b>Tabla 57</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D4.....	160
<b>Tabla 58</b>	Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D5.....	160
<b>Tabla 59</b>	Espesores del Pavimento Poroso.....	162
<b>Tabla 60</b>	Mezcla más adecuada de concreto poroso para la losa del pavimento permeable ...	163
<b>Tabla 61</b>	Características del concreto poroso que se utilizará para la losa del pavimento permeable .....	164
<b>Tabla 62</b>	Datos para el Diseño de Pavimento Poroso.....	165
<b>Tabla 63</b>	Espesores preliminares del pavimento poroso .....	166
<b>Tabla 64</b>	Datos para la verificación de la infiltración del sistema de pavimento poroso .....	167
<b>Tabla 65</b>	Datos para el análisis estadístico .....	170
<b>Tabla 66</b>	Resultados del análisis de normalidad de los datos del concreto poroso .....	171

<b>Tabla 67</b> Análisis de varianza (ANOVA) de las mediciones de los parámetros de estudio en el programa Minitab 22.....	172
<b>Tabla 68</b> Estadística descriptiva de resistencia a compresión del concreto poroso.....	173
<b>Tabla 69</b> Análisis t-student de resistencia a compresión del concreto poroso .....	173
<b>Tabla 70</b> Estadística descriptiva de permeabilidad del concreto poroso .....	174
<b>Tabla 71</b> Análisis t-student de permeabilidad del concreto poroso.....	174

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Diagrama del Flujo del Agua en Medios Porosos (Concreto Permeable) .....	33
<b>Figura 2</b>	Tipos de Sistemas de Pavimento Permeable.....	34
<b>Figura 3</b>	Sinopsis de los Criterios Estructurales de un Pavimento Poroso.....	35
<b>Figura 4</b>	Secciones de Pavimentos Permeables Sugeridos por Tráfico y CBR.....	36
<b>Figura 5</b>	Componentes del concreto convencional .....	37
<b>Figura 6</b>	Esquema del Concreto Poroso .....	38
<b>Figura 7</b>	Componentes del concreto poroso.....	40
<b>Figura 8</b>	Concreto poroso con diferentes cantidades de agua .....	41
<b>Figura 9</b>	Porcentaje de pasta de concreto entre contenido de vacíos .....	41
<b>Figura 10</b>	Aplicaciones del Concreto Poroso como Pavimento .....	45
<b>Figura 11</b>	Componentes del pavimento poroso.....	46
<b>Figura 12</b>	Sistema de infiltración total .....	47
<b>Figura 13</b>	Sistema de infiltración parcial .....	47
<b>Figura 14</b>	Sistema sin infiltración .....	48
<b>Figura 15</b>	Tipos de Pavimentos Poroso de Concreto y de Asfalto.....	49
<b>Figura 16</b>	Estructura de Pavimento Rígido Permeable .....	50
<b>Figura 17</b>	Metodología de diseño de pavimentos permeables .....	51
<b>Figura 18</b>	Condiciones mínimas de diseño según categoría 3.....	54
<b>Figura 19</b>	Diseño de investigación descriptivo causal simple.....	60
<b>Figura 20</b>	Jerarquía de vías urbanas en la ciudad de Chota .....	62
<b>Figura 21</b>	Mapa de pendientes de la ciudad de Chota.....	63
<b>Figura 22</b>	Coordenadas de ubicación del pasaje Teofilo Idrogo.....	66
<b>Figura 23</b>	Vista satelital del pasaje Teofilo Idrogo .....	66
<b>Figura 24</b>	Mapa de ubicación de las canteras.....	68
<b>Figura 25</b>	Realización de ensayos de mecánica de materiales en agregado grueso de la cantera Choctapata: (a) Granulometría y (b) Peso unitario .....	74
<b>Figura 26</b>	Realización de ensayos de mecánica de materiales en agregado fino de la cantera Conchán: (a) Peso específico y (b) peso unitario .....	74
<b>Figura 27</b>	Verificación del huso granulométrico del agregado fino de la cantera Conchán .....	77
<b>Figura 28</b>	Verificación del huso granulométrico # 56 del agregado grueso de la cantera Choctapata.....	78
<b>Figura 29</b>	Ejemplo de la determinación del contenido de vacíos.....	80
<b>Figura 30</b>	Probable resistencia a la compresión.....	81

<b>Figura 31</b>	Método para calcular el porcentaje de pasta en volumen dentro del concreto poroso, basándose en la proporción de vacíos de diseño previstos.....	82
<b>Figura 32</b>	Ensayos en el concreto poroso fresco: ensayo de asentamiento .....	87
<b>Figura 33</b>	Proceso de elaboración de las probetas de concreto poroso .....	89
<b>Figura 34</b>	Extraemos los especímenes de concreto poroso de los moldes .....	89
<b>Figura 35</b>	Proceso de curado de probetas de concreto en la EPIC – UNACH.....	90
<b>Figura 36</b>	Ensayo de resistencia a compresión simple.....	92
<b>Figura 37</b>	Realización del ensayo de resistencia a flexión.....	93
<b>Figura 38</b>	Equipo elaborado en la UNACH para ensayo de permeabilidad.....	95
<b>Figura 39</b>	Pruebas de permeabilidad de especímenes de concreto poroso.....	96
<b>Figura 40</b>	Prueba de simulación de lluvia en especímenes de concreto poroso.....	96
<b>Figura 41</b>	Mapa de ubicación del pasaje Teofilo Idrogo.....	98
<b>Figura 42</b>	Mapa de lotes y manzanas de la urbanización Teofilo Idrogo.....	98
<b>Figura 43</b>	Realización del levantamiento topográfico del pasaje Teofilo Idrogo .....	100
<b>Figura 44</b>	Plano topográfico en planta del pasaje Teofilo Idrogo .....	101
<b>Figura 45</b>	Plano topográfico del perfil del pasaje Teofilo Idrogo .....	102
<b>Figura 46</b>	Proceso de excavación de la calicata en el pasaje Teofilo Idrogo .....	105
<b>Figura 47</b>	Preparación de las muestras de suelo de acuerdo al estrato.....	107
<b>Figura 48</b>	Ensayo de Proctor modificado del suelo.....	109
<b>Figura 49</b>	Hoyo para el ensayo de permeabilidad por el método de Porchet.....	110
<b>Figura 50</b>	Curva granulométrica del suelo .....	112
<b>Figura 51</b>	Curva de Fluidez del límite líquido del suelo .....	113
<b>Figura 52</b>	Curva de compactación del suelo .....	114
<b>Figura 53</b>	Curva CBR del suelo del pasaje Teofilo Idrogo .....	115
<b>Figura 54</b>	Curva de infiltración del suelo del pasaje Teofilo Idrogo.....	115
<b>Figura 55</b>	Ubicación de la estación meteorológica Chota.....	117
<b>Figura 56</b>	Pmáx. 24 horas (1971-2024) en la Estación Chota.....	118
<b>Figura 57</b>	Remoción de datos de outliers de la estación meteorológico Chota.....	118
<b>Figura 58</b>	Curvas IDF intensidad – duración – tiempo .....	122
<b>Figura 59</b>	Resultado de la Interacción de las Capas Combinadas Kc .....	124
<b>Figura 60</b>	Variación Diaria del Tráfico Vehicular Actual (Abril 2025).....	125
<b>Figura 61</b>	Composición del Tránsito Vehicular en el Pasaje Teofilo Idrogo .....	126
<b>Figura 62</b>	Clasificación de Vehículos en el Pasaje Teofilo Idrogo .....	126
<b>Figura 63</b>	Índice Medio Diario Anual según Tipo de Vehículo.....	126
<b>Figura 64</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso de acuerdo al tiempo de curado ....	146
<b>Figura 65</b>	Resistencia a compresión del concreto poroso a los 28 días .....	146
<b>Figura 66</b>	Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D1 .....	147

<b>Figura 67</b>	Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D2.....	148
<b>Figura 68</b>	Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D3.....	149
<b>Figura 69</b>	Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D4.....	150
<b>Figura 70</b>	Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D5.....	151
<b>Figura 71</b>	Resistencia a flexión promedio del concreto poroso a los 28 días de acuerdo al diseño de mezcla.....	153
<b>Figura 72</b>	Coefficiente de permeabilidad promedio del concreto poroso.....	157
<b>Figura 73</b>	Espesor del pavimento poroso .....	168
<b>Figura 74</b>	Vista de la sección transversal de pavimento permeable propuesta para el pasaje Teofilo Idrogo .....	168

## RESUMEN

En la ciudad de Chota, la acumulación de agua pluvial en calles y aceras durante la temporada de lluvias genera problemas de transitabilidad peatonal, debido a la impermeabilidad del suelo y la falta de sistemas adecuados de drenaje. La Municipalidad Provincial de Chota ha planteado la implementación de pavimentos permeables como una alternativa sostenible para mitigar estos efectos, sin embargo, no se contaba con estudios que analizaran su viabilidad en la zona. En respuesta a esta problemática, la investigación tuvo como objetivo analizar y diseñar un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal en el pasaje Teofilo Idrogo de la ciudad de Chota. El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, se elaboraron 45 probetas cilíndricas para ensayos de compresión y 15 probetas prismáticas para resistencia a flexión. El concreto poroso fue diseñado utilizando cemento Portland tipo I, agregado grueso huso #67 de la cantera Choctapata y arena de la cantera Conchán. Los resultados indicaron que la dosificación influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. El diseño D1 se identificó como la mejor opción por su equilibrio entre resistencia y permeabilidad, con  $f'c = 219.49 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a flexión de  $52.22 \text{ kg/cm}^2$  y coeficiente de permeabilidad de  $0.20 \text{ cm/s}$ . En cuanto al diseño estructural, se determinó un espesor de 10 cm para la losa de concreto poroso, 30 cm para la base granular y 20 cm de mejoramiento con over, asegurando su eficiencia hidráulica y estructural. Se concluye que el pavimento poroso es una alternativa viable para mejorar la gestión pluvial y la transitabilidad en Chota.

**Palabras clave:** pavimento poroso, drenaje pluvial, concreto poroso, resistencia, permeabilidad, diseño de mezclas.

## ABSTRACT

In the city of Chota, the accumulation of rainwater on streets and sidewalks during the rainy season causes pedestrian traffic problems due to the impermeability of the soil and the lack of adequate drainage systems. The Provincial Municipality of Chota has proposed the implementation of permeable pavements as a sustainable alternative to mitigate these effects; however, there were no studies that analyzed their feasibility in the area. In response to this problem, the objective of the research was to analyze and design a porous pavement for rainwater drainage and pedestrian trafficability in the Teofilo Idrogo passageway in the city of Chota. The study was developed with a quantitative approach and descriptive level, 45 cylindrical specimens were elaborated for compression tests and 15 prismatic specimens for flexural strength. The porous concrete was designed using Portland cement type I, coarse aggregate #67 from the Choctapata quarry and sand from the Conchán quarry. The results indicated that the dosage significantly influences the properties of the concrete in the fresh and hardened state. Design D1 was identified as the best option due to its balance between strength and permeability, with  $f'c = 219.49$  kg/cm<sup>2</sup>, flexural strength of 52.22 kg/cm<sup>2</sup> and permeability coefficient of 0.20 cm/s. As for the structural design, a thickness of 10 cm was determined for the porous concrete slab, 30 cm for the granular base and 20 cm for the overlay, ensuring its hydraulic and structural efficiency. It is concluded that porous pavement is a viable alternative to improve rainwater management and trafficability in Chota.

**Key words:** porous pavement, storm drainage, porous concrete, strength, permeability, mix design.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Uno de los aspectos decisivos a considerar en la planificación y diseño de ciudades es el sistema de drenaje de agua pluvial. Las precipitaciones son fenómenos naturales inevitables, y cuando se presentan en grandes cantidades, pueden provocar inundaciones pluviales y, en el peor de los casos, daños estructurales (Arora et al., 2023). Es por eso que contar con pavimento poroso se ha transformado en una opción factible para lidiar con este problema y garantizar la transitabilidad peatonal (Ab Latif et al., 2023).

El pavimento poroso o permeable es un pavimento que permite el paso del agua a través de él, evitando acumulaciones de agua y facilitando su drenaje hacia los sistemas de alcantarillado pluvial (Kia, 2023); su estructura está compuesta por una capa superior de material permeable (como adoquines, bloques o losa de concreto poroso), seguida de la capa base y la capa inferior de agregado compactado (subrasante mejorada), con el fin de que el agua se infiltre en el suelo de manera gradual y controlada (Yu et al., 2023).

El análisis del pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial inicia con la evaluación de su capacidad de infiltración (Raimondi et al., 2023). Cuanto más poroso sea el pavimento, mayor será su capacidad de absorción de agua (Rao et al., 2023), de esta manera, se evita la formación de charcos, garantizando la protección de los peatones y conservando la integridad del pavimento (Madrazo-Uribeetxebarria et al., 2023). Otro aspecto importante a considerar es la capacidad estructural del pavimento; aunque el material permeable utilizado puede no tener la misma resistencia que un pavimento convencional, los avances en este campo

han permitido desarrollar materiales más resistentes, capaces de soportar la carga de vehículos de baja velocidad y el tráfico peatonal sin comprometer su función de drenaje (Yu et al., 2023).

Sin embargo, en el país, los pavimentos más analizados, diseñados y construidos son: los rígidos con capas de losa de concreto convencional, y los flexibles con capas de asfalto (Lopez et al., 2023), pero estos materiales no permiten el paso del agua, lo que, sumado a la falta de sistemas de drenaje pluvial, genera problemas de acumulación de agua y aumenta el riesgo de inundaciones pluviales, sobre todo durante la época de lluvias (Puspitasari et al., 2023); en cambio, el pavimento permeable diseñado es capaz de prevenir problemas como el estancamiento del agua y los accidentes de tránsito causados por el hidroplaneo (Kabir, 2023). Siendo así, es necesario analizar y diseñar pavimentos permeables de concreto poroso para que con la información obtenida las autoridades locales puedan plantear su construcción y eviten la acumulación de agua causada por las altas precipitaciones y fenómenos climatológicos recurrentes, como el Fenómeno del Niño (Yglesias-González et al., 2023).

En la ciudad de Chota – Cajamarca, existe un problema recurrente de inundación de calles y aceras durante la temporada de lluvias (América Noticias, 2022). Estas inundaciones causan molestias a los peatones, dificultando su movilidad y generando condiciones inseguras para el tránsito peatonal. La Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018) argumenta que, los suelos locales son impermeables lo que, en conjunto con los pavimentos rígidos y la falta de drenaje longitudinal, incrementa la probabilidad de inundación, por lo que sugieren en primera instancia la construcción del drenaje pluvial, pero además recomiendan implementar otras medidas de desarrollo sostenible que, controlen

la escorrentía como las calles con pavimento permeable, pero para ello la MPCH requiere de información acerca del análisis y diseño del pavimento permeable producido con concreto poroso, sin embargo, hasta el momento no se cuenta con el análisis y diseño del mismo para determinar la viabilidad de tal propuesta, a pesar de esfuerzos anteriores (Díaz, 2022) por desarrollar concreto poroso en la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

En este contexto, el estudio de Díaz (2022) debe ser complementado para plantear el diseño del pavimento poroso como pavimento peatonal, debido a que, el autor solo logró plantear una dosificación base para la elaboración de concreto poroso, pero no llegó a diseñar el pavimento permeable. Este tipo de pavimento permite que el agua de lluvia penetre a través de los espacios vacíos entre las piedras y sea drenada correctamente, impidiendo así el depósito de agua en la superficie (Palomino, 2023). Siendo así, el objetivo es evaluar si el diseño del pavimento poroso para el pasaje Teofilo Idrogo de Chota contribuye a reducir las inundaciones pluviales y mejorar la transitabilidad peatonal durante las precipitaciones, analizando este aspecto en laboratorio y a través de un modelo en Microsoft Excel para el diseño del pavimento permeable.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general***

¿Cuál es el diseño y análisis adecuado de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024?

### ***1.2.2. Problemas específicos***

- ¿Cuál es la dosificación adecuada para producir concreto poroso elaborado con arena fina de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata en Chota?

- ¿Cuánto es la resistencia a compresión, permeabilidad y porosidad del concreto poroso de acuerdo al ACI 522R-10?
- ¿En qué medida la infiltración del agua pluvial definida por medio del diseño del pavimento rígido con concreto poroso para el Pasaje Teofilo Idrogo, Chota demuestra que se ha logrado el drenaje del agua pluvial?

### **1.3. Justificación**

Los pavimentos porosos se han consolidado como una solución innovadora para gestionar el drenaje de agua pluvial o escorrentía superficial, especialmente en áreas urbanas con topografías planas y/o mixtas (topografías con zonas planas y zonas accidentadas). En la ciudad de Chota, aunque la mayoría de su topografía es accidentada, existen zonas específicas con topografía plana, como el pasaje Teofilo Idrogo, que enfrenta constantes inundaciones por escorrentía superficial durante las precipitaciones pluviales, obstaculizando la transitabilidad peatonal y aumentando los riesgos asociados a la acumulación de agua. No obstante, los pavimentos porosos permiten la infiltración del agua en el suelo, disminuyendo la escorrentía superficial y contribuyen a la recarga de los acuíferos mejorando la calidad ambiental del entorno urbano; por lo que es esencial llevar a cabo el análisis y diseño detallado de pavimentos porosos adaptados a las condiciones de Chota, considerando las características de las zonas planas y los desafíos climáticos locales.

El aporte radica en la evaluación y diseño del pavimento poroso en la ciudad de Chota, buscando determinar una dosificación óptima de concreto poroso y validar su eficacia mediante su análisis teórico. Aunque existen estudios en otras ciudades acerca del concreto poroso y pavimento permeable, la investigación considera las condiciones locales, basándose en principios de

hidrología y mecánica de suelos, utiliza metodologías científicas para evaluar la capacidad de drenaje y resistencia del pavimento, proporcionando datos empíricos que contribuirán al conocimiento científico.

Esta investigación aborda la falta de información específica sobre cómo el pavimento poroso puede mejorar el manejo del agua pluvial y la accesibilidad peatonal en Chota, proporcionando datos y análisis para evaluar su diseño y viabilidad; la conveniencia de la investigación radica en su potencial para mejorar la gestión del agua pluvial (escorrentía superficial) y la transitabilidad peatonal, lo que podría aplicarse a otras áreas de la ciudad, beneficiando a los habitantes y a las autoridades locales con información científica útil, además de servir de referencia para otras investigaciones similares.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Analizar y diseñar un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Determinar las dosificaciones de mezcla para la elaboración de concreto poroso de resistencia a compresión diseño  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, con porcentaje de vacíos de 15% a 20%, empleando agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata en Chota y analizar la influencia de la dosificación en las propiedades del concreto en estado fresco.
- Analizar el comportamiento mecánico (resistencia a compresión y resistencia a flexión) e hidráulico (coeficiente de permeabilidad) del concreto poroso elaborado utilizando agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata en Chota.

- Diseñar los espesores de las capas del pavimento rígido permeable con concreto poroso para uso peatonal en el pasaje Teofilo Idrogo de Chota, considerando los criterios de capacidad estructural y capacidad de drenaje de acuerdo a la metodología AASHTO-93 y la metodología de Chile.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Molina et al. (2024) en su artículo científico, “Análisis de las propiedades mecánicas y de filtración del concreto poroso al modificar la relación agua/cemento”, tuvieron como objetivo analizar la influencia de la relación a/c en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto poroso. Emplearon una metodología cuantitativa de nivel experimental solo de pre test, utilizando una mezcla base compuesta por agregados de la cantera Rookaazul CIA Ltda., cemento Atenas tipo GU, agua y el aditivo superplastificante MasterGlenium® 7952. El diseño de mezcla incluyó relaciones a/c de 0.26, 0.34 y 0.42, con 20.26, 17.89 y 16.02 kg de cemento; 5.27, 6.08 y 6.73 kg de agua; 76.69 kg de agregados en todas las proporciones; y 0.06, 0.05 y 0.05 kg de aditivos, respectivamente. Las densidades resultantes fueron 1791.15, 1860.41 y 1929.26 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la resistencia a compresión a los 28 días alcanzó 9.25 MPa (94.32 kg/cm<sup>2</sup>), 12.31 MPa (125.53 kg/cm<sup>2</sup>) y 15.39 MPa (156.93 kg/cm<sup>2</sup>) para cada relación a/c, respectivamente. El coeficiente de conductividad hidráulica fue de 1.27 cm/s, 0.68 cm/s y 0.47 cm/s. Concluyeron que la resistencia mecánica del concreto poroso aumenta con la relación a/c 0.42; en contraste, la mayor permeabilidad (1.27 cm/s) se alcanzó con la relación a/c 0.26, debido a que un exceso de agua provoca el escurrimiento de la pasta, obstruyendo los vacíos y reduciendo la infiltración.

Castro et al. (2024) en su artículo científico, “El uso estratégico de bloques modulares de concreto permeable en vías municipales”, tuvieron como objetivo diseñar bloques modulares de concreto poroso para su uso en áreas de tránsito

peatonal en un tramo de la Rua Nossa Senhora do Carmo en el barrio Sao Bento da Lagoa, Río de Janeiro. En la investigación cuantitativa, realizaron el levantamiento topográfico, diseñaron el concreto poroso y diseñaron la propuesta de pavimento con los bloques modulares en tres modelos I (solo en canalones), II (en tramos de la vía), III (en toda la carretera). Determinaron que, para el concreto poroso con proporción de 1 parte de cemento por 4 partes de grava, con relación a/c de 0.30, en un área igual a 0.5 m<sup>2</sup>, obtuvo 6.65% de absorción, 38% de índice de vacíos, 3.6 kg de agua en 2.26 s de permeabilidad, y 8.64 MPa de resistencia a compresión. Concluyeron que el uso de bloques de concreto permeable se presenta como una solución viable para ayudar y reducir los impactos causados por inundación en vías municipales de la ciudad de Maricá en Brasil.

Yasar et al. (2024) en su disertación, “¿Puede el pavimento poroso ser una solución sostenible para la parte recientemente ampliada de Dhaka en términos de solucionar problemas de acumulación de agua y recuperar el nivel de aguas subterráneas?”, tuvieron como objetivo realizar una revisión bibliográfica para evaluar los beneficios y limitaciones de la instalación de pavimento poroso en Dhaka. El PGC con relación de agregado fino (FA)/agregado de biomasa gruesa (CBA) de 1:7, con un tamaño de CBA de 5-10 mm curado durante 24 h a 80 °C, proporcionó una resistencia a la compresión óptima de 13.7 MPa. Sin embargo, de acuerdo con AASHTO T 325 en la Tabla 1 del Artículo 1020.04, la mezcla de concreto debe obtener una resistencia a la compresión mínima de 22.1 MPa para permitir el movimiento del vehículo, por lo que se recomienda su uso para vías peatonales. Concluyeron que, el concreto poroso ofrece ventajas como alta permeabilidad al agua, resistencia media, capacidad de limpiar materiales contaminados y beneficios desde el punto de vista de la construcción sostenible.

Barua e Islam (2024) en su investigación, “Pavimento de concreto permeable de baja tortuosidad: un nuevo enfoque para mejorar las propiedades físicas”, tuvieron como objetivo estudiar un pavimento permeable no tradicional de baja tortuosidad reforzado con fibra con una estructura de poros. Probaron muestras de pavimento permeable de alta resistencia (HSP) con una porosidad que oscilaba entre el 3.60% y el 8.30% y un contenido de fibra del 0 al 0.2%; en todos los casos, el HSP mostró una alta tasa de infiltración ( $>1$  cm/s), alta resistencia a la compresión ( $>27$  MPa –  $275.32$  kg/cm<sup>2</sup>) y a la tracción (1.5 MPa –  $15.30$  kg/cm<sup>2</sup>), y baja pérdida de masa en la resistencia potencial a la degradación por impacto y abrasión ( $>25\%$ ). Asimismo, en el concreto permeable con fibra de PP del 0.1% encontraron que la porosidad del 3.60% era óptima considerando todas las propiedades, mientras que la porosidad del 8.30% dio una mayor tasa de infiltración con propiedades comprometidas. Concluyeron que, este pavimento permeable puede mantener suficiente porosidad y permeabilidad para la infiltración de aguas pluviales sin un mantenimiento frecuente.

Zhang et al. (2024) en su artículo científico, “Diseño de estructura de armazón basado en material de concreto permeable poroso en el sistema de drenaje del túnel de la autopista”, tuvieron como objetivo preparar concreto permeable (PC) de alta resistencia y alta permeabilidad, que se aplica al sistema de drenaje del túnel de la autopista. En la investigación cuantitativa, tuvieron como muestra las probetas de concreto de acuerdo con el índice de esfericidad. El experimento mostró que la esfericidad del agregado del grupo A era de 0.59-0.74, y la del agregado del grupo B era de 0.67-0.86. El diseño de mezcla base para el grupo A contenía 401.30 a 483.90 kg de cemento, 1684 kg de agregado de 8 a 12 mm, 82.9 a 98.3 kg de agua y relación a/c de 0.22, mientras que, el diseño B

contenía 284.10 a 386.50 kg de cemento, 1651 kg de agregado de 12 a 20 mm, 61.2 a 78.4 kg de agua y relación a/c de 0.23. Determinaron que, con el diseño de mezcla A se puede obtener concreto de alta resistencia y alta permeabilidad con coeficiente de permeabilidad, resistencia a la compresión y porosidad efectiva de 1.15, 23.6 MPA (240.65 kg/cm<sup>2</sup>) y 18.5%, respectivamente. Concluyeron que, el concreto permeable se ha aplicado con éxito a la capa base de drenaje de túneles, pero su rendimiento mecánico y de permeabilidad cambia con el efecto del drenaje del túnel y la carga de la carretera, y se necesita más investigación para explorar la vida útil de la capa base de drenaje de PC.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Arrieta y Lozada (2024) en su tesis, “Diseño de un poroso concreto para la captación del agua a través de un sistema de drenaje pluvial Piura 2024”, tuvieron como objetivo desarrollar un concreto poroso para captar agua pluvial en la urbanización Cossío del Pomar, distrito de Castilla, Piura. Aplicaron un enfoque cuantitativo experimental, empleando probetas con distintas mezclas de concreto. Además, realizaron un levantamiento topográfico, un estudio de mecánica de suelos (identificando arena mal gradada con un CBR de 22.4%) y un conteo vehicular (806 vehículos/día) para diseñar el sistema de drenaje. Determinaron que, con el diseño N° 1, N° 2 y N° 3 alcanzaron resistencias a compresión a los 7 días de 150.49 kg/cm<sup>2</sup>, 101.50 kg/cm<sup>2</sup> y 240.59 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de 181.49 kg/cm<sup>2</sup>, 128.49 kg/cm<sup>2</sup>, 241.71 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días 181.49 kg/cm<sup>2</sup>, 178.50 kg/cm<sup>2</sup>, 239.40 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, con permeabilidad de 0.17 cm/s, 0.23 cm/s y 0.09 cm/s, donde todos los diseños cumplieron con el contenido de vacíos requerido (15%-25%) según la norma ACI 522R 10. Para el diseño del sistema de drenaje pluvial, emplearon datos de la estación Miraflores, determinando una

precipitación máxima de 173.60 mm/h para Tr de 25 años, lo que generó un caudal de 65.59 l/s; en respuesta, propusieron cunetas triangulares de 0.5 m x 0.5 m para canalizar el flujo de agua. Concluyeron que, el concreto poroso es una alternativa viable para la captación de agua pluvial, siendo el Diseño N°03 la opción más adecuada por cumplir con los requisitos técnicos establecidos.

Ayala (2024) en su tesis, “Evaluación de la resistencia de un concreto permeable aplicando micro sílice como aditivo según la norma ACI 522-R10”, tuvo como objetivo diseñar el concreto permeable con uso de micro sílice en Chiclayo. El enfoque fue cuantitativo con 18 probetas cilíndricas para ensayos de compresión, 6 para tracción diametral y 6 para pruebas de permeabilidad. Para el diseño del concreto, se determinó que la precipitación máxima en Chiclayo alcanzaba 114 mm, con una intensidad de 9.16 mm en 10 horas, lo que requería una filtración de 91.60 mm/h (0.15 cm/min) y un contenido de vacíos del 20%. Los resultados indicaron que el concreto permeable base presentaba resistencias a compresión de 54.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 67.46 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 77.53 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; en contraste, el concreto con 15% de micro sílice mostró una resistencia significativamente mayor, alcanzando 93.86 kg/cm<sup>2</sup>, 124.34 kg/cm<sup>2</sup> y 154.45 kg/cm<sup>2</sup> en los mismos periodos. Respecto a la resistencia a tracción, a los 28 días el concreto base alcanzó 8.6 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el concreto con micro sílice logró 18 kg/cm<sup>2</sup>. En términos de permeabilidad, la tasa de filtración del concreto base fue de 0.38 cm/s, mientras que el concreto con micro sílice tuvo una reducción del 33.71%, alcanzando 0.25 cm/s; a pesar de esta disminución en permeabilidad, la adición de micro sílice duplicó la resistencia mecánica. Concluyeron que, el concreto permeable con micro sílice al 15% es una alternativa

viable para pavimentos peatonales en Chiclayo debido a que, cumple con la capacidad mecánica sin comprometer su capacidad de infiltración.

Palomino (2023) en su 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”, tuvo como objetivo evaluar el desempeño del pavimento poroso en Andahuaylas. Para ello, elaboró 42 probetas con nueve diseños de mezcla distintos, variando la relación agua/cemento (a/c) entre 0.35 y 0.40 y considerando contenidos de vacíos del 15%, 19% y 30%. Empleó cemento Portland tipo IP y agregados de la cantera Yanamachay, con tamaños de  $\frac{3}{4}$ ” y  $\frac{1}{2}$ ” para un 30% de vacíos, y de  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{8}$ ” para un 19% de vacíos. A partir del análisis hidrológico, estableció que para un período de retorno de 10 años la precipitación máxima era de 176.7 mm/h, lo que requería un porcentaje de vacíos del 19% y una relación a/c de 0.35 o 0.40. La mezcla base contenía entre 224.73 y 397.03 kg de cemento, 794.25 a 897.14 kg de agregado y 69.24 a 136.09 kg de agua. Los resultados indicaron que la mezcla con agregado de  $\frac{3}{8}$ ”, 15% de vacíos y relación a/c de 0.35 alcanzó la mayor resistencia a compresión (176.05 kg/cm<sup>2</sup>), con permeabilidad de 507.18 L/m<sup>2</sup>/min y porosidad del 19.75%. Para el diseño del pavimento, determinó que el suelo era arena arcillosa con CBR de 6.57% y percolación de 5.55 min/cm, mientras que el tráfico era menor a 200 vehículos/día (EAL 2.18); por lo que según la norma CE.010, la resistencia mínima requerida para ciclovías, estacionamientos y veredas es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, con ello, estableció un espesor de pavimento de 230 mm con una base de 500 mm. Concluyó que el pavimento poroso es una solución eficiente para la infiltración de aguas pluviales en el Jr. Manco Cápac, ya que a pesar de la intensidad máxima de lluvia de 176.70 mm/h, el concreto con agregado

de 3/8” logró una permeabilidad de 1.57 cm/s (56,520 mm/h), superando ampliamente la demanda de filtración.

Arcos (2022) en su tesis, “Concreto permeable para el control de aguas pluviales en vías urbanas en la ciudad de Abancay, 2019”, tuvo como objetivo determinar la resistencia y permeabilidad del concreto poroso. Para ello, diseñó mezclas con una resistencia de diseño de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando dos granulometrías de agregado grueso: el Huso 8 para los diseños T1, T2 y T3, con vacíos del 12%, 17% y 22%, y el Huso 67 para los diseños T4, T5 y T6, con los mismos porcentajes de vacíos. Los ensayos de resistencia a compresión arrojaron los siguientes resultados: T1 (261.5 kg/cm<sup>2</sup>), T2 (194.17 kg/cm<sup>2</sup>), T3 (143.25 kg/cm<sup>2</sup>), T4 (161.54 kg/cm<sup>2</sup>), T5 (119.43 kg/cm<sup>2</sup>) y T6 (88.99 kg/cm<sup>2</sup>); en cuanto a los vacíos, se obtuvieron 12.12%, 17.15%, 22.13%, 12.22%, 17.19% y 22.34%, respectivamente; las resistencias a flexión fueron 50.27 kg/cm<sup>2</sup>, 43.97 kg/cm<sup>2</sup>, 36.90 kg/cm<sup>2</sup>, 54.67 kg/cm<sup>2</sup>, 52.40 kg/cm<sup>2</sup> y 29.73 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los coeficientes de permeabilidad fueron 0.322 cm/seg (T1), 0.135 cm/seg (T2), 0.195 cm/seg (T3), 0.140 cm/seg (T4), 0.228 cm/seg (T5) y 0.344 cm/seg (T6). La permeabilidad aumenta para el huso 67, aunque el porcentaje de vacíos aumentó en ambos casos, la resistencia a compresión disminuyó al aumentar el huso (67) y porcentaje de vacíos. El tratamiento T1, con 12% de vacíos y correspondiente al Huso 8, presentó la mayor resistencia a la compresión, alcanzando 272.58 kg/cm<sup>2</sup>, acercándose al nivel requerido para este tipo de concreto y de vía. Concluyó que el Huso 67 presenta menor resistencia en todos los porcentajes de vacíos evaluados en comparación con el Huso 8, lo que indica que este último es más adecuado en términos de resistencia para concreto permeable.

Pomalaza (2021) en su tesis, “Aplicación de pavimentos de concreto poroso como alternativa de control de la acumulación de precipitaciones pluviales en la provincia de Huancayo en el año 2017”, tuvo como objetivo evaluar la influencia del concreto poroso en la gestión del agua de lluvia en las calles de Huancayo. Su estudio, de enfoque cuantitativo, comparó dos diseños de mezcla: Diseño A (con finos) y Diseño B (sin finos), evaluando porcentajes de vacíos del 15%, 20% y 25%. Los resultados mostraron que el concreto con 15% de vacíos alcanzó resistencias a compresión a los 28 días de 242.30 kg/cm<sup>2</sup> (Diseño A) y 234.78 kg/cm<sup>2</sup> (Diseño B). Para el 20% de vacíos, las resistencias fueron 230.67 kg/cm<sup>2</sup> (A) y 227.88 kg/cm<sup>2</sup> (B), mientras que el 25% de vacíos registró 213.34 kg/cm<sup>2</sup> (A) y 214.71 kg/cm<sup>2</sup> (B). En cuanto a la resistencia a flexión, el Diseño A obtuvo 37.29 kg/cm<sup>2</sup>, 35.20 kg/cm<sup>2</sup> y 35.27 kg/cm<sup>2</sup> para el 15%, 20% y 25% de vacíos, respectivamente, mientras que el Diseño B presentó valores de 34.25 kg/cm<sup>2</sup>, 31.31 kg/cm<sup>2</sup> y 29.26 kg/cm<sup>2</sup> en los mismos porcentajes de vacíos. Concluyó que el Diseño A (con finos) presenta un mejor desempeño mecánico que el Diseño B (sin finos); asimismo, se evidenció que, a menor porcentaje de vacíos, mayor resistencia; no obstante, en todos los casos, el concreto poroso demostró un impacto significativo en el control de la acumulación de agua pluvial, consolidándose como una alternativa efectiva para drenaje urbano en Huancayo.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Díaz (2022) en su tesis, “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto poroso utilizando piedra chancada y arena gruesa, Chota”, tuvo como objetivo analizar las propiedades del concreto poroso. Su estudio, de enfoque cuantitativo, incluyó 18 diseños de mezcla con variaciones en la relación a/c, porcentajes de vacíos del 15% y 18%, y la presencia o ausencia de aditivos, así

como mezclas con 10% y 20% de finos. Los resultados mostraron que, los diseños D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 y D17 cumplieron con los estándares de la norma ACI 522R-10, mientras que los diseños D9, D11, D12 y D13 superaron la resistencia a flexión recomendada; en contraste, los diseños D1, D10, D14, D15, D16 y D18 no alcanzaron los parámetros establecidos. Concluyó que el diseño D9 fue el más adecuado, con relación a/c de 0.30, 18% de vacíos, 20% de finos, y adición 4708.33 ml de superplastificante; esta mezcla, ligeramente compactada, incluyó 400.21 kg de cemento, 150.99 kg de agregado fino, 1362.97 kg de agregado grueso y 119.61 litros de agua, logrando un peso unitario de 2095.29 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a compresión de 211.20 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a flexión de 44.50 kg/cm<sup>2</sup>, y coeficiente de permeabilidad de 0.19 cm/s.

## **2.2. Bases teórico-científicas**

### **2.2.1. Teoría del flujo en medios porosos**

La teoría del flujo en materiales porosos describe la interacción entre el agua y la estructura del material, explicando la retención y el drenaje del agua en el interior del material. La ley de Darcy (1856) establece que el flujo es proporcional a la diferencia de presión y a la permeabilidad del material, pero modelos más recientes, como el de doble porosidad de Barenblatt (1960), consideran la complejidad de los poros primarios y secundarios que afectan el movimiento del fluido (Mejia et al., 1984).

#### **2.2.1.1. Medio poroso y descripción estadística del medio poroso**

Un medio poroso se caracteriza por la distribución, tamaño y conectividad de sus poros, donde su análisis se realiza mediante la ecuación de porosidad, que relaciona el volumen de poros con el volumen total del medio, permitiendo evaluar su capacidad de retención y conducción de fluidos: (Mejia et al., 1984)

$$Porosidad = \frac{Volumen\ de\ los\ poros}{Volumen\ total\ del\ medio} \times 100 \quad (1)$$

### 2.2.1.2.Ley de Darcy

Establece que el flujo de un fluido en un medio poroso es directamente proporcional al gradiente de presión y la permeabilidad del material. Su aplicabilidad requiere un medio homogéneo y saturado, con flujo laminar estable, sin efectos multifásicos ni alteraciones químicas que afecten la porosidad (Romaña, 2014).

$$Q = -k(A \times \frac{\Delta H}{L}) \quad (2)$$

Donde, Q: caudal del flujo del fluido, k: coeficiente de permeabilidad del medio, que depende del poro y de la estructura del material, A: área transversal a través del cual fluye el fluido, ΔH: diferencia de presión a lo largo de la dirección del flujo, L: longitud del medio poroso (Colmont y Pinoargote, 2017).

### 2.2.1.3.Permeabilidad relativa y ley de Darcy en forma diferencial para un medio anisótropo

La permeabilidad relativa mide la facilidad de un fluido para desplazarse en un medio poroso en presencia de otros fluidos. En materiales anisótropos, la ley de Darcy se expresa en función de las direcciones del flujo (x, y, z), considerando variaciones de presión y diferencias de permeabilidad en cada eje: (Mejia et al., 1984)

Flujo en x:

$$qx = kx \times A \times \partial P / \partial x \quad (3)$$

Flujo en y:

$$qy = ky \times A \times \partial P / \partial y \quad (4)$$

Flujo en z:

$$qz = kz \times A \times \partial P / \partial z \quad (5)$$

Donde,  $q_x$ ,  $q_y$ ,  $q_z$  son los flujos en x, y z;  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  son las permeabilidades en x, y, z respectivamente; A área transversal por donde fluye el fluido;  $\partial P/\partial x$ ,  $\partial P/\partial y$ ,  $\partial P/\partial z$  son gradientes de presión en las direcciones x, y, z respectivamente.

Mientras que, la permeabilidad relativa se puede expresar como:

$$k_r = k/k_o \quad (6)$$

Donde,  $k_r$  permeabilidad relativa,  $k$  permeabilidad efectiva del fluido en el medio poroso,  $k_o$  permeabilidad absoluta del mismo fluido en un medio sin porosidad.

#### 2.2.1.4. Flujo de agua en medios porosos (concreto permeable)

En concreto permeable, el flujo de agua sigue la ley de Darcy en su forma diferencial, considerando la porosidad, el área de flujo y el gradiente hidráulico:

$$q = -k \times A \times (\nabla h) \quad (7)$$

Donde,  $q$  es el flujo de agua a través del medio poroso en  $m^3/s$ ,  $k$  es la permeabilidad del medio poroso en  $m/s$ ,  $A$  es el área transversal por donde fluye el agua en  $m^2$ ,  $(\nabla h)$  es el gradiente de carga hidráulica en  $m/m$ .

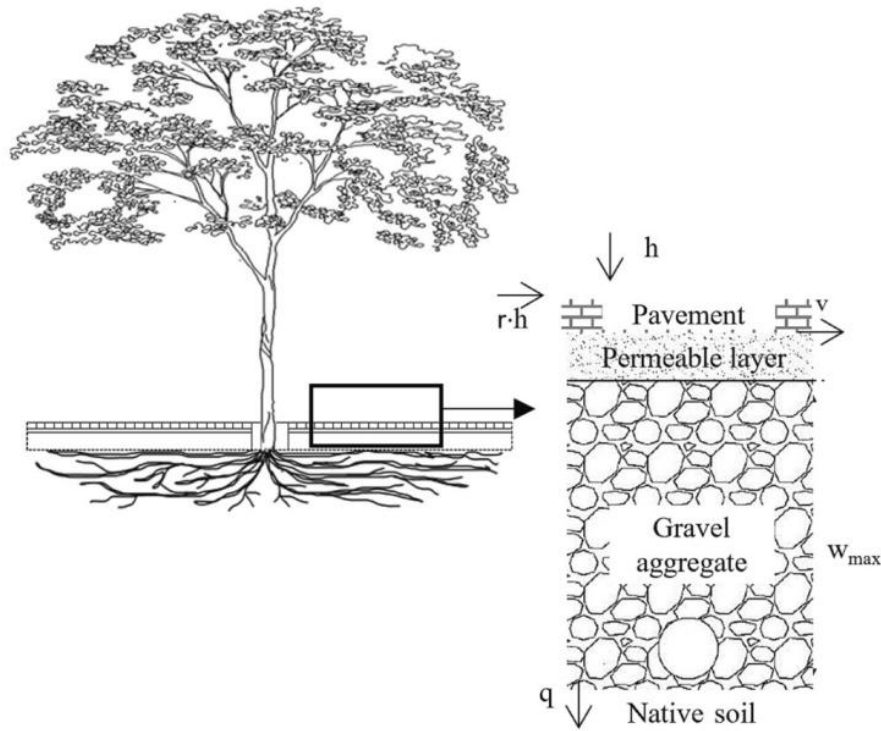
Además, la ecuación de conservación de masa permite evaluar la variación del volumen de agua en el tiempo, considerando la influencia de la estructura y distribución de los poros en la permeabilidad del material:

$$\partial(\theta \times \rho \times h)/\partial t = -\nabla(q) \quad (8)$$

Donde,  $\theta$  es la porosidad del medio poroso (concreto permeable), que se define como la fracción de volumen que consiste en espacios porosos,  $\rho$  densidad del agua,  $(\theta \times \rho \times h)/\partial t$  es la tasa de cambio de la cantidad de agua en el medio poroso en el tiempo en  $kg/m^3 \cdot s$ ,  $\nabla(q)$  es la divergencia del flujo de agua, siendo la suma de las derivadas parciales del flujo en las direcciones espaciales (x, y, z).

**Figura 1**

*Diagrama del Flujo del Agua en Medios Porosos (Concreto Permeable)*



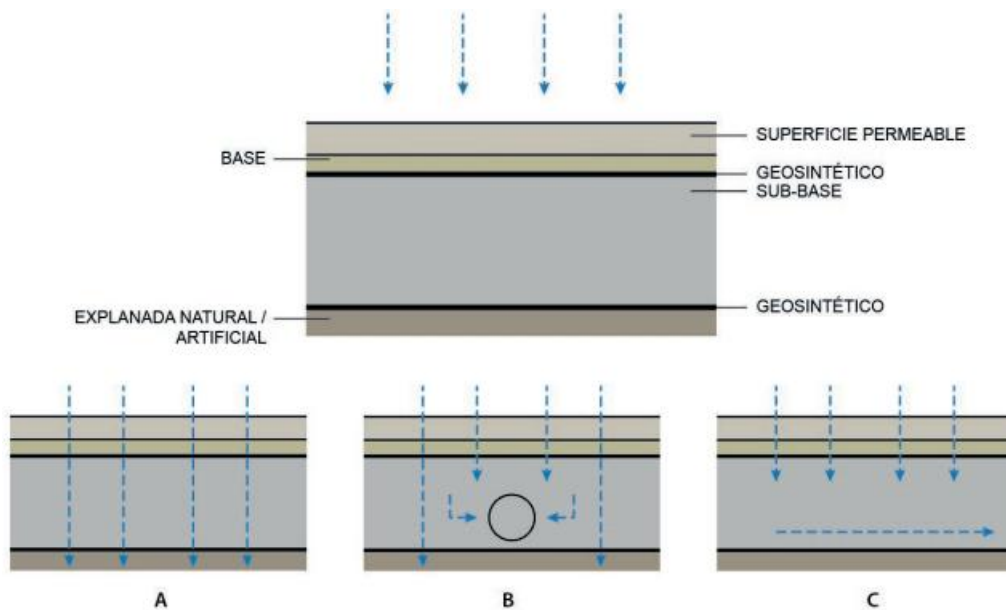
*Nota.* Representación del paso del agua en pavimentos permeables asentados sobre una base de agregado gravoso, tomado del artículo científico “*A probabilistic approach to stormwater runoff control through permeable pavements beneath urban trees*” (Raimondi et al., 2023).

### **2.2.2. Teoría de diseño de pavimentos permeables**

El diseño de pavimentos permeables busca crear superficies funcionales para reducir la escorrentía superficial, donde el concreto poroso es una alternativa sostenible por sus poros interconectados que facilitan la infiltración del agua, sin embargo, debe garantizarse un equilibrio adecuado entre porosidad y resistencia (García-Haba et al., 2022).

**Figura 2**

*Tipos de Sistemas de Pavimento Permeable*



*Nota.* Los tipos de sistemas de pavimento permeable según el destino del agua captada son: A) El agua de escorrentía se filtra totalmente en el suelo; B) Una parte del agua se infiltra en el terreno, el resto es evacuado a través de un tubo drenante; C) La escorrentía es canalizada hacia otro sitio para su tratamiento, almacenamiento o posterior infiltración (García-Haba et al., 2022).

**2.2.2.1. Criterios de diseño**

El diseño se basa en criterios hidrológicos e hidráulicos y estructurales: (García-Haba et al., 2022).

**a) Criterios hidrológicos e hidráulicos** (García-Haba et al., 2022)

**Volumen de gestión:** Tiene como objetivo captar y evacuar la escorrentía pluvial mediante el dimensionando de la capacidad de almacenamiento con base en el percentil 80% de la precipitación.

**Permeabilidad:** Se considera tanto la permeabilidad del pavimento como la del suelo subyacente. Se establecen valores mínimos de 2000 mm/h a 4500 mm/h, con factor de seguridad para prevenir la colmatación a largo plazo. Si el subsuelo no permite infiltración, se recomienda un sistema de drenaje subterráneo.

**Pendiente:** Para pendientes superiores al 3%, se sugieren terrazas transversales para evitar erosión y maximizar el almacenamiento de agua en la subbase.

**Tiempo de vaciado:** Se recomienda que el agua retenida en la subbase se evacúe en máximo 48 horas, asegurando capacidad de gestión ante lluvias sucesivas.

**b) Criterios estructurales** (García-Haba et al., 2022)

**Capacidad de carga y resistencia:** Se analizan los esfuerzos tangenciales y la resistencia a la abrasión, a fin de garantizar la durabilidad del pavimento.

**Espesor de la subbase:** Para pavimentos con tráfico vehicular ligero (2500-3000 kg), se recomienda un espesor mínimo de 30 cm de subbase granular.

**Figura 3**

*Sinopsis de los Criterios Estructurales de un Pavimento Poroso*

A							B			C
Uso o tráfico a soportar	Acera tipo A	Acera tipo B	Acera tipo C	Aceras y paseos	Aparcamientos	Carril bici	Aceras y paseos	Parques y zonas de recreo, no accesibles a VP	Restringido a VP de emergencia	Restringido a VP de emergencia
Tipología de pavimento	AP			LP o AP	AA u HP	MPCP	PPJ	Pavimentos porosos	*	*
Material y espesor de las capas										
**Capa de asiento	Gravillín - 3 cm					*	*	*	*	*
Base	Grava (15 cm)	HP (10 cm)	CD (>50mm)	HP (10-15 cm)	HP (8-20 cm) o grava (35 cm)	HP (15 cm)	*	*	*	*
Subbase	*	ZAD (20 cm)	ZAD (20 cm)	HM (15 cm) o ZAD (20 cm)	HM (23 cm) o ZAD (20 cm)	ZAD (20 cm)	*	*	≥ 30 cm	≥ 30 cm

*Nota.* AA Adoquín de encaje automático; AP Adoquín con permeabilidad mediante juntas; CD Celdas de drenaje; HM concreto base; HP concreto con alta porosidad; LP: Losa permeable; VP Tránsito de vehículos pesados; PPJ Pavimentos con permeabilidad por juntas; ZAD Zahorra artificial drenante; MPCP Mezcla bituminosa porosa en caliente (García-Haba et al., 2022).

**Figura 4**

*Secciones de Pavimentos Permeables Sugeridos por Tráfico y CBR*



*Nota.* Tipos de secciones de pavimentos permeables que se puede tener de acuerdo a las características resistentes del suelo (García-Haba et al., 2022).

## 2.3. Marco conceptual

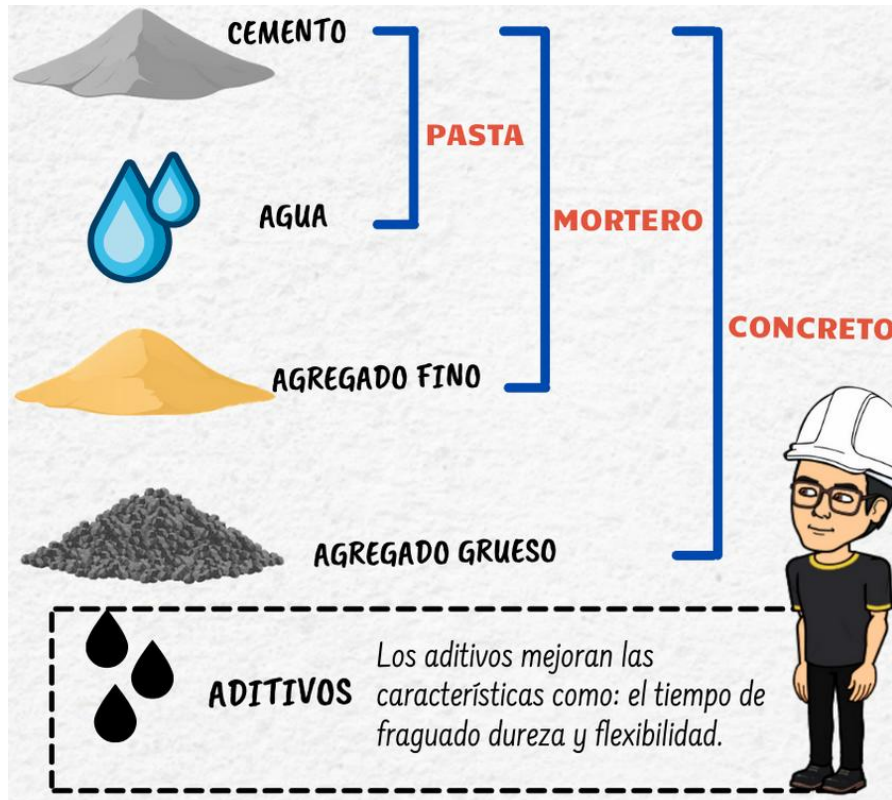
### 2.3.1. Concreto

Castillo (2021) describe el concreto como un material compuesto por piedra, arena, agua y cemento, cuya mezcla, al endurecerse, se convierte en uno de los materiales más resistentes utilizados en la construcción; es ampliamente utilizado en superficies estructurales como pisos, pavimentos, columnas, muros, entre otros, consolidándose como el material de construcción más empleado a nivel mundial. Es maleable en estado fresco, pero, una vez que se seca y solidifica, pierde toda flexibilidad, e impide cualquier tipo de deformación o ajuste posterior.

Dentro de sus diversas variantes, destaca el concreto poroso, una variante innovadora que permite la permeabilidad del agua a través de su estructura.

**Figura 5**

*Componentes del concreto convencional*



*Nota.* Descripción de los componentes que forman la pasta, el mortero y el concreto (Sanitary Engineer, 2021).

### 2.3.2. *Concreto poroso*

El concreto poroso es un tipo de concreto con una estructura especial que permite la rápida infiltración y drenaje del agua, gracias a una red de poros interconectados, a diferencia del concreto convencional (Trujillo y Quiroz, 2013).

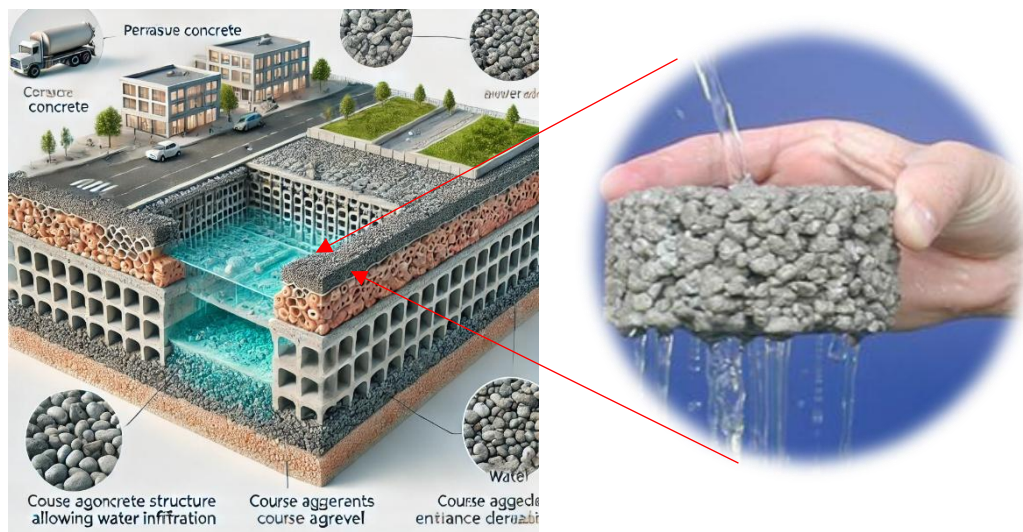
Se compone de agregado grueso, cemento Portland, poca o ninguna presencia de agregado fino, agua y aditivos, lo que le confiere tanto resistencia como porosidad. Sus poros varían entre 2 mm y 8 mm, con coeficientes de vacío del 15% al 35%. Su resistencia a compresión oscila entre 1.7 y 2.8 MPa, mientras

que su permeabilidad varía entre 81 y 730 L/min/m<sup>2</sup>, dependiendo de la densidad de la mezcla y el tamaño del agregado (ACI 522R-10, 2011).

Se emplea en pavimentos, estacionamientos, áreas peatonales, parques y sistemas de drenaje pluvial. Sus principales beneficios incluyen filtración y drenaje eficiente del agua, reducción de erosión e inundaciones, mejora de la calidad del agua y recarga de acuíferos. Además, es duradero, resistente y apto para cargas de tráfico moderado (ACI 522R-10, 2011).

### Figura 6

*Esquema del Concreto Poroso*



*Nota.* Esquema general del concreto poroso, al lado izquierdo se muestra el uso de este concreto como pavimento permeable, y al lado derecho como el concreto poroso permite el paso del agua (Cruz y Arana, 2021).

#### 2.3.3. Elementos del concreto poroso

Se forma a partir de agua, agregado grueso y cemento Portland, generando una red de interconexión con poros entre 1 a 5 mm, lo que permite mayor permeabilidad en cotejo con el concreto convencional (ACI 522R-10, 2011).

**Agregados.** Deben estar libres de impurezas que puedan afectar la cohesión del material. Su calidad debe evaluarse según la norma ASTM C29M.

- **Agregado grueso.** Debe cumplir con las normativas ASTM C33 y ACI 522R, con un tamaño nominal entre  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{3}{8}$ "; un mayor tamaño aumenta la porosidad, pero reduce la trabajabilidad; se recomienda evitar agregados bien graduados, ya que disminuyen la porosidad del concreto, generalmente se utilizan los agregados del huso #67 y huso #8.
- **Agregado fino.** Debe ajustarse a las normas ASTM y no superar el 10% del volumen total de la mezcla (ASTM C33-03, 2002).

**Cemento.** Se utiliza cemento Portland conforme a la norma ASTM C 1157, especialmente los tipos HS o V, que ofrecen alta resistencia a sulfatos y superan los 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Una mayor cantidad de cemento incrementa la resistencia, pero en exceso reduce la porosidad. Se recomienda una dosificación entre 300 kg/m<sup>3</sup> y 470 kg/m<sup>3</sup>, según el proyecto (ASTM C 1157, 2002).

**Agua.** Debe cumplir con los estándares de calidad del concreto convencional. La relación agua/material cementante (a/mc) debe mantenerse entre 0.27 y 0.40 para evitar la obstrucción de poros. Para alcanzar resistencias superiores a 210 kg/cm<sup>2</sup>, se recomienda una relación a/mc de 0.27 a 0.34 (ACI 522R-10, 2011).

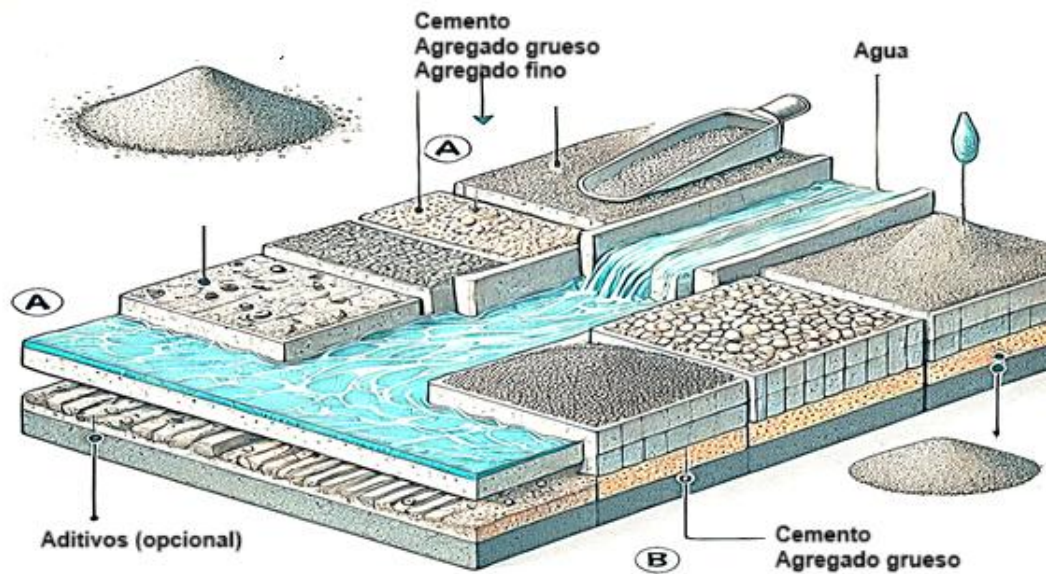
**Aditivos.** Se emplea para mejorar la manejabilidad del concreto. Los reductores de agua facilitan la descarga y los retardantes controlan la absorción del cemento, especialmente en climas cálidos (ACI 522R-10, 2011).

#### **2.3.4. *Diseño de mezclas de concreto poroso***

Es el proceso de selección y proporción de sus componentes (cemento, agregados, agua y aditivos) para obtener una mezcla con las características óptimas de permeabilidad, resistencia y durabilidad (Palomino, 2023).

**Figura 7**

*Componentes del concreto poroso*



*Nota.* Se detallan los componentes utilizados en la producción de concreto permeable de forma gráfica. Adaptado de (Palomino, 2023).

### a) Criterios de diseño de concreto poroso

El diseño del concreto poroso se basa en el porcentaje de espacios vacíos, determinando su capacidad de infiltración, a diferencia del concreto convencional, que prioriza la relación agua-cemento y resistencia (Benites, 2013).

**Tabla 1**

*Intervalos habituales en la composición de materiales del concreto poroso*

Parámetro	Rango
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	270 – 415
Agregado (kg/m <sup>3</sup> )	1190 – 1480
Relación a/c (peso)	0.26 – 0.45
Relación agregado fino/ grueso (peso)	0 – 1:1

*Nota.* (Benites, 2013).

Una proporción adecuada de agua y cemento es importante en el concreto poroso. Un exceso de agua reduce la resistencia, obstruye los vacíos y afecta la

cohesión de la mezcla, mientras que una cantidad insuficiente impide la correcta adhesión, la relación a/c ideal oscila entre 0.26 y 0.45 (Palomino, 2023).

### Figura 8

*Concreto poroso con diferentes cantidades de agua*



*Nota.* Se presenta la consistencia del concreto poroso en relación a la cantidad de agua que se agrega al mismo durante la formación de la mezcla (Benites, 2013).

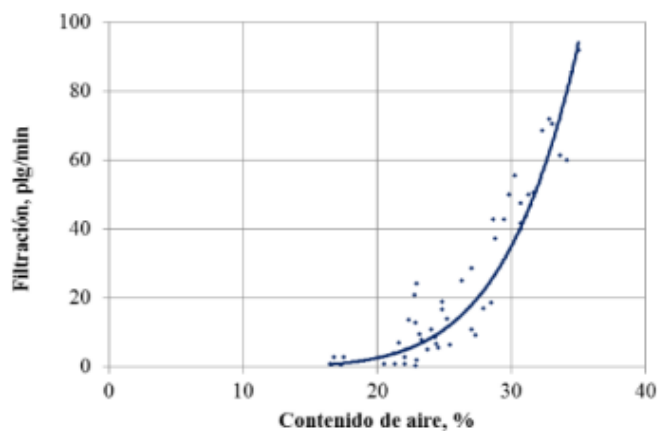
### b) Procedimiento de diseño

**Intensidad de la lluvia.** Se debe obtener datos sobre las intensidades máximas de lluvia para elegir el porcentaje de vacíos (Palomino, 2023).

**Elección del porcentaje de vacíos.** La determinación de espacios vacíos toma en consideración la necesaria tasa de infiltración del agua de lluvia (Palomino, 2023).

### Figura 9

*Porcentaje de pasta de concreto entre contenido de vacíos*



*Nota.* (ACI 522R-10, 2011).

Para calcular el volumen de pasta en  $m^3$ , se emplea la ecuación: (Palomino, 2023)

$$V_p = V_c + V_a \quad (9)$$

$$V_p = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a} \quad (10)$$

Donde,  $V_p$ ,  $V_c$  y  $V_a$  Volumen de pasta, cemento y agua,  $c$  y  $a$  peso del cemento y agua, P.E.c. y P.E.a peso específico del cemento y agua, respectivamente.

**Compactación.** El proceso de compactación del concreto poroso es una técnica especializada que se realiza para alcanzar la densidad y resistencia requerida, se usa un mazo Proctor modificado de 44.48 N a 457.2 mm de altura (Tennis et al., 2004). Para calcular la energía aplicada durante el proceso, se emplea:

$$F_c = -3.37 \times \left(\frac{a}{c}\right)^2 + 3.49 \times \left(\frac{a}{c}\right) \quad (11)$$

**Elección y ajuste de la relación a/c.** Según el ACI 522-2010, la relación a/c recomendada es de 0.26 a 0.45, garantizando una correcta unión de agregados sin comprometer la porosidad. En este estudio, se emplearon valores de 0.35 y 0.40 para optimizar la resistencia y permeabilidad (Palomino, 2023).

**Método de volúmenes absolutos y su ajuste por humedad y absorción.** Se calculan los volúmenes de los materiales para verificar el contenido de huecos y proporción agua-cemento, con una corrección por humedad similar a la aplicada en el concreto convencional. Se considera la absorción de los agregados, ajustando la cantidad de agua necesaria para evitar variaciones en la mezcla.

$$\%CH > \%Abs \rightarrow \textit{Se retira agua en el diseño SSS} \quad (12)$$

$$\%CH < \%Abs \rightarrow \textit{Se adiciona agua en el diseño SSS} \quad (13)$$

**Agua.** El contenido de agua en el concreto poroso debe mantenerse dentro del rango recomendado de 0.26 a 0.45, según lo recomendado por el ACI 522R (2011), ya que un exceso puede obstruir los poros, afectando la permeabilidad del material. Por ello, cualquier ajuste debe ser cuidadosamente supervisado.

### 2.3.5. *Propiedades del concreto poroso*

Las propiedades del concreto poroso son las características físicas y mecánicas que determinan su comportamiento estructural y capacidad de drenaje. A diferencia del concreto convencional, su principal atributo es la permeabilidad, lograda a través de una red interconectada de vacíos que permite la infiltración de agua. Entre sus propiedades más relevantes se encuentran: (Bravo, 2021)

**Trabajabilidad.** Es la capacidad del concreto fresco para ser manipulado, transportado, colocado y compactado con mínimo esfuerzo, sin segregación y manteniendo homogeneidad (Paredes, 2018).

**Revenimiento.** Generalmente es cero, aunque en algunos casos puede estar entre 20 y 50 mm; la prueba de revenimiento se usa como referencia, no como control de calidad, debido a la rigidez del concreto permeable (ACI 522R-10, 2011).

**Fluidez del concreto drenante.** Mide la consistencia del concreto y en el concreto poroso varía entre 1/2" y 2". Se sigue la norma ASTM C143, pero solo como valor referencial, ya que la mezcla es más rígida que el concreto convencional (ASTM C 143, 2011).

**Densidad.** Se determina según ASTM C1688, y depende del contenido de vacíos, su valor oscila entre 1,680 y 2,010 kg/m<sup>3</sup>, representando aproximadamente el 70% de la densidad del concreto convencional (ASTM C1688, 2016).

**Tiempo de fragua.** Se mide con ASTM C403 (2020) y es más corto en concreto permeable, el fraguado inicial ocurre entre 2 y 4 h, y el final entre 4 y 8 h, según factores como: tipo de cemento, relación a/c y temperatura (Nazareno, 2018).

**Temperatura ambiental y de mezcla.** Se evalúa con ASTM C1064 para garantizar que la mezcla cumple con los límites de temperatura especificados antes de su aplicación en obra (ASTM C1064, 2017).

**Resistencia a la compresión.** Se mide aplicando una carga axial sobre cilindros, conforme a normativas nacionales (Bravo, 2021). En pavimentos permeables, varía entre 35 y 280 kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo al ACI (2010) permitiendo su uso en diversas aplicaciones, aunque siempre debe verificarse su capacidad mecánica mediante ensayos de laboratorio.

**Capacidad de filtración.** Depende del contenido de vacíos en la mezcla. Un mínimo del 15% de vacíos es necesario para una filtración efectiva, con coeficientes de permeabilidad entre 0.2 y 0.54 cm/s (ACI 522R-10, 2011).

**Permeabilidad.** Determinada por la interconexión y tamaño de los poros, aunque aún no hay un método estándar para medirla, su coeficiente varía entre 0.14 y 1.22 cm/s, con contenido de vacíos entre 15% y 35% (De La Cruz, 2017).

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times Ln \times \frac{h_1}{h_2} \quad (14)$$

Donde, k coeficiente de permeabilidad, L Longitud de la muestra analizada, A Área transversal de la muestra, a Área de la tubería de carga, T Tiempo requerido para que el flujo pase de (h1) a (h2), h<sub>1</sub> Altura del nivel de agua medida desde el punto de referencia (parte superior), h<sub>2</sub> Altura de la tubería de salida del agua en relación con el nivel de referencia (1 cm).

**Porosidad.** Influenciada por la cantidad de aire en la mezcla, la proporción de cemento y el nivel de compactación. Se recomienda que el porcentaje de vacíos esté entre 15% y 35% (De La Cruz, 2017).

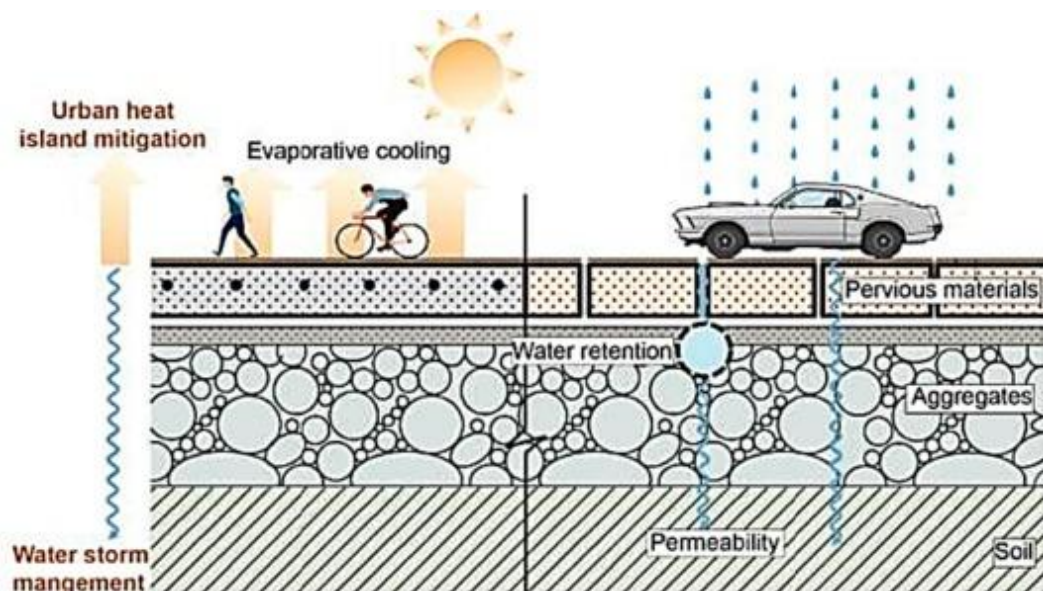
**Peso unitario.** Es la relación entre el volumen de sólidos y el volumen total de la muestra, en concreto liviano, varía entre 480 y 1,600 kg/m<sup>3</sup>, mientras que en concreto pesado puede alcanzar hasta 5,000 kg/m<sup>3</sup>, pero generalmente el concreto convencional presenta 2400 kg/m<sup>3</sup>, aunque en concreto poroso se pueden obtener menores valores (ACI 522R-10, 2011).

### 2.3.6. Aplicaciones del concreto poroso como pavimento

Este tipo de concreto se emplea como pavimento en estacionamientos permeables, centros comerciales, invernaderos, pisos peatonales, aeropuertos y accesos vehiculares; también se usa en superficies de zoológicos, cubiertas de piscinas, terraplenes de puentes, plantas de tratamiento de agua, sistemas solares y revestimientos de pozos para captación de agua (ACI 522R-10, 2011).

**Figura 10**

*Aplicaciones del Concreto Poroso como Pavimento*



*Nota.* Se observa las diferentes aplicaciones que se le puede dar al concreto poroso como pavimento permeable, tanto para uso peatonal, ciclovías o uso vehicular (Adresi et al., 2023).

El uso de este material como pavimento ha demostrado ventajas, ya que su elevado contenido de vacíos le otorga una notable capacidad de filtración, permitiendo que el agua, generalmente de origen pluvial, se drene con eficacia; esto evita la acumulación de agua que de otro modo, permanecería estancada hasta ser eliminada por evapotranspiración; además gestiona eficazmente el escurrimiento de aguas pluviales, especialmente en autopistas donde contribuye a reducir el deslumbramiento de la superficie (Paredes, 2018).

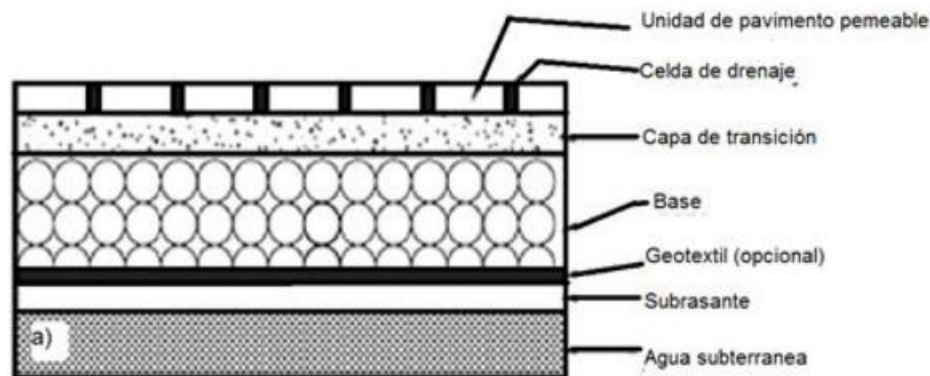
### 2.3.7. Pavimento poroso

El pavimento poroso permite la infiltración de agua a través de su superficie; está compuesto por materiales permeables, como grava o piedras, que permiten el paso del agua hacia el suelo subyacente. Este tipo de pavimento es utilizado en zonas donde es necesario controlar la escorrentía (De La Cruz, 2017).

El concreto drenante para pavimentos ha ganado popularidad a nivel global como una solución eficiente para optimizar los sistemas de drenaje. Esta innovadora alternativa facilita la recolección y absorción del agua de lluvia, además, constituye una opción sostenible, ya que contribuye a mantener el ciclo hidrológico natural sin alteraciones (De La Cruz, 2017).

**Figura 11**

*Componentes del pavimento poroso*



*Nota.* (Trujillo y Quiroz, 2013).

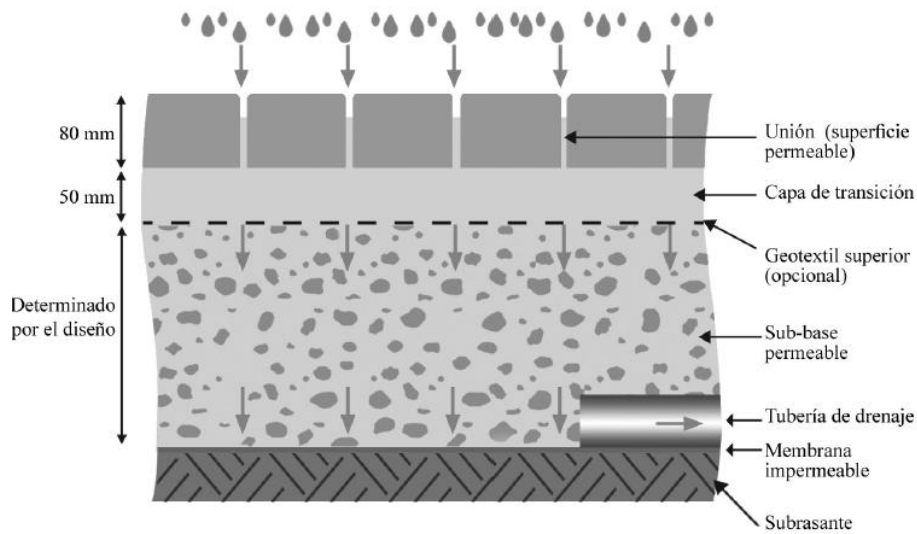
#### 2.3.7.1. Sistema de infiltración en drenantes de pavimentos porosos

Castro (2011) describe tres sistemas de infiltración para pavimentos permeables, cada uno con características particulares:

**Infiltración total:** Este sistema es ideal para subrasantes con alta capacidad de permeabilidad, ya que permite que el agua se filtre a través de todas las capas del pavimento, incluida la subrasante. El agua se retiene temporalmente en la subbase permeable antes de infiltrarse en el suelo natural (Castro L. M., 2011).

**Figura 12**

*Sistema de infiltración total*

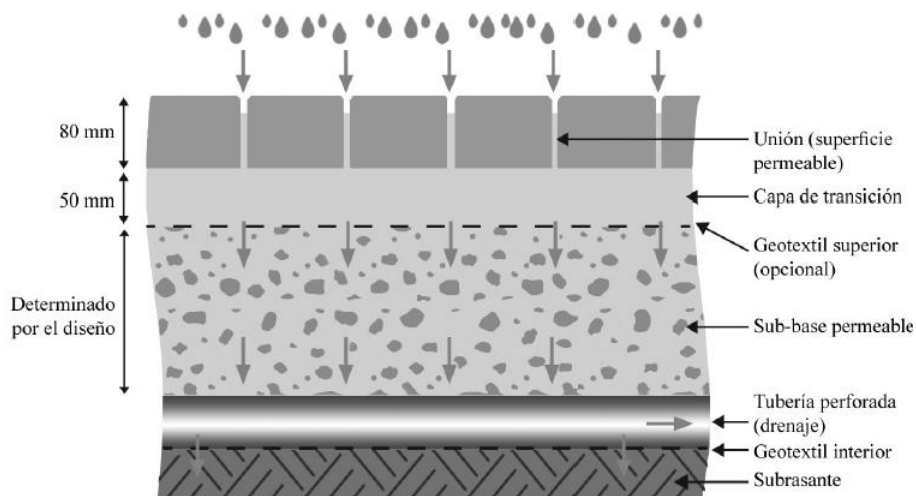


*Nota.* (Cárdenas y Albiter, 2017).

**Infiltración parcial.** Se emplea cuando la subrasante no tiene la capacidad de absorber completamente el agua que recibe. En este caso, parte del agua es evacuada a través de tuberías de salida conectadas a la subbase permeable, las cuales redirigen el exceso de agua hacia otros sistemas de drenaje, como cunetas.

**Figura 13**

*Sistema de infiltración parcial*

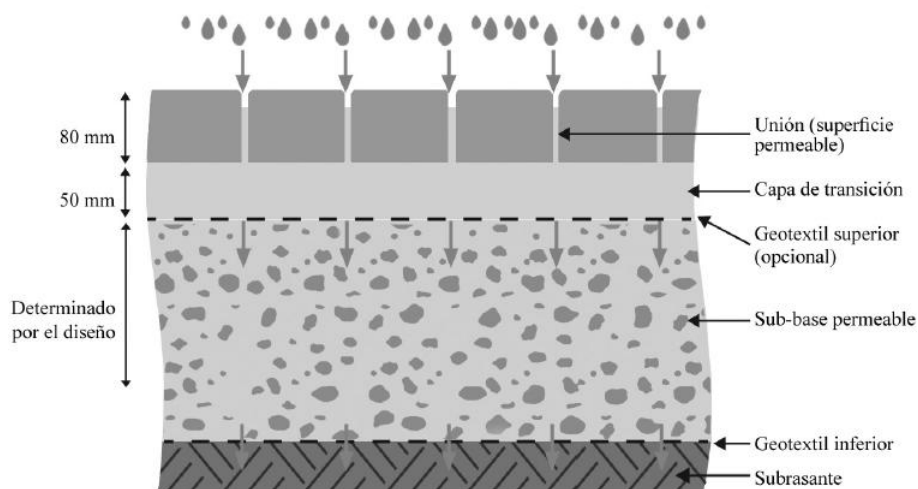


*Nota.* (Cárdenas y Albiter, 2017).

**Sin infiltración.** Son ideales para subrasantes de baja permeabilidad o para recolectar agua infiltrada para reutilización. Para ello, se instala una membrana impermeable en la subrasante y laterales de la subbase, junto con tuberías de drenaje que conducen el agua hacia sistemas como cunetas (Castro L. M., 2011).

**Figura 14**

*Sistema sin infiltración*



*Nota.* (Cárdenas y Albiter, 2017).

### 2.3.7.2. Clasificación de pavimentos porosos

De acuerdo a Sañudo et al. (2013) los pavimentos porosos pueden ser discontinuos y continuos. Los pavimentos discontinuos se han creado utilizando materiales no permeables, al combinar componentes porosos que facilitan la permeabilidad de líquidos a través de sus poros, como césped, grava de refuerzo y adoquines con ranuras; mientras que, los pavimentos porosos continuos, son aquellos constituidos por materiales permeables que facilitan la filtración de líquidos, tales como, asfalto permeable y/o concreto poroso.

### 2.3.7.3. Tipos de pavimento poroso según los materiales usados en su conformación

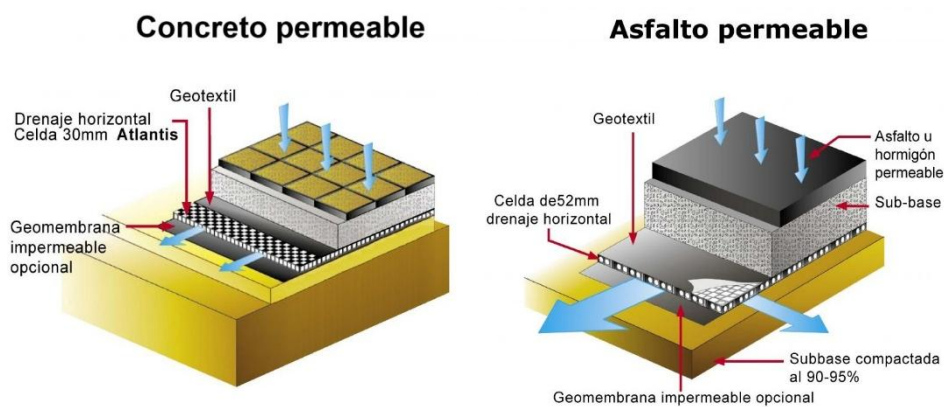
**Pavimento permeable en asfalto poroso:** se compone de una mezcla de asfalto convencional y materiales porosos, como agregados finos de piedra y arena. La

mezcla se diseña de manera que tenga porosidad, lo que permite que el agua se filtre a través de ella y se absorba por el suelo subyacente (Castro L. M., 2011).

**Pavimento permeable en concreto poroso:** se compone de arena y agregados gruesos, con una baja relación agua-cemento para generar porosidad; permite la infiltración de agua, reduciendo la escorrentía y favoreciendo la recarga de acuíferos; se utiliza en calles, estacionamientos y vías de acceso con tráfico moderado a pesado, destacando por su durabilidad y resistencia en proyectos de pavimentación sostenible (Castro L. M., 2011).

**Figura 15**

*Tipos de Pavimentos Poroso de Concreto y de Asfalto*



*Nota.* Vista del concreto permeable al lado izquierdo y del asfalto permeable al lado derecho, ambos son tipos de pavimentos permeables que se utilizan actualmente (SUDS, 2019).

#### **2.3.7.4. Componentes que conforman el pavimento poroso**

Está conformada por tres capas, la primera es la capa de rodadura, diseñada para permitir la filtración del agua, y puede estar compuesta por asfalto, concreto, arcilla o grava; la segunda es una capa de material granular fino, cuya función es facilitar la correcta instalación de la capa de rodadura; y, la tercera capa está formada por un material granular de mayor tamaño, destinado a almacenar el agua infiltrada (Paredes, 2018).

**Subrasante.** Debe excavarse cuidadosamente para mantener la capacidad de infiltración. Si el CBR es inferior a 6, no se recomienda el uso de pavimento poroso debido a la baja capacidad de soporte por lo que debe mejorarse la capacidad de soporte del suelo (Balabarca y Salazar, 2020).

**Filtro granular inferior o filtro geotextil.** Su función es evitar la migración de materiales finos de la subrasante hacia la subbase, utilizando un filtro geotextil o granular, diseñado de manera similar al filtro granular superior (Alvárez y Guerra, 2021).

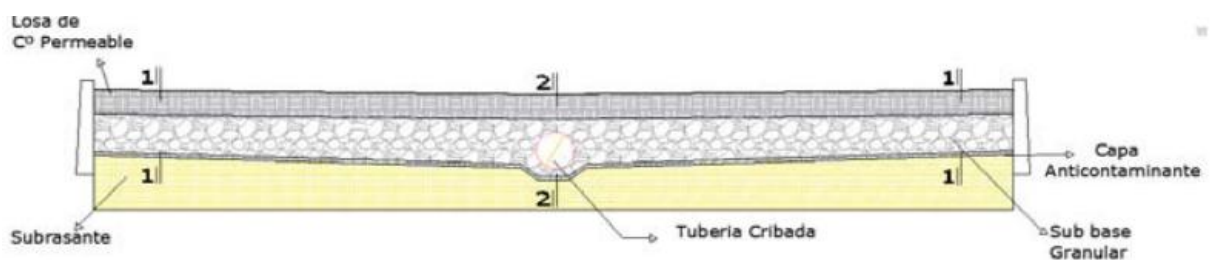
**Sub base.** Compuesta generalmente por grava de 2.5 cm a 7.5 cm de diámetro, su espesor depende del volumen de almacenamiento. Puede ser tratada (con cemento o asfalto) para mejorar estabilidad, o no tratada, con mayor cantidad de finos, pero menor resistencia (Galvez, 2021).

**Filtro granular o base.** Su espesor varía entre 2.5 cm y 5.0 cm, utilizando gravilla de 1.3 cm de diámetro. No se recomienda sustituir este material por geotextil (De La Cruz, 2017).

**Capa de rodadura.** Según el ACI 522R-10, debe tener un espesor entre 125 mm y 250 mm para estacionamientos, y 150 mm y 250 mm para vías de bajo tránsito. Su elección depende de la resistencia requerida y las condiciones del tráfico (Bautista, 2018).

## Figura 16

### *Estructura de Pavimento Rígido Permeable*



*Nota.* Capas que componen el pavimento permeable (Guerra y Guerra, 2020).

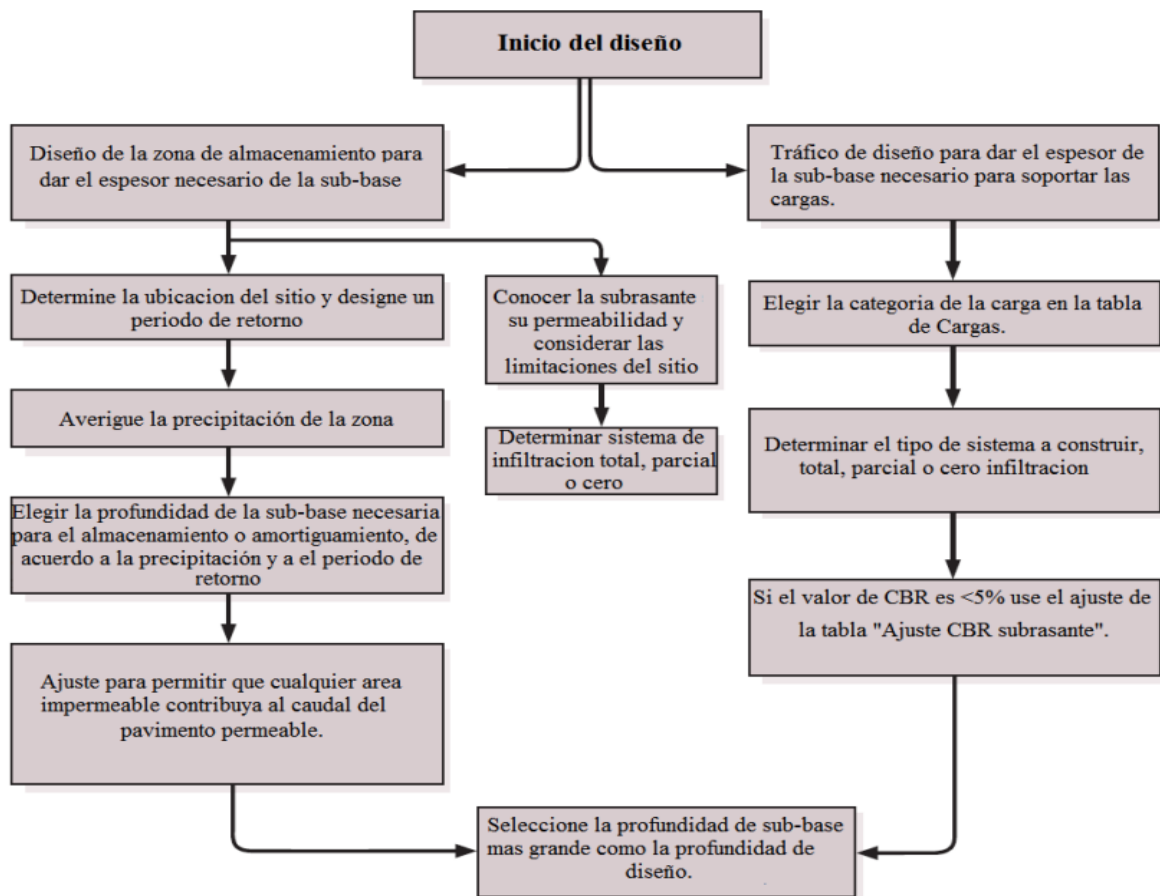
### 2.3.8. Principios de diseño del pavimento poroso

A diferencia de los pavimentos tradicionales, cuyo diseño se basa principalmente en la resistencia a las cargas aplicadas y sus propiedades mecánicas, los pavimentos permeables consideran adicionalmente factores hidráulicos como la permeabilidad y el porcentaje de vacíos en la mezcla (Fernandez y Mendoza, 2024).

Al considerar el diseño por el aspecto estructural e hidráulico, ambos diseños generarán espesores distintos, y se seleccionará el mayor de ellos como el espesor final de diseño. El esquema general de pavimentos permeables, considerando tanto criterios hidráulicos como estructurales (Castro L. M., 2011).

**Figura 17**

*Metodología de diseño de pavimentos permeables*



Nota. Adaptado de (Interpave, 2008) por (Castro L. M., 2011).

### **2.3.8.1. Selección del tipo de sistema de infiltración**

La elección del tipo de sistema se realiza considerando las características del material que conforma la subrasante, así como el objetivo específico para el cual se planea diseñar el sistema (Castro L. M., 2011).

### **2.3.8.2. Diseño hidráulico**

Para realizar el diseño hidráulico es importante considerar factores como: el volumen requerido para almacenar la precipitación de diseño, la capacidad de la subrasante para absorber o no el agua (salida) y la gestión de excedentes en caso de precipitaciones superiores a las previstas, ya que no resulta económicamente viable diseñar para el evento de mayor intensidad histórica (Ramirez et al., 2018)

El diseño de pavimentos porosos se basa en datos meteorológicos clave para el balance hídrico, considerando precipitaciones, infiltración y escorrentía superficial. Se emplean criterios extremos relacionados con el período de retorno para determinar los caudales pico de avenida. Aunque la capacidad de infiltración suele superar las intensidades de lluvia, puede disminuir con el tiempo debido a la acumulación de sedimentos. Para mantener un desempeño óptimo a largo plazo, se recomienda aplicar un factor de seguridad del 10% (Flores y Pacompia, 2015).

Para el diseño de pavimentos porosos, un análisis hidrológico detallado es esencial. Esto es particularmente importante para determinar cuánta agua pueden almacenar estos pavimentos y para elaborar una mezcla de concreto poroso que sea funcional y adecuada. Un componente clave en este proceso es calcular correctamente el contenido de espacios vacíos en el pavimento, lo cual es vital para asegurar su capacidad de almacenamiento (Flores y Pacompia, 2015).

**Aguas pluviales.** Las aguas pluviales son aquellas que se depositan en la superficie del suelo debido a las lluvias (Castro D. , 2005).

**Precipitación pluvial.** Se refiere a toda forma de agua atmosférica que llega a la superficie terrestre, ya sea en estado líquido (como llovizna o lluvia), sólido (como nieve), o en formas menos visibles (como rocío o escarcha) (Church, 2014).

**Evento de diseño.** El diseño no se basa en el valor más alto de precipitación registrado, sino en la selección de un evento significativo que ocurre periódicamente; este criterio asegura que el sistema supere su capacidad solo en contadas ocasiones a lo largo de su vida útil (Castro L. M., 2011).

**Periodo de retorno.** Hace referencia al intervalo promedio de años en el cual se espera que un evento específico iguale o supere un determinado valor (Flores y Pacompia, 2015)

**Infiltración del agua.** La velocidad con que el suelo absorbe una cantidad específica de agua se evalúa mediante el índice de infiltración, indicando la rapidez con la que el agua penetra en el suelo y se mide en mm/hr (Flores y Pacompia, 2015).

#### **2.3.8.3. Manejo en caso de eventos excedentes**

Para gestionar eventos de excedencia, se recomienda combinar este sistema con otros tipos de sistemas de drenaje sostenible con el fin de proteger la estructura y asegurar su funcionamiento adecuado (Ramirez et al., 2018).

#### **2.3.8.4. Diseño estructural del pavimento poroso**

Se debe determinar el espesor estructural mínimo necesario. Los criterios de diseño deben garantizar que el pavimento posea suficiente capacidad de carga para sostener el tipo de tráfico esperado sin sufrir deformaciones significativas (Watanabe, 1995). Independientemente del uso específico de la superficie permeable, los siguientes pasos son siempre considerados en el proceso de diseño:

- Establecer la categoría del tráfico que utilizará el pavimento.

- Evaluar y, si es necesario, mejorar la calidad del terreno base para asegurar su capacidad de carga.
- Seleccionar el material de la base y determinar su espesor adecuado.
- Decidir el tipo y el grosor de la capa permeable.

El grosor requerido para una superficie permeable se define en función de su tipo y la resistencia que necesita ofrecer durante su uso. Tanto la base como la subbase suelen estar conformadas por una capa de grava de unos 13 mm de diámetro y un espesor de 25-50 mm (Watanabe, 1995).

**Tabla 2**

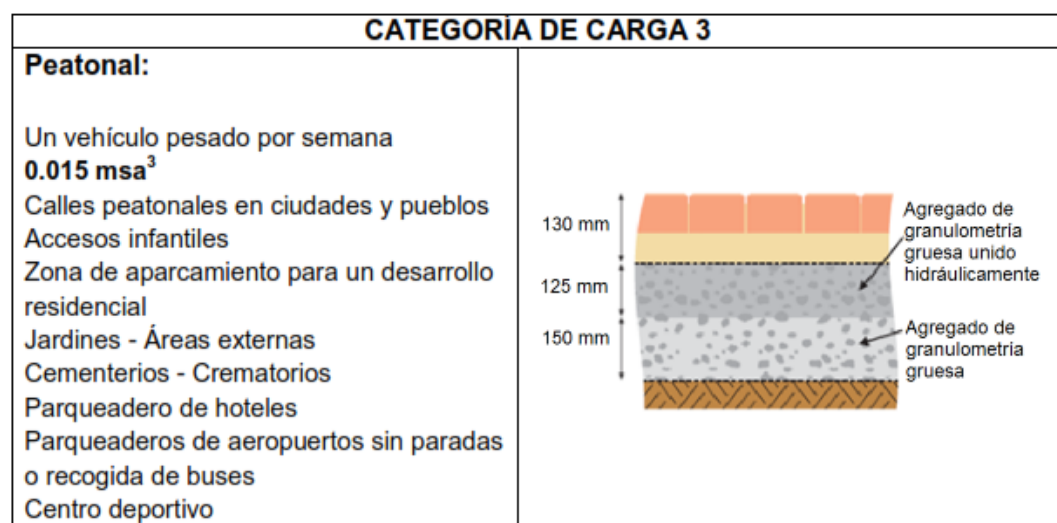
*Mínimos espesores de pavimento permeable para varias condiciones tráfico*

Categoría de tráfico	Descripción	EAL	CBR		
			≥15	10-14	6-9
1	Tráfico ligero	≤5	127	178	229
2	Tráfico ligero-medio	6-20	152	203	279
3	Tráfico medio	21-75	178	229	305

*Nota.* (Trujillo y Quiroz, 2013, pág. 35).

**Figura 18**

*Condiciones mínimas de diseño según categoría 3*



*Nota.* Se detallan aquellas condiciones mínimas que debe cumplir el pavimento permeable para considerarse dentro de la categoría de carga 3 (ACI 522R-10, 2011).

## **2.4. Hipótesis**

El diseño adecuado de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota en el año 2024 se logrará mediante la dosificación óptima de concreto poroso que garantice su resistencia mecánica y capacidad de infiltración.

## **2.5. Operacionalización de variables**

### **2.5.1. Variable independiente: Pavimento poroso**

El pavimento poroso se refiere a la característica del material utilizado en la superficie o pavimento que permite el paso del agua a través de él. Es decir, es un tipo de pavimento que permite la infiltración de agua en su estructura, en lugar de repelerla superficialmente. Y su dimensión principal es el concreto poroso (Bautista, 2018).

### **2.5.2. Variable dependiente: Drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal**

El análisis y diseño del pavimento para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal se refiere al grado en que el pavimento poroso cumple con su función de permitir que el agua de lluvia se infiltre en él de manera adecuada y al mismo tiempo permita el paso seguro de peatones. Es decir, esta variable analiza cómo el pavimento poroso afecta positivamente la capacidad de drenaje de agua y la posibilidad de caminar cómodamente sin generar acumulaciones de agua en la superficie (Arrieta y Lozada, 2024).

**Tabla 3**

*Matriz de operacionalización de variables en estudio*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>		
VI Pavimento poroso	Es un tipo de pavimento permeable que permite el paso del agua a través de sus capas, lo que ayuda a controlar la escorrentía y a reducir los problemas de inundaciones y acumulación de agua en la superficie (Bautista, 2018).	Diseño de mezclas del concreto poroso	Es el proceso de determinar las proporciones adecuadas de los materiales utilizados en la mezcla de concreto poroso (Benites, 2013).	Cemento	Bolsas		
				Agregado grueso	m3		
				Agregado fino	m3		
				Agua	m3		
		Propiedades en estado fresco	Son características físicas del concreto poroso cuando la mezcla está en estado fresco (Benites, 2013).			Aditivo	galones
						Slump	Mm
						Temperatura	°C
						Peso unitario	kg/m3
		Propiedades hidráulicas	Son características del pavimento poroso que se refieren al paso del flujo de agua a través de su estructura (Benites, 2013).			Contenido de aire	%
						Permeabilidad	%
						Porosidad	%
Propiedades mecánicas	Son características del pavimento poroso que se refieren a su capacidad para soportar cargas y resistir deformaciones (Benites, 2013).			Resistencia a la compresión	kg/cm2		
				Resistencia a la flexión	kg/cm2		
VD Drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal	Se refiere a la capacidad del pavimento poroso para permitir el drenaje adecuado del agua pluvial, evitando la acumulación y el estancamiento de agua en la superficie. También se refiere a la capacidad del pavimento para soportar el tránsito peatonal de manera segura y cómoda (Arrieta y Lozada, 2024).	Estudio topográfico	Es el proceso de recopilación de datos topográficos (Palomino, 2023).	Pendiente	%		
				Extensión	M		
		Estudio hidrológico	Es el análisis de los diferentes aspectos relacionados con el comportamiento del agua en una determinada área (Palomino, 2023).			Periodo de retorno	Años
						Precipitación máxima	Mm
						Intensidad máxima	mm/hr
						Duración	Horas
						Humedad	%
						Granulometría	%
		Estudio de mecánica de suelos	Es el análisis de las propiedades y comportamiento del suelo donde se diseñará el pavimento poroso (Palomino, 2023).			Límites de consistencia	%
						Compactación	%
						CBR	%
						Percolación	%
		Estudio de tránsito	Es el análisis del flujo de vehículos y peatones en el área donde se diseñará el pavimento poroso (Palomino, 2023).			Vehículos	Número
		Diseño del pavimento	Es el proceso de determinar las características y dimensiones del pavimento poroso (Palomino, 2023).			Base	Cm
						Pavimento	Cm
Verificación de infiltración	Es el proceso teórico mediante fórmulas empíricas para verificar la capacidad de infiltración del modelo (Trujillo y Quiroz, 2013).			Infiltración del pavimento	mm/hr		
				Intensidad de la lluvia	mm/hr		

## CAPÍTULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque fue cuantitativo, ya que se centró en la recolección numérica para evaluar el rendimiento del pavimento poroso en cuanto al drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal; esto implicó la recopilación de información objetiva y medible, como la dosificación del concreto poroso, las dimensiones del pavimento diseñado para la vía de estudio y el volumen de agua infiltrada.

Asimismo, se trata de una investigación aplicada, dado que buscó utilizar los resultados obtenidos para solucionar un problema específico; en este caso, el propósito fue generar información nueva y relevante que pueda ser aprovechada por las autoridades locales para mejorar el sistema de drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, a través del diseño de un pavimento permeable con concreto poroso.

Finalmente, la investigación es de nivel descriptivo porque se enfoca en caracterizar y analizar las propiedades del concreto poroso, su capacidad de drenaje y su impacto en la transitabilidad peatonal. A través de la recolección y análisis de datos, se detallan las condiciones hidrológicas, estructurales y materiales necesarios para el diseño del pavimento. Además, se describe el comportamiento del agua pluvial en la zona de estudio y cómo la implementación del pavimento poroso optimiza la gestión del drenaje urbano. Al ser una investigación que documenta, analiza y explica fenómenos sin manipular variables, se enmarca dentro del nivel descriptivo, ya que su objetivo es proporcionar información detallada sobre el diseño y funcionalidad del pavimento poroso en Chota.

**Tabla 6***Tipo de investigación según los principales criterios*

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de investigación</b>
Finalidad	Aplicada
Fuente de datos	Cuantitativa
Temporalidad	Transversal
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Contexto donde sucede	Biblioteca, laboratorio, campo
Control de diseño de la prueba	Experimental
Objetivos	Descriptivos

*Nota.* (Grajales, 2000).**3.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación fue descriptivo causal simple. En primer lugar, se trata de un diseño descriptivo porque se han descrito y caracterizado las propiedades del concreto poroso para asegurar su comportamiento como material de pavimentación en términos de drenaje de agua y su capacidad para soportar la carga peatonal. Además, la investigación también tuvo un enfoque causal simple porque buscó establecer una relación de causalidad entre el uso de pavimento poroso y la mejora del drenaje de agua pluvial, es decir, se pretendió determinar si el uso de pavimento poroso tenía efecto directo en la capacidad de drenaje. Finalmente, se realizó el diseño específico de pavimento poroso para una ubicación determinada y se verificó, mediante la comparación de la infiltración con la precipitación en Excel si se lograba drenar el agua pluvial de manera efectiva.

$$M \rightarrow XY \tag{15}$$

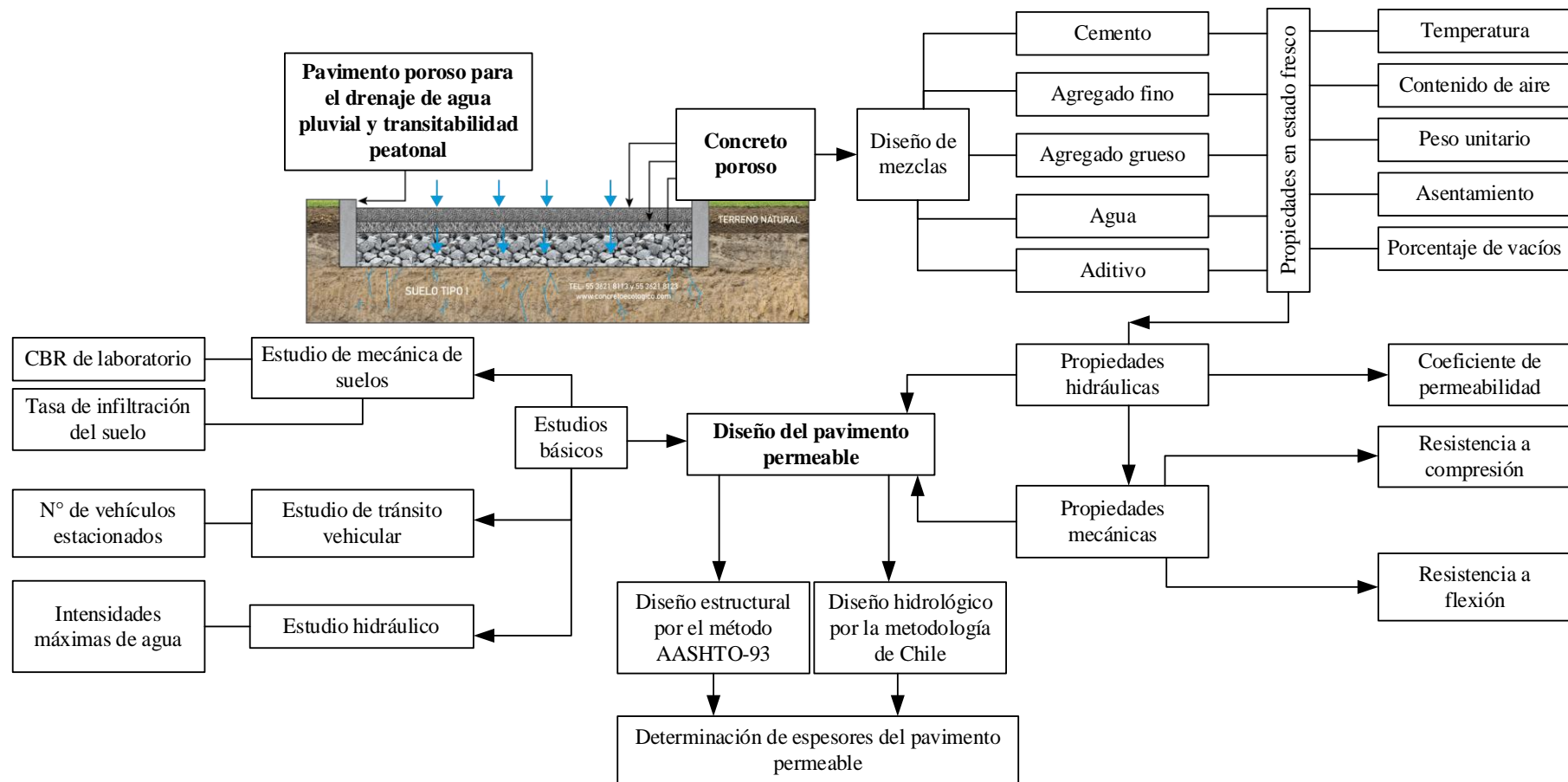
Donde, M es la muestra (la calle de estudio), X es el pavimento poroso, Y es la determinación del drenaje de agua pluvial y transitabilidad.

### **3.3. Métodos de investigación**

En la investigación se aplicó el método analítico-sintético debido a la necesidad de descomponer y examinar los distintos elementos que influyen en el diseño del pavimento poroso, para luego integrarlos en una propuesta viable y eficiente. A través del análisis, se estudiaron detalladamente las propiedades del concreto poroso, los factores hidrológicos, la capacidad de infiltración del suelo y la resistencia estructural del pavimento, basándose en datos cuantitativos y normativas técnicas. Posteriormente, mediante la síntesis, estos elementos fueron combinados para diseñar una solución integral que garantizara tanto la eficacia del drenaje pluvial como la seguridad y durabilidad del pavimento peatonal. Este enfoque permitió estructurar una metodología basada en evidencia técnica y científica, optimizando el desempeño del pavimento poroso en función de las condiciones específicas de Chota.

**Figura 19**

*Diseño de investigación descriptivo causal simple*



*Nota.* Se detalla el diseño de investigación por medio del esquema que representa los estudios realizados y los resultados alcanzados.

### **3.4. Población, muestra y muestreo**

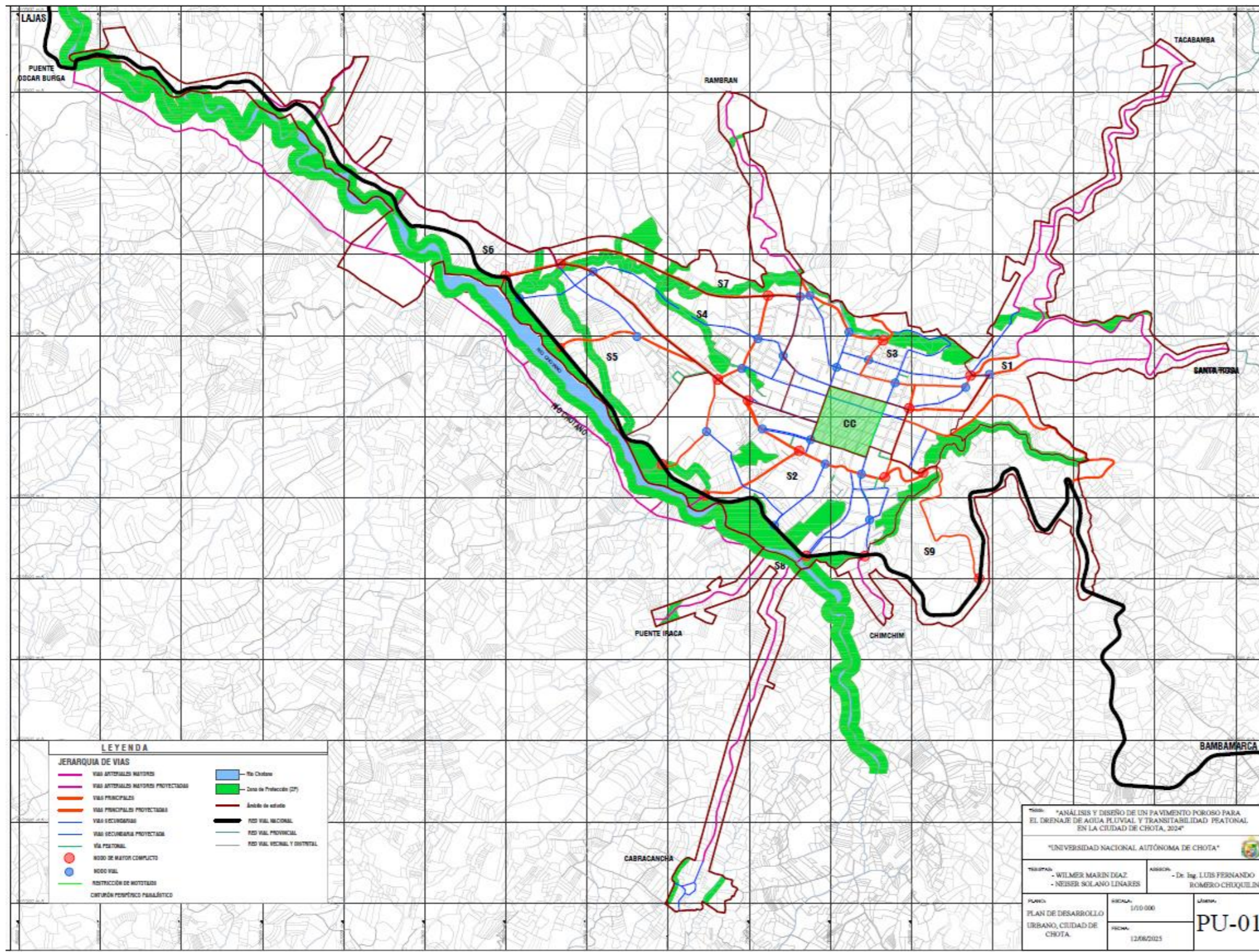
#### **3.4.1. Población**

La población de estudio está conformada por todas las calles de uso peatonal no pavimentadas dentro del área urbana de la ciudad de Chota, Cajamarca, que presentan potencial para la implementación de un pavimento poroso destinado al drenaje pluvial y mejora de la transitabilidad. Esta población se delimita geográficamente de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018).

En el Plan de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018, p. 358) se ha estructurado el sistema vial urbano de la ciudad en categorías: vías arteriales mayores, principales o arteriales, secundarias o colectoras, locales, peatonales y malecón (Figura 20). Las vías peatonales consideradas son: (1) El Jr. Los Geranios, entre Paseo San Mateo y Jr. Rosa Regalado; (2) Jr. Cruz del Siglo, entre las calles de la Av. Inca Garcilazo de la Vega y Jr. María Dolores; (3) Pasj. Cruz Ramirez, entre las calles del Jr. Exequiel Montoya y Jr. José Arana; (4) Pasaj. Teofilo Idrogo con intersección al Jr. Camino Real; (5) el Jr. Carlos Lago Marcino, entre las calles del Jr. Túpac Amaru y Psj. San Pedro; (6) Jr. Sagrado Corazon de Jesús, entre las calles del Jr. Túpac Amaru y el Jr. María Mujica; (7) Psje. Hna. Luisa Benito, entre las calles Jr. José Arana y Jr. Túpac Amaru; (8) en la intersección del Jr. Atahualpa y Jr. Santa Rosa y (9) el Psj. Guardián Republicana entre las calles del Jr. San Martín y Jr. Santa Rosa.

**Figura 20**

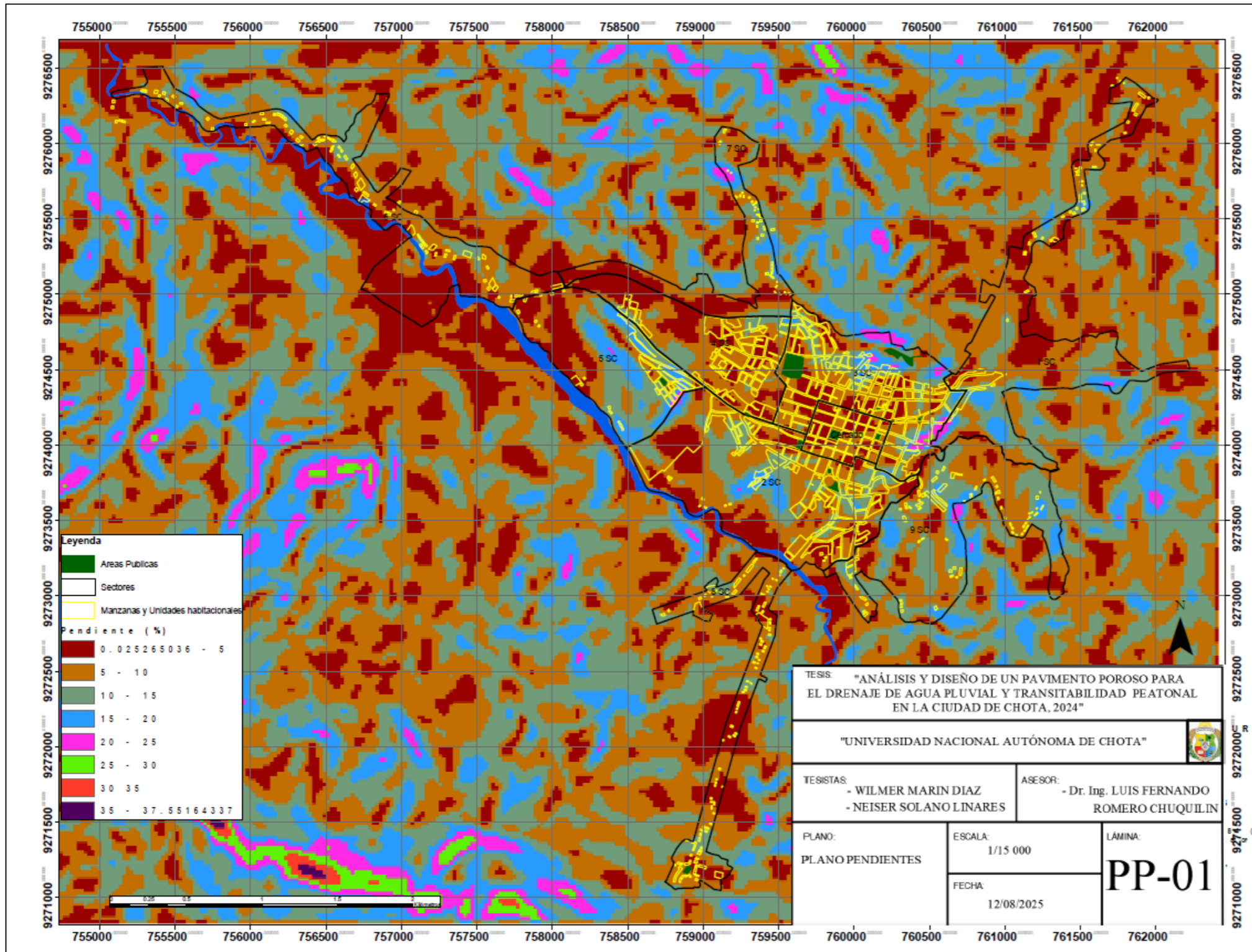
*Jerarquía de vías urbanas en la ciudad de Chota*



Nota. Tomado del Plan de Desarrollo Urbano Chota 2017-2025 (MPCH, 2018).

Figura 21

Mapa de pendientes de la ciudad de Chota



Nota. El color rojo sangre toro representa las pendientes más bajas de 0.02 a 5%. Tomado del Plan de Desarrollo Urbano Chota 2017-2025 (MPCH, 2018).

### 3.4.2. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico, lo que significa que no se seleccionó la muestra al azar, sino que se utilizó el criterio establecido por el autor. En este caso, el criterio utilizado fue seleccionar aquellas vías cuya topografía es plana, que no se encuentran pavimentadas, es decir, que están en estado de afirmado, vías que tienen antecedentes de problemas de encharcamientos de agua pluvial, debido a que no cuentan con cunetas (revestidas o sin revestimiento), así como aquellas vías que son únicamente de uso peatonal (vías cerradas que ya no tienen continuidad en el tránsito vehicular) y que se encuentran dentro de la delimitación urbana de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018). Esto implicó que se eligieran solamente las calles que tienen alta probabilidad de presentar problemas de drenaje y transitabilidad y, de entre aquellas calles con probabilidad de elección se seleccionó la que presenta condiciones de drenaje más críticas.

**Tabla 4**

*Criterios de inclusión y exclusión para la selección de la muestra*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles no pavimentadas (con superficie de afirmado).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles pavimentadas o con cunetas formales de evacuación pluvial.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles que presenten problemas de acumulación de agua pluvial (inundaciones o encharcamientos).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles de tránsito vehicular regular.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles con topografía plana o de pendiente leve (0.02% a 5%).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles localizadas fuera del área urbana.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles de uso exclusivo peatonal (sin tránsito vehicular continuo).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles en pendientes pronunciadas (5% a más).</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Calles ubicadas dentro del área urbana definida por el Plan de Desarrollo Urbano (MPCH, 2018).</li></ul>	

La tabla presenta la evaluación de nueve vías peatonales de la ciudad, considerando cuatro criterios técnicos para la implementación de pavimento permeable: que la vía no esté pavimentada (afirmado o trocha), que tenga una pendiente entre 0.20% y 5%, que no cuente con cunetas (revestidas ni sin revestir), y que presente antecedentes de encharcamiento pluvial. Tras el análisis, se determinó que solo el Pasaje Teofilo Idrogo cumple con todos los requisitos establecidos, lo que justifica técnicamente su elección como muestra de estudio para el diseño de pavimento permeable.

**Tabla 5**

*Selección de la muestra de estudio en base a los criterios de inclusión*

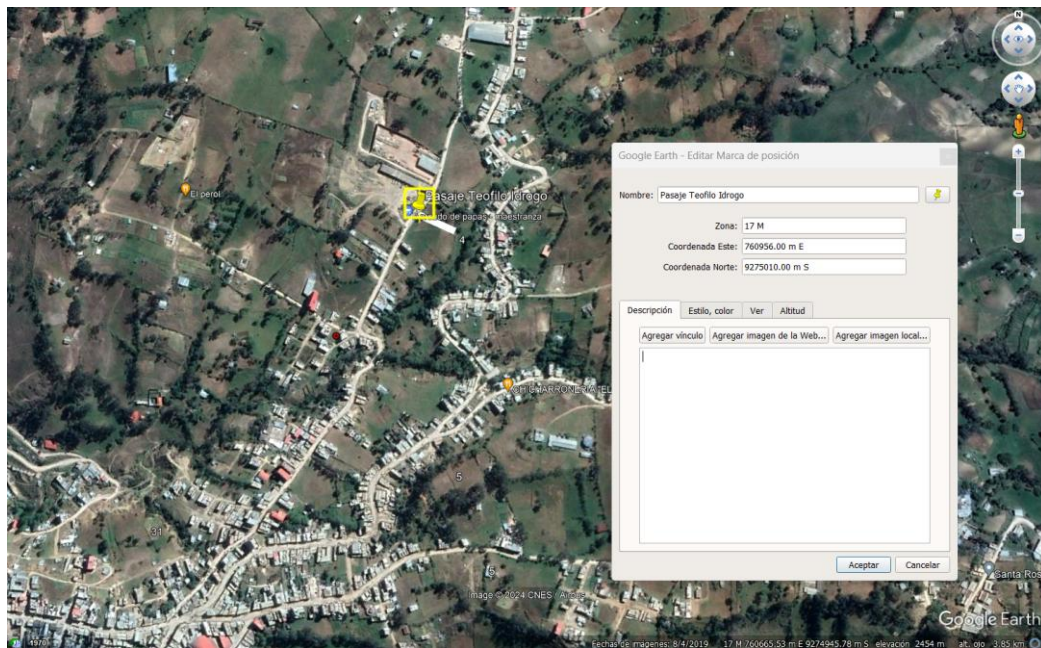
N.º	Vía peatonal	¿No pavimentada?	¿Pendiente entre 0.20% y 5%?	¿Sin cunetas?	¿Antecedentes de encharcamiento?	¿Cumple los criterios?
1	Jr. Los Geranios (entre Paseo San Mateo y Jr. Rosa Regalado)	Sí	No (mayor a 5%)	Sí	No	X
2	Jr. Cruz del Siglo (entre Av. Inca Garcilazo y Jr. María Dolores)	No (pavimento rígido)	Sí	No (cunetas revestidas)	No	X
3	Pasaje Cruz Ramírez (entre Jr. Exequiel Montoya y Jr. José Arana)	Sí	No (mayor a 5%)	Sí	No	X
4	<b>Pasaje Teofilo Idrogo (intersección con Jr. Camino Real)</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí (≈0.51%)</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Jr. Carlos Lago Marcino (entre Jr. Túpac Amaru y Pasaje San Pedro)	No (adoquinado)	Sí	Sí	No	X
6	Jr. Sagrado Corazón de Jesús (entre Jr. Túpac Amaru y Jr. María Mujica)	No (afaltado reciente)	Sí	No	No	X
7	Pasaje Hna. Luisa Benito (entre Jr. José Arana y Jr. Túpac Amaru)	Sí	No (mayor a 5%)	Sí	No	X
8	Intersección Jr. Atahualpa y Jr. Santa Rosa	No (empedrado)	Sí	No	No	X
9	Pasaje Guardián Republicana (entre Jr. San Martín y Jr. Santa Rosa)	Sí	Sí	No (cunetas sin revestir)	No	X

### 3.4.3. Muestra

La muestra seleccionada fue el pasaje Teofilo Idrogo, vía peatonal urbana que cumple con todos los criterios de inclusión: se encuentra sin pavimentar, presenta frecuentes problemas de encharcamiento de agua pluvial, no cuenta con infraestructura de drenaje, y está ubicada en el área urbana de Chota.

**Figura 22**

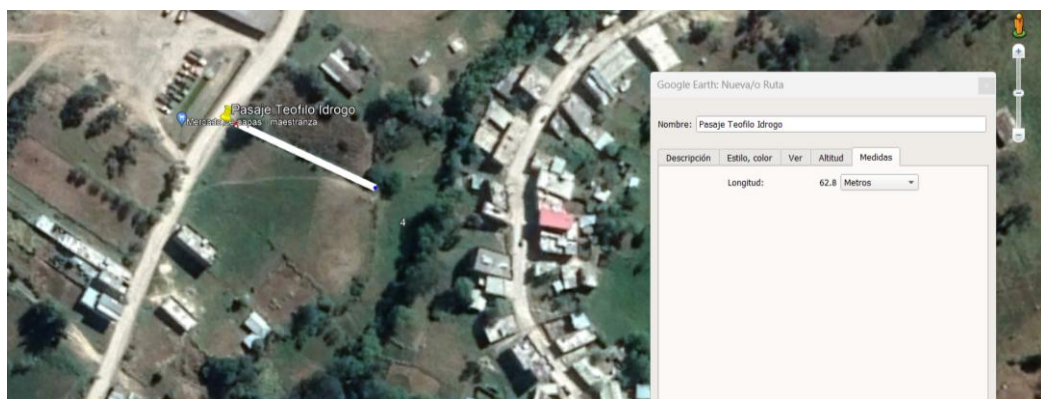
*Coordenadas de ubicación del pasaje Teofilo Idrogo*



*Nota.* (Google earth, 2024).

**Figura 23**

*Vista satelital del pasaje Teofilo Idrogo*



*Nota.* (Google earth, 2024).

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas**

**Observación (Diseño de mezclas):** Se realizaron diseños de mezcla con diferentes proporciones de cemento, agregado fino y agregado grueso, evaluando su influencia en la compacidad, contenido de vacíos y peso unitario.

**Ensayos de laboratorio para evaluación del concreto poroso:** Se ejecutaron ensayos para evaluar las propiedades del concreto poroso, esto incluyó la determinación de su porosidad, permeabilidad y capacidad de resistencia a compresión.

**Estudios básicos en la vía (mecánica de suelos, hidrología y tráfico):** Para obtener información elemental de la vía, esto abarcó los estudios de mecánica de suelos, hidrología y tráfico vehicular ya que, a pesar de tratarse de una vía peatonal, ocasionalmente ingresan vehículos.

**Diseño del pavimento poroso:** En esta técnica, los investigadores diseñaron el pavimento poroso en el pasaje Teofilo Idrogo.

#### **3.5.2. Instrumentos**

**Formatos de dosificación de mezclas:** Para registrar las proporciones de materiales en cada diseño de mezcla.

**Formatos de laboratorio para ensayos mecánicos e hidráulicos:** Estos formatos se utilizaron para registrar los resultados de los ensayos realizados al concreto poroso, en cuanto a porosidad, permeabilidad y resistencia mecánica.

**Formatos de los estudios básicos de la calle:** Datos compilados en los estudios básicos de la calle para el diseño del pavimento.

**Hoja de diseño del pavimento poroso:** Esta hoja se utilizó para documentar los detalles del diseño del pavimento poroso utilizado en el estudio.

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.6.1. Proceso de obtención de los datos

##### 3.6.1.1. Ubicación de las canteras

El agregado fino se adquirió de la cantera Conchán ubicada en las coordenadas UTM WGS84 17S 760456.00 m E, 9288006.00 m S del distrito de Conchán, mientras que el agregado grueso provino de la cantera Choctapata ubicada en las coordenadas 764576.02 m E, 9275198.87 m S del distrito de Chota.

**Tabla 6**

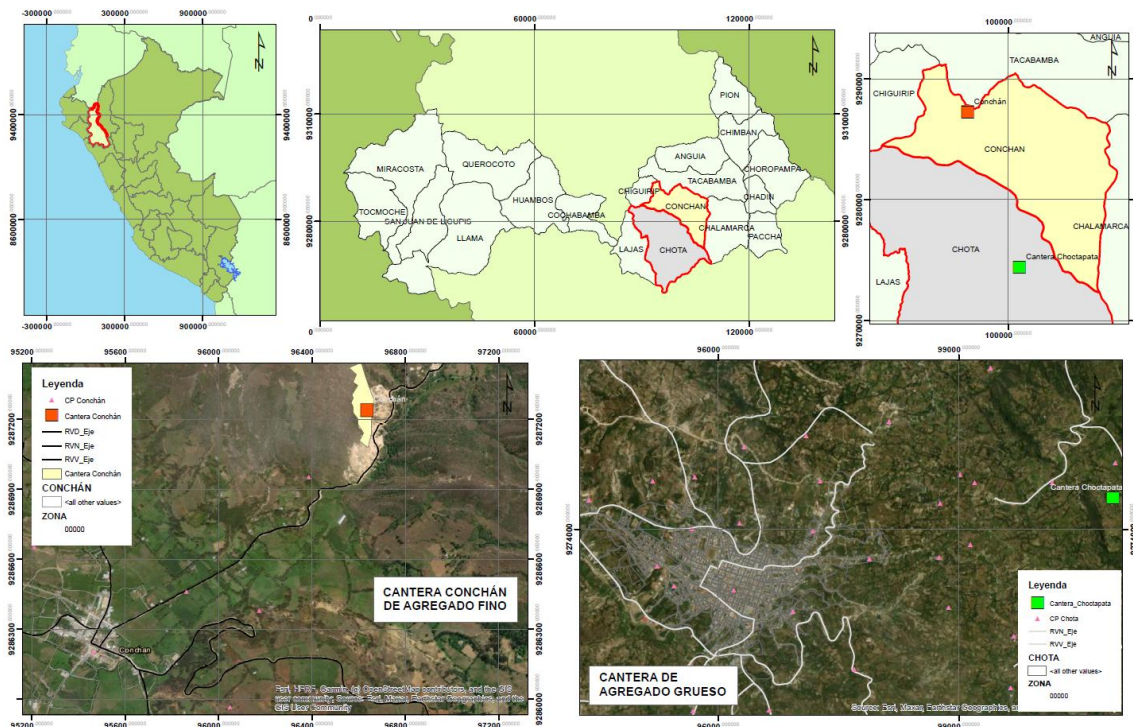
*Ubicación geográfica de las canteras*

Cantera	Distrito	Tipo de material extraído	Coordenadas UTM WGS84	
			Este (m E)	Norte (m S)
Conchán	Conchán	Arena	760456.00	9288006.00
Choctapata	Chota	Piedra huso N° 67	764576.02	9275198.87

*Nota.* Coordenadas tomadas en campo, con un GPS de mano Garmin 64sx.

**Figura 24**

*Mapa de ubicación de las canteras*



*Nota.* se elaboró un plano de ubicación utilizando los archivos shp del MINEDU.

### 3.6.1.2. Ensayos de agregados

Los ensayos físicos y mecánicos a los agregados naturales de la cantera Conchán y de la cantera Choctapata se realizaron conforme a las normas técnicas peruanas (NTP) en el laboratorio de mecánica de materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota se realizaron tres repeticiones por cada ensayo. Siendo así, se efectuaron los siguientes ensayos: NTP 400.012 (INACAL, 2021) análisis granulométrico, NTP 400.018 (INACAL, 2020) materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200, NTP 339.185 (INACAL, 2021) contenido de humedad, NTP 400.017 (INACAL, 2020) peso unitario, NTP 400.022 (INACAL, 2021) peso específico y absorción del agregado fino, NTP 400.021 (INACAL, 2020) peso específico y absorción del agregado grueso y NTP 400.019 (INACAL, 2020) abrasión de Los Ángeles al agregado grueso.

#### Tabla 7

##### *Ensayos de laboratorio para agregados*

Ensayo	NTP	ASTM
Humedad de los agregados	NTP 339.185	ASTM C – 566
Análisis granulométrico por tamizado	NTP 400.012	ASTM C – 136
Peso unitario del agregado	NTP 400.017	ASTM C – 29
Materiales más finos que pasan tamiz N° 200	NTP 400.018	ASTM C – 136
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019	ASTM C – 535
Peso específico y absorción del agregado	NTP 400.021	ASTM C – 127

*Nota.* se detallan los ensayos realizados con sus respectivas normas técnicas.

#### **a) NTP 339.185 (INACAL, 2021) humedad de los agregados**

Aparatos: Balanza, horno, recipiente de muestra.

Procedimiento:

- Se pesó la muestra de agregado fino y grueso en un recipiente limpio y seco, registrando este valor como “peso inicial”.

- Luego, la muestra se colocó en un horno a temperatura constante, donde permaneció durante 24 horas para completar el secado.
- Tras este período, la muestra se retiró del horno y enfrió hasta alcanzar la temperatura ambiente. Finalmente, se volvió a pesar en el mismo recipiente, registrando este valor como “peso final”.

**b) NTP 400.012 (INACAL, 2021) análisis granulométrico de los agregados**

Aparatos: Balanza, tamices, horno, recipiente de muestra.

Procedimiento:

- Se tomó una muestra representativa de agregado fino y grueso.
- Las muestras se lavaron para eliminar polvo y partículas finas.
- Luego, se colocaron en una estufa a 110°C hasta alcanzar un peso constante, asegurando su completo secado.
- Se utilizaron tamices mecánicos de diferentes tamaños para separar las partículas según granulometría. Para el agregado fino, se emplearon tamices de 9.50 mm a 75 µm, y para el agregado grueso, de 50.8 mm a 2.36 mm.
- Una cantidad determinada de muestra se colocó en el tamiz de mayor tamaño y se procedió al tamizado manual. Los tamices fueron agitados durante 5 minutos para garantizar una separación completa.
- Finalmente, las fracciones retenidas en cada tamiz fueron retiradas y pesadas individualmente, determinando el porcentaje de peso retenido en cada malla.

**c) NTP 400.018 (INACAL, 2020) materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200**

Aparatos: Balanza, tamiz N° 200, horno, recipientes de muestra.

Procedimiento:

- Se tomó una muestra representativa del agregado y se pesó.

- Se colocó la muestra en un tamiz N° 200, y se procedió a lavarla con agua para eliminar las partículas más finas.
- Durante el lavado, se agitó la muestra suavemente para asegurar que el material más fino pasara a través del tamiz. El agua sucia con partículas finas se decantó cuidadosamente.
- Una vez completado el proceso de lavado, el material retenido en el tamiz se secó en un horno a 100°C a 110°C hasta alcanzar un peso constante.
- Se pesó nuevamente la muestra seca y se registró su peso final.
- Finalmente, la pérdida de material fino se calculó como la diferencia entre el peso inicial y el peso final, expresando el resultado como un porcentaje del peso original de la muestra.

**d) NTP 400.017 (INACAL, 2020) peso unitario de los agregados**

Aparatos: Balanza, varilla de apisonado, recipiente, pala o cucharón.

**Procedimiento**

- **Peso unitario compactado:** Se pesó la olla en la balanza, luego se llenó con agregado en tres capas (1/3, 2/3 y 3/3), compactando cada capa con 25 golpes mediante una varilla. Posteriormente, se enrasó el recipiente y se pesaron tanto el recipiente como el agregado, registrando además el volumen del recipiente.
- **Peso unitario suelto:** Se pesó la olla en la balanza, luego se llenó con agregado en dos etapas (1/3 y 2/3). Posteriormente, se completó el llenado dejando caer el agregado desde una altura de 5 cm por encima del borde del recipiente. Finalmente, se pesaron el recipiente y el agregado, registrando su volumen.

**e) NTP 400.022 (INACAL, 2021) gravedad específica y absorción del agregado fino**

Aparatos: Balanza, picnómetro, frasco, molde, barra compactadora, estufa.

Procedimiento:

- Se tomó 500 g de agregado fino y se secó en horno a 110°C hasta alcanzar un peso constante. Luego, se remojó en agua durante 24 horas.
- Posteriormente, el material se colocó en un molde cónico y compactado con 25 golpes utilizando una varilla metálica. Luego, el molde se retiró verticalmente, dejando el agregado en estado saturado y superficialmente seco (SSS).
- El volumen de la muestra se determinó midiendo el peso del agua desplazada al sumergir el agregado en un matraz.
- Se realizó un lavado completo de la muestra de agregado fino, seguido de un secado en horno a 110°C hasta alcanzar un peso constante.
- Posteriormente, la muestra se sumergió nuevamente en agua durante 24 horas, luego escurrida y rodada sobre un paño absorbente.
- Finalmente, la muestra se pesó y su volumen determinado, permitiendo el cálculo de la gravedad específica y el porcentaje de absorción.

**f) NTP 400.021 (INACAL, 2020) peso específico y absorción del agregado grueso**

Aparatos: Balanza, cesta con malla de alambre, depósito de agua, tamices, estufa.

Procedimiento:

- La muestra de agregado grueso se cuarteó y tamizó a través del tamiz N° 4. El material retenido en el tamiz se pesó y lavó para eliminar polvo.
- Luego, la muestra se introdujo en horno a 100°C a 110°C durante un día. Posteriormente, se retiró del horno y se dejó secar entre 1 y 3 horas.
- La muestra seca se sumergió en agua durante 24 horas para su saturación completa.

- Tras la inmersión, la muestra se retiró del agua, se secó superficialmente y se pesó.
- Posteriormente, se colocó dentro de una canastilla metálica y se determinó su peso sumergido en agua.
- Finalmente, la muestra se introdujo nuevamente en el horno por un día, luego se retiró, se enfrió y se obtuvo el peso seco, excluyendo el peso del recipiente.

**g) NTP 400.019 (INACAL, 2020) resistencia a la degradación en agregados gruesos por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles**

Aparatos: Máquina de los ángeles, tamices, balanza, carga.

Procedimiento:

- Se tomó una muestra de agregado grueso, la cual se lavó para eliminar impurezas y posteriormente se secó en un horno a 100°C a 110°.
- Se pesó el agregado seco y se tamizó a través de una serie de tamices de diferentes tamaños para separar las fracciones de partículas, registrando la masa de cada fracción obtenida.
- Luego, la muestra de agregado se introdujo en la máquina junto con las bolas de acero, asegurando el contacto entre ambas. La máquina de Los Ángeles se accionó, realizando un movimiento rotatorio a una velocidad de 30 a 33 rpm.
- Una vez finalizado el ensayo, la muestra se retiró de la máquina y se tamizó nuevamente utilizando los mismos tamices empleados previamente, registrando la masa de cada fracción obtenida.
- Finalmente, se calculó la pérdida de masa, siendo este el porcentaje de desgaste del agregado grueso.

**Figura 25**

*Realización de ensayos de mecánica de materiales en agregado grueso de la cantera*

*Choctapata: (a) Granulometría y (b) Peso unitario*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

**Figura 26**

*Realización de ensayos de mecánica de materiales en agregado fino de la cantera*

*Conchán: (a) Peso específico y (b) peso unitario*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### 3.6.1.3. Resultados de los ensayos de agregados

El agregado fino cumple con los requisitos de la NTP 400.037 (INACAL, 2021), aunque el módulo de finura está en el límite superior, lo que puede afectar la trabajabilidad en una mezcla de concreto convencional, pero para una mezcla de concreto poroso se requiere que el árido fino tenga el mayor grosor posible. El agregado grueso cumple con el requisito de abrasión (<50%), lo que garantiza su resistencia al desgaste. Sin embargo, presenta deficiencias en los tamices 1” y 3/4”, indicando una menor proporción de partículas gruesas de lo esperado en el huso #56, no obstante, la mayor parte de las proporciones cumplen con dicho uso granulométrico por lo que de acuerdo a las especificaciones de la normatividad NTP 400.037 (INACAL, 2021) igual puede ser utilizada en la elaboración de concreto, sin embargo, se recomienda realizar ajustes en la dosificación del concreto para compensar las deficiencias granulométricas detectadas en ambos agregados y asegurar una mezcla óptima en términos de resistencia y trabajabilidad.

**Tabla 7**

*Propiedades físico mecánicas de los agregados*

Propiedades físico mecánicas	Agregado fino	Agregado grueso
Cantera	Conchán	Choctapata
Tamaño máximo nominal (TMN)		1 ½”
Módulo de finura (MF)	3.1	
Humedad (%)	2.78	1.14
Absorción (%)	2.12	0.84
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.52	2.780
Peso específico SSS (g/cm <sup>3</sup> )	2.57	2.850
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.66	2.890
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1586.59	1519.71
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1496.2	1488.53
Abrasión (%)		26.07

En cuanto al agregado fino de la cantera Conchán, el módulo de finura (MF) obtenido fue de 3.1, lo que se encuentra en el límite superior permitido por la norma (2.30 – 3.10), este valor indica que el material tiene una mayor proporción de partículas gruesas. Además, el agregado fino presentó contenido de humedad del 2.78%, lo que implica que absorbe cierta cantidad de agua que debe considerarse en la dosificación del concreto. El peso específico en masa (2.52 g/cm<sup>3</sup>) y SSS (2.57 g/cm<sup>3</sup>) indica que el material tiene una densidad adecuada para la producción de concreto. En el análisis granulométrico del agregado fino, se observó que los resultados cumplen en su mayoría con los rangos establecidos en la NTP 400.037, con una pequeña excepción en el tamiz #8 (2.36 mm), donde los valores obtenidos (78.8%, 77.5% y 77.5%) están ligeramente por debajo del límite inferior de 80%, esta ligera deficiencia de partículas finas podría influir en la cohesión de la mezcla, afectando su comportamiento en estado fresco; sin embargo, los demás tamices analizados se encuentran dentro de los límites normativos, asegurando que el agregado tiene una distribución aceptable.

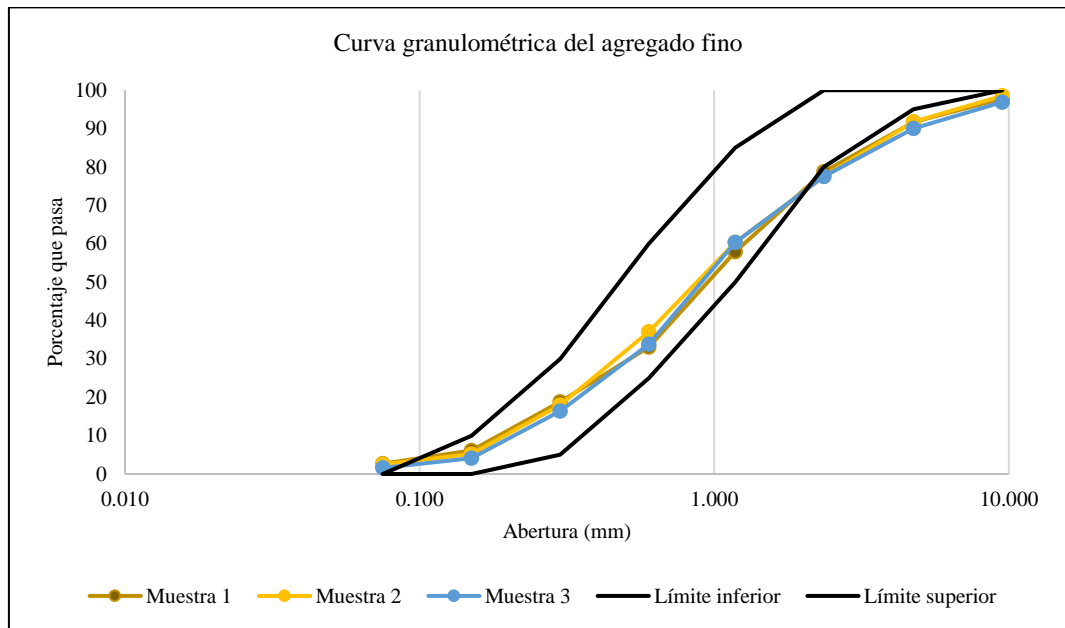
**Tabla 8**

*Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Conchán*

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa			NTP 400.037 (INACAL, 2021)	
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Límite inferior	Límite superior
3/8"	9.500	97.8	98.5	96.9	100.000	100.000
# 4	4.750	91.7	91.8	90	95.000	100.000
# 8	2.360	78.8	77.5	77.5	80.000	100.000
# 16	1.180	57.9	60.3	60.3	50.000	85.000
# 30	0.600	33.1	37.1	33.8	25.000	60.000
# 50	0.300	18.8	18	16.4	5.000	30.000
# 100	0.150	6.1	5.2	4.1	0.000	10.000
# 200	0.075	2.7	2.5	1.6	0.000	0.000

**Figura 27**

*Verificación del huso granulométrico del agregado fino de la cantera Conchán*



*Nota.* Gráfico elaborado con los resultados de los ensayos de laboratorio.

En cuanto al agregado grueso de la cantera Choctapata, el análisis físico-mecánico arrojó un porcentaje de abrasión de 26.07%, lo que cumple con el requisito de no superar el 50% según la norma, lo que lo hace adecuado para su uso en pavimentos. Su humedad fue de 1.14% y la absorción del 0.84%, lo que sugiere un bajo contenido de agua retenida y facilita el control en la dosificación. El peso específico aparente ( $2.89 \text{ g/cm}^3$ ) indica que el agregado tiene una densidad típica. Respecto al análisis granulométrico, los resultados evidenciaron que en los tamices 1" (25 mm) y 3/4" (19 mm), los valores obtenidos están por debajo del límite inferior exigido en el huso granulométrico #56. En el tamiz de 1", los valores fueron 77.4%, 71.6% y 76.2% frente a un mínimo de 90%, y en el tamiz de 3/4", se obtuvieron 36%, 37.4% y 33.8% frente a un mínimo de 40%, esto sugiere que el agregado presenta una menor proporción de partículas gruesas de lo esperado, por lo que se deben realizar ajustes en la mezcla; no obstante, los demás tamices cumplen con los rangos normativos.

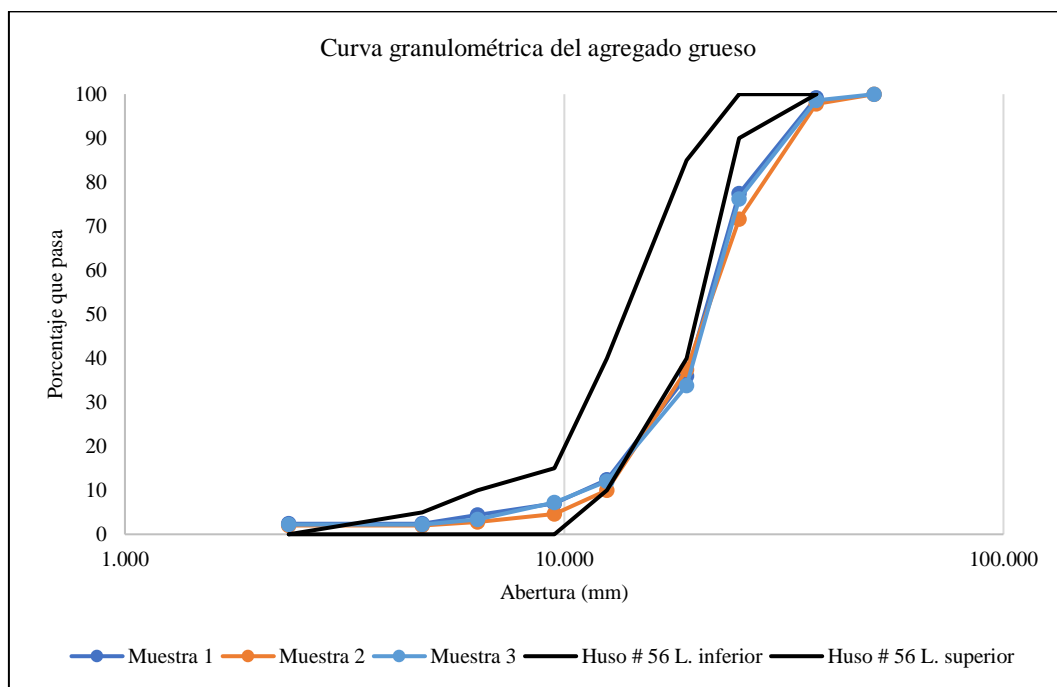
**Tabla 9**

*Análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Choctapata*

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa			NTP 400.037	
		Cantera Choctapata			Huso # 56	Huso # 56
N°	Abertura (mm)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	L. inferior	L. superior
2"	50.800	100	100	100	100.000	100.000
1 1/2"	37.500	99.2	97.8	98.6	100.000	100.000
1"	25.000	77.4	71.6	76.2	90.000	100.000
3/4"	19.000	36	37.4	33.8	40.000	85.000
1/2"	12.500	12.4	10	12	10.000	40.000
3/8"	9.500	7	4.6	7.2	0.000	15.000
1/4"	6.350	4.4	2.8	3.4	0.000	10.000
N° 4	4.750	2.4	2	2.2	0.000	5.000
N°8	2.360	2.4	2	2.2	0.000	0.000

**Figura 28**

*Verificación del huso granulométrico # 56 del agregado grueso de la cantera Choctapata*



*Nota.* Gráfico elaborado con los resultados de los ensayos de laboratorio respecto a la granulometría.

### 3.6.1.4. Diseño de mezclas de concreto poroso

Para el diseño de mezclas del concreto poroso se siguieron los lineamientos de la norma ACI-522R-10 y ACI 211.3R-02, para plantear cinco tipos de dosificación de mezcla con diferente contenido de vacíos (15%, 18% y 20%), para la mezcla ligeramente compactada, utilizando cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo, agregado fino de la cantera Conchán (al 0%, 8%, 10% y 15%), agregado grueso de la cantera Choctapata, aditivo plastificante Sika CEM Plastificante y agua potable de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

**Tabla 10**

*Características físicas de los materiales utilizados en el diseño de mezclas*

Materiales	Cantera	Peso Específico	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	MF	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika CEM Plastificante	Sika	1200					

#### a) Elección de la filtración requerida

Después de realizar el estudio hidrológico del pavimento poroso, del cual se da mayor detalle en los acápite siguientes, se seleccionó el periodo de retorno de 20 años con una duración de precipitación de 20, 30 y 60 minutos, dando respectivamente intensidades máximas de 128.07, 94.49 y 56.18 mm/hr.

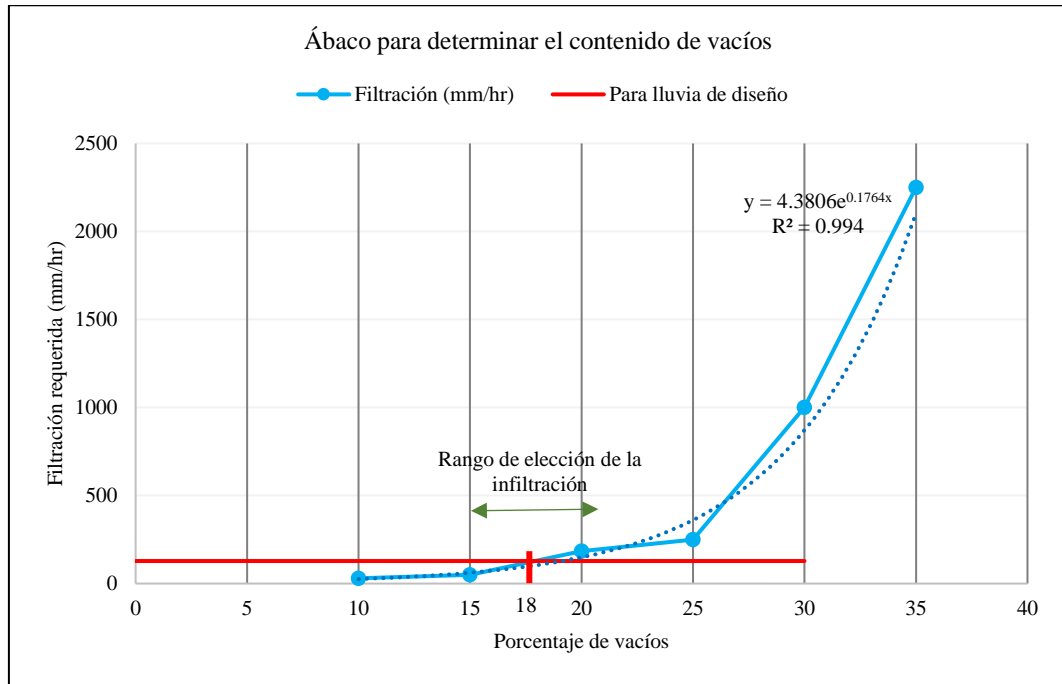
#### b) Contenido de vacíos diseño

Generalmente se elige el porcentaje de vacíos del concreto poroso en relación a la filtración que se espera del mismo. No obstante, en el estudio se definió de dos formas (1) por el convencional (en relación al porcentaje de

infiltración esperado), (2) por la resistencia que se espera alcanzar ( $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>). Por lo que se optó por trabajar con porcentajes de vacíos de: 15%, 18% y 20%

**Figura 29**

*Ejemplo de la determinación del contenido de vacíos*



Nota. (ACI 522R-10, 2011).

**c) Relación agua – cemento (a/c)**

Según el ACI 522-2010, la relación a/c recomendada es de 0.26 a 0.45, asegurando una correcta unión de agregados sin comprometer la porosidad. En este estudio, se emplearon valores de 0.30, 0.30, 0.28, 0.33 y 0.35 para el diseño D1, D2, D3, D4 y D5, respectivamente.

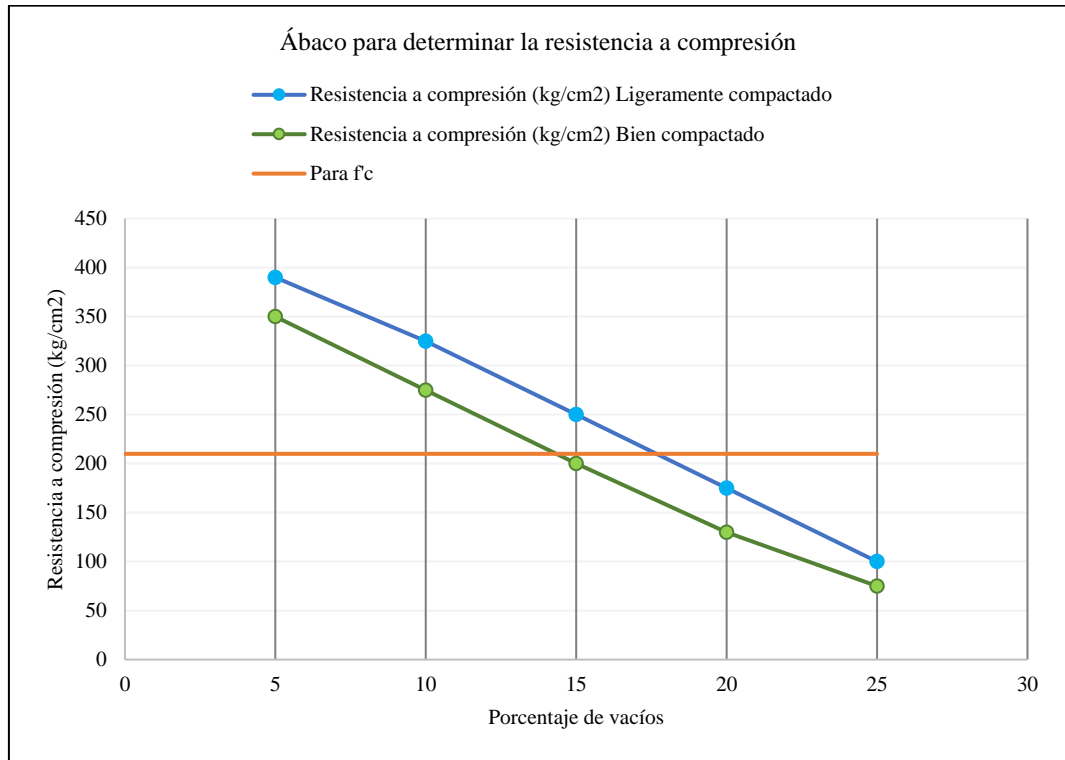
**d) Elección del  $f'_c$  de diseño y el nivel de compactación**

Según el ACI 522-2010, la probable resistencia a compresión se determina por medio de un ábaco, no obstante, en el caso del estudio ya se ha definido la resistencia esperada (210 kg/cm<sup>2</sup>), y también se ha definido el contenido de vacíos en la mezcla, por lo tanto, solo restaba verificar el nivel de compactación necesario

para alcanzar dicha resistencia a compresión, siendo así, a partir de la iteración se ha determinado que, la mezcla debía ser ligeramente compactada.

**Figura 30**

*Probable resistencia a la compresión*



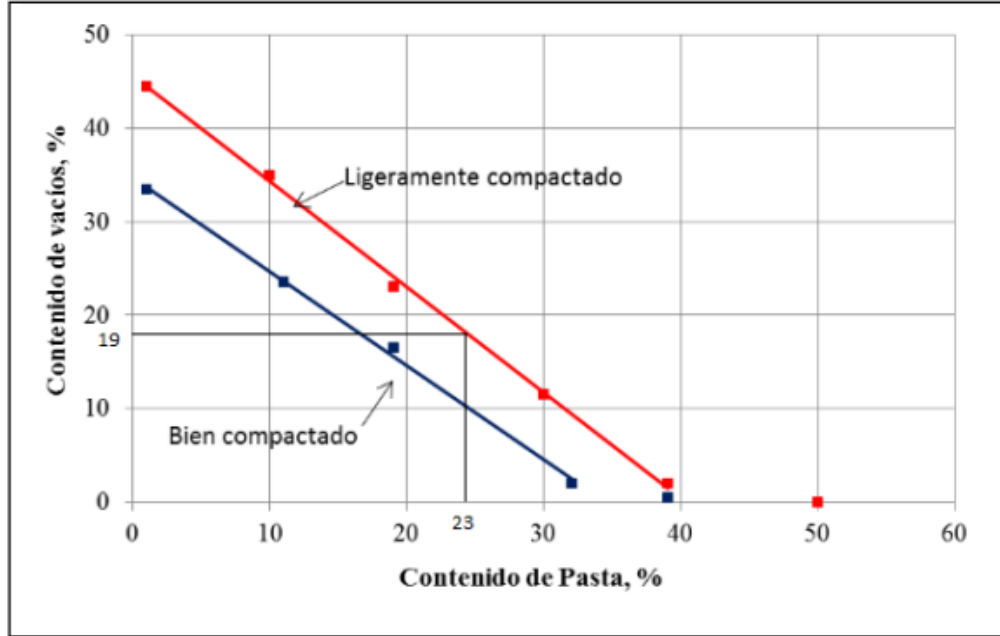
*Nota.* (ACI 522R-10, 2011).

### e) Contenido de pasta

El volumen de la pasta se determinó a partir de los volúmenes de agua y cemento utilizados, considerando el porcentaje de vacíos obtenido y el nivel de compactación aplicado. La siguiente figura ilustra el método empleado para determinar el porcentaje de pasta en volumen dentro del concreto poroso, tomando en cuenta un nivel de compactación ligero y la proporción de vacíos de diseño estimada (de 15% a 20%), siendo el volumen de pasta para el D1, D2, D3, D4, y D5 0.27.

**Figura 31**

*Método para calcular el porcentaje de pasta en volumen dentro del concreto poroso, basándose en la proporción de vacíos de diseño previstos*



Nota. (ACI 522R-10, 2011).

**Tabla 11**

*Volumen de pasta de acuerdo al porcentaje de vacíos en la pasta*

Diseño	D1	D2	D3	D4	D5
Contenido de vacíos	18	20	15	20	20
Contenido de pasta	0.27	0.23	0.28	0.24	0.24

$$Vp = \frac{c}{PEc} + \frac{a}{PEa} \quad (16)$$

$$a = c \times a/c \quad (17)$$

$$Ad = \frac{c}{42.5} \times 500 \quad (18)$$

Donde, vp volumen de la pasta, c contenido de cemento en kg, PEc peso específico de cemento, PEa peso específico del agua, a contenido de agua en litros definido a partir de la relación a/c, Ad volumen de aditivo en ml.

#### f) Contenido de agregado grueso

$$\text{Peso A.G.} = \frac{b}{bo} \times \text{Peso PUC} \quad (19)$$

Entonces b/bo representa la proporción entre el MF de la arena y el TMN de la grava.

#### Tabla 12

Factor b/bo para huso granulométrico N° 8 y N° 67 del agregado grueso

Agregado fino (%)	b/bo según ASTM C33/C33M	
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

#### g) Contenido de agregado fino

Solamente se aplica en aquellos casos donde se va a considerar agregado fino en la mezcla, caso contrario este contenido de finos es igual a cero.

$$\text{Cemento} \rightarrow \text{vol. cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{PU.Cemento (kg/cm}^3\text{)}} \quad (20)$$

$$\text{A. grueso} \rightarrow \text{vol. AG (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.grueso húmedo (kg)}}{\text{PU.A.grueso húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (21)$$

$$\text{A. fino} \rightarrow \text{vol. AF (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.fino húmedo (kg)}}{\text{PU.A.fino húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (22)$$

$$\text{Agua (lts/bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\frac{\text{Peso del cemento por m}^3}{\text{Peso del cemento por bolsa}}} \quad (23)$$

$$\text{Volumen de vacíos} = \text{volumen definido de vacíos} \quad (24)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (\text{Cemento} + \text{agua} + \text{vacíos} + \text{AG}) \quad (25)$$

#### h) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{AF final} = \text{Agregado en kg} \times (\text{Contenido de humedad} + 1) \quad (26)$$

$$\text{Ag final} = \text{Agregado en kg} \times (\text{Contenido de humedad} + 1) \quad (27)$$

#### i) Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Aporte de agua AF} = \sum(\text{humedad} - \text{absorción}) \times \text{AF} \quad (28)$$

$$\text{Aporte de agua } AG = \sum(\text{humedad} - \text{absorción}) \times AG \quad (29)$$

$$\text{Aporte de agua final} = \text{Agua} - (\text{Aporte } AF + \text{Aporte } AG) \quad (30)$$

#### j) Proporción de materiales en peso

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} \quad (31)$$

$$AF = \frac{\text{Peso } AF}{\text{Peso cemento}} \quad (32)$$

$$AG = \frac{\text{Peso } AG}{\text{Peso cemento}} \quad (33)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Peso agua}}{\text{Peso cemento}} \times 42.5 = \text{lt/bolsa} \quad (34)$$

#### k) Determinación del rendimiento de la mezcla

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} \quad (35)$$

$$\text{Peso unitario} = \frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{concreto}) - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}} \quad (36)$$

Donde, total de material= peso de la sumatoria de los materiales, peso unitario es el valor definido en laboratorio del ensayo en estado fresco del concreto.

$$\text{Vol. cemento} = \frac{\text{Cemento kg}}{\text{Peso específico cemento}} \quad (37)$$

$$\text{Vol. agua} = \frac{\text{Agua diseño} + \text{Ap.humedad } AG + \text{Ap.humedad } AF}{1000} \quad (38)$$

$$\text{Vol. } AG = \frac{AG + \text{Ap.humedad } AG + \text{Ap.humedad } AG}{\text{Peso específico } AG} \quad (39)$$

$$\text{Vol. } AF = \frac{AF + \text{Ap.humedad } AF + \text{Ap.humedad } AF}{\text{Peso específico } AF} \quad (40)$$

$$\text{Total de volumen absoluto} = \sum \text{volúmenes absolutos} \quad (41)$$

$$\text{Porcentaje de vacíos final} = \frac{\text{Rendimiento} - \sum \text{Volúmenes absolutos}}{\text{Rendimiento}} \times 100 \quad (42)$$

#### l) Definición de proporciones para elaboración de las probetas

Para definir las proporciones de elaboración de las probetas se ha estimado el volumen de cada una de estas y el número de probetas a elaborar para calcular la cantidad de materiales necesarios para dicho volumen.

### **3.6.1.5. Ensayos realizados en el concreto poroso en estado fresco**

En el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, se realizaron los ensayos al concreto poroso fresco elaborado con cemento Portland Tipo I Pacasmayo, piedra huso # 67 de la cantera Choctapata, arena de la cantera Conchán y agua potable, de acuerdo a la NTP 339.035 (INACAL, 2020) slump, NTP 339.046 (INACAL, 2019) contenido de aire, NTP 339.046 (INACAL, 2019) peso unitario, y NTP 339.184 (INACAL, 2021) temperatura de la mezcla.

#### **a) NTP 339.035 (INACAL, 2020) asentamiento – Slump**

Aparatos: Molde (Cono de Abrams), barra compactadora.

Procedimiento

- Se tomó una muestra representativa del concreto fresco y se colocó en el cono de Abrams. Se utilizó una varilla para apisonar la muestra por capas.
- Se retiró el cono con movimientos verticales controlados sobre una superficie plana. Se midió la diferencia de altura entre la parte superior del cono y el punto más alto del concreto asentado, obteniendo el asentamiento o slump.
- El asentamiento en mezclas de concreto poroso es cero, por tanto, este ensayo solamente se ha realizado como medio de comprobación.

#### **b) NTP 339.046 (INACAL, 2019) contenido de aire**

Aparatos: olla Washington.

Procedimiento:

- Se humedeció el interior del depósito y, posteriormente, secó completamente antes del uso.
- Se llenó el recipiente con concreto fresco en dos capas de igual profundidad.
- Cada capa fue compactada aplicando 25 golpes uniformes con una varilla.

- La varilla fue introducida 1” por debajo de la superficie de la última capa.
- Se golpeó suavemente el borde del depósito entre 10 y 15 veces con un martillo para sellar las áreas de contacto y eliminar burbujas de aire.
- Se permitió que el concreto sobresaliera ligeramente (aproximadamente 1/8” o 3 mm) del borde del recipiente, como parte del procedimiento.
- Se niveló la superficie del concreto con una barra de enrasar.
- Se limpiaron los bordes del depósito para retirar cualquier residuo.
- Se ensamblaron los componentes del medidor tipo B (olla Washington).
- Se inyectó agua en el recipiente para eliminar burbujas de aire.
- Se bombeó aire hasta que el manómetro se estabilizó en la presión inicial.
- Se cerraron los grifos y se abrió la válvula para registrar el porcentaje de aire.
- Finalmente, se abrieron los grifos antes de retirar la cubierta del medidor.

**c) NTP 339.046 (INACAL, 2019) peso unitario de la mezcla**

Aparatos: olla Washington.

Procedimiento:

- Se pesó la muestra de concreto y se midió su volumen en un recipiente.
- Se pesó el molde utilizado y se calculó su volumen.
- Se colocó el concreto en el molde en tres capas, cada una con un tercio de la altura total, asegurando una distribución uniforme al mover la pala.
- Se aplicaron 25 golpes en cada capa y se utilizó un mazo de goma para golpear la superficie 15 veces, con el fin de eliminar burbujas de aire.
- Una vez completada la tercera capa, se alisó la superficie superior para garantizar que quedara nivelada y completamente rellena.
- Se limpiaron y alisaron las paredes del contenedor para determinar su peso.

- Finalmente, se calculó el peso unitario dividiendo el peso de la muestra entre su volumen.

**d) NTP 339.184 (INACAL, 2021) temperatura**

Aparato: Termómetro de inmersión.

Procedimiento:

- Se utilizó un termómetro de inmersión para medir la temperatura del concreto fresco. El termómetro fue colocado de manera que quedara rodeado por al menos tres pulgadas de mezcla en todas las direcciones.
- Se aplicó presión sobre la superficie de la mezcla cerca del termómetro para garantizar un contacto adecuado.
- Se dejó el termómetro en la mezcla durante dos minutos y, una vez que la temperatura se estabilizó, se registraron las lecturas.
- Se realizó la medición de temperatura en distintos puntos de la mezcla para verificar que no existieran variaciones significativas.

**Figura 32**

*Ensayos en el concreto poroso fresco: ensayo de asentamiento*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### 3.6.1.6. Procesamiento de muestras de concreto poroso

Los especímenes de concreto se fabricaron en el campus universitario Colpamatara de la Universidad Nacional Autónoma de Chota utilizando cemento portland tipo I Pacasmayo, piedra huso # 67 de la cantera Choctapata, arena de la cantera Conchán y agua potable, en las dosificaciones determinadas en el diseño de mezclas (D1, D2, D3, D4, D5), siguiendo las especificaciones de la NTP 339.183 (INACAL, 2021). Para este estudio, se elaboraron 45 probetas cilíndricas, tres por cada tiempo de curado (7, 14 y 28 días) y por cada dosificación de mezcla (D1, D2, D3, D4, D5) para ensayos a compresión, elaboraron también 15 probetas prismáticas, tres por cada dosificación de mezcla a los 28 días de curado para ensayos a flexión. Además, se elaboraron 15 probetas cilíndricas de menor dimensión para el ensayo de permeabilidad en el concreto.

**Tabla 13**

*Número de probetas cilíndricas de concreto poroso para ensayo a compresión*

Tipo de diseño	Días de curado			Total
	7	14	28	
D1	3	3	3	9
D2	3	3	3	9
D3	3	3	3	9
D4	3	3	3	9
D5	3	3	3	9
Total	15	15	15	45

**Tabla 14**

*Número de probetas prismáticas de concreto poroso para ensayo a flexión*

Tiempo de curado	Dosificación de mezcla					Total
	D1	D2	D3	D4	D5	
28 días	3			3	3	15

**Figura 33**

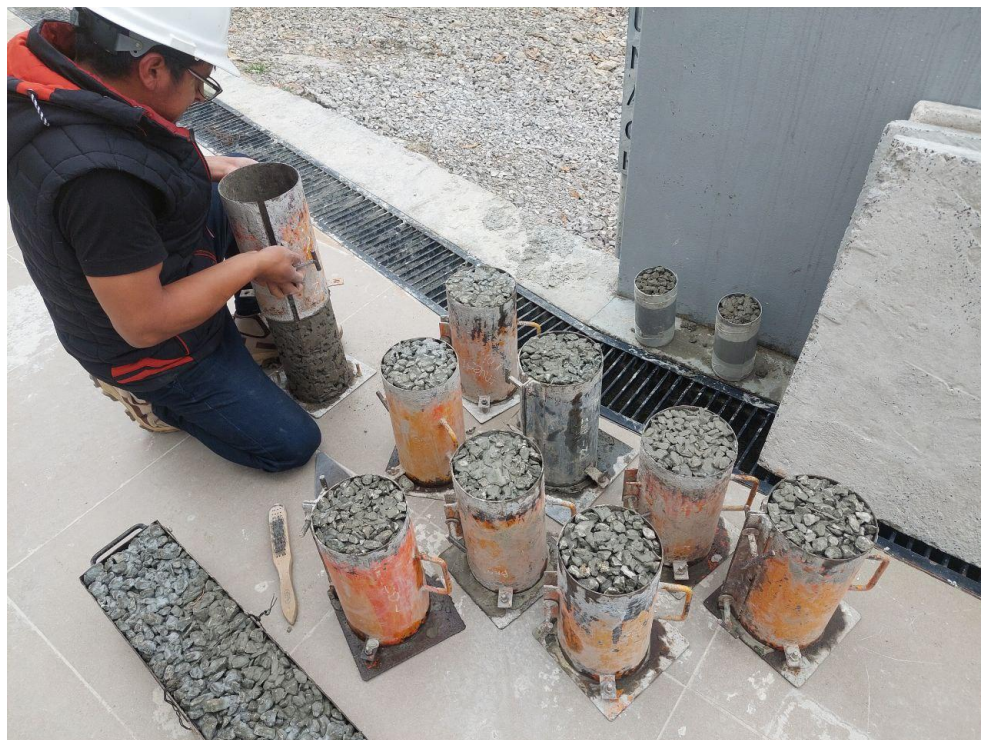
*Proceso de elaboración de las probetas de concreto poroso*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

**Figura 34**

*Extraemos los especímenes de concreto poroso de los moldes*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### 3.6.1.7. Curado de probetas de concreto poroso

Tras transcurrir 24 horas, se procedió al desmolde de las probetas cilíndricas y prismáticas para iniciar el proceso de curado. El curado se realizó en el laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC UNACH, siguiendo los lineamientos de la NTP 339.183 (2021) con ayuda de los técnicos de laboratorio para cumplir con las especificaciones y condiciones necesarias para el curado.

El proceso de curado se realizó durante 7, 14 y 28 días, tras los cuales se procedió al traslado de las probetas de concreto hacia el laboratorio CIEXLIAN de Chota, para realizar los ensayos mecánicos respectivos. El traslado se realizó con los cuidados pertinentes cubriendo las probetas para evitar cualquier daño a las mismas de acuerdo a las recomendaciones del ACI 522R-10.

#### **Figura 35**

*Proceso de curado de probetas de concreto en la EPIC – UNACH*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### **3.6.1.8. Ensayos en concreto poroso endurecido**

En el laboratorio CIEXLIAN de la ciudad de Chota se realizaron los ensayos mecánicos en el concreto poroso endurecido, debido a que, el laboratorio de la EPIC – UNACH no cuenta con los equipos necesarios para este procedimiento. Los ensayos que se realizaron fueron: el ensayo de resistencia a la compresión de acuerdo a la NTP 339.034 (INACAL, 2021), el ensayo de resistencia a la flexión de acuerdo a la NTP 339.079 (INACAL, 2023). Mientras que, el ensayo de permeabilidad de acuerdo a la norma ACI 522R-10 sí se realizó en el laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC – UNACH.

#### **a) NTP 339.034 (INACAL, 2021) resistencia a la compresión simple**

Aparatos: Máquina de compresión, báscula de precisión, cronómetro, cilindros de concreto, regla metálica, balanza, calibrados o vernier.

Procedimiento:

- Se prepararon tres briquetas con un radio de 7.5 cm y una longitud de 30 cm por cada dosificación de ensayo a tres tiempos de curado.
- Se aplicó el procedimiento estándar de la NTP 339.034 para evaluar la resistencia a la compresión uniaxial de los cilindros.
- Se verificaron las dimensiones de las probetas con un calibrador para asegurar que cumplieran con las especificaciones normativas.
- Se ejerció una carga axial sobre las probetas cilíndricas a una velocidad controlada hasta que ocurriera la falla estructural.
- Las probetas se sometieron a pruebas de resistencia a los siete, catorce y veintiocho días. Registrando además el tipo de falla estructural.
- Se realizaron los ensayos correspondientes en cada período para evaluar la evolución de la resistencia a la compresión.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (43)$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (44)$$

Donde,  $f'c$  resistencia a compresión,  $P$  carga máxima aplica,  $A$  área de la sección transversal de la probeta,  $d$  diámetro de la probeta de concreto.

### Figura 36

#### *Ensayo de resistencia a compresión simple*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

#### **b) NTP 339.079 (INACAL, 2023) resistencia a flexión**

Aparatos: Máquina de ensayo a flexión, dispositivo de carga en un punto, báscula de precisión, calibrador o vernier, cronómetro, probetas prismáticas.

Procedimiento:

- Se analizaron las probetas prismáticas de concreto según las dimensiones establecidas en la NTP 339.079 (INACAL, 2023) a los 28 días de curado.
- Se verificaron las dimensiones de las probetas con un calibrador para asegurar que cumplieran con las especificaciones normativas.
- Se limpió la superficie de apoyo de la máquina de ensayo y se colocaron las probetas alineadas correctamente sobre los rodillos de apoyo.

- Se aplicó la carga de flexión de manera uniforme a través de un sistema de dos puntos de carga en el tercio medio de la probeta.
- Se incrementó la carga de manera continua y sin impactos hasta alcanzar la falla del espécimen.
- Se registró la carga máxima aplicada al momento de la fractura de la probeta.
- Se inspeccionó la línea de falla y se midió la distancia entre los puntos de carga para determinar la resistencia a flexión.

$$f_r = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (45)$$

Donde, esta ecuación se aplica si la carga se ha colocado en el centro de la viga (ensayo de carga en el punto medio),  $f_r$  resistencia a flexión o módulo de ruptura,  $P$  carga máxima aplicada antes de la falla,  $L$  longitud de la luz entre apoyos,  $b$  ancho de la viga,  $d$  altura de la viga.

### **Figura 37**

*Realización del ensayo de resistencia a flexión*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### c) Prueba de permeabilidad

Aparatos: probetas, equipo para ensayo de permeabilidad, regla, calibrador o vernier.

Procedimiento:

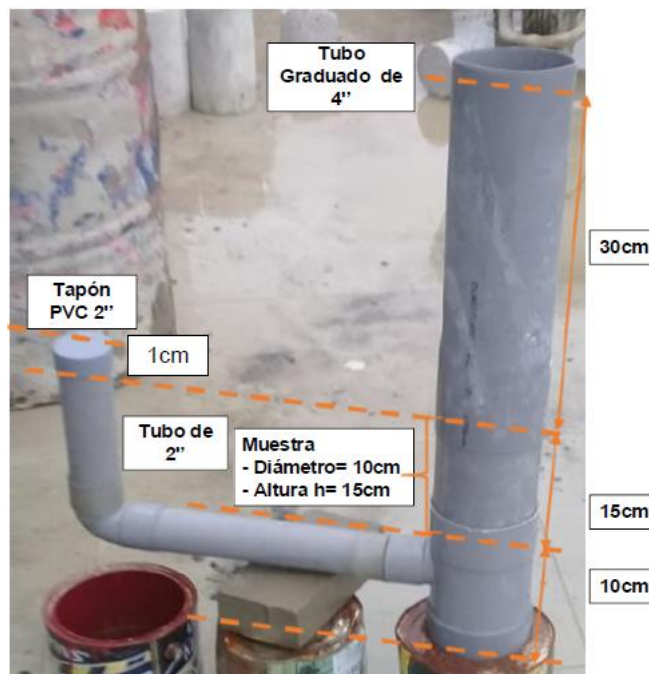
- Se fabricaron moldes cilíndricos de 4 pulgadas de diámetro y 15 cm de longitud, los cuales fueron utilizados tanto en los ensayos de permeabilidad como de porosidad.
- Se prepararon las probetas de concreto poroso con dimensiones de 150 mm de altura y 100 mm de diámetro, siguiendo las especificaciones de la norma ACI 522R-10.
- Se llenaron los moldes con la mezcla de concreto en tres capas, compactando cuidadosamente cada una para garantizar uniformidad.
- Se colocaron las muestras dentro del permeámetro de carga variable, asegurándolas con ligaduras para evitar fugas de agua durante la prueba.
- Se aplicó una presión controlada sobre las muestras dentro del permeámetro para medir el caudal de agua que fluía a través del concreto poroso.
- Se registraron los valores de longitud, volumen, tiempo y diámetro de cada muestra durante el ensayo, permitiendo el cálculo del coeficiente de permeabilidad.
- Se determinó la permeabilidad mediante el análisis del caudal de agua, aplicando la Ley de Darcy para evaluar el comportamiento del flujo a través del concreto poroso.
- Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con los valores recomendados por la ACI 522R-10, asegurando que el concreto poroso cumpliera con los requisitos de permeabilidad establecidos en la norma.

$$k = \frac{L \times a \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{t \times A} \quad (46)$$

Donde, k coeficiente de permeabilidad (cm/s), L altura de la muestra cm, a área de la tubería de carga en cm<sup>2</sup>, h<sub>1</sub> altura de columna de agua medida al inicio de la prueba en cm, h<sub>2</sub> altura de columna de agua medida al final de la prueba en cm, t tiempo de demora en pasar el agua, h<sub>1</sub> – h<sub>2</sub>, en segundos, A área promedio de la muestra en cm<sup>2</sup>.

### Figura 38

*Equipo elaborado en la UNACH para ensayo de permeabilidad*



Nota. Díaz (2022).

#### 3.6.1.9. Elección de la dosificación adecuada

La dosificación adecuada para el pavimento poroso se definió en base a su cumplimiento con la resistencia a compresión de diseño, pero también se tuvo en cuenta las características de permeabilidad necesarias. La elección correcta de la dosificación fue fundamental para garantizar un pavimento poroso duradero y efectivo.

### Figura 39

#### *Pruebas de permeabilidad de especímenes de concreto poroso*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### Figura 40

#### *Prueba de simulación de lluvia en especímenes de concreto poroso*



*Nota.* Fotografías tomadas durante el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### 3.6.1.10. Datos generales de la zona de estudio

La zona en estudio se sitúa en el pasaje Teofilo Idrogo, vía no pavimentada, situado al noreste de la plaza de armas, en el sector 1 de la ciudad de Chota, inicia en las coordenadas UTM WGS84 17S 760939.07 m E, 9274981.99 m S, y termina en las coordenadas UTM WGS84 17S 760992.75 m E, 9274929.36 m S, se accede al mismo por el Jr. Camino Real, y es una vía de uso peatonal debido a que, no tiene continuidad vial es una calle cerrada que solo sirve de acceso a los propietarios de las viviendas y lotes de la urbanización del mismo nombre. La urbanización Teofilo Idrogo está integrada por dos manzanas en las que se hallan 8 lotes en cada una, y cubren un área de 1304.20 m<sup>2</sup>, siendo está el área que acumulará agua pluvial en la microcuenca urbana para su posterior drenaje por el pavimento poroso.

**Tabla 15**

*Ubicación geográfica del pasaje Teofilo Idrogo*

Tramo	Coordenadas UTM WGS84	
	Este (m E)	Norte (m S)
Inicio	760939.07	9274981.99
Fin	760992.75	9274929.36

*Nota.* Coordenadas tomadas en campo, con un GPS de mano Garmin 64sx.

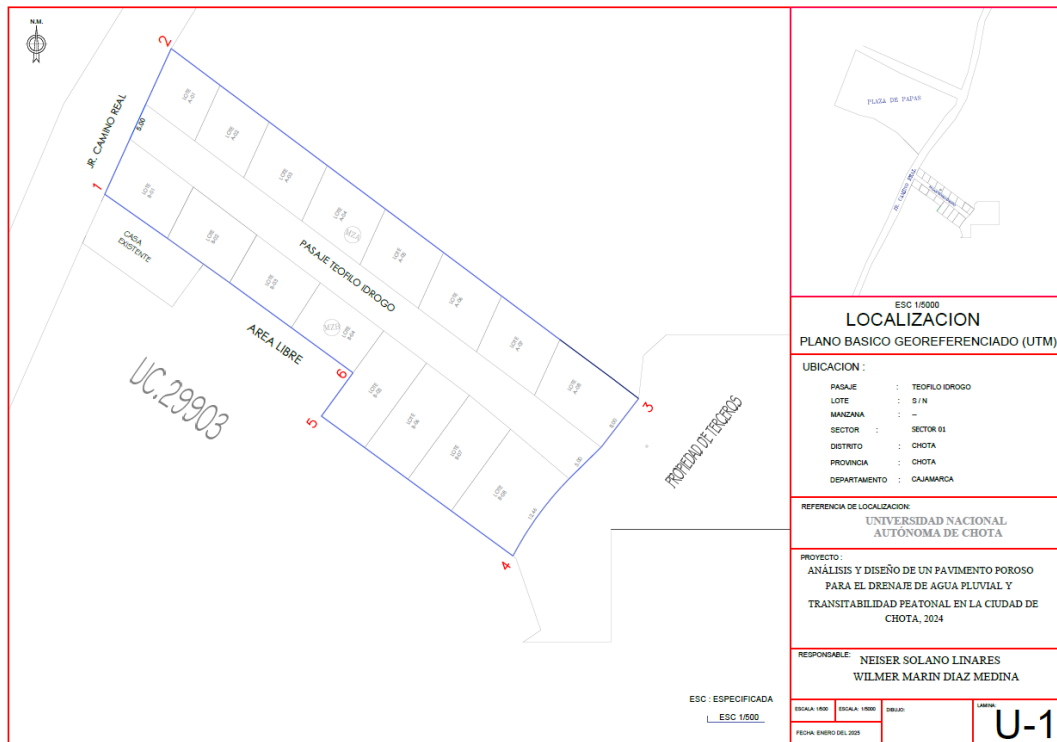
**Tabla 16**

*Características de la urbanización Teofilo Idrogo y su calle peatonal*

Característica	Detalle
Área (m <sup>2</sup> )	1304.20
Número de manzanas	2
Número de lotes por manzana	8
Tipo de viviendas	viviendas de albañilería con techo de concreto
Distancia de la calle (m)	72
Pendiente de la calle (%)	0.51

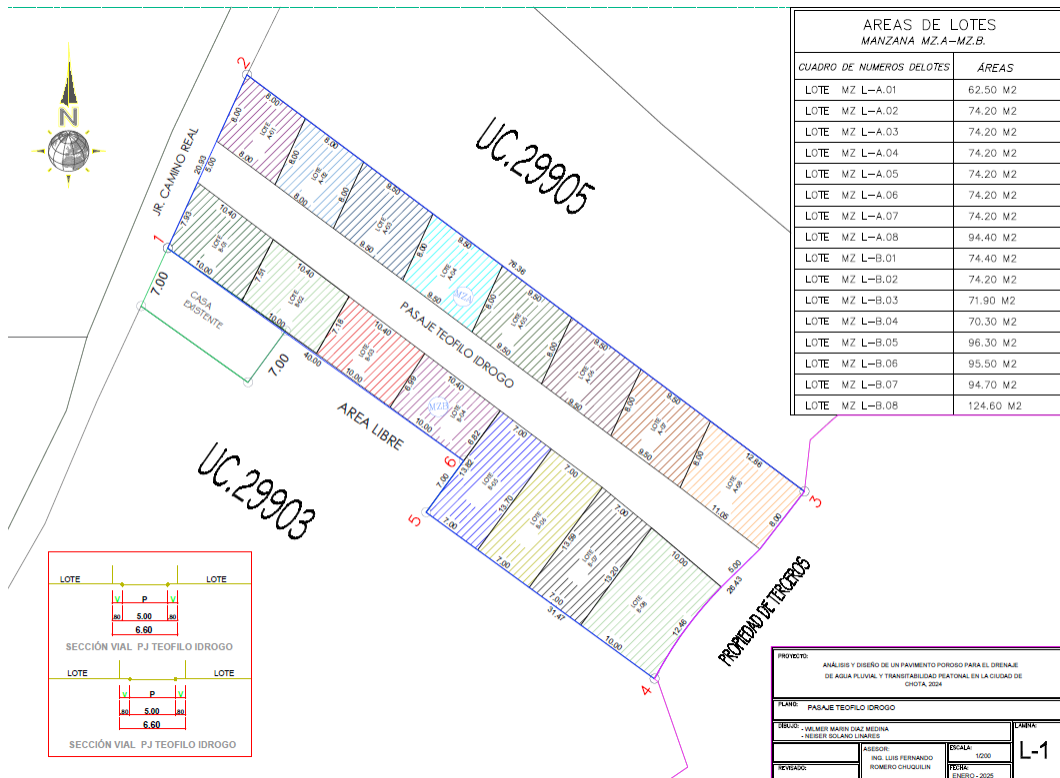
**Figura 41**

*Mapa de ubicación del pasaje Teofilo Idrogo*



**Figura 42**

*Mapa de lotes y manzanas de la urbanización Teofilo Idrogo*



### **3.6.1.11. Levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico del pasaje Teofilo Idrogo en la ciudad de Chota, utilizando estación total

#### **a) Equipos, materiales e instrumentos**

- GPS topográfico
- Estación total
- Trípode para la estación total
- Nivel topográfico
- Jalones de referencia
- Cinta métrica
- Marcadores y estacas
- Papel y lápiz para el registro de datos

#### **b) Procedimiento**

El procedimiento que se realizó en el levantamiento topográfico de la calle fue el siguiente:

- En primer lugar, se prepararon los equipos y materiales necesarios para el levantamiento topográfico.
- Luego, se establecieron una serie de puntos de control fijos en la calle utilizando los jalones de referencia. Estos puntos sirvieron como referencia para los futuros levantamientos y mediciones.
- Utilizando el GPS GARMIN de mano, se obtuvieron las coordenadas geográficas de los puntos de control establecidos. Se registraron estas coordenadas en papel junto con su altura.
- Con la estación total y el trípode, se realizaron mediciones adicionales en puntos específicos de la calle para obtener información detallada de la

topografía. Se midieron las elevaciones y las distancias horizontales y verticales entre diferentes puntos de la calle.

- Se utilizaron el nivel topográfico para asegurarse de que todos los puntos medidos tengan una misma referencia de altura.
- Se marcaron estos puntos de medición en la calle utilizando las estacas y los marcadores, de tal manera que se logró visualizar claramente el perfil topográfico de la calle.
- Se procedieron a tomar notas detalladas en el papel sobre las mediciones realizadas, incluyendo las coordenadas geográficas de cada punto y las alturas medidas.
- Una vez finalizado el levantamiento topográfico, se recogieron y organizaron todos los equipos, materiales e instrumentos utilizados.

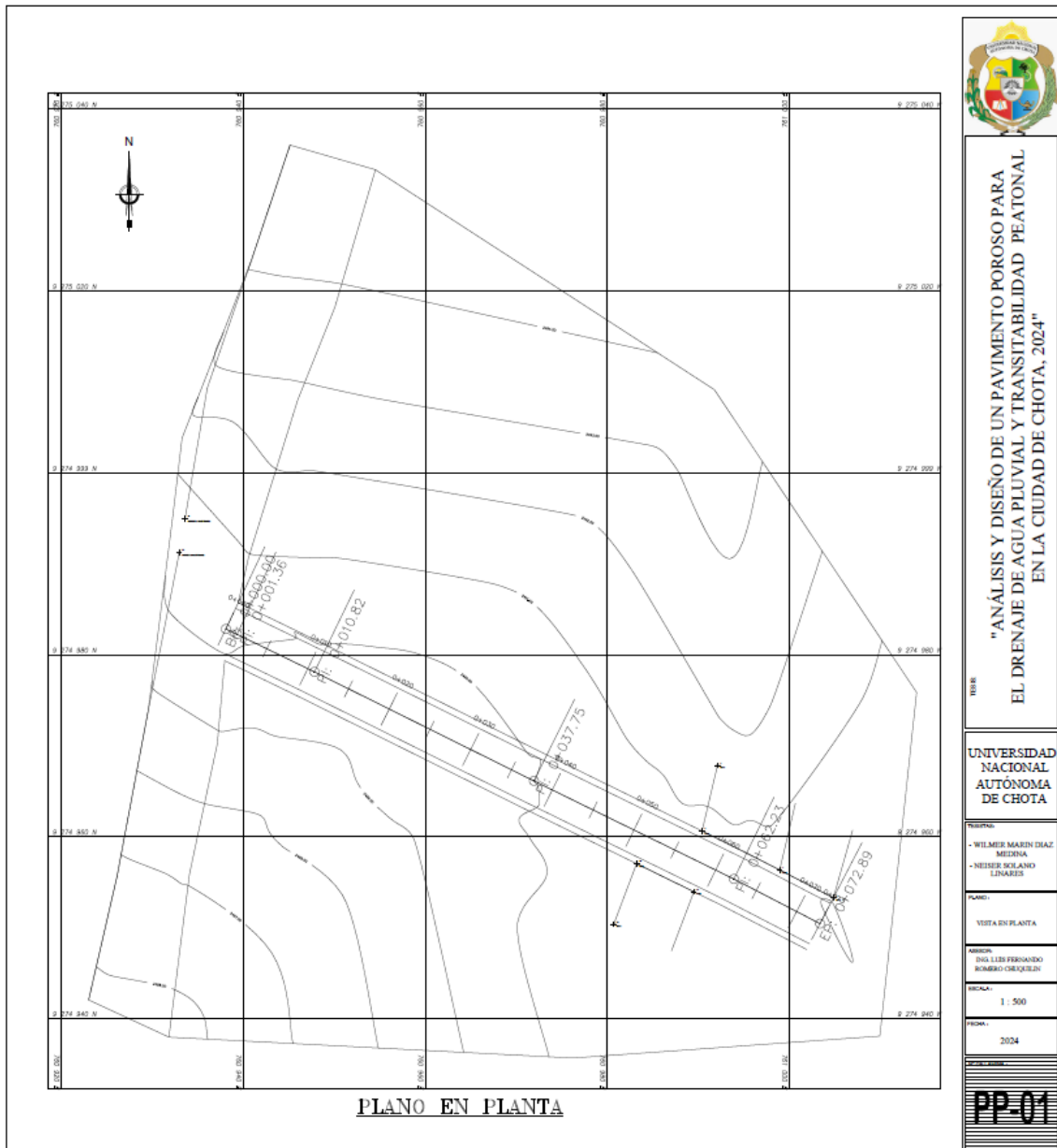
### **Figura 43**

*Realización del levantamiento topográfico del pasaje Teofilo Idrogo*



**Figura 44**

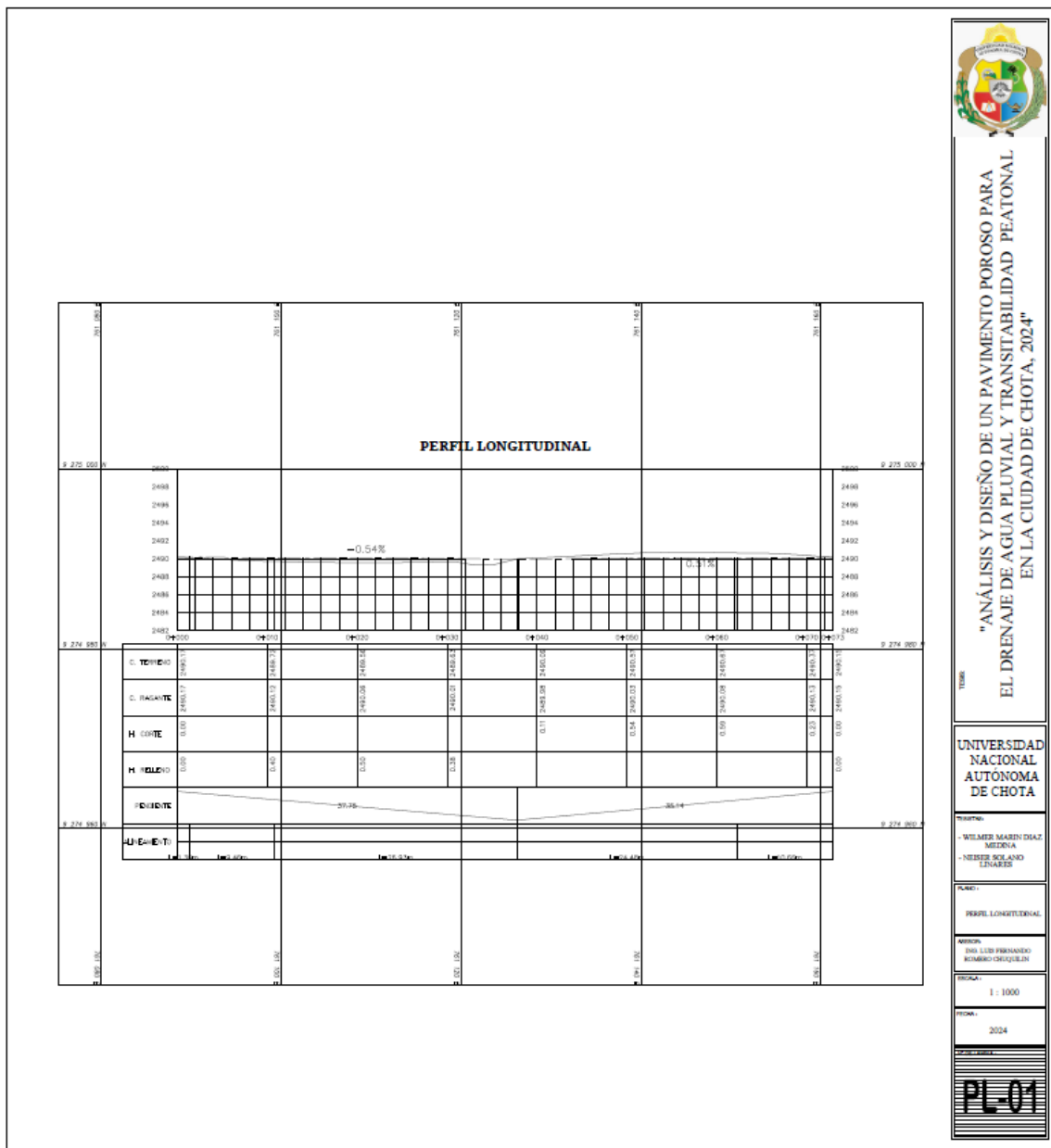
*Plano topográfico en planta del pasaje Teofilo Idrogo*



*Nota.* Plano elaborado a partir de los datos del levantamiento topográfico realizado al pasaje Teofilo Idrogo de la ciudad de Chota.

**Figura 45**

*Plano topográfico del perfil del pasaje Teofilo Idrogo*



*Nota.* Plano elaborado a partir de los datos del levantamiento topográfico realizado al pasaje Teofilo Idrogo de la ciudad de Chota.

### 3.6.1.12. Estudio de mecánica de suelos en la calle en estudio

Para el estudio de mecánica de suelos en el punto medio del pasaje Teofilo Idrogo de la ciudad de Chota, primero se excavó una calicata en las coordenadas UTM WGS84 17S 760957.76 m E, 9274958.07 m S, y se extrajo las muestras de suelo alteradas del perfil del talud por estrato (3 estratos) e inalteradas del fondo del talud, después se realizó ensayos de clasificación para conocer el tipo de suelo de acuerdo a SUCS y AASHTO, siendo los ensayos: NTP 339.128 (INACAL, 2019) análisis granulométrico, NTP 339.127 (INACAL, 2019) contenido de humedad, NTP 339.129 (INACAL, 2019) límite líquido y límite plástico, ensayos mecánicos para analizar la capacidad de soporte del suelo, tales como, NTP 339.141 (INACAL, 2019) Proctor modificado de donde se obtuvieron los resultados de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, NTP 339.145 (INACAL, 2019) CBR de laboratorio al 100% y 95% de MDS; y ensayos hidráulicos in situ en campo en las coordenadas UTM WGS84 17S 760980.39 m E, 9274940.33 m S, tal como, el ensayo de infiltración del suelo por el método de Porchet de acuerdo a la NTP 339.147 (INACAL, 2019), dato esencial para la verificación del diseño del pavimento de concreto poroso. Los ensayos de mecánica de suelos se llevaron a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC – UNACH.

**Tabla 17**

*Ubicación geográfica de la calicata del pasaje Teofilo Idrogo*

Puntos	Coordenadas UTM WGS84	
	Este (m E)	Norte (m S)
Calicata C1	760957.76	9274958.07
Punto de ensayo de percolación	760980.39	9274940.33

*Nota.* Coordenadas tomadas en campo, con un GPS de mano Garmin 64sx.

**a) Excavación de calicata y extracción de muestras de suelo**

Equipos, materiales e instrumentos:

- Pala
- Carretilla
- Nivel de construcción
- Cinta métrica
- Equipo de protección personal
- Conos de seguridad
- Cintas de señalización
- Vallas de seguridad
- Bolsas para muestras de suelo
- Etiquetas para identificar las muestras de suelo
- Cajas o recipientes para almacenar las muestras de suelo
- Pintura o marcadores para etiquetar las bolsas de muestras

Procedimiento:

- Se preparó y aseguró el área de trabajo colocando conos de seguridad, cintas de señalización y vallas de seguridad alrededor de la zona de excavación.
- Se utilizó el Equipo de Protección Personal (EPP), incluyendo guantes, casco, gafas y botas de seguridad, así como chaleco reflectante para mayor visibilidad.
- Se utilizó herramientas manuales para realizar la excavación de la calicata hasta alcanzar la profundidad de 1.5 m desde la superficie.
- Se midió la profundidad de la calicata utilizando el nivel de construcción y la cinta métrica para garantizar que se alcance la profundidad requerida.

- Se extrajeron muestras de suelo en intervalos regulares a medida que se avanza en la excavación, asegurándose de tomar muestras representativas de diferentes capas del suelo.
- Se colocó cada muestra de suelo en una bolsa identificada.
- Se anotó en el cuaderno de campo la ubicación de la calicata, la profundidad de cada muestra de suelo y cualquier observación relevante.
- Luego, se almacenaron las muestras de suelo en cajas y recipientes adecuados para su posterior análisis en el laboratorio.
- Se etiquetaron las cajas o recipientes de muestras de suelo con la información correspondiente (número de calicata, fecha, ubicación) utilizando pintura o marcadores permanentes.

**Figura 46**

*Proceso de excavación de la calicata en el pasaje Teofilo Idrogo*



## **b) Ensayos de clasificación del suelo**

Equipos necesarios: balanza de precisión, recipiente para secado, horno, tamices, tamizador, probetas de vidrio, placa de vidrio, pinzas.

Procedimiento:

- Se preparó el recipiente de muestreo limpio y seco.
- Se utilizó una cuchara de albañil para obtener una muestra representativa del suelo a analizar.
- Se registró el peso de la muestra utilizando la balanza de precisión.
- Se colocó la muestra de suelo en el recipiente para secado y llevarlo al horno a una temperatura determinada durante un tiempo especificado.
- Se retiró la muestra del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Se registró el peso de la muestra seca, y se calculó el contenido de humedad.
- Se prepararon los tamices de diferentes tamaños y colocaron en el tamizador.
- Se colocó la muestra de suelo en el tamizador y se tamizó durante un tiempo determinado.
- Se registró el peso de cada fracción obtenida en los diferentes tamices.
- Se realizó el ensayo de límite líquido utilizando la copa Casagrande.
- Se agregó agua destilada gradualmente y se mezcló hasta obtener una mezcla de suelo plástica.
- Se colocó una pequeña porción de suelo en la copa Casagrande.
- Se separó la muestra de suelo en la copa Casagrande con un ranurador.
- Se determinó la cantidad de golpes necesarios para unir la muestra de suelo en la copa Casagrande. Se registró el valor obtenido para cerrar la abertura a los 25 golpes, como límite líquido.
- Se realizó el ensayo de límite plástico utilizando rollitos de 3 mm.

- Se tomó una porción de suelo en una probeta de vidrio.
- Se agregó agua destilada gradualmente y se mezcló hasta que se forme una pasta plástica.
- Se formó rollitos de 3 mm de diámetro y se moldeó el suelo hasta que se fracturó.
- Se pesó la muestra antes y después de llevarla al horno.
- Se registró el valor obtenido de la diferencia como límite plástico.
- Se analizó los resultados obtenidos y se determinó la clasificación del suelo de acuerdo al SUCS y AASHTO.

**Figura 47**

*Preparación de las muestras de suelo de acuerdo al estrato*



*Nota.* Fotografías tomadas durante la realización de los ensayos de laboratorio.

### c) Ensayos mecánicos en el suelo

Equipos, materiales e instrumentos:

- Muestras de suelo recogidas en el área de estudio.
- Tamices de diferentes tamaños.
- Cilindros de metal para compactar las muestras.
- Molde CBR.
- Placa base y collarín para el ensayo CBR.
- Pistón de carga para el ensayo CBR.
- Penetrómetro CBR.

Procedimiento:

- Se preparó el suelo para el ensayo Proctor modificado tamizando las muestras y eliminando cualquier material inadecuado.
- Se tomó una muestra de suelo y se colocó en el molde de compactación.
- Se compactó el suelo en capas usando el pistón de Proctor modificado. Se aplicó el método B utilizando 5 número de capas, con 25 golpes cada una.
- Se repitió los pasos anteriores para tres muestras más con diferente cantidad de agua. Se peso la muestra compactada antes y después de llevarlo al horno.
- Se midió la humedad del suelo en cada muestra compactada.
- Se realizó el diagrama de la curva de compactación y se encontró la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.
- Se utilizó el óptimo contenido de humedad para elaborar las muestras compactadas para el ensayo de CBR.
- Se colocaron las muestras en agua durante 4 días, registrando la deformación diaria para conocer la expansión del suelo.

- Se realizó el ensayo CBR utilizando el molde CBR, la placa base, el collarín y el pistón de carga.
- Se colocó el suelo compactado en el molde CBR y se aplicó una carga gradual hasta alcanzar una cierta deformación.
- Se midió la resistencia del suelo a la penetración utilizando el penetrómetro CBR.

**Figura 48**

*Ensayo de Proctor modificado del suelo*



*Nota.* Fotografías tomadas durante la realización de los ensayos de laboratorio.

**d) NTP 339.147 (INACAL, 2019) ensayo de infiltración del suelo**

Equipos, materiales e instrumentos:

- Flexómetro
- Barreta, pala
- Balde
- Regla de 50 cm

- Cronómetro
- Libreta de campo
- Agua

Procedimiento mediante el método de Porchet:

- Se cavó un hoyo de 25 (cm) de diámetro y de 53 (cm) de profundidad.
- Se vertió con agua el hoyo hasta el ras con una altura de 47 cm.
- Se controló con el cronómetro la descendencia del agua en un intervalo de tiempo y se recopiló estos datos en una tabla de cálculo.
- Se realizó los cálculos en gabinete y se encontró el coeficiente de permeabilidad (k).

$$k = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left( \frac{2h_1 + r}{2h_2 + r} \right) \quad (47)$$

Donde, k permeabilidad de la muestra de suelo, L longitud de la muestra, A Área de la sección transversal de la bureta, h1 nivel inicial, h2 nivel final del agua en el tubo al finalizar el ensayo, A Área de la sección transversal de la muestra de suelo, t2 tiempo final de realizar el ensayo, t1 tiempo inicial de realizar el ensayo.

### Figura 49

*Hoyo para el ensayo de permeabilidad por el método de Porchet*



### e) Resultados del estudio de mecánica de suelos

El análisis de los tres estratos de suelo (E1, E2 y E3) permite caracterizar su composición granulométrica, plasticidad, densidad y comportamiento mecánico. El estrato E1 tiene un alto contenido de grava y elevada plasticidad, lo que sugiere que es menos adecuado para aplicaciones que requieran estabilidad sin tendencia a expansión. Por otro lado, los estratos E2 y E3, al ser más arenosos y menos plásticos, presentan mayor permeabilidad respecto al estrato 1, aunque pueden presentar problemas de estabilidad estructural debido a su baja cohesión. Además, los valores de CBR son relativamente bajos, lo que indica que estos suelos no son adecuados para soportar cargas pesadas sin estabilización.

**Tabla 18**

*Propiedades físico mecánicas del suelo del pasaje Teofilo Idrogo*

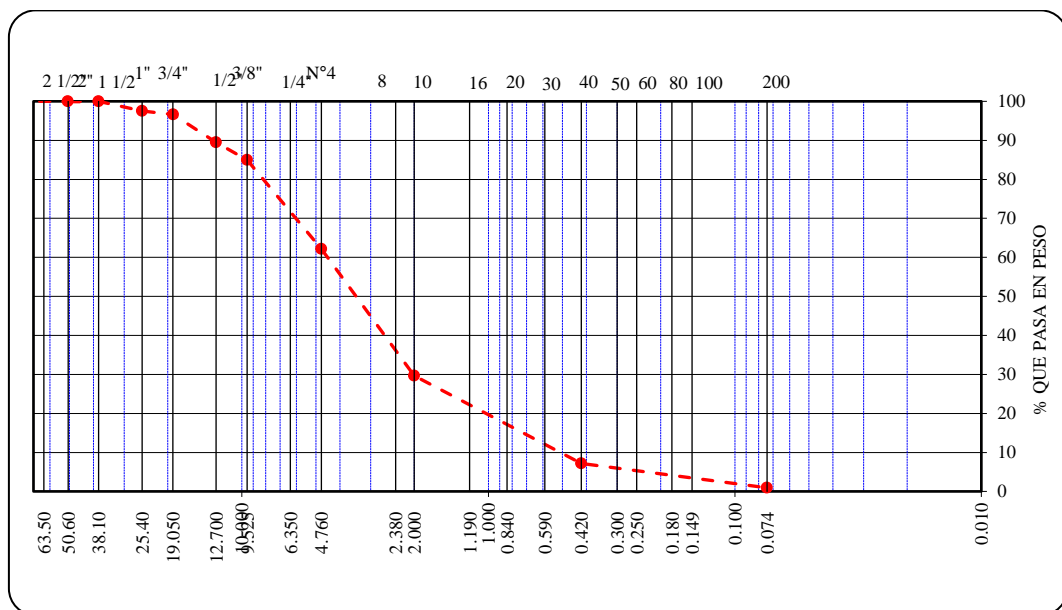
Propiedades físico mecánicas	Estratos		
	E1	E2	E3
Grava (%)	50.53	15.27	37.83
Arena (%)	47.88	80.97	61.24
Finos (%)	1.59	3.76	0.93
Humedad promedio (%)	42.5	42.5	42.5
Límite líquido (%)	75	65	42
Límite plástico (%)	31	32	18
Índice de plasticidad (%)	44	33	24
Clasificación SUCS	GP	SP	SP
Clasificación AASHTO	A-2-7 (1)	A-2-7 (1)	A-2-7(1)
Densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> )			1.823
Humedad óptima (%)			14.2
CBR al 100% de MDS (%)			4.00
CBR al 95% de MDS (%)			2.3
Permeabilidad del suelo K (cm/s)			0.00084
Permeabilidad del suelo K (mm/h)			30.240

En términos de composición granulométrica, los resultados muestran diferencias significativas entre los estratos. El estrato E1 tiene el mayor porcentaje

de grava (50.53%) y menor proporción de arena (47.88%), lo que indica que es un suelo predominantemente grueso con menor capacidad de cohesión. El estrato E2, por el contrario, es altamente arenoso (80.97%), con una cantidad mínima de grava (15.27%) y un contenido de finos moderado (3.76%), lo que sugiere un suelo más suelto y con mayor permeabilidad. El estrato E3 presenta composición intermedia, con 37.83% de grava y 61.24% de arena, lo que le confiere características mixtas. En general, el contenido de finos en los tres estratos es bajo, siendo más reducido en el estrato E3 (0.93%), lo que favorece la permeabilidad.

**Figura 50**

*Curva granulométrica del suelo*

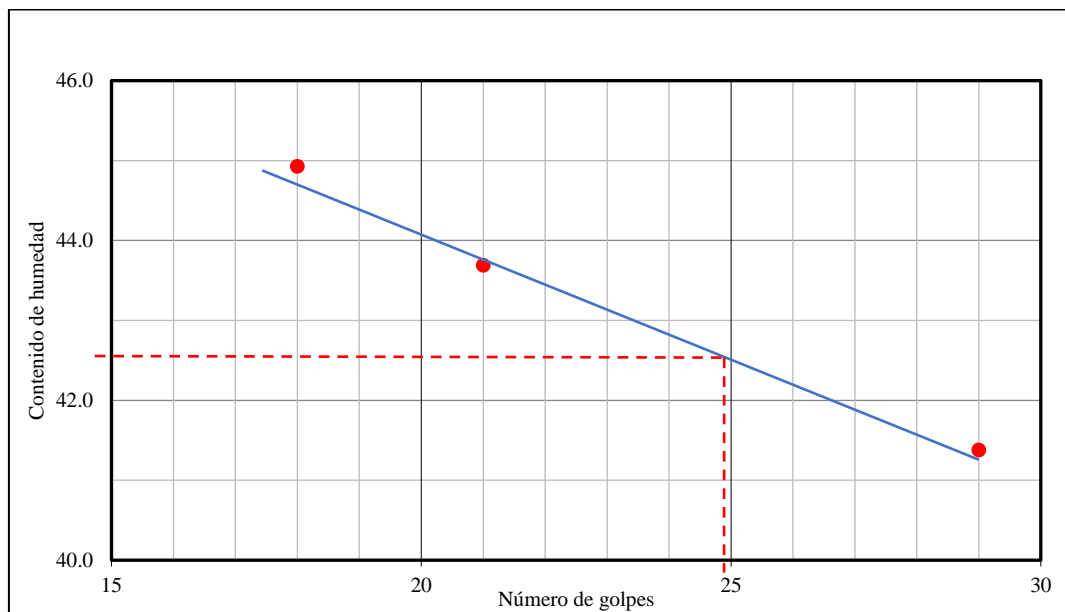


En cuanto a las propiedades de humedad y plasticidad, los tres estratos mantienen un contenido de humedad promedio del 42.5%, lo que indica una saturación homogénea en las muestras analizadas. Sin embargo, los valores de plasticidad varían significativamente. El presenta el mayor índice de plasticidad (44%), con un límite líquido de 75% y un límite plástico de 31%, lo que sugiere una alta capacidad de retención de agua y tendencia a la expansión. En comparación, el estrato E2 muestra plasticidad moderadamente alta, con un límite

líquido de 65% y un índice de plasticidad de 33%, lo que indica que, aunque menos expansivo que el estrato E1, sigue teniendo un comportamiento plástico significativo. El estrato E3, por otro lado, tiene los valores más bajos de plasticidad (índice de 24%) y un límite líquido de 42%, lo que implica que su estabilidad frente a cambios de humedad es mejor que la de los otros estratos.

### Figura 51

*Curva de Fluidez del límite líquido del suelo*



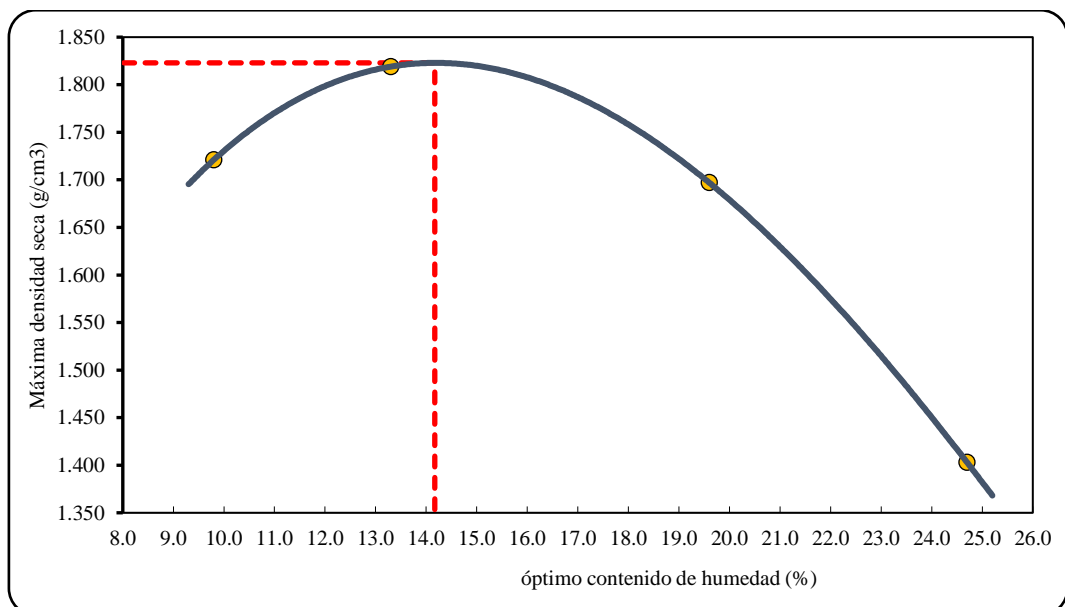
La clasificación SUCS confirma estas diferencias en la textura del suelo. El estrato E1 está clasificado como GP (Grava mal graduada), lo que indica un suelo granular con una distribución de partículas deficiente, lo que podría afectar su compactación y estabilidad estructural. En cambio, los estratos E2 y E3 son clasificados como SP (Arena mal graduada), lo que sugiere suelos predominantemente arenosos sin cohesión significativa, favoreciendo la permeabilidad, pero reduciendo su estabilidad estructural. En la clasificación AASHTO, los tres estratos pertenecen a la categoría A-2-7(1), lo que implica que son suelos con altos contenidos de finos plásticos y con características que pueden

variar entre granular y cohesivo, lo que podría requerir tratamiento adicional para su uso en estructuras de pavimentos.

En términos de propiedades mecánicas, la densidad máxima seca obtenida es  $1.823 \text{ g/cm}^3$ , con una humedad óptima del 14.2%, valores que indican el contenido de agua ideal para lograr la mayor compactación posible del suelo. Sin embargo, los resultados del CBR (California Bearing Ratio) revelan una baja capacidad de soporte del suelo. El CBR al 100% de la MDS es de 4.00% y al 95% de la MDS es de 2.3%, lo que indica que este suelo no es adecuado para soportar cargas pesadas sin una estabilización o refuerzo estructural. Estos valores sugieren que, sin un tratamiento adicional, el suelo no sería ideal para su uso en capas de pavimentos sometidas a tráfico intenso.

**Figura 52**

*Curva de compactación del suelo*

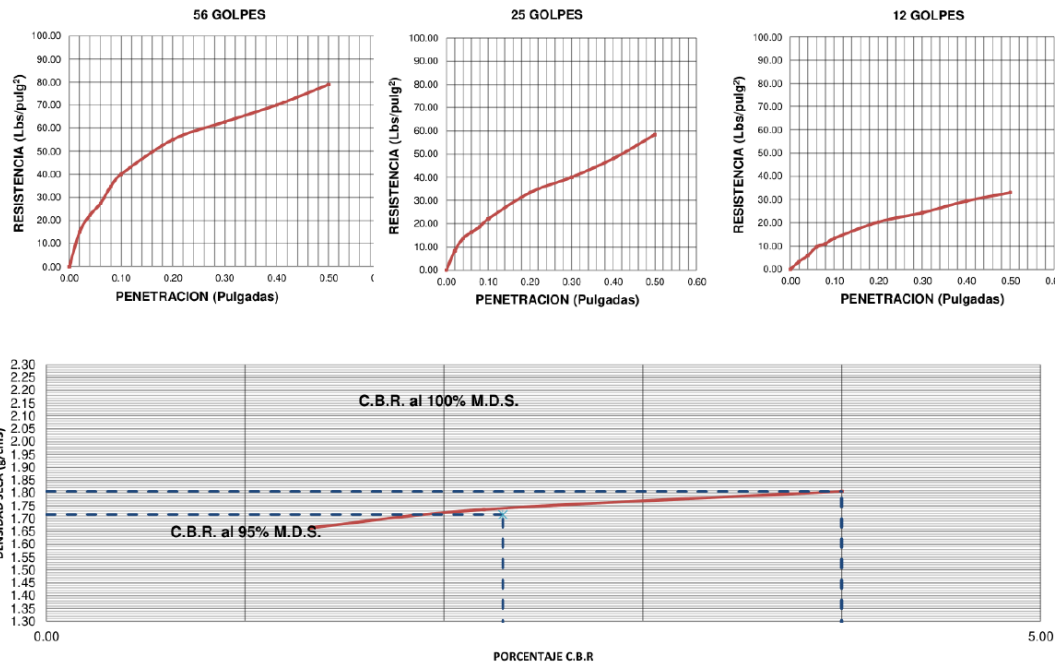


Respecto a la permeabilidad del suelo, el coeficiente obtenido es de  $0.00084 \text{ cm/s}$ , equivalente a  $30.24 \text{ mm/h}$ , lo que indica una permeabilidad moderada. Este resultado es consistente con la alta proporción de arena y la baja cantidad de finos en los tres estratos, lo que permite un drenaje adecuado. Sin

embargo, la presencia de materiales con cierto grado de plasticidad, especialmente en los estratos E1 y E2, podría afectar la estabilidad en condiciones de saturación prolongada.

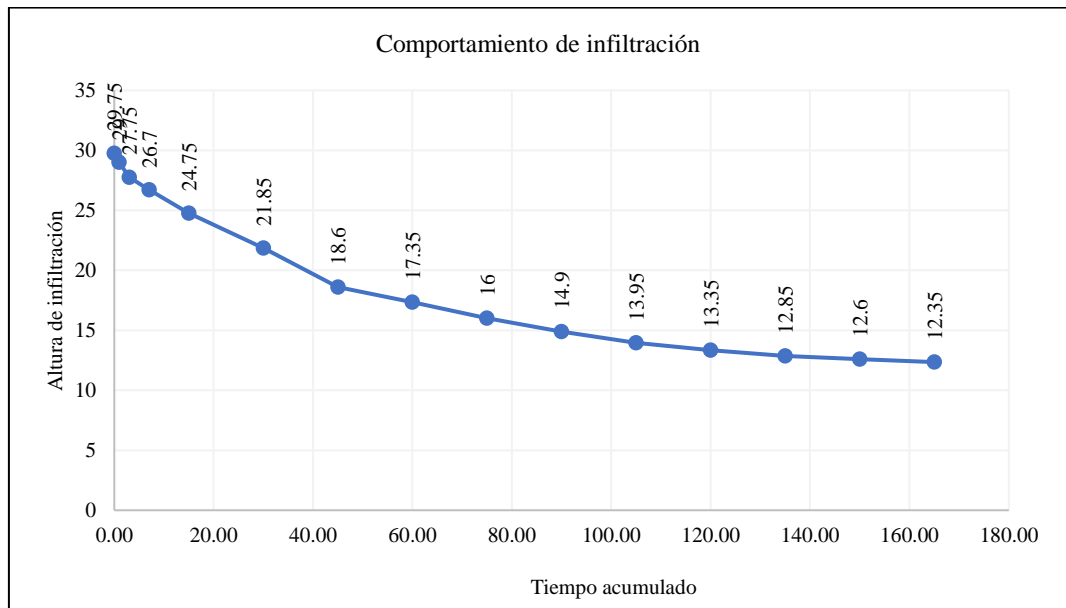
**Figura 53**

*Curva CBR del suelo del pasaje Teofilo Idrogo*



**Figura 54**

*Curva de infiltración del suelo del pasaje Teofilo Idrogo*



### **3.6.1.13. Estudio hidrológico**

El estudio hidrológico se realizó utilizando datos meteorológicos de la estación Chota, obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), con un período de observación de 43 años (1971-1982 y 1994-2024). Se determinó que el año más lluvioso fue 1998, con una precipitación acumulada de 74.3 mm en 24 horas. Para asegurar la consistencia de los datos, se realizó la identificación de outliers mediante la metodología del Water Resources Council, confirmando la ausencia de valores atípicos. Posteriormente, se aplicó un factor de corrección de 1.13, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ajustar las precipitaciones máximas diarias registradas. En el análisis estadístico, se empleó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para identificar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos, seleccionándose el modelo Log-Pearson tipo III, debido a su menor delta teórico. Con este modelo, se calcularon las precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno, determinándose valores de 52.23 mm para 2 años y hasta 94.54 mm para 175 años. Posteriormente, se estimaron las intensidades máximas de precipitación a partir del método de Dyck y Peschke, lo que permitió obtener curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para diferentes tiempos de retorno, siendo el más relevante el de 20 años, ya que corresponde al periodo de diseño del pavimento permeable. Finalmente, se estableció una duración de tormenta de 60 minutos, considerando intervalos de análisis de 20, 30 y 60 minutos, siguiendo las recomendaciones de Palomino (2023).

### a) Precipitación máxima en 24 horas

La información meteorológica para el estudio hidrológico se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), específicamente de la estación meteorológica de Chota, ubicada en el distrito homónimo, provincia de Chota en las coordenadas UTM WGS84 17S 760025.00 m E, 9275705.00 m S, a 2442 msnm. Abarca dos periodos de observación: de 1971 a 1982 y de 1994 a 2024, lo que representa un total de 43 años de datos anuales. Entre estos registros, el año 1998 destacó como el más lluvioso, con un valor máximo de precipitación acumulada de 74.3 mm.

**Tabla 19**

*Ubicación de la estación meteorológica de Chota*

Departamento	Provincia	Distrito	Coord. Geográficas		Altitud (msnm)
			Este m E	Norte m S	
Cajamarca	Cajamarca	Chota	760025.00	9275705.00	2442

**Figura 55**

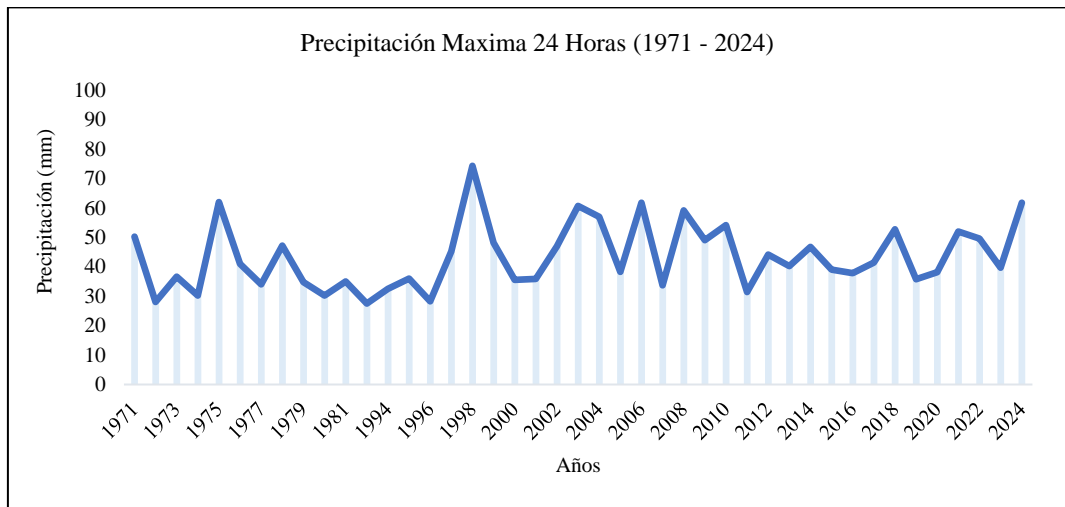
*Ubicación de la estación meteorológica Chota*



*Nota.* (Google earth, 2025).

**Figura 56**

*Pmáx. 24 horas (1971-2024) en la Estación Chota*



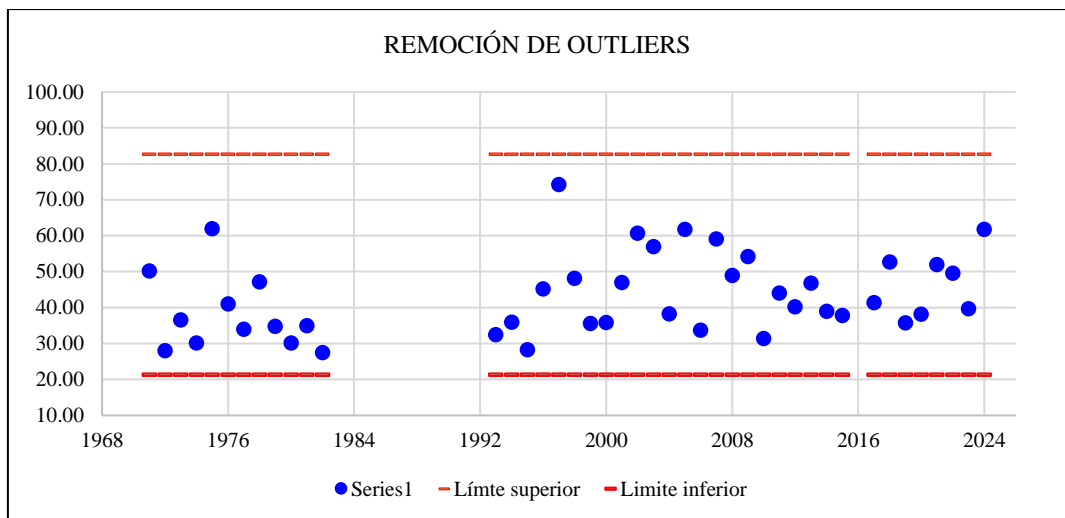
*Nota.* Gráfico elaborado a partir de los datos meteorológicos dados por SENAMHI.

**b) Identificación de outliers**

Se evaluó la consistencia de los datos de precipitación máxima en 24 horas en la estación Chota mediante la prueba de detección de outliers del Water Resources Council, confirmando la ausencia de datos atípicos y asegurando la fiabilidad de los registros para el análisis hidrológico.

**Figura 57**

*Remoción de datos de outliers de la estación meteorológico Chota*



*Nota.* Gráfico elaborado a partir de los datos meteorológicos dados por SENAMHI.

### c) Corrección de precipitación por la Organización Meteorológico Mundial

La OMM recomienda aplicar un factor de amplificación de 1.13.

**Tabla 20**

*Precipitación Máxima y Corregida de la Estación Chota*

Año	Pmáx 24 horas histórico	Pmáx 24 horas corregido
1971	50.20	56.73
1972	28.00	31.64
1973	36.60	41.36
1974	30.20	34.13
1975	62.00	70.06
1976	41.00	46.33
1977	34.00	38.42
1978	47.20	53.34
1979	34.80	39.32
1980	30.20	34.13
1981	35.00	39.55
1982	27.50	31.08
1993	32.50	36.73
1994	36.00	40.68
1995	28.30	31.98
1996	45.20	51.08
1997	74.30	83.96
1998	48.20	54.47
1999	35.60	40.23
2000	35.90	40.57
2001	47.00	53.11
2002	60.70	68.59
2003	57.00	64.41
2004	38.30	43.28
2005	61.80	69.83
2006	33.70	38.08
2007	59.10	66.78
2008	49.00	55.37
2009	54.20	61.25
2010	31.40	35.48
2011	44.10	49.83
2012	40.20	45.43
2013	46.80	52.88
2014	39.00	44.07
2015	37.80	42.71
2017	41.40	46.78
2018	52.70	59.55
2019	35.80	40.45
2020	38.20	43.17
2021	52.00	58.76
2022	49.60	56.05
2023	39.70	44.86
2024	61.80	69.83

*Nota.* Datos dados por SENAMHI para la estación Chota de Rambran.

**d) Análisis de Kolmogórov-Smirnov para la verificación del método que mejor se ajusta a las precipitaciones pluviométricas**

En el análisis de frecuencias se ha utilizado el Software Hidroesta comprobando que el modelo de distribución que mejor se ajusta a los datos meteorológicos de la estación Chota es Log-Pearson tipo III.

**Tabla 21**

*Análisis de Kolmogórov-Smirnov para la verificación del método que mejor se ajusta a las precipitaciones pluviométricas*

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	$\Delta$ teórico	$\Delta$ tabular	¿Se ajustan los datos?
Normal	0.1147	0.2074	SÍ
Log-Normal de 2 parámetros	0.0768	0.2074	SÍ
Log-Normal de 3 parámetros	0.0833	0.2074	SÍ
Gamma (2 parámetros)	0.0897	0.2074	SÍ
Gamma generalizada (3 parámetros)	0.0715	0.2074	SÍ
Log-Pearson tipo III	0.0656	0.2074	SÍ
Gumbel	0.0718	0.2074	SÍ
Log-Gumbel	0.1102	0.2074	SÍ

*Nota.* en el programa Hidroesta 2.

**e) Análisis de las precipitaciones de acuerdo al periodo de retorno**

Las precipitaciones asociadas a diferentes tiempos de retorno se determinaron utilizando la distribución teórica de probabilidades Log-Pearson tipo III. Este modelo permitió ajustar los datos históricos de precipitación.

**Tabla 22***Análisis de las precipitaciones de acuerdo al periodo de retorno*

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación XT (mm)
2	0.500	52.23
5	0.200	58.38
10	0.100	65.80
20	0.050	72.87
30	0.033	76.93
50	0.020	82.02
80	0.013	86.71
100	0.010	88.93
140	0.007	92.31

*Nota.* en el programa Hidroesta 2.**f) Intensidades máximas por el método de Dyck y Peschke**

Para calcular la intensidad de las lluvias, se utilizaron los valores obtenidos de las precipitaciones máximas en un lapso de 24 horas, en el programa Hidroesta, siguiendo el modelo de trabajo de Dick y Peschke, mediante la ecuación:

$$P_t = P_{24h} \times \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (48)$$

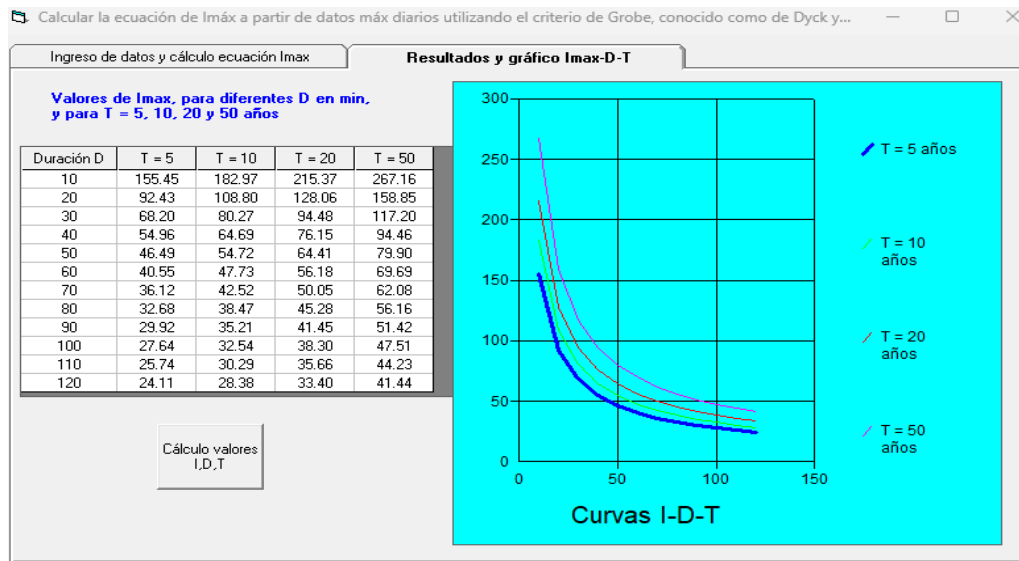
Donde,  $P_t$  Precipitación total,  $P_{24h}$  máxima en 24 h en mm,  $D$  duración(h).

**Tabla 23***Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno*

Nº	T(años)	Log-Pearson tipo III
1	2	52.23
2	5	58.38
3	10	65.80
4	20	72.87
5	30	76.93
6	50	82.02
7	80	86.71
8	100	88.93
9	140	92.31
10	175	94.54

**Figura 58**

*Curvas IDF intensidad – duración – tiempo*



Nota. en el programa Hidroesta 2.

$$I = \frac{598.7088 \times T^{0.2352}}{D^{0.75}} \quad (49)$$

Donde: I Intensidad (mm/h), Pt precipitación total (mm), d Duración (h).

**Tabla 24**

*Intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de retorno*

N°	TR (AÑOS)		Imax (mm/hr)		
	TR (años)		20.00 min	30.00 min	60.00 min
1	2		74.52	54.98	32.69
2	5		92.44	68.20	40.55
3	10		108.80	80.27	47.73
4	20		128.07	94.49	56.18
5	30		140.88	103.94	61.80
6	50		158.87	117.21	69.69
8	100		187.00	137.97	82.04

**g) Tiempo de retorno (Tr) y duración de precipitación**

El Tr que se ha tomado en cuenta para el estudio, corresponde al tiempo de diseño del pavimento permeable, siendo 20 años, con intervalos de 20, 30 y 60 minutos. Siendo la intensidad de diseño para 1 hora 56.18 mm/hr.

### 3.6.1.14. Mejoramiento de la subrasante

#### a) Módulo de reacción de la subrasante

Debido a que, el CBR del suelo natural en el pasaje Teofilo Idrogo es 4.00%, se ha realizado su mejoramiento para que, sea como mínimo 6%, de acuerdo al MTC (2014) y el ACI 522R-10 (2010). Siendo así, se utilizaron las ecuaciones de Guzmán y Patiño (2018) para convertir el CBR a módulo de reacción de la subrasante.

$$K = 2.55 + 52.5 \log CBR, \text{ si } CBR \leq 10\% \quad (50)$$

$$K = 46 + 9.08 (\log CBR)^{4.34}, \text{ si } CBR > 10 \quad (51)$$

Como CBR es 4%:

$$K = 2.55 + 52.5 \log 4, \text{ si } CBR \leq 10\% \quad (52)$$

$$K_o = 34.16 \text{ MPa/m} \quad (53)$$

$$K_o = 3.42 \text{ kg/cm}^3 \quad (54)$$

Donde, K es el módulo de reacción del suelo, CBR la capacidad de soporte.

#### b) Incremento del módulo de reacción de la subrasante

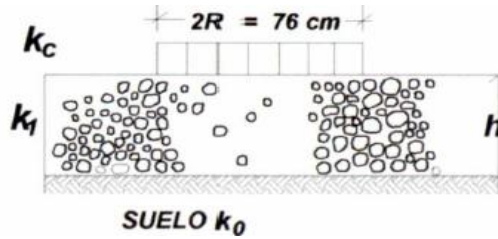
Obtenido el k de la subrasante se ha incrementado mediante el mejoramiento utilizando las ecuaciones dadas por el MTC (2014), para módulo de reacción combinada, pero además se ha verificado esta combinación mediante la iteración de la subrasante incrementada por medio de tablas de incremento que consideran el coeficiente de balastro (para mayor detalle ver anexo). Obteniendo que, con 15 cm de mejoramiento con over se logra incrementar el CBR de la vía a 7.40%, alcanzando un módulo de reacción de 4.82 kg/cm<sup>3</sup>.

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_o)^{2/3}]^{0.5} \times K_o \quad (55)$$

Donde, K<sub>1</sub>, K<sub>c</sub> y K<sub>o</sub> coeficiente de reacción de subbase granular, combinado y de la subrasante, h espesor del mejoramiento con over.

**Figura 59**

*Resultado de la Interacción de las Capas Combinadas Kc*



Nota. (MTC, 2014).

El módulo de reacción del over (K1) considerando que esté presente una capacidad de soporte del 100% al ser piedra, sería:

$$K = 2.55 + 52.5 \log CBR, \text{ si } CBR \leq 10\% \quad (56)$$

$$K = 46 + 9.08 (\log CBR)^{4.34}, \text{ si } CBR > 10 \quad (57)$$

Como CBR es 100%:

$$K1 = 46 + 9.08 (\log 100)^{4.34}, \text{ si } CBR > 10 \quad (58)$$

$$K1 = 229.89 \text{ MPa/m} \quad (59)$$

$$K1 = 23.04 \text{ kg/cm}^3 \quad (60)$$

Considerando un espesor de mejoramiento con over de 20 cm, se tendría un módulo de reacción combinado de:

$$Kc = [1 + (20/38)^2 \times (23.04/3.42)^{2/3}]^{0.5} \times 3.42 \quad (61)$$

$$Kc = 4.82 \text{ kg/cm}^3 \quad (62)$$

Luego dicho módulo de reacción se convierte en CBR, siendo:

$$CBR = 10^{(K-2.55/52.5)}, \text{ si } CBR \leq 10\% \quad (63)$$

$$CBR = 10^{(\sqrt{K-46}/9.08)^{4.34}}, \text{ si } CBR > 10 \quad (64)$$

Como se ha mejorado el CBR para alcanzar al menos el 6%.

$$CBR = 10^{(4.82-2.55/52.5)}, \text{ si } CBR \leq 10\% \quad (65)$$

$$CBR = 7.40\% \quad (66)$$









### 3.6.1.15. Estudio de tránsito

Los resultados del conteo vehicular evidencian que el Pasaje Teofilo Idrogo mantiene su condición principal de vía peatonal, con un uso vehicular mínimo y esporádico, dominado por autos particulares que se estacionan temporalmente. La circulación de vehículos pesados es prácticamente inexistente, y la presencia de otros vehículos livianos como camionetas o micros es nula o despreciable. El 96.1% del total de vehículos registrados corresponde a vehículos livianos, siendo los autos particulares el tipo predominante, con un total de 122 unidades (61 en cada sentido), lo que representa el 96.06% del total según el gráfico de “Composición del tráfico”. Los días con mayor cantidad de vehículos (por encima de 10) son D1 y D7, lo cual coincide con actividades semanales específicas (inicio o fin de semana).

El IMDA para vehículos es muy bajo, registrando únicamente 20 autos por día, y 1 bus de 2 ejes, lo cual refuerza la idea de una vía con uso vehicular esporádico, posiblemente limitado a usuarios que acceden a inmuebles, realizan actividades comerciales breves o se estacionan momentáneamente.

**Figura 60**

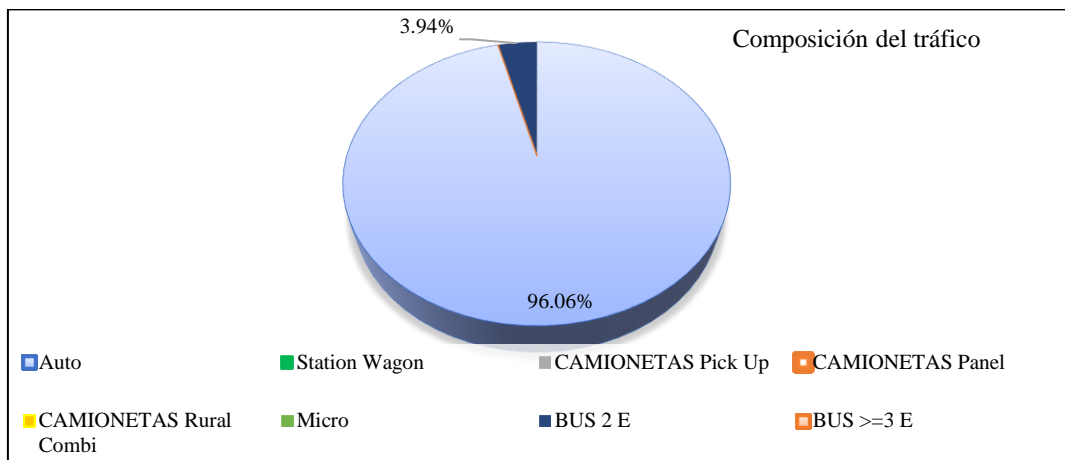
*Variación Diaria del Tráfico Vehicular Actual (Abril 2025)*

Día	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS					TOTAL	%
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN				
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		
DIAGRA. VEH.														
D7	E	10											10	7.9%
	S	10					1						11	8.7%
D1	E	8											8	6.3%
	S	9											9	7.1%
D2	E	8											9	7.1%
	S	10					1						10	7.9%
D3	E	8											8	6.3%
	S	9					1						10	7.9%
D4	E	9											9	7.1%
	S	8					1						9	7.1%
D5	E	9											9	7.1%
	S	8					1						9	7.1%
D6	E	9											9	7.1%
	S	7											7	5.5%
TOTAL	E	61	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	62	48.8%
	S	61	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	65	51.2%

Nota. Datos obtenidos del estudio de tránsito vehicular.

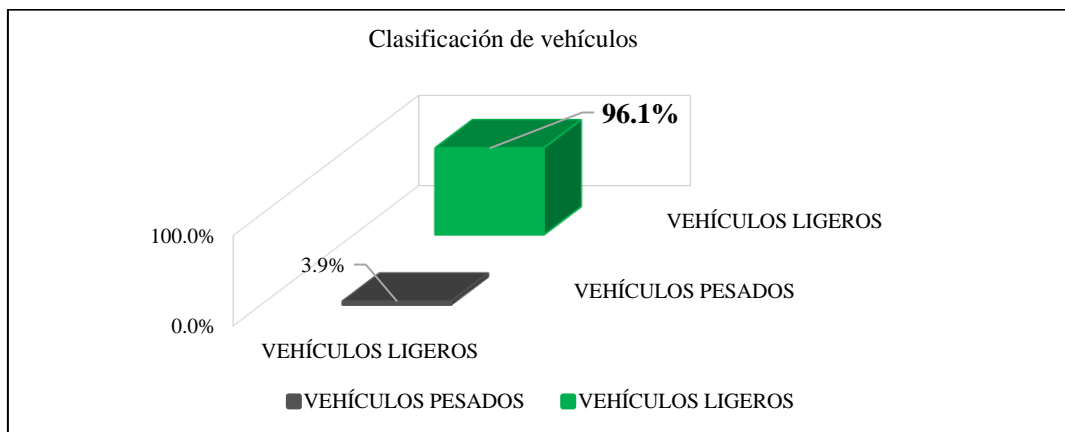
**Figura 61**

*Composición del Tránsito Vehicular en el Pasaje Teofilo Idrogo*



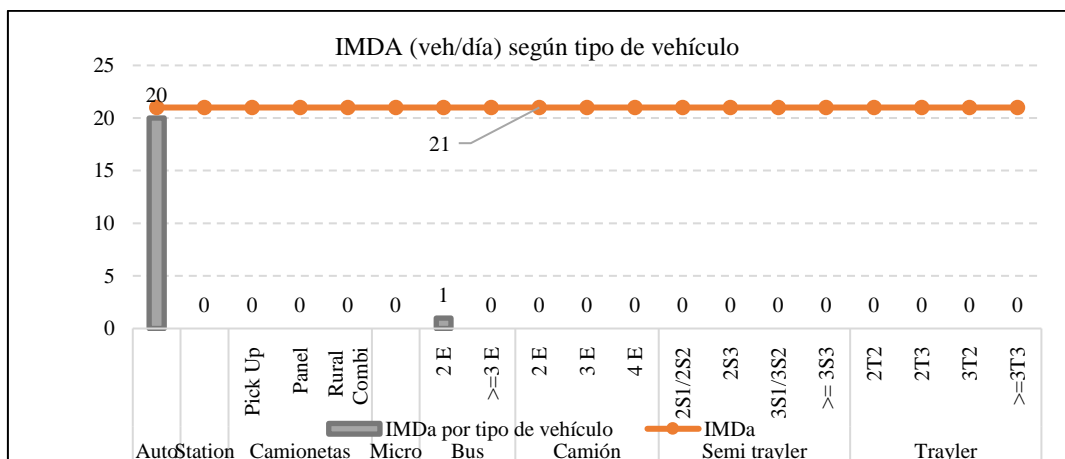
**Figura 62**

*Clasificación de Vehículos en el Pasaje Teofilo Idrogo*



**Figura 63**

*Índice Medio Diario Anual según Tipo de Vehículo*



### **3.6.1.16. Diseño del pavimento poroso**

A nivel del país no existen normas que establezcan el procedimiento de diseño del pavimento poroso, aun cuando la norma peruana CE.010 (MVCS, 2010) brinda lineamientos generales para pavimentos urbanos pavimentados de concreto, asfalto y adoquines, pero no existe ningún lineamiento para pavimentos porosos a pesar de ello, se ha tomado en cuenta para las directrices generales debido a que se está diseñando una vía urbana. Asimismo, la norma internacional ACI 522R-10 (2011) establece algunas directrices, y el método AASHTO 93 se puede utilizar como referente del diseño de pavimento con concreto y adaptarse al contexto del diseño actual, pero modificando el mismo de acuerdo a los lineamientos de los métodos de diseño de pavimento poroso, donde en la presente investigación se ha aplicado la metodología de Chile de acuerdo al proceso descrito por Trujillo y Quiroz (2013).

#### **a) Selección de la resistencia a compresión del concreto poroso**

Para el diseño de pavimento poroso se consideró cuidadosamente las directrices establecidas por la norma peruana CE.010 (MVCS, 2010). Esta normativa específica que para infraestructuras especiales tales como ciclovías, estacionamientos y veredas, el pavimento debe poseer una resistencia mínima de 17.50 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>) en el caso del estudio se trabajó con una resistencia a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, se aseguró que el pavimento poroso diseñado cumpla o supere esta resistencia mínima requerida.

#### **b) Parámetros de diseño**

Se optó por diseñar la vía para un periodo de diseño de 20 años con resistencia a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, para el CBR de la subrasante inicial de 4%, con CBR de base granular de 80%.

**Tabla 25***Parámetros de diseño del pavimento poroso*

Parámetros de diseño	Pavimento poroso
Periodo de diseño	20 años
Tipo de vía	Calle urbana peatonal
F'c de concreto	210 kg/cm <sup>2</sup>
CBR de subrasante	4%
Over (altura)	20 cm
CBR de diseño	7.4%
CBR de base granular	80%
Vehículo de diseño	Camión C2 (Si bien es una vía peatonal y no existe el paso de vehículos se considerará el mínimo ESAL debido al estacionamiento recurrente de vehículos menores en esta zona.

**c) Tránsito vehicular**

Como se ha mencionado previamente se trata de una vía de uso peatonal por lo que no hay tránsito vehicular, no obstante, se ha considerado un tráfico ligero menor a 5 EAL de acuerdo a las sugerencias de Trujillo y Quiroz (2013). Siendo así, para la presente investigación se ha considerado que, en la vía se pueden estacionar hasta 20 vehículos menores y un único camión de dos ejes C2, con ello el número de repeticiones alcanza el valor de 16,689 ton, clasificándose como bajo volumen de tránsito tipo TP1.

**Tabla 26***Número de Repeticiones ESAL en el pasaje Teofilo Idrogo*

Tipo de vehículos	IMDA	EE día-carril	Fca	Días por año	Parcial
Vehículos menores	20.00	0.01	23.29	365	85.0
Camión de dos ejes c2	1.00	1.76	25.80	365	16574.0
Ómnibus de pasajeros b2	0.00	0.00	23.29	365	0.0
Ómnibus de pasajeros b3-1	0.00	0	23.29	365	0.0
Camión de carga tres ejes c3	0.00	0.00	25.80	365	0.0
<b>Nrep de EE 8.2 ton</b>					<b>16659</b>

*Nota.* Datos obtenidos del estudio de tránsito vehicular.

#### d) Clima e información hidrológica

Preliminarmente se ha realizado el estudio hidrológico con los datos meteorológicos de la estación Chota, estación más cercana a la vía en estudio determinando la intensidad máxima para el tiempo de retorno de 20 años, con duraciones de precipitación de 20, 30 y 60 minutos.

**Tabla 27**

*Intensidades máximas para Tr de 20 años, con data de la estación meteorológica Chota*

TR (años)	Imáx (mm/hr)		
	20.00 min	30.00 min	60.00 min
20	128.07	94.49	56.18

*Nota.* Datos obtenidos del SENAMHI para la estación meteorológica Chota en Rambran.

#### e) Diseño del paquete estructural de acuerdo a AASHTO-93

Primero bajo el método AASHTO 93, se ha calculado el espesor de pavimento de concreto (D) por medio de la ecuación de diseño, para un periodo de diseño de 20 años, no obstante, este mismo, luego ha sido verificado acorde a la metodología de Chile para el diseño de pavimento permeable.

$$\text{Log}W_{8.2} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[ \frac{M_r C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{K}\right]^{0.25}} \right]} \right] \quad (67)$$

Donde W8.2 es el número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas a lo largo del periodo de diseño, ZR es la desviación normal estándar, So es el error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento, D es el espesor del pavimento de concreto (mm), ΔPSI es la diferencia entre los índices de servicio inicial y final,

Pt es el índice de serviciabilidad o servicio final, Mr es la resistencia media del concreto (en MPa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz), Cd es el coeficiente de drenaje, J es el coeficiente de transmisión de carga en las juntas, Ec es el módulo de elasticidad del concreto, en MPa, y K es el módulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

**Coeficiente de drenaje (Cd):** El coeficiente de drenaje se elige en relación al tiempo transcurrido para que, el suelo libere el 50% de su agua libre, en este caso al ser un concreto poroso requiere horas, pero como el suelo del pasaje Teofilo Idrogo presenta un coeficiente de infiltración moderado (30.24 mm/hr), se considera el coeficiente de drenaje bueno que, se libera en 1 día, con porcentajes de tiempo de que la estructura del pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación menores a 5%, siendo el coeficiente de drenaje de 1.10.

**Confiabilidad R y desviación estándar Zr para TP1**

**Tabla 28**

*Confiabilidad (R) y desviación estándar (Zr) para 20 Años, TP1*

Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		R (%)	ZR
T <sub>P1</sub>	150, 001	300, 000	70	-0.524

Nota. (MTC, 2014).

**Desviación estándar (So):** 0.35.

**Serviciabilidad (PSI) para TP1:**

$$\Delta PSI = P - Pf = 4.10 - 2.0 = 2.10 \quad (68)$$

Donde, PSI puede tomar valores de 0 a 5, Pi y Pt serviciabilidad inicial y final.

**Suelo y efectos de las camas de apoyo:** El CBR del suelo se ha mejorado con 20 cm de over obteniendo coeficiente combinado para CBR de 7.40%, pero además se considera el mejoramiento con la capa de base granular.

**Tabla 29***Efectos de las camas de apoyo en el módulo de reacción del suelo*

Descripción	Coficiente	Módulo CBR (100%)	K (kg/cm3)	K (MPa)
Coficiente combinado	Kc	11.68%	5.86	58.60
Coficiente subrasante	K0	7.40%	4.93	49.30
Coficiente base	K1	80.00%	19.47	194.70

**Tabla 30***Cálculo preliminar del espesor de la base granular*

H	Kc (Nominal)	Kc (Calculado)
15 cm	5.86 kg/cm3	5.81 kg/cm3

*Nota.* Este valor es preliminar luego será verificado mediante la metodología de Chile para pavimento poroso.

**Resistencia a flexo tracción del concreto ( $M_r$ )**

$$M_r = a\sqrt{f'c} = 2.50 \times \sqrt{210} = 36.2 \text{ kg/cm}^2 = 3.55 \text{ MPa} \quad (69)$$

Donde, a es 1.99 a 3.18.

**Módulo elástico del concreto**

$$E = 57,000 \times f'c^{0.5}; (f'c \text{ en PSI}) = 3112116 \text{ psi} = 21457 \text{ MPa} \quad (70)$$

Donde, E módulo de elasticidad,  $f'c$  resistencia a compresión (210 kg/cm2 igual a 2981 psi).

**Transferencia de cargas:** Generalmente se asume J como 2.8.

**Verificación****Tabla 31***Espesor estimado de losa del pasaje Teofilo Idrogo*

Espesor	N18 Nominal	N18 Calculado
10.00 cm	4.222	5.901

#### f) **Determinación del espesor de la base de acuerdo a la metodología de Chile**

En el manual de Trujillo y Quiroz (2013) describen la metodología Chile para el cálculo de los espesores del pavimento permeable, siendo así, habiendo hecho la estimación previa de acuerdo a la metodología AASHTO-93, se procede a aplicar este método para complementar el diseño del espesor de la losa del pavimento con el cálculo de la base granular que se requiere en la vía.

#### **Volumen afluente acumulado**

$$V_{afl}(d) = 1.25(0.001 \times C \times Id \times A \times d) \quad (71)$$

Donde, C coeficiente de escorrentía en este caso 0.80 de acuerdo al manual en estudio porque se trata de viviendas techadas mixtas con concreto y otras con techo de calamina, A área total aportante, Id intensidad de lluvia de periodo de retorno y duración d, d tiempo acumulado de lluvia (horas).

#### **Tabla 32**

*Datos para la determinación del volumen afluente*

Dato	
Coefficiente de escorrentía (C)	0.80
Área aportante (A)	1304.20 m <sup>2</sup>
Intensidad de lluvia (Id)	56.18 mm/hr
Duración (d)	1.00 h

$$V_{afl}(d) = 1.25(0.001 \times 0.8 \times 56.18 \times 1304.20 \times 1) = 73.27 \text{ m}^3 \quad (72)$$

#### **Volumen infiltrado acumulado**

$$V_{inf}(d) = 0.001(f \times Cs \times A_{pav} \times d) \quad (73)$$

Donde, f capacidad de infiltración del suelo, A<sub>pav</sub> área del pavimento poroso, d tiempo acumulado de lluvia, Cs coeficiente de seguridad.

$$V_{inf}(d) = 0.001(30.28 \times 0.75 \times 360.77 \times 1) = 8.19 \text{ m}^3 \quad (74)$$

**Tabla 33***Datos para la determinación del volumen infiltrado*

Dato	
Capacidad de infiltración (f)	30.28 mm/h
Área del pavimento poroso (Apav)	360.77 m <sup>2</sup>
Tiempo acumulado de lluvia (d)	1 hora
Coefficiente de seguridad (Cs)	0.75 (elegido debido a que hay una capa de Over de buena calidad, pero no habrá mantenimiento regular)

**Volumen de almacenamiento**

$$Valm = Vafl(d) - Vinf(d) \quad (75)$$

$$Valm = 73.27 - 8.19 = 65.08 \text{ m}^3 \quad (76)$$

**Espesor necesario de base granular**

$$e = \frac{Valm}{n \times Apav} \quad (77)$$

Donde, n es la porosidad del material de la base granular considerada como 0.60,

Apav área pavimentada.

$$e = \frac{65.08}{0.60 \times 360.77} = 0.30 \text{ m} \quad (78)$$

**Tiempo máximo de vaciado**

$$tm = \frac{n \times e}{Cs \times f} \quad (79)$$

Donde, e es el espesor de la base granular, f tasa de infiltración del suelo, Cs coeficiente de seguridad adaptado, n porosidad de la base de relleno.

$$tm = \frac{0.60 \times 300.64}{0.75 \times 30.28} = 7.94 \text{ h} \quad (80)$$

El tiempo máximo de vaciado del volumen de almacenamiento en la base granular debe ser inferior a 48 horas de acuerdo a Trujillo y Quiroz (2013), siendo así, en el caso del estudio se cumple tal aseveración, porque el tiempo es de tan

solo 8 horas, siendo así, el espesor de base recomendado es de 30 cm y será un material mixto combinando piedra y arena.

**g) Determinación del espesor del pavimento permeable de acuerdo a la metodología de Chile**

Para determinar el espesor mínimo requerido del pavimento poroso, se utiliza la regla de tres compuesta con los datos de la siguiente tabla:

**Tabla 34**

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

Categoría de tráfico	Descripción	EAL	CBR		
			≥15	10-14	6-9
1	Tráfico ligero	<5	127	178	229
2	Tráfico ligero-medio (máx. 1000 vpd2)	20	152	203	279

*Nota.* (United States Environmental Protection Agency, 1999).

**Tabla 35**

*Datos para iterar y determinar el espesor de la losa de concreto poroso*

EAL	CBR	Espesor de losa (mm)
5	7.5	229
1.66	7.4	x= 77.06

$$\frac{229}{x} = \frac{7.4}{7.5} \times \frac{5}{1.66} \tag{81}$$

$$x = 77.06 \text{ mm} \cong 80 \text{ mm} \tag{82}$$

Por tanto, el espesor de losa del pavimento permeable debe ser como mínimo de 8 cm, no obstante, se ha optado por trabajar con un espesor de 10 cm debido a que, fue el determinado en el cálculo por el método de AASHTO adaptado, y según las recomendaciones dadas por Trujillo y Quiroz (2013) se deben elegir los mayores espesores de cada método es decir ya sea los determinados por AASHTO-93 o por la metodología de Chile, pero aquellos que den como resultado las mayores dimensiones.

### 3.6.1.17. Verificación de infiltración

Esta verificación solamente consistió en evaluar la diferencia entre la infiltración del pavimento calculada y la intensidad de lluvia para garantizar que tenga la capacidad para pasar el agua por el sistema del concreto poroso, no se trata de una experimentación en campo. Además, se tiene que comprobar el tiempo de retención del agua en la base granular, para que el agua que ha pasado por el pavimento poroso se infiltre en la subrasante yendo hacia el subsuelo, para ello se ha utilizado la ecuación del tiempo máximo de infiltración.

$$tm = \frac{n \times e}{Cs \times f} \quad (83)$$

Donde, e es el espesor de la base granular, f tasa de infiltración del suelo, Cs coeficiente de seguridad adaptado, n porosidad de la base de relleno.

### 3.6.2. *Procesamiento de datos*

En el caso del estudio se utilizaron técnicas de agrupación, asociación, regresión y otros, a través del uso de Microsoft Excel 2024, programa en el que se procesó la información obtenida para presentarlo en tablas y gráficos que proporcionaron una representación clara y concisa de los datos.

### 3.6.3. *Análisis de datos*

En el análisis estadístico de los datos se utilizó técnicas, de estadística descriptiva e inferencial. Con la estadística descriptiva se determinaron medidas de tendencia central, como la media y la mediana, así como medidas de dispersión, tales como la desviación estándar y el rango. Mientras que, por medio de la estadística diferencial se verificó la normalidad de los datos, para luego aplicar pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA) para la verificación de la aceptación o rechazo de la hipótesis alternativa (H1) y nula (Ho) en estudio.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque ético que garantiza la responsabilidad científica, el respeto por el medio ambiente y la seguridad en la ejecución de los procedimientos. Se siguieron principios fundamentales como la beneficencia, justicia y transparencia en cada etapa del estudio (Acevedo, 2002).

El principio de beneficencia se aplicó al diseñar un pavimento que maximiza los beneficios para la comunidad, mejorando la gestión del agua pluvial y la transitabilidad, promoviendo el uso de materiales sostenibles; asimismo, se tomaron precauciones para minimizar riesgos ambientales y estructurales, asegurando la viabilidad del diseño sin comprometer la estabilidad del suelo.

El principio de justicia se garantizó mediante una selección equitativa y objetiva de los materiales y métodos, asegurando que las decisiones técnicas estuvieran fundamentadas en normativas y criterios científicos sin sesgos o preferencias; además, se promovió el uso eficiente de los recursos para que la propuesta sea accesible y replicable en otras zonas con condiciones similares.

Asimismo, se respetaron los principios de integridad científica y veracidad, evitando el plagio, citando correctamente las fuentes y asegurando que los resultados sean fieles a la realidad de los ensayos realizados. Finalmente, se cumplió con la normativa ambiental vigente, minimizando la generación de residuos y promoviendo la reutilización de materiales cuando fue posible, en concordancia con el enfoque de desarrollo sostenible.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

##### 4.1.1. Dosificación para la preparación de concreto poroso

##### 4.1.1.1. Diseño de mezclas

Los cinco diseños de mezcla (D1 a D5) se han elaborado con diferente contenido de vacíos (15%, 18% y 20%), con mezclas ligeramente compactadas, utilizando cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo, agregado fino de la cantera Conchán (al 0%, 8%, 10% y 15%), agregado grueso de la cantera Choctapata, aditivo plastificante Sika CEM Plastificante y agua potable de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Cada diseño presenta variaciones en la composición, lo que influye en su resistencia, permeabilidad y trabajabilidad.

**Tabla 36**

*Dosificaciones para la preparación de concreto poroso elaborado con arena fina de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata*

Diseño	Consideraciones de Diseño			Resultados de Diseños				
	Relación a/c	Contenido de Vacíos (%)	Agregado Fino (%)	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Ag. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	Agua (l/m <sup>3</sup> )	Aditivo (ml/m <sup>3</sup> )
D1	0.30	18.00	10.00	432.22	107.77	1429.44	121.88	5084.99
D2	0.30	20.00	8.00	368.19	142.58	1447.89	103.47	4331.66
D3	0.28	15.00	15.00	463.06	202.04	1383.33	122.31	5447.75
D4	0.33	20.00	Sin Finos	366.59	No aplica	1521.66	112.87	4312.87
D5	0.35	20.00	Sin Finos	355.73	No aplica	1521.66	116.50	4185.02

Al comparar las dosificaciones, D3 es la mezcla con mayor probabilidad de adquirir mayor resistencia estructural, ya que presenta baja relación a/c (0.28), mayor contenido de cemento (463.06 kg/m<sup>3</sup>) y agregado fino (15%), lo que favorece la compacidad del material; sin embargo, supera el límite de cemento

recomendado por Benites (2013) de hasta 415 kg/m<sup>3</sup>. Por otro lado, D4 y D5 presentan alta permeabilidad, al no contener agregado fino, pero tienen cantidades excesivas de agregado grueso (1521.66 kg/m<sup>3</sup>), según Benites (2013). D1 y D2 cumplen con todos los parámetros del ACI 522R-10, con una relación a/c de 0.30, un contenido de vacíos adecuado (18-20%), y una cantidad de cemento dentro del rango recomendado; entre ambas, D1 presenta una mejor combinación entre resistencia y permeabilidad, ya que tiene un equilibrio entre agregado fino (10%) y grueso. Por tanto, como selección preliminar, D1 se considera la mejor dosificación, ya que cumple con los rangos establecidos en el ACI 522R-10 y ofrece mayor probabilidad de garantizar un equilibrio entre trabajabilidad, resistencia y permeabilidad. Asimismo, D3 es una opción viable si se busca mayor resistencia, pero su alto contenido de cemento podría generar un mayor costo de producción; en contraste, D4 y D5 pueden ser adecuados en aplicaciones donde la permeabilidad es prioritaria.

**a) Relación a/c**

Los valores de a/c oscilan entre 0.28 y 0.35, lo que se encuentra dentro del rango recomendado por el ACI 522R-10 (0.26 - 0.45). Sin embargo, una relación más baja, como en D3 (0.28), suele mejorar la resistencia estructural, pero puede dificultar la trabajabilidad, mientras que relaciones más altas, como en D5 (0.35), pueden facilitar la colocación, pero reducir la resistencia del material.

**b) Contenido de vacíos (%)**

El porcentaje de vacíos varía entre 15% (D3) y 20% (D2, D4 y D5). Un contenido menor a 20% mejora la resistencia, pero reduce la permeabilidad, mientras que un contenido del 20% permite una mayor infiltración de agua, favoreciendo su uso en pavimentos drenantes.

**c) Presencia de agregado fino (%)**

Los diseños D4 y D5 no contienen agregado fino, lo que maximiza la porosidad y facilita la infiltración del agua, en contraste, D3 tiene el mayor porcentaje de agregado fino (15%), lo que reduce la permeabilidad, pero mejora la cohesión del concreto.

**d) Uso de aditivo plastificante**

Todos los diseños incluyen plastificante, lo que optimiza la trabajabilidad de la mezcla sin aumentar la cantidad de agua. Se observa que D3 tiene la mayor cantidad de aditivo (5447.75 ml/m<sup>3</sup>), por su menor relación a/c y mayor contenido de cemento.

**e) Cantidad de cemento**

El contenido de cemento varía entre 355.73 kg/m<sup>3</sup> (D5) y 463.06 kg/m<sup>3</sup> (D3). Según Benites (2013) el rango recomendado está entre 270 – 415 kg/m<sup>3</sup>, por lo que D3 (463.06 kg/m<sup>3</sup>) es el único diseño que supera este límite.

**f) Cantidad de agregado**

Benites (2013) recomienda una cantidad de agregado entre 1190 - 1480 kg/m<sup>3</sup>. Los diseños D1, D2 y D3 tienen valores dentro del rango, pero D4 y D5 superan este límite (1521.66 kg/m<sup>3</sup>), lo que podría afectar la distribución de vacíos y la permeabilidad, no obstante, esto se define en los siguientes ítems en la determinación de las propiedades del concreto poroso.

**4.1.1.2. Propiedades de las mezclas de concreto poroso**

El análisis de las mezclas de concreto poroso en estado fresco permite evaluar su comportamiento en función de la relación a/c, contenido de vacíos, agregado fino y otros parámetros físicos, cada diseño de mezcla (D1 a D5) muestra variaciones en sus propiedades en estado fresco.

**Tabla 37***Propiedades del concreto poroso en estado fresco de acuerdo al diseño*

Consideraciones de Diseño				Propiedades Físicas del Concreto en Estado Fresco					
Diseño	Relación a/c	Contenido de Vacíos (%)	Agregado Fino (%)	Contenido de Vacíos por Variación de Volúmenes (%)	Contenido de Aire Método de Presión (%)	Asentamiento	Slump	Temperatura (°C)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
D1	0.30	18.00	10.00	11.06	15.45	0.00	17.60	2261.88	
D2	0.30	20.00	8.00	17.04	16.80	0.00	18.40	2128.32	
D3	0.28	15.00	15.00	19.22	14.50	0.00	17.60	2053.64	
D4	0.33	20.00	Sin Finos	18.05	17.40	0.00	17.20	2096.73	
D5	0.35	20.00	Sin Finos	15.60	16.80	0.00	18.00	2151.30	

Al comparar los diseños, D1 destaca como la mezcla más compacta y con mayor peso unitario, lo que la hace ideal para aplicaciones donde la resistencia estructural es prioritaria; sin embargo, su baja porosidad puede afectar la capacidad de drenaje, por lo que no sería la mejor opción para pavimentos que requieren alta permeabilidad. Por otro lado, D3 se posiciona como la mezcla con mayor contenido de vacíos (19.22%) y menor peso unitario (2053.64 kg/m<sup>3</sup>), lo que la hace altamente permeable, esta característica la convierte en una buena opción para aplicaciones donde la infiltración de agua es clave, aunque su menor densidad podría hacerla menos resistente. Las mezclas D4 y D5, al no contener agregado fino, presentan un buen equilibrio entre permeabilidad y densidad, pero su mayor contenido de aire y vacíos podría hacerlas menos resistentes, siendo adecuadas para aplicaciones donde se prioriza la infiltración de agua sobre la resistencia estructural. Finalmente, D2 parece ser la mejor opción en términos de balance entre resistencia y permeabilidad, con contenido de vacíos del 17.04%, peso unitario intermedio (2128.32 kg/m<sup>3</sup>) y contenido de aire del 16.8%, cumple con los parámetros esenciales para concreto poroso en pavimentos.

#### **a) Contenido de vacíos por variación de volúmenes**

Uno de los aspectos más relevantes es el contenido de vacíos por variación de volúmenes, donde D3 presenta el mayor porcentaje (19.22%), lo que indica una estructura más permeable y, por lo tanto, una mejor capacidad de infiltración de agua. Sin embargo, este mayor contenido de vacíos puede comprometer la resistencia estructural del concreto. En contraste, D1 tiene el menor contenido de vacíos (11.06%), lo que sugiere una mezcla más compacta, con menor capacidad de drenaje, pero mayor resistencia. Las mezclas D2, D4 y D5 presentan valores intermedios (17.04%, 18.05% y 15.6%, respectivamente), ofreciendo un equilibrio entre permeabilidad y estabilidad estructural. Es importante destacar que el contenido de vacíos está influenciado directamente por la presencia o ausencia de agregado fino, ya que las mezclas sin agregado fino (D4 y D5) tienen valores más altos, lo que confirma que la eliminación de finos genera una mayor cantidad de espacios vacíos.

#### **b) Contenido de aire**

El contenido de aire por el método de presión es otro factor clave en el desempeño del concreto poroso. Se observa que D4 tiene el mayor contenido de aire (17.4%), seguido de D2 y D5 (16.8%), lo que indica que estas mezclas presentan una mayor porosidad y, por lo tanto, una mejor capacidad de drenaje. Por otro lado, D3 tiene el menor contenido de aire (14.5%), lo que sugiere que esta mezcla es más compacta y con menos vacíos interconectados, reduciendo su capacidad de infiltración. Este comportamiento nuevamente está relacionado con la cantidad de agregado fino presente en la mezcla, ya que D3, con 15% de agregado fino, presenta menos aire atrapado, mientras que D4 y D5, sin agregado fino, presentan los valores más altos.

### **c) Asentamiento**

En cuanto al asentamiento (slump), todos los diseños presentan un valor de 0 cm, lo cual es característico del concreto poroso. A diferencia del concreto convencional, donde el asentamiento es un indicador de trabajabilidad, en el concreto poroso este parámetro no es un factor determinante, ya que su estructura no permite un comportamiento plástico típico.

### **d) Temperatura**

La temperatura del concreto en estado fresco varía ligeramente entre 17.2°C y 18.4°C, sin diferencias significativas entre los diseños. D2 presenta la temperatura más alta (18.4°C), mientras que D4 tiene la más baja (17.2°C). Aunque la temperatura del concreto puede influir en el tiempo de fraguado y la manejabilidad, en este caso no se observa un impacto relevante en las propiedades del material.

### **e) Peso unitario**

El peso unitario es un factor fundamental para evaluar la densidad y la compactación del concreto poroso. Se observa que D1 tiene el mayor peso unitario (2261.88 kg/m<sup>3</sup>), seguido de D2 (2128.32 kg/m<sup>3</sup>) y D5 (2151.3 kg/m<sup>3</sup>), lo que indica que estas mezclas son más densas y pueden ofrecer mayor resistencia estructural. En contraste, D3 presenta el menor peso unitario (2053.64 kg/m<sup>3</sup>), lo que sugiere que es la mezcla más ligera y porosa, lo que podría comprometer su resistencia mecánica. Las mezclas D4 y D5, al no contener agregado fino, tienen valores intermedios (2096.73 kg/m<sup>3</sup> y 2151.3 kg/m<sup>3</sup>), lo que confirma que una mayor porosidad reduce la densidad del concreto.

#### 4.1.2. *Propiedades del concreto poroso*

El análisis del concreto poroso en estado endurecido permite evaluar su desempeño en términos de resistencia a compresión, resistencia a flexión y permeabilidad, parámetros fundamentales para su aplicación en pavimentos permeables. A partir de los resultados obtenidos en la tabla, se identifican variaciones entre los diseños de mezcla D1 a D5, las cuales están directamente relacionadas con la relación agua/cemento (a/c), el contenido de vacíos y la presencia de agregado fino.

**Tabla 38**

*Propiedades del concreto poroso endurecido de acuerdo al diseño de mezcla*

Diseño	Consideraciones de Diseño			Propiedades Mecánicas		Propiedad Hidráulica
	Relación a/c	Contenido de Vacíos (%)	Agregado Fino (%)	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Permeabilidad (cm/s)
D1	0.30	18.00	10.00	219.49	52.22	0.20
D2	0.30	20.00	8.00	210.09	43.10	0.21
D3	0.28	15.00	15.00	225.59	57.08	0.19
D4	0.33	20.00	Sin Finos	203.89	44.88	0.22
D5	0.35	20.00	Sin Finos	207.18	47.20	0.21

Al analizar los resultados en conjunto, se observa que la resistencia a compresión y flexión mejoran con una menor relación a/c y una mayor proporción de agregado fino. Por el contrario, las mezclas sin agregado fino tienden a presentar un mayor contenido de vacíos, lo que favorece la permeabilidad, pero en detrimento de la resistencia mecánica. Los diseños con mayor cantidad de agregado fino (D1 y D3) muestran un mejor desempeño en resistencia a compresión y flexión, pero una ligera reducción en la permeabilidad; por otro lado, las mezclas sin agregado fino (D4 y D5) muestran una mejor capacidad de drenaje, pero sacrifican resistencia mecánica. La relación a/c también influye

significativamente, ya que D3 (0.28 a/c) presenta la mejor resistencia a compresión, mientras que los valores más altos de a/c (D4 y D5 con 0.33 y 0.35) generan una disminución en resistencia mecánica.

No obstante, D3, aunque presenta la mayor resistencia a compresión (225.59 kg/cm<sup>2</sup>) y flexión (57.08 kg/cm<sup>2</sup>), tiene la permeabilidad más baja (0.19 cm/s), lo que podría comprometer su desempeño en términos de infiltración de agua, haciéndola menos eficiente para pavimentos porosos que requieren un buen drenaje. D2 destaca por su mejor coeficiente de permeabilidad (0.21 cm/s), pero su resistencia a compresión es la más baja entre los diseños que cumplen con los estándares (210.09 kg/cm<sup>2</sup>), lo que podría limitar su uso en pavimentos sometidos a cargas elevadas. Por otro lado, D4 y D5 presentan las resistencias a compresión más bajas (203.89 kg/cm<sup>2</sup> y 207.18 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente), e incluso fuera del límite de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>) lo que indica que no serían las opciones más adecuadas para aplicaciones que requieran alta capacidad estructural.

En este sentido, D1 se posiciona como la mezcla más equilibrada, ya que presenta una resistencia a compresión de 219.49 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a flexión de 52.22 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que mantiene una permeabilidad aceptable de 0.2 cm/s. Esto la convierte en una opción óptima para aplicaciones que requieren tanto resistencia estructural como capacidad de drenaje. Por tanto, D1 es la mejor opción en términos de equilibrio entre resistencia mecánica y permeabilidad, cumpliendo con los requisitos estructurales y de drenaje para pavimentos porosos. D3 también se considera adecuada, aunque con menor capacidad de drenaje. D2 podría emplearse en casos donde la capacidad de infiltración sea la principal prioridad, mientras que D4 y D5 no serían recomendadas para aplicaciones que requieran alta resistencia estructural.

#### 4.1.2.1. Resistencia a compresión

En cuanto a la resistencia a compresión, se establece que el concreto debe superar los 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En este sentido, D1, D2 y D3 cumplen con este requisito, siendo D3 la mezcla con mayor resistencia (225.59 kg/cm<sup>2</sup>), seguida de D1 (219.49 kg/cm<sup>2</sup>) y D2 (210.09 kg/cm<sup>2</sup>). Sin embargo, D4 y D5 presentan valores inferiores a la resistencia mínima establecida, con 203.89 kg/cm<sup>2</sup> y 207.18 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, lo que sugiere que su desempeño estructural es más limitado. Se observa que la menor relación agua/cemento en D3 (0.28) favorece un incremento en la resistencia, mientras que las mezclas sin agregado fino (D4 y D5) tienden a mostrar menor resistencia estructural debido a la ausencia de partículas finas que contribuyen a la cohesión del material.

**Tabla 39**

*Resistencia a compresión del concreto poroso a los 7, 14 y 28 días*

Diseño de mezcla	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
D1	156.65	187.44	219.49
D2	143.44	174.94	210.09
D3	160.02	199.97	225.59
D4	134.01	167.90	203.89
D5	142.97	180.83	207.18

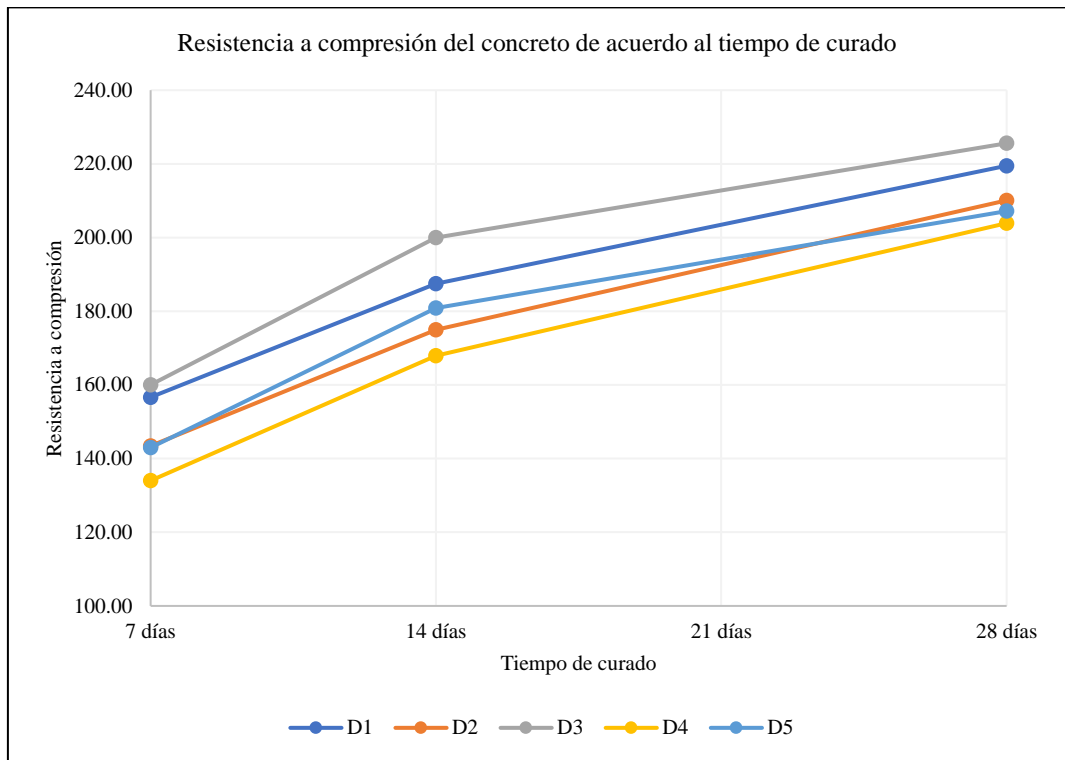
**Tabla 40**

*Porcentaje de resistencia a compresión esperada del concreto poroso*

Diseño de mezcla	Porcentaje de la resistencia a compresión esperada		
	7 días	14 días	28 días
D1	74.60%	89.26%	104.52%
D2	68.30%	83.30%	100.04%
D3	76.20%	95.22%	107.42%
D4	63.81%	79.95%	97.09%
D5	68.08%	86.11%	98.66%

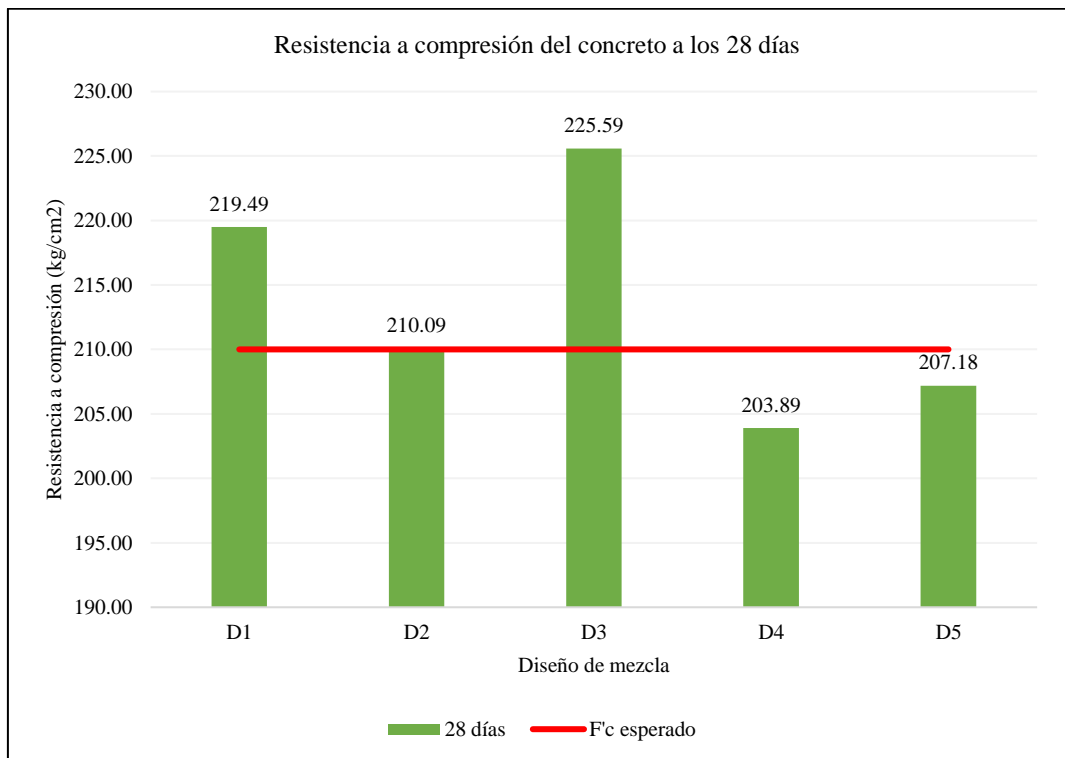
**Figura 64**

*Resistencia a compresión del concreto poroso de acuerdo al tiempo de curado*



**Figura 65**

*Resistencia a compresión del concreto poroso a los 28 días*



### a) Diseño de concreto poroso D1

El diseño 1, a los 7 días supera el 70% del  $f'c$  esperado, alcanzando 156.65 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días supera el 85% del  $f'c$  esperado con 187.44 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión, mientras que, a los 28 días alcanza en promedio 219.49 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los lineamientos resistentes esperados.

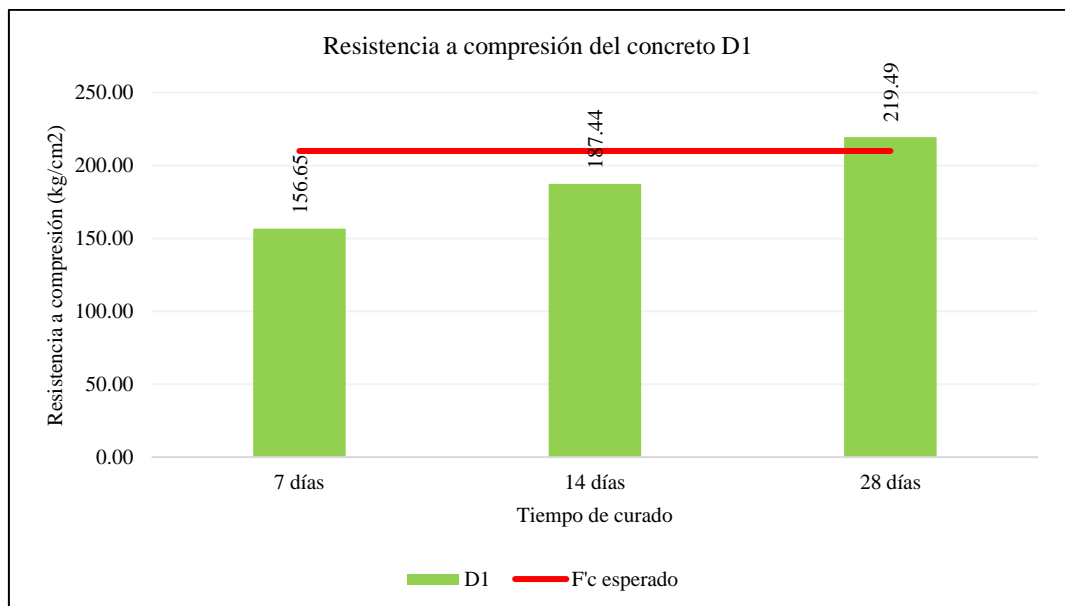
**Tabla 41**

*Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D1*

Probeta	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
1	153.74	186.87	217.15
2	160.46	192.20	222.03
3	155.76	183.25	219.28
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	156.65	187.44	219.49
Porcentaje de resistencia	74.60%	89.26%	104.52%
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	160.46	192.20	222.03
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	153.74	183.25	217.15
D.E.	3.45	4.50	2.44
C.V.	0.02	0.02	0.01

**Figura 66**

*Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D1*



## b) Diseño de concreto poroso D2

El diseño 2, a los 7 días no supera el 70% del  $f'c$  esperado, alcanzando tan solo 143.44 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tampoco supera el 85% del  $f'c$  esperado con 174.94 kg/cm<sup>2</sup>, pero, a los 28 días sí logra alcanzar la capacidad mecánica con resistencia a compresión promedio de 210.09 kg/cm<sup>2</sup>. A pesar de ello, este diseño no logra buenas resistencias a edades tempranas, por lo que no sería la mejor opción para pavimentos que requieren un alcance rápido de la resistencia.

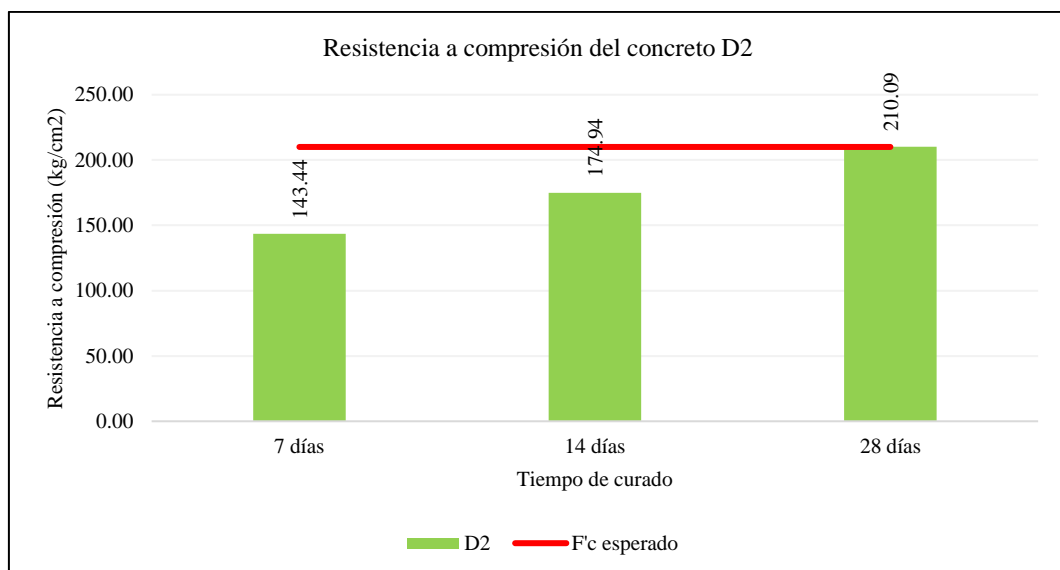
**Tabla 42**

*Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D2*

Probeta	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
1	144.88	175.63	210.48
2	145.85	172.58	205.38
3	139.58	176.61	214.41
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	143.44	174.94	210.09
Porcentaje de resistencia	68.30%	83.30%	100.04%
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	145.85	176.61	214.41
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	139.58	172.58	205.38
D.E.	3.38	2.10	4.53
C.V.	0.02	0.01	0.02

**Figura 67**

*Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D2*



### c) Diseño de concreto poroso D3

El diseño 3, a los 7 días supera el 70% del  $f'c$  esperado, alcanzando 160.02 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días supera el 85% del  $f'c$  esperado con 199.97 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión, mientras que, a los 28 días alcanza en promedio 225.59 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los lineamientos resistentes esperados.

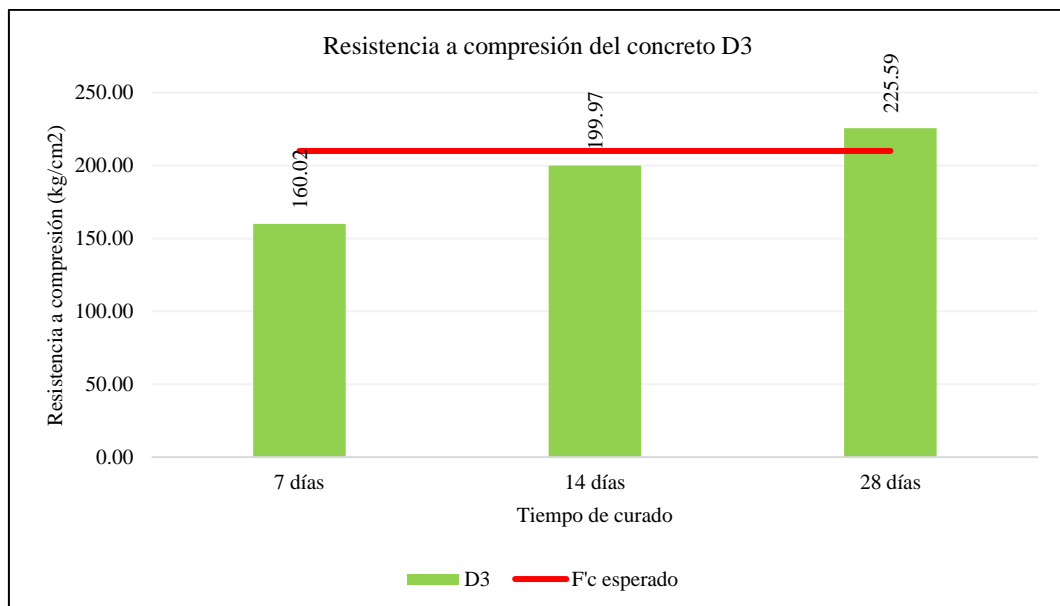
**Tabla 43**

*Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D3*

Probeta	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
1	161.98	199.06	226.41
2	154.34	197.31	220.58
3	163.73	203.54	229.77
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	160.02	199.97	225.59
Porcentaje de resistencia	76.20%	95.22%	107.42%
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	163.73	203.54	229.77
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	154.34	197.31	220.58
D.E.	4.99	3.21	4.65
C.V.	0.03	0.02	0.02

**Figura 68**

*Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D3*



#### d) Diseño de concreto poroso D4

El diseño 4, a los 7 días no supera el 70% del  $f'c$  esperado, alcanzando tan solo 134.01 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tampoco supera el 85% del  $f'c$  esperado con 167.90 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días no logra alcanzar la capacidad mecánica esperada con resistencia a compresión promedio de 203.89 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa tan solo el 97.09% del  $f'c$  esperado, siendo así, este diseño no es viable.

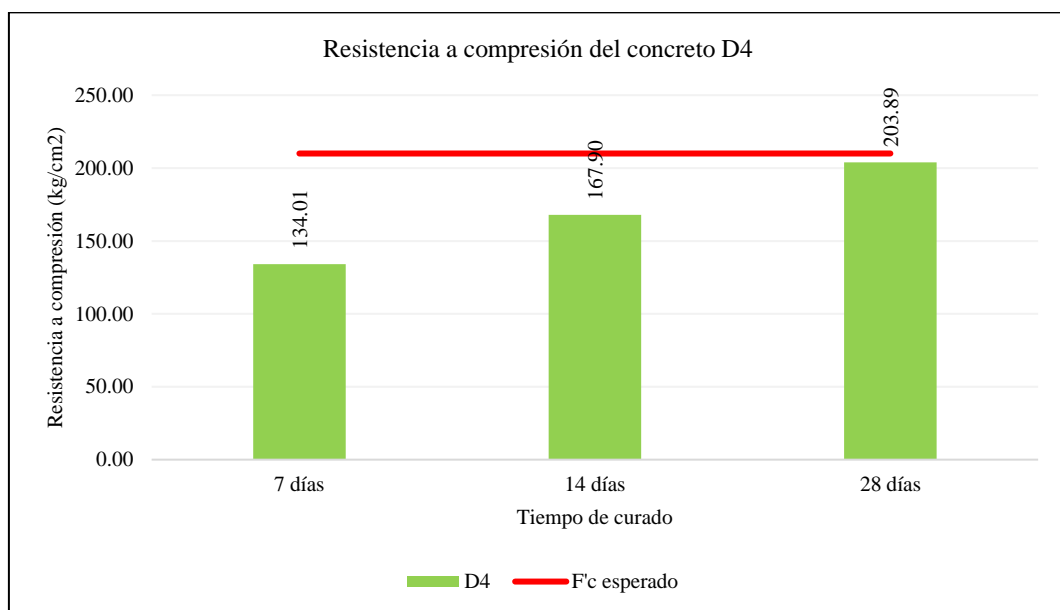
**Tabla 44**

*Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D4*

Probeta	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
1	136.84	172.01	204.07
2	131.25	169.48	200.43
3	133.93	162.22	207.18
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	134.01	167.90	203.89
Porcentaje de resistencia	63.81%	79.95%	97.09%
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	136.84	172.01	207.18
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	131.25	162.22	200.43
D.E.	2.80	5.08	3.38
C.V.	0.02	0.03	0.02

**Figura 69**

*Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D4*



**e) Diseño de concreto poroso D5**

El diseño 5, a los 7 días no supera el 70% del  $f'c$  esperado, alcanzando tan solo 142.97 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días si logra superar el 85% del  $f'c$  esperado con 180.83 kg/cm<sup>2</sup>, pero a los 28 días otra vez no alcanza la capacidad mecánica esperada con resistencia a compresión promedio de 207.18 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa tan solo el 98.66% del  $f'c$  esperado, siendo así, este diseño no es viable.

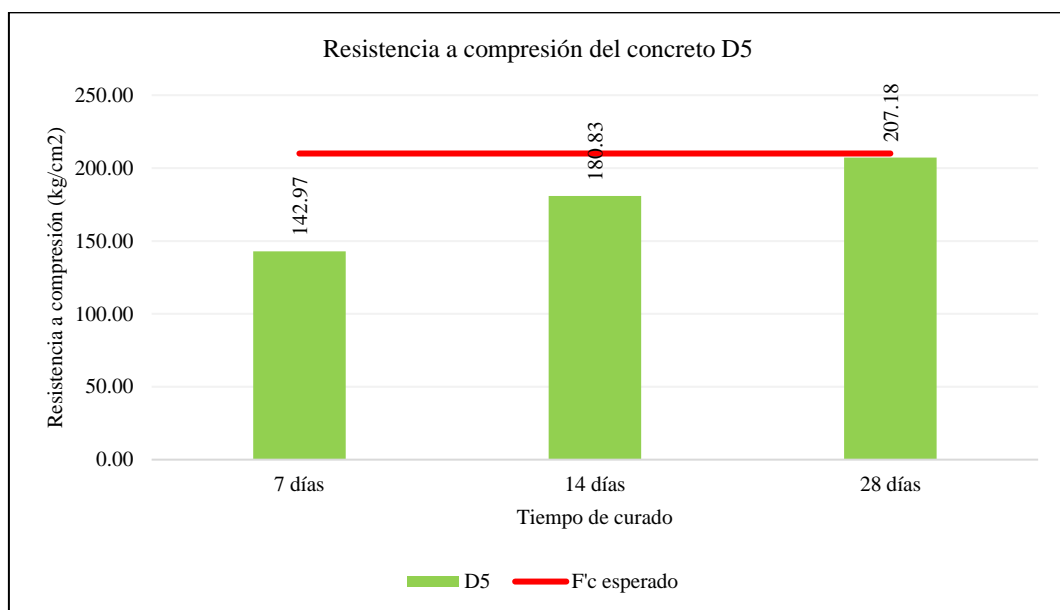
**Tabla 45**

*Resistencia a compresión del concreto poroso diseño D5*

Probeta	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
1	140.23	180.52	207.28
2	143.37	178.36	204.70
3	145.32	183.61	209.55
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	142.97	180.83	207.18
Porcentaje de resistencia			
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	145.32	183.61	209.55
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	140.23	178.36	204.70
D.E.	2.57	2.64	2.43
C.V.	0.02	0.01	0.01

**Figura 70**

*Resistencia a compresión promedio del concreto poroso diseño D5*



#### 4.1.2.2. Resistencia a flexión

Por otro lado, en la resistencia a flexión, se considera que debe representar al menos el 10% de la resistencia a compresión para garantizar un comportamiento adecuado ante esfuerzos de flexión. D3 nuevamente muestra el mejor desempeño en esta categoría, con una resistencia a flexión de 57.08 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale aproximadamente al 27.18% de la resistencia a compresión esperada a los 28 días (210 kg/cm<sup>2</sup>), siendo el porcentaje más alto en comparación con los otros diseños de mezcla de concreto poroso; mientras que D1 también presenta un buen comportamiento a flexión con 52.22 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 24.87% de la resistencia a compresión esperada. En contraste, D2, D4 y D5 presentan valores más bajos, con 43.1 kg/cm<sup>2</sup>, 44.88 kg/cm<sup>2</sup> y 47.2 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, aunque aún dentro del rango mínimo esperado, presentan resistencia a flexión superior al 10% del f'c esperado (210 kg/cm<sup>2</sup>), con porcentajes de 20.52%, 21.37% y 22.48%, respectivamente. Este comportamiento confirma que el agregado fino mejora la resistencia a flexión, ya que D3 y D1, con mayores proporciones de agregado fino, presentan valores superiores a las mezclas sin finos.

**Tabla 46**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días*

Probeta	Resistencia a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )				
	D1	D2	D3	D4	D5
1	51.20	42.38	57.82	43.25	46.12
2	54.63	45.23	58.00	44.52	49.66
3	50.84	41.69	55.43	46.87	45.83
Promedio	52.22	43.10	57.08	44.88	47.20
Máximo	54.63	45.23	58.00	46.87	49.66
Mínimo	50.84	41.69	55.43	43.25	45.83
D.E.	2.09	1.88	1.43	1.84	2.13
C.V.	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05

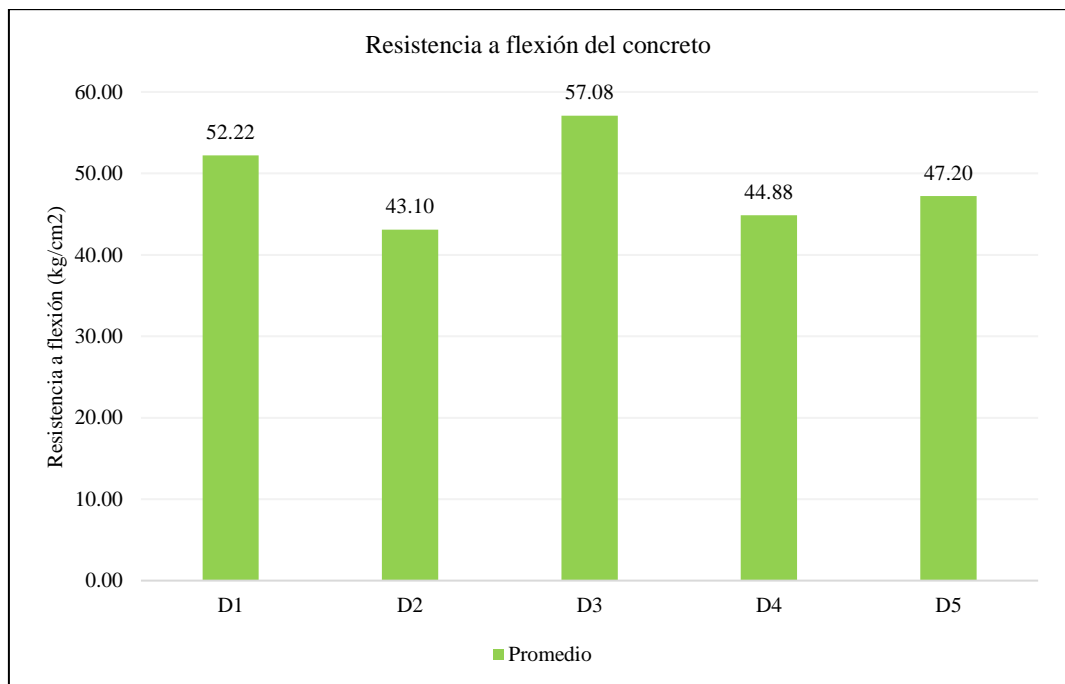
**Tabla 47**

*Porcentaje de resistencia a flexión respecto a la resistencia a compresión esperada  $f'c$  (210 kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días*

Probeta	Porcentaje que representa la resistencia a flexión de la resistencia a compresión esperada $f'c$ (210 kg/cm <sup>2</sup> )				
	D1	D2	D3	D4	D5
1	24.38%	20.18%	27.53%	20.60%	21.96%
2	26.01%	21.54%	27.62%	21.20%	23.65%
3	24.21%	19.85%	26.40%	22.32%	21.82%
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	24.87%	20.52%	27.18%	21.37%	22.48%
Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	26.01%	21.54%	27.62%	22.32%	23.65%
Mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	24.21%	19.85%	26.40%	20.60%	21.82%
Calificación	>10%	>10%	>10%	>10%	>10%
D.E.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
C.V.	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05

**Figura 71**

*Resistencia a flexión promedio del concreto poroso a los 28 días de acuerdo al diseño de mezcla*



### a) Diseño de concreto poroso D1

El concreto poroso D1 presenta resistencia a flexión promedio de 52.22 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 24.87% del f<sup>c</sup> esperado a compresión, siendo superior al 10% - 20% mínimo que, se espera alcance (NRMCA, 2020).

**Tabla 48**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D1*

Probeta	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto al f <sup>c</sup> esperado (%)
1	28	51.200	24.38%
2	28	54.630	26.01%
3	28	50.840	24.21%
	Promedio	52.22	24.87%
	Máximo	54.63	26.01%
	Mínimo	50.84	24.21%
	D.E.	2.09	0.01
	C.V.	0.04	0.04

### b) Diseño de concreto poroso D2

El concreto poroso D2 presenta resistencia a flexión promedio de 43.10 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 20.52% del f<sup>c</sup> esperado a compresión, siendo superior al 10% - 20% mínimo que, se espera alcance (NRMCA, 2020).

**Tabla 49**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D2*

Probeta	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto al f <sup>c</sup> esperado (%)
1	28	42.380	20.18%
2	28	45.230	21.54%
3	28	41.690	19.85%
	Promedio	43.10	20.52%
	Máximo	45.23	21.54%
	Mínimo	41.69	19.85%
	D.E.	1.88	0.01
	C.V.	0.04	0.04

### c) Diseño de concreto poroso D3

El concreto poroso D3 presenta resistencia a flexión promedio de 57.08 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 27.18% del  $f_c$  esperado a compresión, siendo superior al 10% - 20% mínimo que, se espera alcance (NRMCA, 2020).

**Tabla 50**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D3*

Probeta	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto al $f_c$ esperado (%)
1	28	57.820	27.53%
2	28	58.000	27.62%
3	28	55.430	26.40%
	Promedio	57.08	27.18%
	Máximo	58.00	27.62%
	Mínimo	55.43	26.40%
	D.E.	1.43	0.01
	C.V.	0.03	0.03

### d) Diseño de concreto poroso D4

El concreto poroso D4 presenta resistencia a flexión promedio de 44.88 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 22.32% del  $f_c$  esperado a compresión.

**Tabla 51**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D4*

Probeta	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto al $f_c$ esperado (%)
1	28	43.250	20.60%
2	28	44.520	21.20%
3	28	46.870	22.32%
	Promedio	44.88	21.37%
	Máximo	46.87	22.32%
	Mínimo	43.25	20.60%
	D.E.	1.84	0.01
	C.V.	0.04	0.04

### e) Diseño de concreto poroso D5

El concreto poroso D5 presenta resistencia a flexión promedio de 47.20 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 22.48% del f<sup>c</sup> esperado a compresión.

**Tabla 52**

*Resistencia a flexión del concreto poroso a los 28 días, D5*

Probeta	Edad (días)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje respecto al f <sup>c</sup> esperado (%)
1	28	46.120	21.96%
2	28	49.660	23.65%
3	28	45.830	21.82%
	Promedio	47.20	22.48%
	Máximo	49.66	23.65%
	Mínimo	45.83	21.82%
	D.E.	2.13	0.01
	C.V.	0.05	0.05

#### 4.1.2.3. Coeficiente de permeabilidad

Respecto a la permeabilidad, todos los diseños cumplen con el criterio establecido por De la Cruz (2017), que indica que el coeficiente de permeabilidad debe ser superior a 0.14 cm/s. No obstante, D4 destaca con el mayor coeficiente de permeabilidad (0.22 cm/s o 7750.32 mm/hr), lo que indica que esta mezcla permitirá un mayor flujo de agua a través de su estructura, beneficiando el drenaje. D2 y D5 presentan similar permeabilidad, siendo 0.21 cm/s o 7622.46 mm/hr para el concreto D2 y 0.21 cm/s o 7489.06 mm/hr para el concreto D5. D3, por otro lado, presenta el menor coeficiente de permeabilidad (0.19 cm/s o 6927.33 mm/hr), lo que sugiere una menor eficiencia en el drenaje que coincide con su bajo contenido de vacíos (15%), mientras que D1 tiene un coeficiente intermedio cercano a D2 y D5 (0.20 cm/s o 7183.26 mm/hr), lo que demuestra un equilibrio entre resistencia y permeabilidad. El diseño D1, D2, D3 y D5 alcanzan en porcentaje el 92.68%, 98.35%, 89.38% y 96.63% del coeficiente de permeabilidad

del concreto elaborado con el diseño D4, que es el que alcanza la mayor capacidad de infiltración de agua, con el coeficiente de permeabilidad más alto.

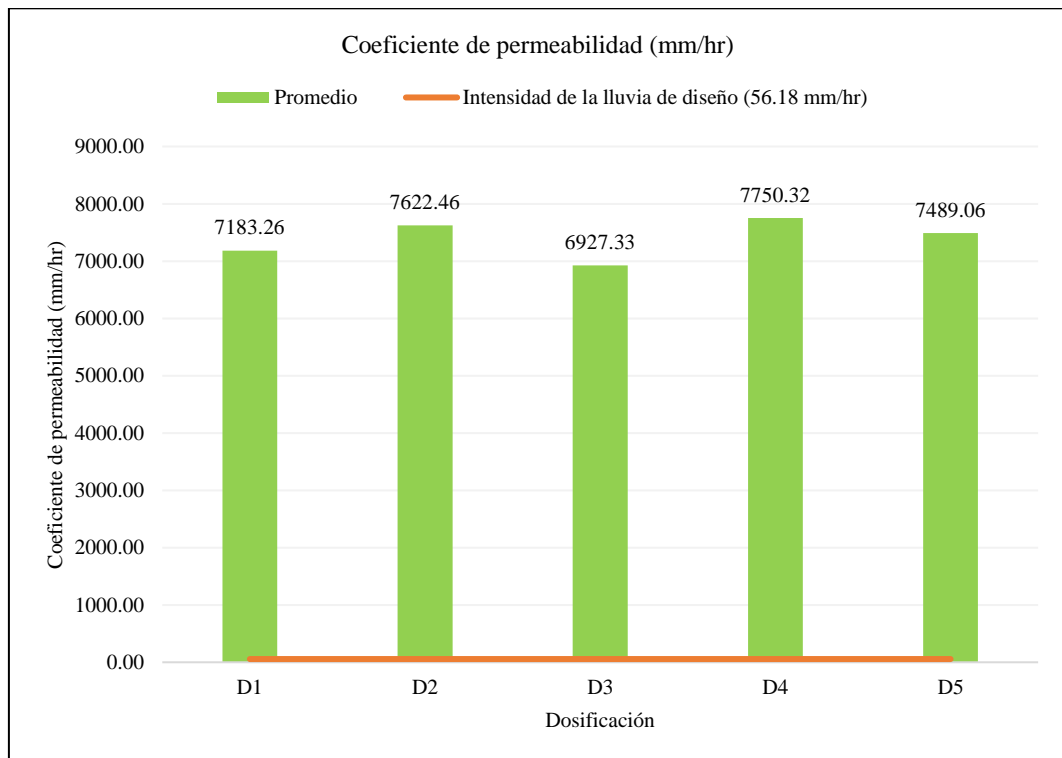
**Tabla 53**

*Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso*

Probeta	Coeficiente de permeabilidad (mm/hr)				
	D1	D2	D3	D4	D5
1	7139.49	7626.15	6928.47	7709.75	7314.53
2	7155.06	7567.53	6856.10	7764.48	7596.73
3	7255.24	7673.70	6997.41	7776.74	7555.91
Promedio	7183.26	7622.46	6927.33	7750.32	7489.06
Máximo	7255.24	7673.70	6997.41	7776.74	7596.73
Mínimo	7139.49	7567.53	6856.10	7709.75	7314.53
D.E.	62.82	53.18	70.66	35.67	152.52
C.V.	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02

**Figura 72**

*Coefficiente de permeabilidad promedio del concreto poroso*



### a) Diseño de concreto poroso D1

El concreto D1 alcanza el coeficiente de permeabilidad promedio de 0.20 cm/s, lo que representa 7183.26 mm/hr, esto significa 127.86 veces la intensidad máxima de lluvia de diseño (56.18 mm/hr) para un Tr de 20 años con duración de 1 hora; por tanto, la permeabilidad del concreto asegura el paso total del agua pluvial durante una precipitación media.

**Tabla 54**

*Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D1*

Muestra	L	A	a	h1	h2	t	k (cm/s)	k (mm/hr)
D1P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.79	0.198	7139.49
D1P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.76	0.199	7155.06
D1P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.57	0.202	7255.24
Promedio	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.71	0.20	7183.26
Máximo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.79	0.20	7255.24
Mínimo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.57	0.20	7139.49
D.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	62.82
C.V.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

*Nota.* L altura de la muestra, a área de la tubería de carga, h1 y h2 altura de columna de agua al inicio y final de la prueba respectivamente, t tiempo de demora en pasar el agua, A área promedio de la muestra, k coeficiente de permeabilidad.

### b) Diseño de concreto poroso D2

El concreto D1 alcanza el coeficiente de permeabilidad promedio de 0.21 cm/s, lo que representa 7622.46 mm/hr, esto significa 135.68 veces la intensidad máxima de lluvia de diseño (56.18 mm/hr) para un Tr de 20 años con duración de 1 hora; lo que asegura la infiltración del agua durante una precipitación media.

**Tabla 55***Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D2*

Muestra	L	A	a	h1	h2	t	k (cm/s)	k (mm/hr)
D2P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.91	0.212	7626.15
D2P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.01	0.210	7567.53
D2P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.83	0.213	7673.70
Promedio	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.92	0.21	7622.46
Máximo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.01	0.21	7673.70
Mínimo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.83	0.21	7567.53
D.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	53.18
C.V.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

*Nota.* L y A altura y área de la muestra, a área de la tubería, h1 y h2 altura al inicio y final de la prueba, t tiempo de demora en pasar el agua, k coeficiente de permeabilidad.

**c) Diseño de concreto poroso D3**

El concreto D3 alcanza el coeficiente de permeabilidad promedio de 0.19 cm/s, lo que representa 6927.33 mm/hr, esto significa 123.31 veces la intensidad máxima de lluvia de diseño (56.18 mm/hr) para un Tr de 20 años con duración de 1 hora; lo que asegura la infiltración del agua durante una precipitación media.

**Tabla 56***Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D3*

Muestra	L	A	a	h1	h2	t	k (cm/s)	k (mm/hr)
D3P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.21	0.192	6928.47
D3P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.36	0.190	6856.10
D3P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.07	0.194	6997.41
Promedio	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.21	0.19	6927.33
Máximo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.36	0.19	6997.41
Mínimo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.07	0.19	6856.10
D.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	70.66
C.V.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

*Nota.* L y A altura y área de la muestra, a área de la tubería, h1 y h2 altura al inicio y final de la prueba, t tiempo de demora en pasar el agua, k coeficiente de permeabilidad.

#### d) Diseño de concreto poroso D4

El concreto D4 alcanza el coeficiente de permeabilidad promedio de 0.22 cm/s, lo que representa 7750.32 mm/hr, esto significa 137.96 veces la intensidad máxima de lluvia de diseño (56.18 mm/hr) para un Tr de 20 años con duración de 1 hora; lo que asegura la infiltración del agua durante una precipitación media.

**Tabla 57**

*Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D4*

Muestra	L	A	a	h1	h2	t	k (cm/s)	k (mm/hr)
D4P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.77	0.214	7709.75
D4P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.68	0.216	7764.48
D4P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.66	0.216	7776.74
Promedio	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.70	0.22	7750.32
Máximo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.77	0.22	7776.74
Mínimo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.66	0.21	7709.75
D.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	35.67
C.V.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Nota.* L y A altura y área de la muestra, a área de la tubería, h1 y h2 altura de la prueba, t tiempo.

#### e) Diseño de concreto poroso D5

El concreto D5 alcanza el coeficiente de permeabilidad promedio de 0.21 cm/s, lo que representa 7489.06 mm/hr, esto significa 133.30 veces la intensidad máxima de lluvia de diseño (56.18 mm/hr) para un Tr de 20 años con duración de 1 hora; lo que asegura la infiltración del agua durante una precipitación media.

**Tabla 58**

*Coefficiente de permeabilidad del concreto poroso D5*

Muestra	L	A	a	h1	h2	t	k (cm/s)	k (mm/hr)
D5P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.46	0.203	7314.53
D5P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.96	0.211	7596.73
D5P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.03	0.210	7555.91
Promedio	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.15	0.21	7489.06
Máximo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.46	0.21	7596.73
Mínimo	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.96	0.20	7314.53
D.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	152.52
C.V.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02

*Nota.* L y A altura y área de la muestra, a área de la tubería, h1 y h2 altura al inicio y final de la

prueba, t tiempo de demora en pasar el agua, k coeficiente de permeabilidad.

#### **4.1.3. Diseño del pavimento rígido**

El diseño y construcción de pavimentos permeables se ha convertido en una solución eficaz para mejorar la gestión del agua pluvial y garantizar una adecuada transitabilidad peatonal en zonas urbanas. En este contexto, la presente investigación desarrolla el diseño de un pavimento rígido con concreto poroso en la ciudad de Chota, priorizando criterios de resistencia mecánica, capacidad de infiltración y estabilidad estructural. Para ello, se han considerado las especificaciones de la guía ACI 325.12R-02, la cual establece parámetros para pavimentos de bajo volumen de tráfico, recomendando la evaluación de la permeabilidad del suelo, la selección de materiales adecuados y la disposición de capas con propiedades drenantes.

El estudio de diseño parte de datos clave del sitio, como la resistencia a compresión esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, un CBR de la subrasante mejorada del 7.4%, una infiltración del suelo de 30.28 mm/h y una intensidad de lluvia de diseño de 56.18 mm/h. A partir de esta información, se determinaron los espesores preliminares del pavimento, definiéndose una losa de concreto poroso de 10 cm, una base granular de 30 cm y una capa de mejoramiento con over de 20 cm.

En la verificación de la infiltración, los resultados demostraron que, en todos los casos, la infiltración de la losa de concreto poroso supera la intensidad de la lluvia de diseño, permitiendo que el agua atraviese sin problemas la estructura. Sin embargo, la capacidad de infiltración del suelo es menor que la intensidad de la precipitación, lo que implica que el agua se almacenará temporalmente en la base granular. En este sentido, se verificó que el tiempo máximo de vaciado del sistema es de 8 horas, lo que cumple con el criterio de 48 horas máximo recomendado por Trujillo y Quiroz (2013).

Respecto a la elección del diseño de mezcla, se evaluaron distintos diseños de concreto poroso en términos de resistencia a compresión, flexión y permeabilidad. Los diseños D1, D2 y D3 cumplieron con la resistencia a compresión mínima requerida ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ). No obstante, el diseño D3 presentó menor permeabilidad, lo que lo descartó como la mejor opción para el pavimento permeable. Comparando D1 y D2, se seleccionó el diseño D1 debido a su mayor resistencia a compresión ( $219.49 \text{ kg/cm}^2$ ) y mejor desempeño mecánico, ofreciendo un mayor margen de seguridad estructural.

El concreto poroso adoptado en el diseño (D1) se caracteriza por tener una relación a/c de 0.30, 18% de vacíos, 10% de agregado fino,  $432.22 \text{ kg/m}^3$  de cemento Portland Tipo I,  $107.77 \text{ kg/m}^3$  de agregado fino,  $1429.44 \text{ kg/m}^3$  de agregado grueso (huso N° 67, TMN 1 ½”),  $121.88 \text{ l/m}^3$  de agua y  $5084.99 \text{ ml/m}^3$  de aditivo plastificante.

Finalmente, se definieron los espesores finales del pavimento permeable en el pasaje Teofilo Idrogo, los cuales se establecieron en 10 cm para la losa de concreto poroso, 30 cm para la base granular y 20 cm de mejoramiento con over. Estos espesores garantizan tanto la capacidad estructural como la funcionalidad hidráulica del pavimento, asegurando su eficiencia en la gestión del agua pluvial y su durabilidad en condiciones de uso peatonal.

**Tabla 59**

*Espesores del Pavimento Poroso*

Capas del pavimento poroso	Espesor (cm)
Losa de concreto poroso	10
Base	30
Mejoramiento con over	20

#### 4.1.3.1. Elección del porcentaje de vacíos y definición de diseño más adecuado

La cantidad de vacíos en los concretos porosos influye directamente en su resistencia a la compresión; a mayor porosidad, menor será la resistencia, mientras que una menor proporción de vacíos resultará en una mayor capacidad de compresión. De todos los diseños planteados anteriormente y analizados a compresión, flexión y permeabilidad solamente el diseño D1, D2 y D3 presentan la resistencia a compresión de diseño esperada ( $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>), asimismo, D3 es la mezcla de concreto con menor permeabilidad, y si bien de acuerdo a la verificación de infiltración es igual de eficiente para logra el paso del agua a través del concreto poroso, se descarta la misma, siendo así, entre D1 y D2, la mezcla con mayor capacidad mecánica es D1, debido a que presenta 219.49 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión promedio, dando mayor rango de seguridad, que D2 que tan solo alcanza la capacidad mecánica de 210.09 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así, se opta por considerar como la mejor dosificación para la producción de concreto a D1, mezcla elaborada con la relación a/c de 0.30, 18% de porcentaje de vacíos, 10% de agregado fino, 432.22 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland tipo I Pacasmayo, 107.77 kg/m<sup>3</sup> de agregado fino de la cantera Conchán, 1429.44 kg/m<sup>3</sup> de agregado grueso (piedra huso N° 67, de TMN 1 ½") de la cantera Choctapata, 121.88 l/m<sup>3</sup> de agua potable y 5084.99 ml/m<sup>3</sup> de aditivo Sika CEM Plastificante.

**Tabla 60**

*Mezcla más adecuada de concreto poroso para la losa del pavimento permeable*

Diseño	Relación	Vacíos (%)	% de AF	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	AF (kg/m <sup>3</sup> )	AG (kg/m <sup>3</sup> )	Agua (l/m <sup>3</sup> )	Aditivo (ml/m <sup>3</sup> )	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente permeabilidad (cm/s)
D1	0.3	18	10	432.22	107.77	1429.44	121.88	5084.99	219.49	0.2

**Tabla 61**

*Características del concreto poroso que se utilizará para la losa del pavimento permeable*

Diseño	D1	D2	D3	D4	D5
Relación a/c	0.3	0.3	0.28	0.33	0.35
Contenido de Vacíos (%)	18	20	15	20	20
Agregado Fino (%)	10	8	15	Sin Finos	Sin Finos
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	432.22	368.19	463.06	366.59	355.73
Ag. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	107.77	142.58	202.04	No aplica	No aplica
Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	1429.44	1447.89	1383.33	1521.66	1521.66
Agua (l/m <sup>3</sup> )	121.88	103.47	122.31	112.87	116.5
Aditivo (ml/m <sup>3</sup> )	5084.99	4331.66	5447.75	4312.87	4185.02
Contenido de Vacíos por Variación de Volúmenes (%)	11.06	17.04	19.22	18.05	15.6
Contenido de Aire Método de Presión (%)	15.45	16.8	14.5	17.4	16.8
Asentamiento Slump	0	0	0	0	0
Temperatura (°C)	17.6	18.4	17.6	17.2	18
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2261.88	2128.32	2053.64	2096.73	2151.3
Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	219.49	210.09	225.59	203.89	207.18
Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	52.22	43.1	57.08	44.88	47.2
Coefficiente de Permeabilidad (cm/s)	0.2	0.21	0.19	0.22	0.21

#### **4.1.3.2. Diseño preliminar de espesores de las capas de pavimento**

Para plantear el diseño de los espesores de las capas de pavimento acorde a la metodología AASHTO-93 y la metodología de Chile para pavimentos permeables se debe tener información inicial, respecto al concreto poroso a utilizar, las características del suelo y el tráfico vehicular. A pesar de ser una vía de uso peatonal, se ha considera el conteo de aquellos vehículos menores que se estacionan en este espacio o que son utilizados por los vecinos como parque de estacionamiento, además de considerar el paso de un único vehículo pesado,

obteniendo el EAL de 1.66 (ver anexo), mientras que, respecto a las propiedades de la subrasante se planteó el mejoramiento del suelo debido a que su CBR inicial era 4%, y de acuerdo al MTC (2014) suelos con CBR menor a 6% no son adecuados para la pavimentación, siendo así, se dispuso la colocación de una capa de 20 cm de over con la que se incrementó el CBR a 7.4%, siendo viable para la pavimentación, además de que ayuda con la infiltración del agua, al ser canto rodado, considerando que, la infiltración del suelo es baja de tan solo 30.28 mm/h, por lo que se ve superada por la lluvia de diseño que presenta una intensidad máxima de 56.18 mm/h para Tr de 20 años con una duración de 1 hora, lo que, resalta la necesidad de contar con un sistema de drenaje pluvial.

**Tabla 62**

*Datos para el Diseño de Pavimento Poroso*

Datos de diseño	
EAL	1.66
Resistencia a la compresión	210 kg/cm <sup>2</sup>
CBR del suelo	4.0%
CBR de subrasante mejorada	7.4%
Infiltración promedio del suelo	30.28 mm/h
Intensidad de lluvia de diseño	56.18 mm/h

Luego, utilizando los datos básicos se planteó los espesores de las capas de pavimento poroso de acuerdo a la metodología AASHTO-93 obteniendo 10 cm de losa de pavimento permeable y 15 cm de base granular, no obstante, esta metodología se adapta a concreto rígido, por ello, tomando en cuenta que este es pavimento permeable, se ha utilizado también la metodología de Chile para verificar las dimensiones dadas inicialmente. Con este método se obtuvo 8 cm de losa de pavimento permeable y 30 cm de base granular, siendo así, tomando en cuenta el criterio de Trujillo y Quiroz (2013) que opta por elegir los mayores

espesores de cada método, es que se ha determinado como el espesor electo a 10 cm de losa de concreto poroso y 30 cm de base granular integrada por gravas de  $\frac{3}{4}$ " en combinación con arena de textura granular gruesa, pero preliminarmente se tendrá el mejoramiento de la subrasante con una capa de 20 cm de over.

**Tabla 63**

*Espesores preliminares del pavimento poroso*

Capas del pavimento	Espesores definidos por AASHTO 93	Espesores definidos por la metodología de Chile	Espesor electo
Losa de pavimento permeable	10 cm	8 cm	10 cm
Base granular (grava de $\frac{3}{4}$ " )	15 cm	30 cm	30 cm
Mejoramiento con over	20 cm	20 cm	20 cm

#### 4.1.3.3. Verificación de la infiltración

Electos los espesores preliminares del pavimento poroso, estos deben pasar por la verificación de la infiltración, es decir comprobar si el material va a poder pasar el agua de la precipitación pluvial (lluvia de diseño) por sus capas constituyentes. No obstante, tal como, expresa Trujillo y Quiroz (2013), es común que, debido a la baja permeabilidad del suelo, el agua se quede retenida en sus capas de base y/o subbase antes de pasar a la subrasante, por lo que se debe comprobar el tiempo de retención que tendría el agua acumulada, y debe ser menor a 48 horas, para que cumpla con los criterios de diseño de las metodologías internacionales. Es decir, si el tiempo de retención del agua es menor a 48 horas el pavimento conservará las medidas definidas, caso contrario puede implementarse mayores dimensiones de las capas del pavimento, o agregarse tuberías de drenaje del agua acumulada hacia cunetas o hacia sistemas de recolección del agua pluvial.

**Tabla 64***Datos para la verificación de la infiltración del sistema de pavimento poroso*

Diseño de mezcla	D1	D2	D3
Infiltración de la losa de pavimento permeable (mm/hr)	7183.26	7622.46	6928.47
Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hr)	56.18	56.18	56.18
Infiltración del suelo (mm/hr)	30.28	30.28	30.28

De acuerdo a los datos observados, en todos los casos la infiltración de la losa de pavimento permeable es superior a la intensidad de la lluvia, por tanto, el agua de la lluvia se infiltra sin complicaciones, pero la intensidad de lluvia de diseño es superior a la infiltración del suelo, por ende, el agua se acumulará en la base granular, siendo así, se debe controlar el tiempo máximo en el que pasará el agua de la base al subsuelo, denominado como tiempo máximo de vaciado.

El tiempo máximo de vaciado del volumen de almacenamiento en la base granular debe ser inferior a 48 horas de acuerdo a Trujillo y Quiroz (2013), siendo así, en el caso del estudio se cumple tal aseveración, porque el tiempo es de tan solo 8 horas, para el espesor de base de 30 cm.

$$tm = \frac{n \times e}{Cs \times f} \quad (84)$$

Donde, e es el espesor de la base granular, f tasa de infiltración del suelo, Cs coeficiente de seguridad adaptado, n porosidad de la base de relleno.

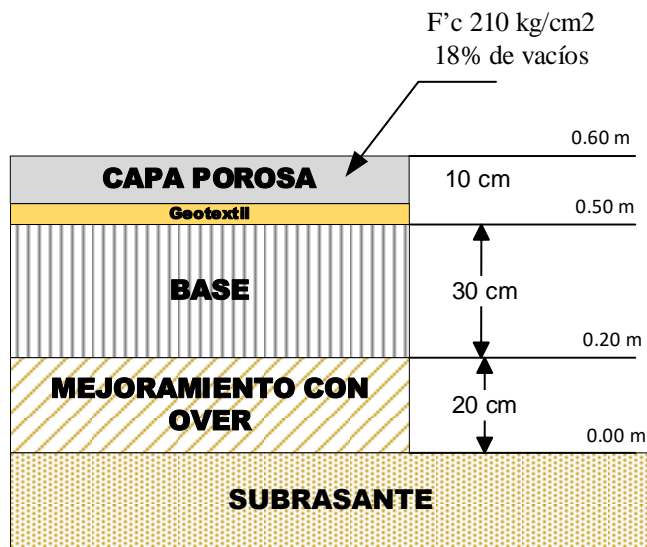
$$tm = \frac{0.60 \times 300.64}{0.75 \times 30.28} = 7.94 \text{ h} \quad (85)$$

#### **4.1.3.4. Espesores finales del pavimento permeable**

El pavimento permeable en el pasaje Teofilo Idrogo está conformado por una losa de concreto poroso f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> de 10 cm, una capa de base granular de grava de ¾" de 30 cm, y una capa previa de over de 20 cm para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante.

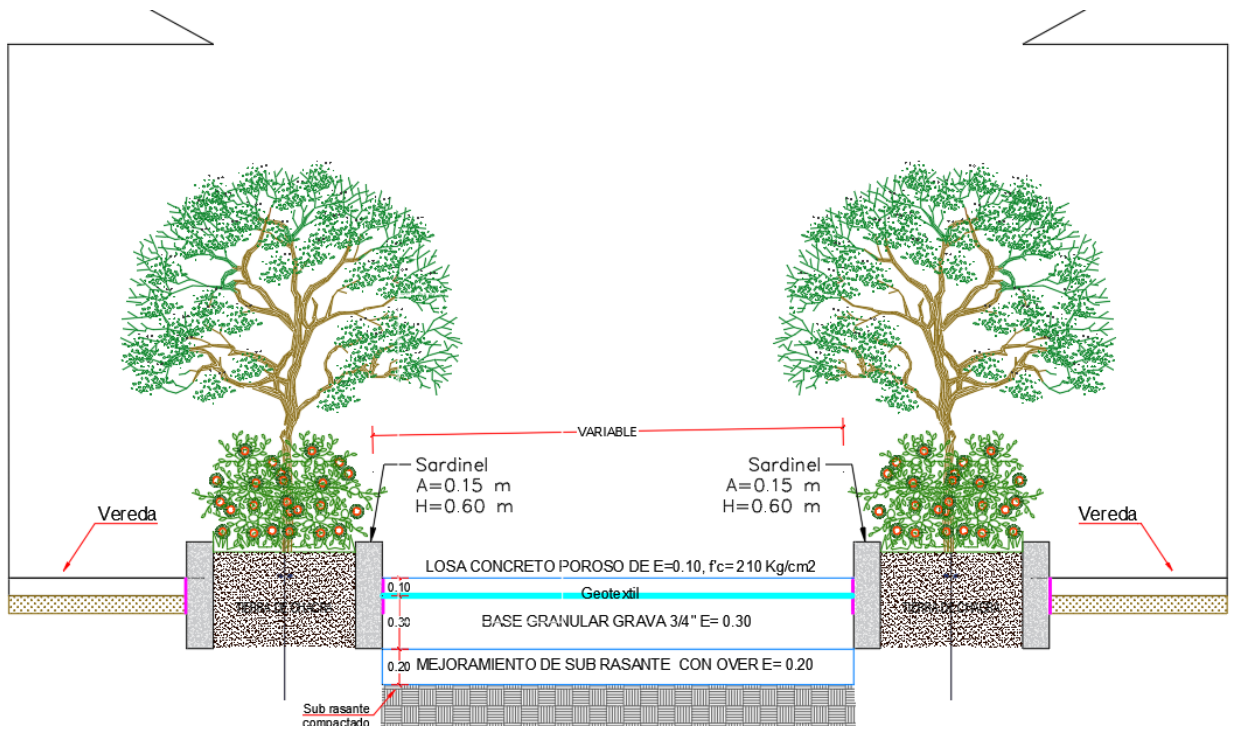
**Figura 73**

*Espesor del pavimento poroso*



**Figura 74**

*Vista de la sección transversal de pavimento permeable propuesta para el pasaje Teofilo Idrogo*



## 4.2. Contrastación de hipótesis

En la investigación se ha planteado como hipótesis general de estudio: El diseño adecuado de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota en el año 2024 se logrará mediante la dosificación óptima de concreto poroso que garantice su resistencia mecánica y capacidad de infiltración; no obstante, esta hipótesis es descriptiva y no se puede verificar de forma directa, por lo que para su comprobación en el programa Minitab 22 se han planteado hipótesis específicas derivadas de acuerdo con las características analizadas del concreto poroso (resistencia mecánica y capacidad de infiltración) y al planteamiento de los espesores del pavimento.

### a) Criterio de definición de aceptación de la hipótesis

Para un nivel de confianza del 95% con un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando el valor  $p$  es mayor a 0.05, mientras que, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) cuando el valor  $p$  es menor a 0.05.

$$\text{Valor } p < 0.05, \text{ se acepta } H_1 \quad (86)$$

$$\text{Valor } p > 0.05, \text{ se acepta } H_0 \quad (87)$$

### b) Datos para el análisis de la hipótesis

Para el análisis de hipótesis se han utilizado los datos del diseño de mezcla determinado para cada dosificación en concreto, las propiedades de resistencia a compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días, la resistencia a flexión a los 28 días y la permeabilidad del concreto cuyas tablas integradas de resultados se muestran a continuación:

**Tabla 65**

*Datos para el análisis estadístico*

Diseño	Características del diseño de mezcla								Propiedades en estado fresco				Propiedades en estado endurecido						
	Relación a/c	Contenido de Vacíos (%)	% AF	Cemento (kg/m³)	Ag. Fino (kg/m³)	Ag. Grueso (kg/m³)	Agua (l/m³)	Aditivo (ml/m³)	Contenido de aire (%)	Temperatura (°C)	Peso Unitario (kg/m³)	A los 7 días		A los 14 días		A los 28 días		Flexión (kg/cm2)	Permeabilidad (mm/h)
												Compresión 7d (kg/cm2)	Porcentaje (%)	Compresión 14d (kg/cm2)	Porcentaje (%)	Compresión 28d (kg/cm2)	Porcentaje (%)		
D1	0.3	18	10	432.22	107.77	1429.44	121.88	5084.99	15.45	17.6	2261.88	153.740	73.21%	186.870	88.99%	217.151	103.41%	51.2	7139.49
D1												160.458	76.41%	192.197	91.52%	222.026	105.73%	54.63	7155.06
D1												155.763	74.17%	183.250	87.26%	219.281	104.42%	50.84	7255.24
D2	0.3	20	8	368.19	142.58	1447.89	103.47	4331.66	16.8	18.4	2128.32	144.880	68.99%	175.630	83.63%	210.480	100.23%	42.38	7626.15
D2												145.850	69.45%	172.580	82.18%	205.380	97.80%	45.23	7567.53
D2												139.580	66.47%	176.610	84.10%	214.410	102.10%	41.69	7673.70
D3	0.28	15	15	463.06	202.04	1383.33	122.31	5447.75	14.5	17.6	2053.64	161.980	77.13%	199.060	94.79%	226.411	107.81%	57.82	6928.47
D3												154.340	73.50%	197.310	93.96%	220.580	105.04%	58	6856.10
D3												163.730	77.97%	203.540	96.92%	229.771	109.41%	55.43	6997.41
D4	0.33	20	0	366.59	0	1521.66	112.87	4312.87	17.4	17.2	2096.73	136.840	65.16%	172.010	81.91%	204.070	97.18%	43.25	7709.75
D4												131.250	62.50%	169.480	80.70%	200.430	95.44%	44.52	7764.48
D4												133.930	63.78%	162.220	77.25%	207.180	98.66%	46.87	7776.74
D5	0.35	20	0	355.73	0	1521.66	116.5	4185.02	16.8	18	2151.3	140.230	66.78%	180.520	85.96%	207.281	98.71%	46.12	7314.53
D5												143.370	68.27%	178.360	84.93%	204.700	97.48%	49.66	7596.73
D5												145.320	69.20%	183.610	87.43%	209.550	99.79%	45.83	7555.91

### c) Verificación de la normalidad de los datos

En el programa Minitab 22, por medio de la prueba Anderson Darling se ha verificado que los datos siguen una distribución normal. Como el valor p en todos los casos alcanza un valor superior a 0.05, no se puede negar la tendencia normal de los mismos, es decir siguen una distribución normal, y, por ende, las pruebas estadísticas de aplicación en los mismos son paramétricas.

**Tabla 66**

*Resultados del análisis de normalidad de los datos del concreto poroso*

Parámetro de estudio	Media	Dev. Est.	Número de datos (N)	AD Anderson Darling	Valor p
Relación a/c	0.312	0.02775	5	0.271	0.506
Agregado Fino (%)	11	3.606	3	0.255	0.399
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	397.2	47.6	5	0.465	0.134
Ag. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	150.8	47.67	3	0.214	0.529
Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	1461	60.33	5	0.316	0.38
Agua (l/m <sup>3</sup> )	115.4	7.741	5	0.299	0.425
Aditivo (ml/m <sup>3</sup> )	4672	560	5	0.465	0.134
Contenido de aire (%)	16.19	1.184	5	0.336	0.332
Temperatura (°C)	17.76	0.4561	5	0.232	0.621
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2138	78.16	5	0.259	0.53
Compresión 7d (kg/cm <sup>2</sup> )	147.4	10.36	15	0.296	0.546
Compresión 14d (kg/cm <sup>2</sup> )	182.2	11.78	15	0.224	0.784
Compresión 28d (kg/cm <sup>2</sup> )	213.2	8.893	15	0.339	0.45
Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	48.9	5.528	15	0.433	0.263
Permeabilidad (mm/h)	7394	318.9	15	0.575	0.113

### d) Análisis de normalidad (ANOVA)

En el programa Minitab 22, se ha verificado la diferencia de medias (ANOVA) entre los diferentes diseños de mezcla del concreto poroso, mediante el modelo lineal general, es decir se ha verificado si entre cada diseños hay diferencias significativas en los parámetros de estudio (resistencia a compresión, flexión y permeabilidad), determinando que, como el valor p en todos los casos

es 0.00, menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (H1), se infiere que sí hay diferencia significativa en las mediciones de los parámetros de resistencia a compresión, flexión y permeabilidad entre diseños.

### **Tabla 67**

*Análisis de varianza (ANOVA) de las mediciones de los parámetros de estudio en el programa Minitab 22*

Ho: No hay diferencia significativa en las mediciones de los parámetros de estudio entre diseños.

H1: Si hay diferencia significativa en las mediciones de parámetros de estudio entre diseños.

Parámetro de estudio	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Compresión 7d (kg/cm <sup>2</sup> )	4	1378.5	344.62	27.52	0.00
Porcentaje (%)	4	0.031258	0.007814	27.52	0.00
Compresión 14d (kg/cm <sup>2</sup> )	4	1806.6	451.65	33.32	0.00
Porcentaje (%)	4	0.040966	0.010241	33.32	0.00
Compresión 28d (kg/cm <sup>2</sup> )	4	976.5	244.12	18.66	0.00
Porcentaje (%)	4	0.002214	0.005536	18.66	0.00
Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	4	392.07	98.018	27.41	0.00
Permeabilidad (mm/h)	4	1351172	337793	46.53	0.00

### **e) Análisis t-student**

Luego de haber verificado que, todos los resultados varían de acuerdo al diseño de concreto poroso, se ha verificado mediante la prueba t-student dos aspectos: (1) que la capacidad mecánica a compresión de las muestras de concreto a los 28 días superen el  $f'c$  de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>) a fin de garantizar la capacidad estructural para su uso en el pavimento peatonal, y (2) que el coeficiente de infiltración del concreto sea superior a la intensidad de lluvia de diseño (56.18 mm/h) para asegurar la capacidad de drenaje del pavimento permeable.

En el análisis t-student de la resistencia a compresión del concreto poroso se ha determinado que el valor p para los diseños D2, D4 y D5 es superior a 0.05, por tanto, en esos casos se acepta la hipótesis nula y se infiere que no presentan una capacidad mecánica superior al  $f'c$  de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>, en cambio, el valor p para el diseño D1 y D3 es 0.011 y 0.014 respectivamente, por lo tanto, es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa (H1) y se infiere que el concreto elaborado con D1 y D3 sí supera la resistencia a compresión esperada, siendo estas las mezclas más adecuadas para su uso en el pavimento permeable.

**Tabla 68**

*Estadística descriptiva de resistencia a compresión del concreto poroso*

Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para $\mu$
D1	3	219.49	2.44	1.41	215.37
D2	3	210.09	4.53	2.61	202.46
D3	3	225.59	4.65	2.68	217.75
D4	3	203.89	3.38	1.95	198.20
D5	3	207.18	2.43	1.40	203.09

$\mu$ : media de población de D1; D2; D3; D4; D5

**Tabla 69**

*Análisis t-student de resistencia a compresión del concreto poroso*

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 210$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu > 210$

Muestra	Valor T	Valor p
D1	6.72	0.011
D2	0.03	0.488
D3	5.81	0.014
D4	-3.13	0.956
D5	-2.01	0.909

En el análisis t-student de la permeabilidad del concreto poroso se ha determinado que el valor p para los diseños D1, D2, D3, D4 y D5 es inferior a

0.05, por tanto, en esos casos se acepta la hipótesis alternativa (H1) y se infiere que el concreto elaborado con todos los diseños presenta coeficientes de permeabilidad superiores a la intensidad máxima de la precipitación de diseño (56.18 mm/h), siendo estas las mezclas son adecuadas para el drenaje pluvial en el pavimento permeable.

**Tabla 70**

*Estadística descriptiva de permeabilidad del concreto poroso*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para $\mu$
D1	3	7183.3	62.8	36.3	7077.4
D2	3	7622.5	53.2	30.7	7532.8
D3	3	6927.3	70.7	40.8	6808.2
D4	3	7750.3	35.7	20.6	7690.2
D5	3	7489.1	152.5	88.1	7231.9

$\mu$ : media de población de D1; D2; D3; D4; D5

**Tabla 71**

*Análisis t-student de permeabilidad del concreto poroso*

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 56.18$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu > 56.18$

Muestra	Valor T	Valor p
D1	196.51	0.00
D2	246.43	0.00
D3	168.42	0.00
D4	373.65	0.00
D5	84.41	0.00

#### f) Inferencia general

El diseño de pavimento poroso propuesto no solo cumple con los requisitos mecánicos e hidráulicos, sino que también garantiza una adecuada gestión de aguas pluviales y una transitabilidad peatonal segura, confirmando así la validez de la hipótesis planteada.

### 4.3. Discusión de resultados

En el análisis de las dosificaciones para la elaboración de concreto poroso con una resistencia a compresión de diseño de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, se identificaron variaciones en la relación agua/cemento (a/c), el contenido de vacíos y la cantidad de agregado fino. Los diseños D1-D5 fueron elaborados bajo las recomendaciones de la ACI 522R-10, con cemento Portland tipo I, agregado fino de Conchán, agregado grueso de la cantera Choctapata, aditivo plastificante y agua potable.

En términos generales, la relación agua/cemento varió entre 0.28 y 0.35, lo que se encuentra dentro del rango recomendado por la ACI 522R-10 (0.26 - 0.45). Molina et al. (2024) encontraron un comportamiento similar, donde una relación a/c de 0.26 presentó la mayor permeabilidad, mientras que una a/c de 0.42 mejoró la resistencia mecánica.

El contenido de vacíos osciló entre 15% y 20%, donde D3 (15%) presentó la menor porosidad y mayor compactación, mientras que D2, D4 y D5 (20%) mostraron la mayor capacidad de drenaje a expensas de la resistencia mecánica. Estos resultados concuerdan con Pomalaza (2021), quien determinó que un menor porcentaje de vacíos incrementa la resistencia del concreto, mientras que un mayor porcentaje mejora la permeabilidad; de igual manera, Arcos (2022) estableció que los diseños con 12% de vacíos presentaban mayor resistencia a la compresión, mientras que aquellos con 22% de vacíos tenían una mejor conductividad hidráulica.

El contenido de agregado fino influyó directamente en la densidad y compactación del concreto. D3, con 15% de agregado fino, presentó la mayor compactación, en tanto que D4 y D5, al no contener agregado fino, registraron un mayor volumen de vacíos. Esto coincide con Pomalaza (2021), quien evidenció

que la presencia de agregado fino mejora la resistencia, mientras que su ausencia incrementa la capacidad de infiltración; asimismo, Arrieta y Lozada (2024) también resaltaron que el concreto poroso con agregados finos presentó mejor desempeño, mientras que las mezclas sin finos lograron mayor tasa de filtración.

En cuanto al uso de aditivo plastificante, se observó que D3 (5447.75 ml/m<sup>3</sup>) contenía la mayor cantidad, debido a su baja relación a/c (0.28) y mayor contenido de cemento. La adición de plastificante mejoró la manejabilidad de la mezcla sin aumentar el contenido de agua, lo que favoreció su desempeño estructural. Este resultado es consistente con Ayala (2024), quien incorporó micro sílice como aditivo, logrando incrementar la resistencia a compresión sin afectar significativamente la permeabilidad.

El contenido de cemento varió entre 355.73 kg/m<sup>3</sup> (D5) y 463.06 kg/m<sup>3</sup> (D3), donde D3 superó el límite recomendado por Benites (2013) de 415 kg/m<sup>3</sup>, quien indica que, si bien mayor contenido de cemento permitirá alcanzar mayor resistencia mecánica, su costo y posible fragilidad deben ser considerados en la elección final del diseño óptimo. En contraste, D1 y D2 se mantuvieron dentro del rango recomendado (432.22 kg/m<sup>3</sup> y 368.19 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente), tal como, Castro et al. (2024) que señalaron que una proporción 1:4 de cemento y grava, con relación a/c de 0.30, generó una resistencia adecuada para pavimentos permeables en áreas de tránsito peatonal.

El peso unitario de las mezclas reflejó la compactación alcanzada en estado fresco. D1 presentó el mayor peso unitario (2261.88 kg/m<sup>3</sup>), lo que indica una mayor densidad y compacidad, seguido de D2 (2128.32 kg/m<sup>3</sup>) y D5 (2151.3 kg/m<sup>3</sup>). D3, con 2053.64 kg/m<sup>3</sup>, mostró la menor densidad, lo que sugiere mayor porosidad. Molina et al. (2024) obtuvieron densidades similares en concreto

poroso, donde un mayor contenido de agua redujo la densidad y la resistencia, mientras que una dosificación más controlada permitió optimizar la compacidad.

El contenido de aire mostró valores entre 14.5% (D3) y 17.4% (D4), confirmando que las mezclas sin agregado fino presentan mayor porosidad. D1 y D2 presentaron valores intermedios, lo que sugiere un adecuado balance entre permeabilidad y resistencia. En dicho contexto, Barua e Islam (2024) reportaron que una porosidad superior al 8.3% reducía significativamente la resistencia a la compresión, pero favorecía la infiltración de agua, lo que reafirma la importancia de equilibrar estos parámetros en el diseño de mezclas.

El análisis del comportamiento mecánico e hidráulico del concreto poroso elaborado con agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata ha permitido identificar diferencias significativas entre los diseños de mezcla evaluados; se analizaron los parámetros de resistencia a compresión, resistencia a flexión y coeficiente de permeabilidad, los cuales se relacionan directamente con la relación agua/cemento (a/c), el contenido de vacíos y la presencia de agregado fino en la mezcla.

La resistencia a compresión del concreto poroso es un parámetro fundamental para garantizar su capacidad estructural en pavimentos peatonales. De los diseños evaluados, D3 presentó la mayor resistencia a compresión (225.59 kg/cm<sup>2</sup>), seguido por D1 (219.49 kg/cm<sup>2</sup>) y D2 (210.09 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que D4 y D5 mostraron valores inferiores (203.89 kg/cm<sup>2</sup> y 207.18 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente). Estos resultados indican que la resistencia a compresión se ve favorecida por una menor relación a/c y una mayor proporción de agregado fino, lo que concuerda con lo reportado por Molina et al. (2024), quienes determinaron

que a menor relación a/c, la resistencia mecánica se incrementa debido a una mejor adhesión de la pasta de cemento con los agregados.

Asimismo, Palomino (2023) encontró que una relación a/c de 0.35 con 15% de vacíos permitió obtener una resistencia de 176.05 kg/cm<sup>2</sup>, inferior a la obtenida en el presente estudio con D1 y D3, lo que sugiere que el uso de agregado fino y una relación a/c menor a 0.30 mejora la resistencia estructural. Díaz (2022) también demostró que mezclas con 18% de vacíos y relación a/c de 0.30 lograban alcanzar 211.20 kg/cm<sup>2</sup>, resultado que es consistente con lo obtenido para el diseño D1 en la presente investigación.

En cuanto a la evolución de la resistencia en el tiempo, se observa que D1 y D3 alcanzaron más del 70% de la resistencia esperada a los 7 días y superaron el 85% a los 14 días, lo que indica que estas mezclas tienen un adecuado desarrollo de resistencia en edades tempranas. Sin embargo, D2, D4 y D5 tardaron más en alcanzar su resistencia final, lo que podría ser una desventaja en aplicaciones que requieran una rápida puesta en servicio del pavimento.

La resistencia a flexión es un parámetro clave en pavimentos peatonales, ya que determina su capacidad para soportar cargas sin generar fisuras. En este estudio, D3 obtuvo la mayor resistencia a flexión (57.08 kg/cm<sup>2</sup>), seguido por D1 (52.22 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que D2, D4 y D5 mostraron valores inferiores (43.10 kg/cm<sup>2</sup>, 44.88 kg/cm<sup>2</sup> y 47.20 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente). Los valores obtenidos reflejan que las mezclas con mayor contenido de agregado fino y menor relación a/c presentan una mejor capacidad de resistencia a flexión, lo que concuerda con los hallazgos de Arcos (2022), quien determinó que las mezclas con 12% de vacíos y agregado fino presentaban resistencias a flexión superiores (50.27 kg/cm<sup>2</sup>). Asimismo, Pomalaza (2021) encontró que una mezcla con 15% de vacíos

alcanzaba una resistencia a flexión de 37.29 kg/cm<sup>2</sup>, valor inferior a los obtenidos en el presente estudio, lo que confirma que una adecuada dosificación de agregados mejora el comportamiento mecánico.

Es importante resaltar que todas las mezclas superaron el 10% de la resistencia a compresión esperada, lo que cumple con los lineamientos propuestos por la NRMCA (2020) para concreto permeable; sin embargo, D3 y D1 son los diseños que mejor equilibran resistencia a compresión y flexión, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde se requiera mayor durabilidad y menor riesgo de fisuras.

La capacidad de drenaje del concreto poroso es esencial para su desempeño en pavimentos permeables. En este estudio, D4 presentó el mayor coeficiente de permeabilidad (0.22 cm/s), seguido de D2 y D5 (0.21 cm/s), mientras que D1 y D3 mostraron valores inferiores (0.20 cm/s y 0.19 cm/s, respectivamente). Estos resultados indican que la permeabilidad aumenta en mezclas con mayor contenido de vacíos y ausencia de agregado fino, lo que coincide con Molina et al. (2024), quienes determinaron que una relación *a/c* de 0.26 generaba mayor conductividad hidráulica (1.27 cm/s), mientras que valores más altos reducían la infiltración, en dicha línea, Arrieta y Lozada (2024) también encontraron que una mezcla con 20% de vacíos alcanzó una permeabilidad de 0.23 cm/s, valor cercano al obtenido para D4 en este estudio.

Si bien D4 y D5 tienen una mayor capacidad de drenaje, sus bajas resistencias a compresión y flexión las hacen menos adecuadas para pavimentos que requieran soporte estructural, lo que concuerda con Barua e Islam (2024), quienes determinaron que una porosidad superior al 8.3% incrementa la permeabilidad, pero compromete la resistencia mecánica, asimismo, Matthew et

al. (2024) determinaron tasas de permeabilidad de 0.17 a 0.42 cm/s, los cuales, si bien son mayores tasas de infiltración que las encontradas en la investigación, estos mismos autores indicaron que, se comprometía la resistencia a compresión en 58% a 60% en comparación con el concreto convencional, por lo que se debe elegir como dosificación adecuada una mezcla con capacidad estructural y permeabilidad media, a fin de asegurar un diseño adecuado para pavimentos.

Por otro lado, D1 y D3 logran un equilibrio entre resistencia y permeabilidad, asegurando una adecuada infiltración del agua sin comprometer la capacidad estructural del pavimento. Palomino (2023) encontró que una mezcla con 19% de vacíos y relación a/c de 0.35 alcanzó una permeabilidad de 1.57 cm/s, superior a los valores obtenidos en el presente estudio, lo que sugiere que, en condiciones climáticas con altas precipitaciones, podría ser necesario aumentar el contenido de vacíos para mejorar la filtración del agua.

Con base en los resultados obtenidos, D1 se posiciona como la mezcla más equilibrada, con una resistencia a compresión de 219.49 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a flexión de 52.22 kg/cm<sup>2</sup> y una permeabilidad de 0.20 cm/s, lo que permite un adecuado balance entre capacidad estructural y eficiencia hidráulica. D3 también se considera una opción viable, ya que ofrece la mayor resistencia a compresión y flexión, aunque su menor coeficiente de permeabilidad (0.19 cm/s) podría representar una limitación en zonas con altas precipitaciones. D2, a pesar de tener la mejor permeabilidad (0.21 cm/s), presenta una resistencia a compresión marginal (210.09 kg/cm<sup>2</sup>), lo que podría limitar su aplicación en pavimentos sometidos a mayores esfuerzos. D4 y D5, aunque presentan los coeficientes de permeabilidad más altos (0.22 cm/s y 0.21 cm/s, respectivamente), no cumplen

con la resistencia estructural mínima establecida ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), por lo que no son recomendadas para aplicaciones que requieran alta capacidad mecánica.

Por tanto, D1 es la mezcla más recomendada para la implementación del pavimento poroso en la ciudad de Chota, ya que garantiza un equilibrio óptimo entre resistencia mecánica y permeabilidad, asegurando la durabilidad del pavimento y la eficiencia en la gestión de aguas pluviales.

El diseño del pavimento rígido permeable con concreto poroso para el pasaje Teofilo Idrogo en la ciudad de Chota ha sido desarrollado considerando tanto su capacidad estructural como su capacidad de drenaje. Para ello, se han empleado las metodologías AASHTO-93 y la metodología de Chile, adaptadas a las condiciones específicas del sitio. En este proceso, se han definido los espesores de las capas del pavimento con base en el CBR de la subrasante mejorada (7.4%), la resistencia del concreto poroso ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) y la infiltración del suelo (30.28 mm/h).

La metodología AASHTO-93, comúnmente utilizada para pavimentos rígidos, arrojó un espesor de 10 cm para la losa de concreto poroso y 15 cm para la base granular. Sin embargo, debido a que este tipo de pavimento debe garantizar una alta capacidad de drenaje, se utilizó la metodología de Chile, la cual propuso 8 cm para la losa y 30 cm para la base granular. Considerando el criterio de Trujillo y Quiroz (2013), que recomienda adoptar los valores más conservadores de ambas metodologías, se estableció un diseño final de 10 cm para la losa de concreto poroso y 30 cm para la base granular, asegurando así una adecuada capacidad estructural y funcional. Asimismo, se incorporó una capa de mejoramiento con over de 20 cm, con el propósito de incrementar la capacidad portante del suelo, dado que el CBR inicial del terreno era de apenas 4%, lo que,

según el MTC (2014), lo hace inadecuado para la pavimentación sin un tratamiento previo. Este criterio concuerda con Arrieta y Lozada (2024), quienes también mejoraron la subrasante en su estudio sobre concreto poroso en Piura para garantizar la estabilidad del sistema de drenaje.

Los valores de espesor obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por Palomino (2023), quien, para un pavimento permeable en San Jerónimo, Andahuaylas, determinó que un pavimento con 230 mm de losa y 500 mm de base era suficiente para asegurar el drenaje en una zona con precipitaciones máximas de 176.7 mm/h. En el presente estudio, a pesar de que la precipitación de diseño es menor (56.18 mm/h), se ha optado por un diseño con una base de 30 cm, lo que se alinea con la necesidad de almacenar temporalmente el agua antes de su infiltración en la subrasante.

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño del pavimento permeable es su capacidad para gestionar la infiltración del agua pluvial. Se verificó que la infiltración de la losa de concreto poroso (0.2 cm/s o 7183.26 mm/h) es significativamente superior a la intensidad de la lluvia de diseño (56.18 mm/h), lo que indica que el agua puede atravesar la losa sin problemas. Sin embargo, la capacidad de infiltración del suelo es limitada (30.28 mm/h), lo que generará almacenamiento temporal en la base granular. En este sentido, se realizó un análisis del tiempo máximo de vaciado del sistema, el cual resultó ser de 8 horas, lo que está dentro del límite recomendado de 48 horas según Trujillo y Quiroz (2013). Este hallazgo es consistente con Molina et al. (2024) y Barua e Islam (2024), quienes reportaron que, aunque el concreto poroso puede gestionar el agua de lluvia eficientemente, la infiltración del subsuelo suele ser el factor limitante.

Los coeficientes de permeabilidad obtenidos en este estudio (0.2 cm/s para el diseño D1) son similares a los reportados por Pomalaza (2021) en su estudio sobre pavimentos permeables en Huancayo, donde se alcanzaron valores de 0.17 cm/s y 0.23 cm/s para diferentes diseños; asimismo, Díaz (2022) encontró que un concreto poroso con 18% de vacíos y relación a/c de 0.30 tenía un coeficiente de 0.19 cm/s, lo que es consistente con los valores obtenidos en la presente investigación.

El diseño de mezcla seleccionado para la losa del pavimento fue D1, debido a que ofrece la mejor combinación de resistencia mecánica (219.49 kg/cm<sup>2</sup>) y permeabilidad (0.2 cm/s). A diferencia del diseño D3, que presentó mayor resistencia (225.59 kg/cm<sup>2</sup>) pero menor capacidad de drenaje (0.19 cm/s), D1 garantiza un equilibrio óptimo entre resistencia estructural y funcionalidad hidráulica. Estos resultados coinciden con Pomalaza (2021) y Zhang et al. (2024), quienes enfatizan que, en pavimentos permeables, es fundamental encontrar un balance entre resistencia y capacidad de infiltración, evitando diseños con baja permeabilidad, los cuales pueden generar acumulaciones de agua en la superficie.

Además, se confirmó que una relación agua/cemento de 0.30 y un contenido de vacíos del 18% son adecuados para garantizar una estructura con suficiente capacidad mecánica y drenante. Esto concuerda con Arrieta y Lozada (2024), quienes lograron valores de resistencia similares (210-240 kg/cm<sup>2</sup>) y coeficientes de permeabilidad adecuados (0.17 cm/s - 0.23 cm/s) con proporciones de mezcla similares.

El diseño final del pavimento permeable para el pasaje Teofilo Idrogo en Chota ha sido establecido considerando tanto criterios estructurales como de drenaje, asegurando su viabilidad en términos de capacidad de carga y gestión del

agua pluvial. Se ha determinado que el diseño óptimo consiste en: Losa de concreto poroso de 10 cm, utilizando la mezcla D1; base granular de 30 cm, compuesta por grava de  $\frac{3}{4}$ " y arena gruesa; capa de mejoramiento con over de 20 cm, para incrementar la capacidad portante del suelo. Este diseño no solo cumple con los estándares establecidos por AASHTO-93 y la metodología de Chile, sino que también asegura un adecuado tiempo de vaciado del sistema (8 horas), evitando problemas de acumulación de agua.

En comparación con estudios previos, los espesores propuestos en esta investigación son similares a los reportados en Andahuaylas (Palomino, 2023) y Huancayo (Pomalaza, 2021), lo que confirma que el enfoque adoptado es apropiado para zonas urbanas con necesidades similares de infiltración y transitabilidad peatonal.

Por lo tanto, se infiere que el diseño propuesto es óptimo para su implementación en la ciudad de Chota, proporcionando una solución eficiente para la gestión del agua pluvial y garantizando la durabilidad del pavimento en condiciones de uso peatonal, además de que concuerda con los beneficios indicados por Yasar et al. (2024), tales como, alta permeabilidad al agua, resistencia media, capacidad de limpiar materiales contaminados y beneficios desde el punto de vista de la construcción sostenible.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El análisis y diseño del pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota permitió establecer una solución sostenible para mejorar la infraestructura urbana; a través de la determinación de una dosificación óptima de concreto poroso, la evaluación de su comportamiento mecánico e hidráulico y el diseño estructural del pavimento permeable, se logró un equilibrio entre resistencia, capacidad de drenaje y durabilidad, para el pasaje Teofilo Idrogo. A continuación, se presentan las conclusiones específicas que respaldan estos hallazgos:

- 1) Las dosificaciones de mezcla para la elaboración de concreto poroso en Chota influyen significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco. El diseño D1, con 432.22 kg/m<sup>3</sup> de cemento, 107.77 kg/m<sup>3</sup> de agregado fino y 1429.44 kg/m<sup>3</sup> de agregado grueso, presentó el mayor peso unitario (2261.88 kg/m<sup>3</sup>), lo que indica mayor compacidad y potencial mecánico; tal como D3, con la mayor cantidad de cemento (463.06 kg/m<sup>3</sup>) y agregado fino (202.04 kg/m<sup>3</sup>); en cambio, los diseños D4 y D5, al no incluir agregado fino, registraron mayor contenido de aire (17.4% y 16.8%, respectivamente) y valores intermedios de peso unitario (2096.73 kg/m<sup>3</sup> y 2151.30 kg/m<sup>3</sup>), lo que sugiere mejor capacidad de drenaje a costa de una menor resistencia.
- 2) El análisis del comportamiento mecánico e hidráulico del concreto poroso elaborado con agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata permitió determinar que el diseño D1 es la opción más equilibrada para pavimentos permeables, con una resistencia a compresión de

219.49 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a flexión de 52.22 kg/cm<sup>2</sup> y coeficiente de permeabilidad de 0.20 cm/s. Aunque el diseño D3 alcanzó la mayor resistencia a compresión (225.59 kg/cm<sup>2</sup>) y flexión (57.08 kg/cm<sup>2</sup>), su menor permeabilidad (0.19 cm/s) podría limitar su eficiencia en el drenaje. En contraste, D4 y D5 presentaron mayor capacidad de infiltración (0.22 cm/s y 0.21 cm/s, respectivamente), pero con menor resistencia estructural e incluso menor al  $f'c$  esperado (210 kg/cm<sup>2</sup>), lo que los hace más adecuados para aplicaciones donde la permeabilidad sea la prioridad.

- 3) El diseño de los espesores del pavimento rígido permeable en el pasaje Teofilo Idrogo de Chota, basado en las metodologías AASHTO-93 y Chile, permitió establecer una losa de concreto poroso de 10 cm, base granular de 30 cm de grava de ¾" y capa de mejoramiento de la subrasante con over de 20 cm, garantizando tanto la capacidad estructural como la eficiencia en el drenaje pluvial; asimismo, la verificación hidráulica confirmó que la infiltración de la losa de concreto poroso (7183.26 mm/h) supera la intensidad de lluvia de diseño (56.18 mm/h) y que el sistema de drenaje es eficiente con un tiempo de vaciado de 7.94 horas, cumpliendo el criterio de 48 horas máximo.

## **5.2. Recomendaciones y/o sugerencias**

Se recomienda realizar el análisis comparativo de múltiples diseños de mezcla en futuras investigaciones, considerando variaciones en la cantidad de agregado fino y grueso, así como en la relación agua/cemento, para optimizar las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto poroso; asimismo, se sugiere utilizar agregado grueso del huso #67, ya que ha demostrado proporcionar una estructura adecuada para la permeabilidad y resistencia del concreto poroso en este estudio.

Se recomienda emplear el diseño D1 para pavimentos permeables en Chota, ya que ofrece un balance adecuado entre resistencia mecánica y capacidad de infiltración. En casos donde se priorice la resistencia estructural, el diseño D3 puede ser una opción viable, mientras que D4 y D5 deben considerarse únicamente para aplicaciones donde la máxima permeabilidad sea el factor determinante, evitando su uso en zonas con altas exigencias de carga.

Se recomienda implementar los espesores diseñados de 10 cm para la losa de concreto poroso, 30 cm para la base granular y 20 cm para la capa de mejoramiento con over, asegurando el cumplimiento de los criterios estructurales e hidráulicos; además, se sugiere un monitoreo periódico del sistema de drenaje para verificar su eficiencia a lo largo del tiempo y realizar ajustes si fuese necesario.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS

- Ab Latif, A., Putrajaya, R., & Ing, D. S. (2023). A Review of Porous Concrete Pavement: Compressive Strength and Clogging Investigation. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 29(3), 128-138. <https://doi.org/https://doi.org/10.37934/araset.29.3.128138>
- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 1-5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- ACI 522R-10. (2011). *Report on Pervious Concrete*. <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PRO>
- ACI Committee 522. (3 de enero de 2010). 522R-10: Report on Pervious Concrete. *American Concrete Institute (ACI)*, pág. 38 pp. <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51663557>
- Adresi, M., Yamani, A., Tabarestani, M. K., & Rooholamini, H. (2023). A comprehensive review on pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 407(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133308>
- Alvárez, L., & Guerra, S. (2021). *Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021*. Lima: [Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68798>
- América Noticias. (05 de octubre de 2022). Cajamarca: Lluvias inundan calles y hospital en Chota. *América Noticias*. <https://www.americatv.com.pe/noticias/actualidad/cajamarca-lluvias-inundan-calles-y-hospital-chota-n462129>
- Arcos, C. C. (2022). *Concreto permeable para el control de aguas pluviales en vías urbanas en la ciudad de Abancay, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1080/T\\_710.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1080/T_710.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arora, M., Chopra, I., Nguyen, M. H., Fernando, P., Burns, M. J., & Fletcher, T. D. (2023). Flood Mitigation Performance of Permeable Pavements in an Urbanised

- Catchment in Melbourne, Australia (Elizabeth Street Catchment): Case Study. *Water*, 15(3), 562-570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167196>
- Arrieta, J. F., & Lozada, A. K. (2024). *Diseño de un poroso concreto para la captación del agua a través de un sistema de drenaje pluvial Piura 2024*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/156933>
- ASTM C 1157. (2002). *Norma C 1157 Español-Cemento*. <https://es.scribd.com/document/407152767/Norma-C-1157-Espanol>
- ASTM C 143. (2011). *Asentamiento en el concreto fresco. Ingeniería y construcción*. <https://civilgeeks.com/2011/04/01/asentamiento-en-el-concreto-fresco-resumen-astm-c-143/>
- ASTM C1064. (2017). *Astm C 1064. Temperatura -Calibración*. Ingeniería y construcción. <https://es.scribd.com/document/358667300/ASTM-C-1064-01-pdf>
- ASTM C1688. (2016). *Astm c1688 (Concreto Permeable) Densidad. Ingeniería y construcción*. <https://es.scribd.com/document/438686404/Astm-c1688-Concreto-Permeable>
- ASTM C33-03. (2002). *Especificación estándar para agregados para concreto. Normativa ASTM C33 DE CONCRETO*. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/ingenieria-de-materiales/astm-c33-03-espanol-normativa-astm-c33-de-concreto/34021568>
- ASTM C403. (2020). *Tiempo de Fraguado-Análisis de regresión*. Ingeniería y construcción. <https://es.scribd.com/document/464923071/ASTM-C403-Tiempo-de-Fraguado>
- Ayala, J. M. (2024). *Evaluación de la resistencia de un concreto permeable aplicando microsílce como aditivo según la norma ACI 522-R10*. [Tesis de grado, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/8007>
- Balabarca, R., & Salazar, M. (2020). *Análisis del espesor total del paquete estructural de pavimentos permeables expuestos a tráfico medio y a intensidad de precipitación menor a 100 mm/h, en Molinopampa-Amazonas y en Temuco-Región de la Araucanía*. [Universidad Ricardo Palma - URP]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3682>

- Barua, G., & Islam, G. S. (2024). Low tortuous permeable concrete pavement material: A new approach to improve physical properties. *Cleaner Engineering and Technology*, 20(1), 1-10.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100750>
- Bautista, A. J. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según la norma ACI 522R-10*. Perú: [Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4928>
- Benites, J. (2013). *Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera rio Jequetepeque y el aditivo chemaplast*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/522>
- Bravo, I. L. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas del concreto poroso para pavimento rígido elaborado con aditivo en Jaén, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73016>
- Cárdenas, E., & Albitar, Á. J. (2017). Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de viabilidades urbanas y en la preservación del recurso agua. *CIENCIA ergo-sum*, 24(2), 173-180.
- Castillo, A. F. (2021). *¿Qué es Concreto? » Su Definición y Significado*.  
<https://conceptodefinicion.de/concreto/>
- Castro, A. S., Morais, H. C., Peixoto, A. D., Fonseca, A. A., & Souza, A. P. (2024). A utilização estratégica de blocos modulares de concreto permeáveis em vias municipais. *PESQUISA & EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA*, 2(32), 1-31.  
<http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=2013EAD1&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=15366>
- Castro, D. (2005). *Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33910403.pdf>
- Castro, L. M. (2011). *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Church, F. (2014). *Agua Pluviales y Planicie Inundable*.  
<http://www.fallschurchva.gov/1373/Agua-Pluviales-y-Planicie-Inundable>
- Colmont, G., & Pinoargote, C. (2017). *Flujo de fluidos en medios porosos*. Editorial UPSE - Universidad Estatal Península de Santa Elena.  
<https://incyt.upse.edu.ec/libros/index.php/upse/catalog/book/16>

- Cruz, F. H., & Arana, C. F. (2021). *Evaluación de la resistencia mecánica de un concreto permeable ordinario frente a concretos permeables elaborados con un aditivo superplastificante y relaciones a/c menores, para su uso en pavimentos urbanos; Arequipa - 2021*. [Tesis de grado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10415>
- De La Cruz, Y. (2017). *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje en las principales calles de la ciudad de Ayacucho, Perú*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1975>
- Díaz, O. V. (2022). *Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto poroso utilizando piedra chancada y arena gruesa, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/17>
- Fernandez, E., & Mendoza, M. (2024). *Diseño del sistema de drenaje de aguas de no contacto para la estabilidad del depósito de material excedente (DEM) en Mollepata región de La Libertad–Perú*. [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/672189>
- Flores, C., & Pacompia, I. (2015). *Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con Adición de tiras de plástico para pavimentos F'c 175 Kg/Cm2 en la Ciudad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Altiplano]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3274530>
- Galvez, A. G. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos utilizando emulsión asfáltica y viruta de acero para subrasantes–La Victoria, Lambayeque-2021*. Chiclayo: [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68798/%c3%81lvarez\\_TLJ-Guerra\\_SSL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68798/%c3%81lvarez_TLJ-Guerra_SSL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García-Haba, E., Rodríguez-Hernández, J., Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Anta, J., & Martín, M. (2022). Diseño de pavimentos permeables en España: situación actual y necesidades futuras. *Ingeniería del agua*, 26(4), 279-296. <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/ia.2022.18290>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

- Guerra, P. R., & Guerra, C. E. (2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides Et Ratio*, 20(1), 121-140. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-081X2020000200008](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2020000200008)
- Guzmán, N. J., & Patiño, L. F. (2018). *Estimación del módulo de reacción combinado para diferentes estructuras de subbase de pavimento rígido*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C.].
- INACAL. (06 de diciembre de 2019). NTP 339.046 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.145. SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (24 de octubre de 2019). NTP 339.147 SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante). 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (marzo de 24 de 2020). NTP 339.035 CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo. 5ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (18 de febrero de 2020). NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.

- INACAL. (07 de diciembre de 2020). NTP 400.018 AGREGADOS. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) porlavado en agregados. Método de ensayo. 4a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (26 de noviembre de 2020). NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (01 de enero de 2020). NTP 400.021 AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. *Instituto Nacional de Calidad*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 339.034 CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 339.183 CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 339.184 CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 339.185 AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 400.022 AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2021). *NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Ed.* Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (03 de julio de 2023). NTP 339.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 4ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.

- Kabir, T. (2023). *Development of Porous Rubber Pavement for the Canadian Climate*. [Thesis requirement for the degree of doctor of philosophy, University of Waterloo]. <http://hdl.handle.net/10012/19268>
- Kia, A. (2023). Permeable concrete pavements for a climate change resilient built environment. *Adapting the Built Environment for Climate Change*, 1(1), 297-326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95336-8.00006-8>
- Lopez, M. E., Huaraca, R., Cahuana, R., Machaca, J. C., Cuaquera, M. M., Mendoza, J., . . . Flores, N. F. (2023). Caso de estudio de gestión sustentable y control administrativo integral de pavimentos asfálticos, Perú. *International Conference on Sustainable Future and Environmental Science*, 1236(2023), 1-8. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/1236/1/012001>
- Madrazo-Uribeetxebarria, E., Antín, M. G., Eguilegor, G. A., & Andrés-Doménech, I. (2023). Analysis of the hydraulic performance of permeable pavements on a layer-by-layer basis. *Construction and Building Materials*, 387, 131-137. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131587>
- Matthew, D., Hadiwardoyo, S. P., Iduwin, T., & Lumingkewas, R. H. (2024). Water Absorption Rate in Porous Concrete Paving Block as a Permeable Pavement Structure. *E3S Web of Conferences*, 517(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451712003>
- Mejia, A. V., Gomez, R., Osorno, J. A., & Rodriguez, R. (1984). *Apuntes de flujo de fluidos en medios porosos*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1736/APUNTES%20DE%20FLUJO%20DE%20FLUIDOS%20EN%20MEDIOS%20POROSOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Molina, M., Reyes, J., Naspud, P., & Illescas, P. (2024). Análisis de las propiedades mecánicas y de filtración del hormigón poroso al modificar la relación agua/cemento. *Green World Journal*, 7(1), 103. <https://doi.org/https://doi.org/10.53313/gwj71107>
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU Chota 2017-2027*. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- MTC. (2014). *Manual de carreteras suelos, geología, geotécnia y pavimentos sección suelos y pavimentos*. [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- MVCS. (2010). Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. <https://cdn->

- web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo2/05\_CE/Pavimentos\_Urbanos.pdf). Instituto Nacional de Gerencia (ICG).
- Nazareno, J. E. (2018). *Diseño estructural de un pavimento permeable mediante la relación de vacíos y su aplicación al drenaje vial*. 1 [Título en Ingeniería Civil, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2217>
- NRMCA. (2020). *El concreto en la práctica, Qué por qué y cómo? CIP 16 - Resistencia a flexión del concreto*. National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA). <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP16es.pdf>
- Palomino, K. (2023). *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*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13721>
- Paredes, D. O. (2018). *Evaluación de una losa de concreto permeable vaciada In situ para su aplicación en la construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca*. a [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/522>
- Paredes, D. O. (2018). *Evaluación de una losa de concreto permeable vaciada In situ, para su aplicación en la construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/522>
- Pomalaza, Á. F. (2021). *Aplicación de pavimentos de concreto poroso como alternativa de control de la acumulación de precipitaciones pluviales en la provincia de Huancayo en el año 2017*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9778/4/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Pomalaza\\_Guillermo\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9778/4/IV_FIN_105_TE_Pomalaza_Guillermo_2021.pdf)
- Puspitasari, S. D., Elvirandra, L., Yulistian, M. B., Ningtyas, R. A., Harahap, S., Handayani, O. T., & Astuti, P. (2023). Application of permeable pavement in urban roads as an alternative flooding reduction in Jakarta. *AIP Conference Proceedings*, 2846(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0154274>

- Raimondi, A., Marrazzo, G., Sanfilippo, U., & Becciu, G. (2023). A probabilistic approach to stormwater runoff control through permeable pavements beneath urban trees. *Science of the Total Environment*, 905(1), 167-196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167196>
- Ramirez, A., Chávez, R., Pérez, J., Villalba, J., Angulo, A., Celani, P., & Rubio, O. (2018). *Sustentabilidad y tecnología. Herramientas para la gestión segura y eficiente del hábitat* (Vol. 2). ITESO. [https://books.google.es/books?id=MzBhDwAAQBAJ&lpg=RA1-PT3&ots=88Vo5wqxzG&dq=Para%20gestionar%20eventos%20de%20excedencia%2C%20se%20recomienda%20combinar%20este%20sistema%20con%20otros%20tipos%20de%20Sistemas%20Urbanos%20de%20Drenaje%20Sostenible%20\(SUDS\)%](https://books.google.es/books?id=MzBhDwAAQBAJ&lpg=RA1-PT3&ots=88Vo5wqxzG&dq=Para%20gestionar%20eventos%20de%20excedencia%2C%20se%20recomienda%20combinar%20este%20sistema%20con%20otros%20tipos%20de%20Sistemas%20Urbanos%20de%20Drenaje%20Sostenible%20(SUDS)%)
- Rao, Y., Yang, T., Chen, H., Wu, Y., Li, H., & Wang, H. (2023). Comparison of gravimetric methods to measure regional porosity distribution in porous concrete pavement. *Road Materials and Pavement Design*, 24(3), 866-879. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14680629.2022.2029754>
- Romaña, J. F. (2014). *Los Límites de la Ley de Darcy*. [Tesis de maestría en ingeniería - Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51282>
- Sanitary Engineer. (16 de febrero de 2021). *Componentes del concreto*. Facebook: <https://web.facebook.com/SanitaryEngineer7/posts/2856311868029791/>
- Sañudo, L., Rodríguez, J., & Castro, D. (2013). *Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Cantabria: Universidad de Cantabria, Santander. [https://www.researchgate.net/publication/257231993\\_Disenyo\\_y\\_Construccion\\_de\\_Sistemas\\_Urbanos\\_de\\_Drenaje\\_Sostenible\\_SUDS](https://www.researchgate.net/publication/257231993_Disenyo_y_Construccion_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_SUDS)
- SUDS. (2019). *Denuncia*. Sistemas Urbanos Drenaje Sostenible S.L. (SUDS): <https://drenajesostenible.com/pavimentos-impermeables/>
- Tennis, P., Leming, M., & Akers, D. (2004). *Pervios concrete pavements*.
- Trujillo, A., & Quiroz, D. P. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11174/TrujilloLopezAlejandra2013.pdf>

- Trujillo, A., & Quiroz, D. P. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11174/TrujilloLopezAlejandra2013.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (1999). *Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices*. Office of Water. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/urban-stormwater-bmps\\_preliminary-study\\_1999.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/urban-stormwater-bmps_preliminary-study_1999.pdf)
- Watanabe, S. (1995). Study on storm water control by permeable pavement and infiltration pipes. *Water Science and Technology*, 32, 25-32. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00534-T](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00534-T)
- Yasar, M. S., Razin, M. M., & Chowdhury, F. (2024). Can porous pavement be a sustainable solution for the newly extended part of Dhaka in terms of solving water logging issues and groundwater level reclamation? *7th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2024), Bangladesh*, 1(1), 1-9. [http://www.iccesd.com/proc\\_2024/Papers/246.pdf](http://www.iccesd.com/proc_2024/Papers/246.pdf)
- Yglesias-González, M., Valdés-Velásquez, A., Hartinger, S. M., Takahashi, K., Salvatierra, G., Velarde, R., . . . Lescano, A. G. (2023). Reflections on the impact and response to the Peruvian 2017 Coastal El Niño event: Looking to the past to prepare for the future. *Plos one*, 18(9), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290767>
- Yu, F., Guo, J., Liu, J., Cai, H., & Huang, Y. (2023). A review of the pore structure of pervious concrete: Analyzing method, characterization parameters and the effect on performance. *Construction and Building Materials*, 365(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129971>
- Zhang, H., Li, B., Shi, J., Lu, Y., & Xu, P. (2024). Framework structure design based on porous permeable concrete material in expressway tunnel drainage system. *Desalination and Water Treatment*, 317(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100308>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### *Anexo A. Matriz de consistencia*

Tesis: Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024

Tesista(s): Neiser Solano Linares, Wilmer Marin Diaz Medina

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología	
¿Cuál es el diseño y análisis adecuado de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024?	<b>Objetivo general</b> Analizar y diseñar un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024.	El diseño adecuado de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y la transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota en el año 2024 se logrará mediante la dosificación óptima de concreto poroso que garantice su resistencia mecánica y capacidad de infiltración.	VI Pavimento poroso	Diseño de mezclas del concreto poroso	Cemento Agregado grueso Agregado fino Agua Aditivo	Enfoque CUANTITATIVO Tipo APLICADO Nivel EXPLICATIVO Diseño DESCRIPTIVO CAUSAL SIMPLE Muestra: En este caso, la muestra específica es el pasaje Teofilo Idrogo.	
	<b>Objetivos específicos</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar las dosificaciones de mezcla para la elaboración de concreto poroso de resistencia a compresión diseño de <math>f'c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup>, con porcentaje de vacíos de 15% a 20%, empleando agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata en Chota, analizando su influencia en las propiedades del concreto en estado fresco.</li> <li>- Analizar el comportamiento mecánico (resistencia a compresión y resistencia a flexión) e hidráulico (coeficiente de permeabilidad) del concreto poroso elaborado utilizando agregado fino de la cantera Conchán y agregado grueso de la cantera Choctapata en Chota.</li> <li>- Diseñar los espesores de las capas del pavimento rígido permeable con concreto poroso para uso peatonal en el pasaje Teofilo Idrogo de Chota, considerando los criterios de capacidad estructural y capacidad de drenaje de acuerdo a la metodología AASHTO-93 y la metodología de Chile.</li> </ul>	Propiedades en estado fresco		Slump Temperatura Peso unitario Contenido de aire
	Propiedades hidráulicas				Permeabilidad Porosidad		
	Propiedades mecánicas				Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión		
	Estudio topográfico				Pendiente Extensión		
	Estudio hidrológico				Periodo de retorno Precipitación máxima Intensidad máxima Duración		
	VD Drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal				Estudio de mecánica de suelos		Humedad Granulometría Límites de consistencia Compactación CBR de laboratorio Percolación
					Estudio de tránsito		Vehículos
					Diseño del pavimento		Dimensiones
					Verificación de infiltración		Infiltración del pavimento Intensidad de la lluvia

## Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Equipo topográfico utilizado para el levantamiento de puntos



Fotografía 2. Toma de puntos topográficos de la calle en estudio



Fotografía 3. Toma de puntos topográficos de la calle en estudio



Fotografía 4. Proceso de excavación de la calicata



Fotografía 5. Toma de medida de profundidad 1.50 m



Fotografía 6. Toma de medidas de cada estrato



Fotografía 7. Obtención de muestra de suelo orgánico por estrato



Fotografía 8. Proceso de excavación del hoyo de D=25cm x H=40 cm.



Fotografía 9. Toma de medida de diámetro y profundidad del hoyo



Fotografía 10. Control con el cronometro la descendencia del agua en un intervalo de tiempo



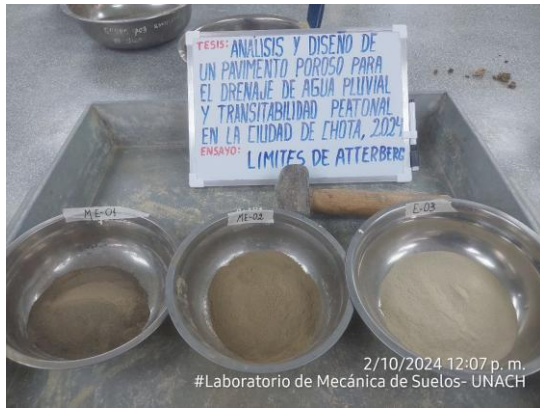
Fotografía 11. Preparación en seco de las muestras de cada estrato tal como se reciben del campo



Fotografía 12. Proceso en tamizadora mecánica por un tiempo de diez minutos



Fotografía 13. Proporciones de material de cada estrato pasante del tamiz 425  $\mu\text{m}$  (N° 40)



Fotografía 14. Mezcla de las muestras en un recipiente con una espátula



Fotografía 15. Tomamos una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.



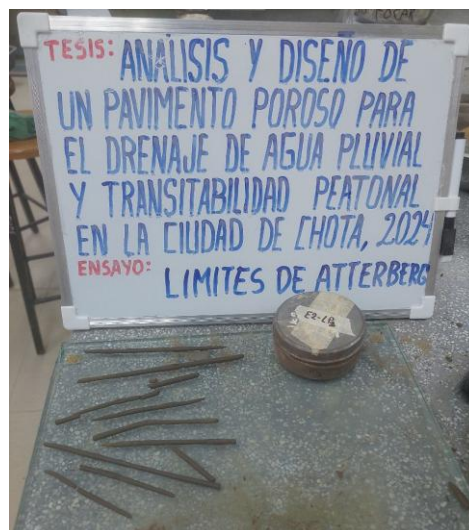
Fotografía 16. Registro del peso de las muestras secas en la estufa a temperatura de  $110 \pm 5$  °C



Fotografía 17. Se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40) y se amasa con agua destilada



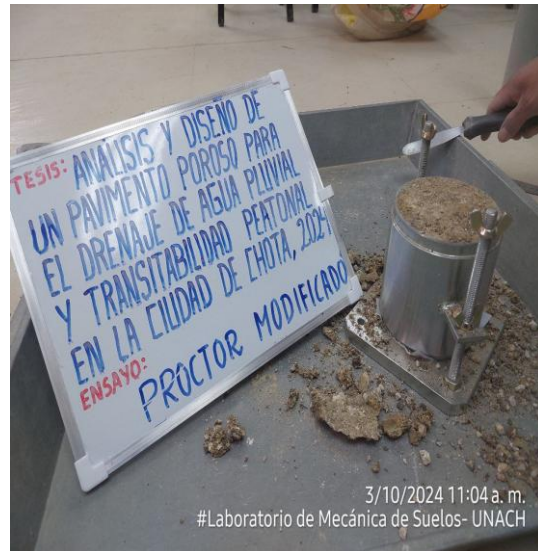
Fotografía 18. Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide



Fotografía 19. Compactar el espécimen en cinco capas, cada capa con 25 golpes/minuto para el molde de 101,6 mm (4 pulg)



Fotografía 20. Enraizado de los especímenes compactados con una espátula



Fotografía 21. Obtenemos una porción de muestra, cortando axialmente por el centro del espécimen compactado para determinar el contenido de agua



Fotografía 22. Llevamos los especímenes al horno de secado a temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$



Fotografía 23. Mezclado de la muestra y seleccionamos una parte para el ensayo, por cuarteo manual



Fotografía 24. Seleccionamos la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar.



Fotografía 25. Efectuamos el tamizado mecánico, durante un período adecuado.



Fotografía 27. Determinamos el peso de la muestra retenida en cada tamiz



Fotografía 29. Muestra total de 5 kg del peso retenido en las mallas de 1", 3/4", 1/2" y 3/8".



Fotografía 26. Separamos la muestra retenida en cada tamiz



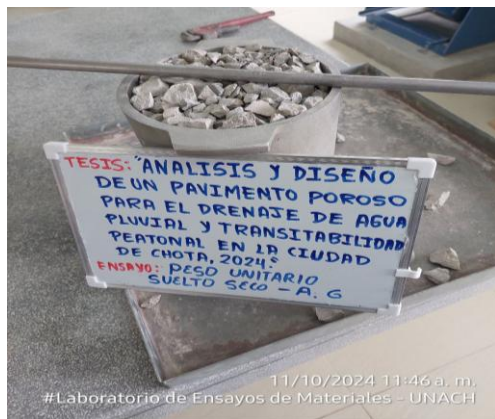
Fotografía 28. Efectuamos el tamizado mecánico, durante un período adecuado.



Fotografía 30. Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles, luego descargar el material de la máquina



Fotografía 31. Llenamos el recipiente con una cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2"); luego eliminar el agregado sobrante con una regla



Fotografía 32. Determinar el peso del recipiente de medida más el contenido



Fotografía 33. Llenamos el recipiente con una cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2"); luego eliminar el agregado sobrante con una regla



Fotografía 34. Llenamos la tercera parte del recipiente con el agregado, y emparejar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente



Fotografía 35. Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de 24 h



Fotografía 36. Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible



Fotografía 37. Colocar en el molde cónico y golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y levantar luego el molde hasta el material se derrumbe al quitar el molde



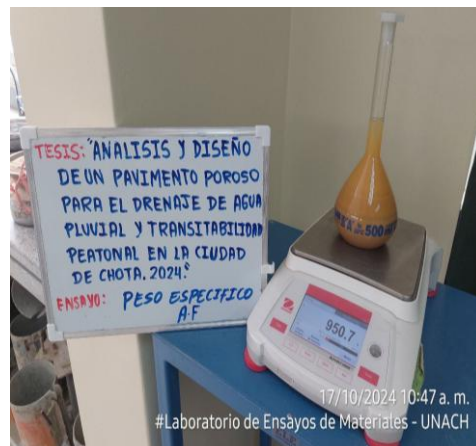
Fotografía 39. Seleccionamos la muestra para el ensayo y tomamos el peso respectivo



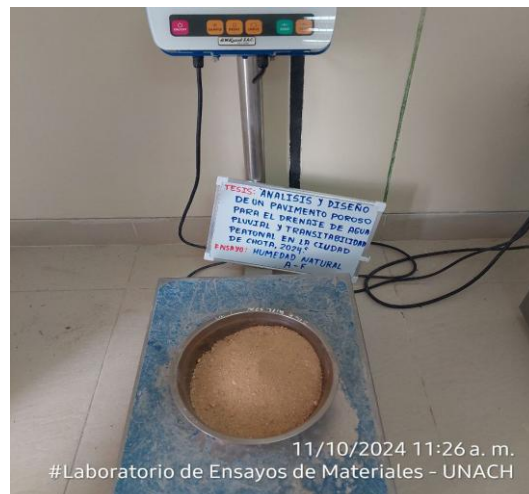
Fotografía 41. Seleccionamos la muestra para el ensayo y tomamos el peso respectivo



Fotografía 38. Introducir en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, llenar parcialmente con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup> y tomamos el peso total



Fotografía 40. Colocamos la muestra al horno por un periodo de 24 horas y pesamos la muestra seca



Fotografía 42. Colocamos la muestra al horno por un periodo de 24 horas y pesamos la muestra seca



Fotografía 43. Elaboración de los diseños de mezcla del concreto poroso



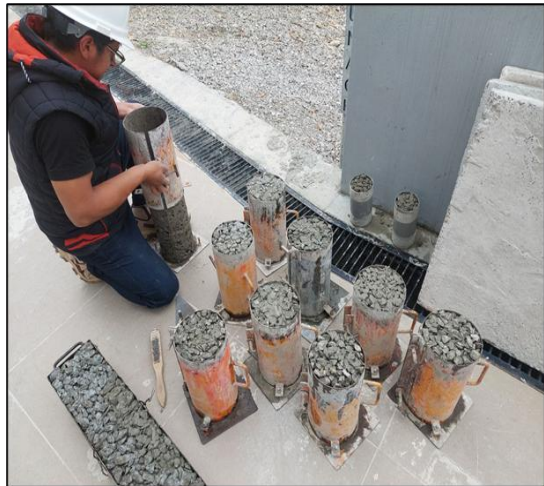
Fotografía 44. Prueba de SLUMP del concreto poroso



Fotografía 45. Prueba de temperatura del concreto poroso



Fotografía 46. Extraemos los especímenes de concreto poroso de los moldes



Fotografía 47. Curado de especímenes de concreto poroso



Fotografía 48. Contenido de vacíos concreto poroso



Fotografía 49. Ensayo de compresión de especímenes de concreto poroso a los 7 días



Fotografía 50. Ensayo de compresión de especímenes de concreto poroso a los 14 días



Fotografía 51. Ensayo de compresión de especímenes de concreto poroso a los 28 días



Fotografía 52. Ensayo de flexión de especímenes de concreto poroso



Fotografía 53. Pruebas de permeabilidad de especímenes de concreto poroso



Fotografía 54. Prueba de simulación de lluvia en especímenes de concreto poroso



*Anexo C. Resultado de ensayos de laboratorio*

Ensayo de mecánica de suelos



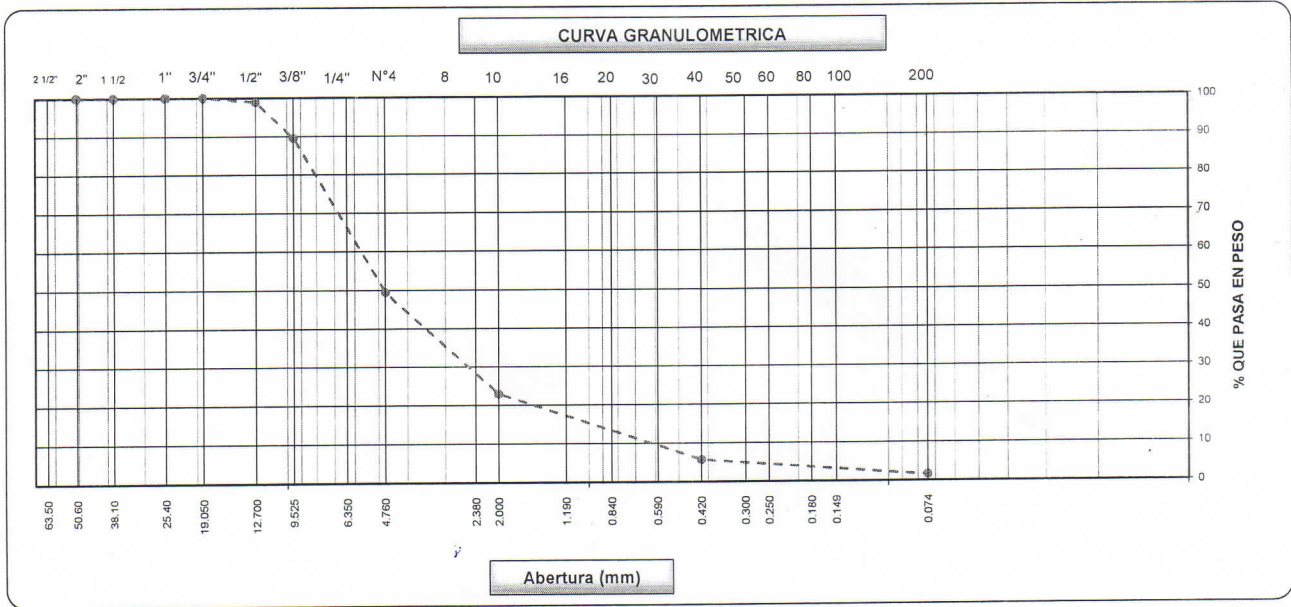
LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

PROTOCOLO

ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421	.....
TESIS:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"	

CALICATA :	C - 01	ESTRATO	E - 01	TIPO DE MATERIAL:	Primer estrato de exploracion
UBICACIÓN :	Psje. Teofilo Idrogo		COLOR DE MATERIAL:	Parda, gris o negra	
FECHA DE MUESTREO :	24/09/2024		RESPONSABLES :	Neiser Solano & Wilmer Diaz	
FECHA DE ENSAYO :	2/10/2024		REVISADO POR :	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
						<b>1. Peso de Material</b>
						Peso Inicial Total (kg) 1,060.1
						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 0.0
						<b>2. Características</b>
						Tamaño Máximo 3/4"
						Tamaño Máximo Nominal 1/2"
						Grava (%) 50.5
						Arena (%) 47.9
						Finos (%) 1.6
						Módulo de Fineza (%)
						<b>3. Contenido de humedad muestra Integral</b>
						Contenido de Humedad Promedio (%) 42.5
						<b>3. Clasificación</b>
						Límite Líquido (%) 75.00
						Límite Plástico (%) 31.00
						Índice de Plasticidad (%) 44.00
						Clasificación SUCS GP
						Clasificación AASHTO A-2-7 {1}
						<b>4. Descripción:</b>
						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2016)
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.700	11.9	1.1	1.1	98.9	
3/8"	9.520	99.4	9.4	10.5	89.5	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	424.4	40.0	50.5	49.5	
N° 6	4.750					
N° 8	2.360					
N° 10	2.000	281.6	26.6	77.1	22.9	
N° 16	1.190					
N° 20	0.850	133.7	12.6	89.7		
N° 30	0.600					
N° 40	0.420	49.0	4.6	94.3	5.7	
N° 50	0.300				5.7	
N° 60	0.250	18.9	1.8	96.1		
N° 80	0.180				3.9	
N° 140	0.150	18.7	1.8	97.9	2.2	
N° 200	0.074	5.9	0.6	98.4	1.6	
< N° 200	FONDO	16.40	1.6	100.0	0.0	



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			
			Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

PROTOCOLO

ENSAYO :	LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA :	MTC E-110, E-111 / ASTM D4318	.....
TESIS :	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"	

CALICATA :	C - 01	ESTRATO :	E-01	TIPO DE MATERIAL:	Primer estrato de exploracion
UBICACIÓN :	Psje. Teofilo Idrogo		COLOR DE MATERIAL:	Parda, gris o negra	
FECHA DE MUESTREO :	24/09/2024		RESPONSABLE :	Neiser Solano & Wilmer Diaz	
FECHA DE ENSAYO :	2/10/2024		REVISADO POR :	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin	

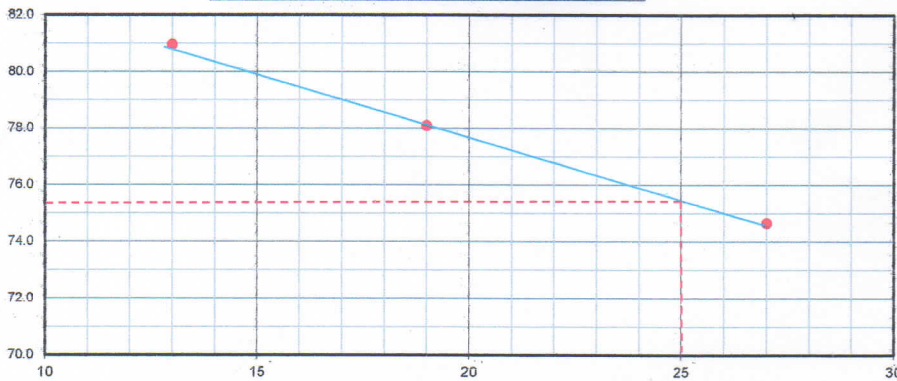
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Codigo de Tarro		E1- LL1	E1- LL2	E1- LL3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	49.80	50.80	49.30	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	44.50	45.10	44.20	
Peso de Tarro	gr.	37.40	37.80	37.90	
Peso de Agua	gr.	5.30	5.70	5.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	7.10	7.30	6.30	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	74.65	78.08	80.95	75.20
Numero de Golpes		27	19	13	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

Codigo de Tarro		E1 - LP1	E1 - LP2	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.90	49.80	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	48.00	47.30	
Peso de Tarro	gr.	39.00	38.70	
Peso de Agua	gr.	2.90	2.50	
Peso de Suelo seco	gr.	9.00	8.60	Limite Plástico
Contenido de Humedad	%	32.22	29.07	31.00

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Constantes Fisicas de la Muestra

Limite Liquido	75.00
Limite Plástico	31.00
Indice de Plasticidad	44.00

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

OBSERVACIONES :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROTOCOLO

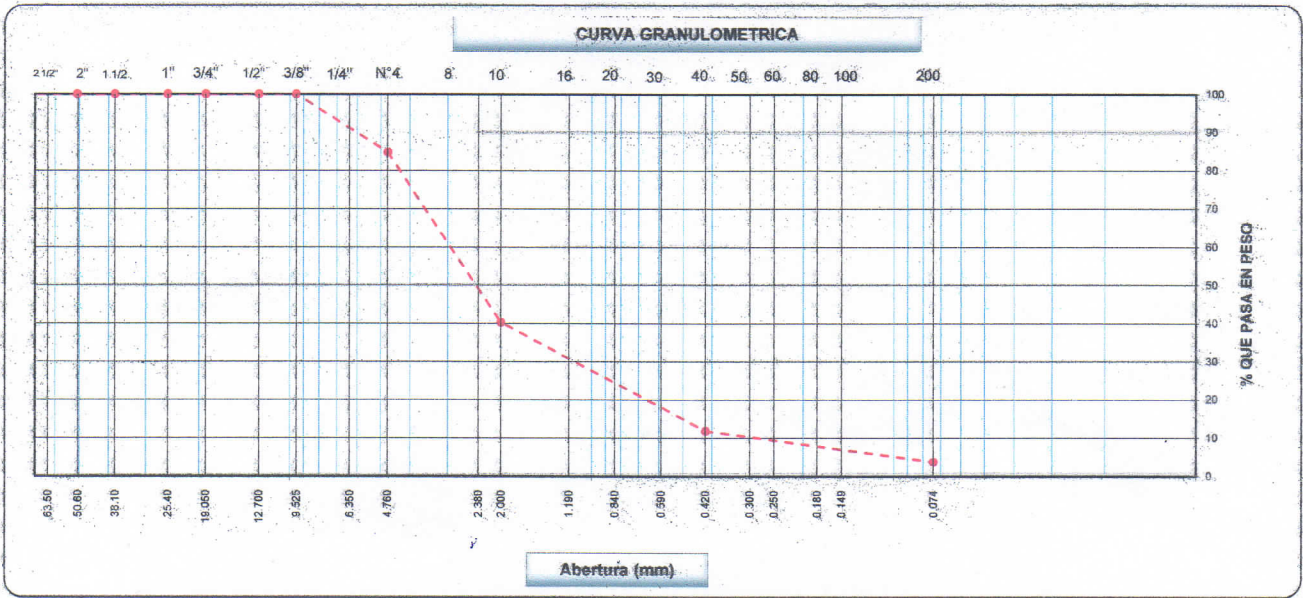
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

NORMA: MTC E 107 / ASTM D421

TESIS: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

CALICATA:	C - 01	ESTRATO	E - 02	TIPO DE MATERIAL:	Segundo estrato de exploracion
UBICACION:	Psje. Teofilo Idrogo			COLOR DE MATERIAL:	Gris amarronado
FECHA DE MUESTREO:	24/09/2024			RESPONSABLE:	Neiser Solano & Wilmer Diaz
FECHA DE ENSAYO:	2/10/2024			REVISADO POR:	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
						<b>1. Peso de Material</b>
						Peso Inicial Total (g) <span style="float:right">1,247.5</span>
						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <span style="float:right">0.0</span>
						<b>2. Características</b>
						Tamaño Máximo <span style="float:right">1/4"</span>
						Tamaño Máximo Nominal <span style="float:right">N° 4</span>
						Grava (%) <span style="float:right">15.3</span>
						Árena (%) <span style="float:right">81.0</span>
					100.0	Finos (%) <span style="float:right">3.8</span>
						Módulo de Fineza (%) <span style="float:right"></span>
						<b>3. Contenido de humedad muestra integral</b>
						Contenido de Humedad Promedio (%) <span style="float:right">42.5</span>
						<b>3. Clasificación</b>
						Límite Líquido (%) <span style="float:right">65.00</span>
						Límite Plástico (%) <span style="float:right">32.00</span>
						Índice de Plasticidad (%) <span style="float:right">33.00</span>
						Clasificación SUGS <span style="float:right">SP</span>
						Clasificación AASHTO <span style="float:right">A-2-7 (1)</span>
						<b>4. Descripción:</b>
						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2016)



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marín Diaz Medina Codigo: 2016052013			

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



**LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**

**PROTOCOLO**

<b>ENSAYO :</b>	LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA :</b>	MTC E-110, E-111 / ASTM D4318		.....
<b>TESIS :</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"		
<b>CALICATA :</b>	C - 01	<b>ESTRATO</b>	E - 02
<b>UBICACIÓN :</b>	Psje. Teofilo Idrogo		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	24/09/2024	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Segundo estrato de exploracion
<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	2/10/2024	<b>RESPONSABLE :</b>	Gris amarronado
		<b>REVISADO POR :</b>	Neiser Solano & Wilmer Díaz
			Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

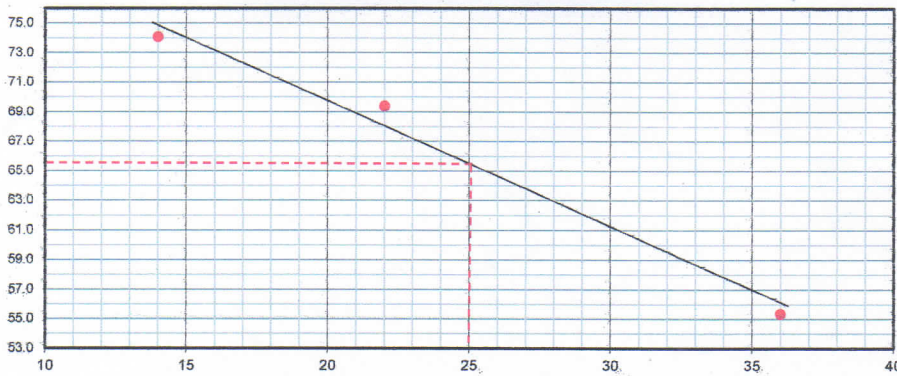
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

Codigo de Tarro		E2 - LL1	E2 - LL2	E2 - LL3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.40	62.60	61.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	47.70	52.40	51.00	
Peso de Tarro	gr.	37.40	37.70	37.50	
Peso de Agua	gr.	5.70	10.20	10.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.30	14.70	13.50	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	55.34	69.39	74.07	<b>65.50</b>
Numero de Golpes		36	22	14	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

Codigo de Tarro		E2 - LP1	E2 - LP2	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.40	54.30	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	47.20	50.20	
Peso de Tarro	gr.	37.10	37.50	
Peso de Agua	gr.	3.20	4.10	
Peso de Suelo seco	gr.	10.10	12.70	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	31.68	32.28	<b>32.00</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**Constantes Físicas de la Muestra**

Límite Líquido	<b>65.00</b>
Límite Plástico	<b>32.00</b>
Índice de Plasticidad	<b>33.00</b>

**Observaciones**

Pásante Tamiz N° 40

**OBSERVACIONES :**

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<b>Neiser Solano Linares</b> Codigo: 2015051037			
<b>Wilmer Marin Diaz Medina</b> Codigo: 2016052013			Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



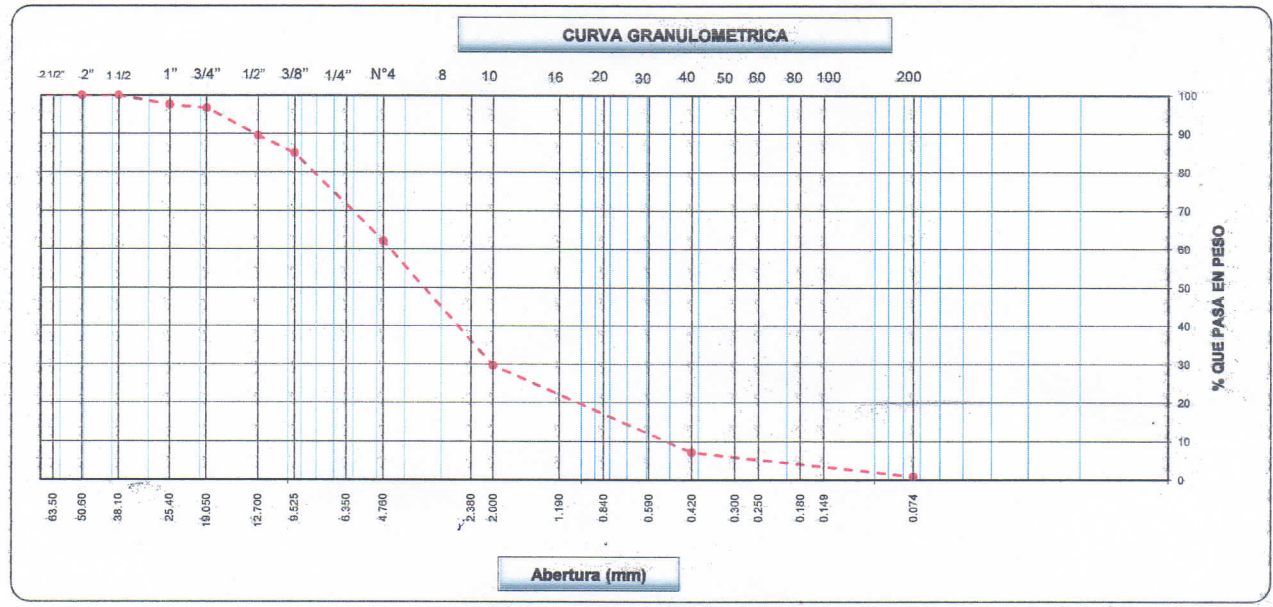
**LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**

**PROTOCOLO**

<b>ENSAYO:</b>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO</b>	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	<b>MTC E 107 / ASTM D421</b>	
<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>	

<b>CALICATA :</b>	C - 01	<b>ESTRATO</b>	E-03	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Tercer estrato de exploracion
<b>UBICACIÓN :</b>	Psje. Teofilo Idrogo		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Color dominante beige o champagne.	
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	24/09/2024		<b>RESPONSABLE :</b>	Neiser Solano & Wilmer Diaz	
<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	2/10/2024		<b>REVISADO POR :</b>	Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pesa	Descripción
						<b>1. Peso de Material</b>
						Peso Inicial Total (g) <span style="float:right">1,291.4</span>
						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <span style="float:right">0.0</span>
						<b>2. Características</b>
						Tamaño Máximo <span style="float:right">1 1/2"</span>
						Tamaño Máximo Nominal <span style="float:right">1"</span>
						Grava (%) <span style="float:right">37.8</span>
						Arena (%) <span style="float:right">61.2</span>
						Finos (%) <span style="float:right">0.9</span>
						Módulo de Fineza (%)
						<b>3. Contenido de humedad muestra integral</b>
						Contenido de Humedad Promedio (%) <span style="float:right">42.5</span>
						<b>3. Clasificación</b>
						Límite Líquido (%) <span style="float:right">42.00</span>
						Límite Plástico (%) <span style="float:right">18.00</span>
						Índice de Plasticidad (%) <span style="float:right">24.00</span>
						Clasificación SUCS <span style="float:right">SP</span>
						Clasificación AASHTO <span style="float:right">A-2-7 (0)</span>
						<b>4. Descripción:</b>
						<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
						Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2016)



RESPONSABLES DEL ENSAYO		TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			
		Ing. Karin Rosmery Idrogo Burga	Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin

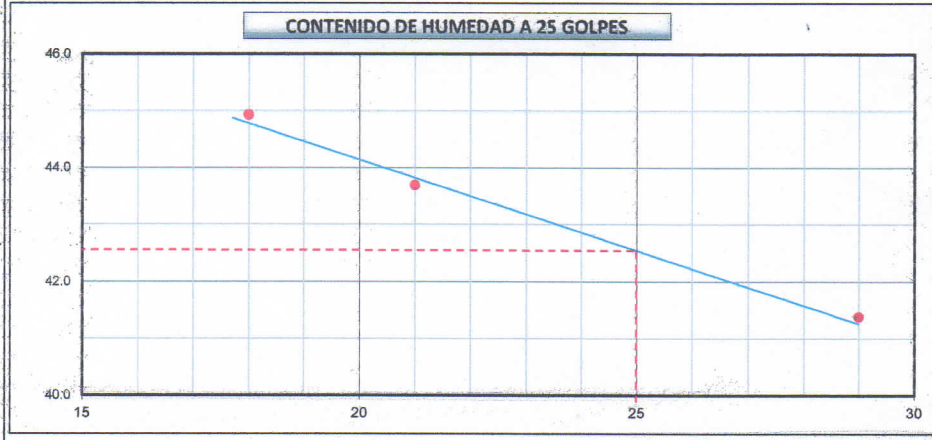
	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO :</b>	<b>LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA :</b>	<b>MTC E-110, E-111 / ASTM D4318</b>	.....
<b>TESIS :</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>		
<b>CALICATA :</b> C - 01	<b>ESTRATO</b>	E-03	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> Tercer estrato de exploracion
<b>UBICACIÓN :</b>	Psje. Teofilo Idrogo	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Color dominante beige o champagne
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	24/09/2024	<b>RESPONSABLE :</b>	Neiser Solano & Wilmer Diaz
<b>FECHA DE ENSAYO :</b>	2/10/2024	<b>REVISADO POR :</b>	Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		E3 - LL1	E3 - LL2	E3 - LL3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.00	52.40	47.20	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	46.40	47.90	44.10	
Peso de Tarro	gr.	37.70	37.60	37.20	
Peso de Agua	gr.	3.60	4.50	3.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.70	10.30	6.90	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	41.38	43.69	44.93	<b>42.65</b>
Numero de Golpes		29	21	18	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		E3 - LP1	E3 - LP2	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.00	61.80	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	50.80	68.10	
Peso de Tarro	gr.	38.50	37.30	
Peso de Agua	gr.	2.20	3.70	
Peso de Suelo seco	gr.	12.30	20.80	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	17.89	17.79	<b>18.00</b>



<b>Constantes Físicas de la Muestra</b>	
Límite Líquido	42.00
Límite Plástico	18.00
Índice de Plasticidad	24.00
<b>Observaciones</b>	
Pasante Tamiz N° 40	

**OBSERVACIONES :**

<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>TÉCNICO DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
<b>Neiser Solano Linares</b> Código: 2015051037 		 <b>Ing. Karin Rosmery Idrogo Burga</b>	 <b>Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin</b>
<b>Wilmer Marin Diaz Medina</b> Código: 2016052013 			



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

PROTOCOLO

ENSAYO:	RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D1557	
TESIS:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"	

CALICATA :	C - 01	ESTRATO:	E-03	TIPO DE MATERIAL:	Tercer estrato de exploracion
UBICACIÓN :	Psje. Teofilo Idrogo		COLOR DE MATERIAL:	Color dominante beige o champagne	
FECHA DE MUESTREO :	24/09/2024		RESPONSABLE :	Neiser Solano & Wilmer Diaz	
FECHA DE ENSAYO :	2/10/2024		REVISADO POR :	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin	

PROCTOR

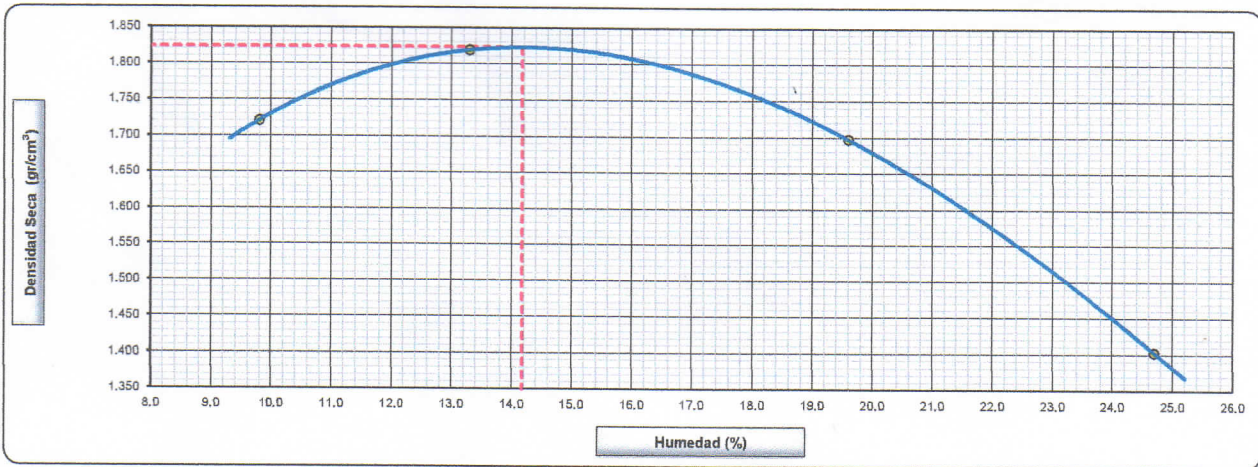
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Peso Molde	4170.4	gr.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	Volumen Molde	944	cm3	N° de golpes	25 Glp.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,955	6,116	6,087	5,821
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,785	1,946	1,917	1,651
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.890	2.061	2.030	1.749
Recipiente Numero					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	62.00	71.20	83.70	81.70
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	59.80	67.20	76.10	73.00
Peso de la Tara	gr.	37.30	37.20	37.40	37.80
Peso del agua	gr.	2.2	4.0	7.6	8.7
Peso del suelo seco	gr.	23	30	39	35
Contenido de agua	%	9.8	13.3	19.6	24.7
Densidad Seca	gr/cc	1.721	1.819	1.697	1.403

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.823	(gr/cm3)	Humedad óptima	14.2	%
----------------------	-------	----------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linare Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EXPLORACION A CIELO ABIERTO**



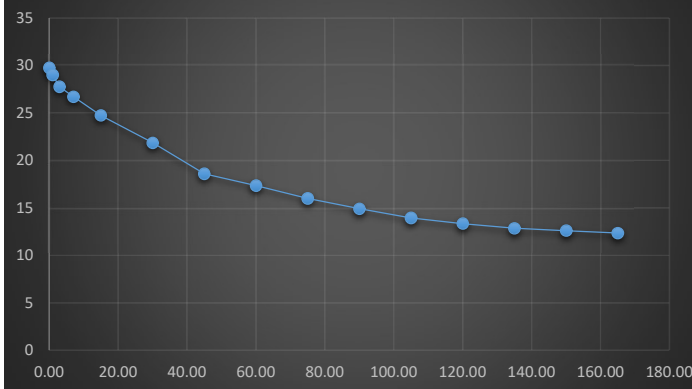
**MÉTODO DE PORCHET (Método a nivel constante)**

<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"		
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares	<b>RADIO :</b>	12.5 cm
	Wilmer Marin Diaz Medina	<b>PROFUNDIDAD DE EXCAVACION :</b>	55 cm
<b>UBICACIÓN:</b>	Psje. Teofilo Ydrogo - Chota		
<b>TIPO DE ENSAYO</b>	IN - SITU	<b>LAMINA DE AGUA</b>	47 cm

**ENSAYO METODO DE PORCHET**

HORA INICIO	INTERVALO (MINUTOS)	TIEMPO ACUMULADO (MINUTOS)	LECTURA (CM)	DIFERENCIA DE LECTURA (CM)	$\frac{R}{2(t_2 - t_1)}$	h + R/2	$\frac{(2h_1 + R)}{(2h_2 + R)}$	Ln	K (cm/s)
09:54:00	0.00	0.00	6.00	47.00		29.75			
09:55:00	1.00	1.00	7.50	45.50	6.2500	29	1.0259	0.02553	0.00266
09:57:00	2.00	3.00	10.00	43.00	3.1250	27.75	1.0450	0.04406	0.00229
10:01:00	4.00	7.00	12.10	40.90	1.5625	26.7	1.0393	0.03857	0.00100
10:09:00	8.00	15.00	16.00	37.00	0.7813	24.75	1.0788	0.07584	0.00099
10:24:00	15.00	30.00	21.80	31.20	0.4167	21.85	1.1327	0.12462	0.00087
10:39:00	15.00	45.00	28.30	24.70	0.4167	18.6	1.1747	0.16104	0.00112
10:54:00	15.00	60.00	30.80	22.20	0.4167	17.35	1.0720	0.06957	0.00048
11:09:00	15.00	75.00	33.50	19.50	0.4167	16	1.0844	0.08100	0.00056
11:24:00	15.00	90.00	35.70	17.30	0.4167	14.9	1.0738	0.07123	0.00049
11:39:00	15.00	105.00	37.60	15.40	0.4167	13.95	1.0681	0.06588	0.00046
11:54:00	15.00	120.00	38.80	14.20	0.4167	13.35	1.0449	0.04396	0.00031
12:09:00	15.00	135.00	39.80	13.20	0.4167	12.85	1.0389	0.03817	0.00027
12:24:00	15.00	150.00	40.30	12.70	0.4167	12.6	1.0198	0.01965	0.00014
12:39:00	15.00	165.00	40.80	12.20	0.4167	12.35	1.0202	0.02004	0.00014
<b>PROMEDIO</b>									<b>0.000841</b>

**COMPORTAMIENTO DE INFILTRACIÓN**



RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		-----	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

# ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO (MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)

## TESIS

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

## SOLICITANTE

DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

## UBICACIÓN

CHOTA, CHOTA- CAJAMARCA.

DISTRITO : CHOTA

PROVINCIA: CHOTA

REGIÓN : CAJAMARCA



CIEXLIAN Y LABORATORIO  
CIEXLIAN  
Ing. Hernán Rojas Tiravanti  
REG. CIP. 348840

Diciembre del 2024



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO  
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -  
LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL.950589432

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

TESIS: "ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

UBICACIÓN: CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA.

SOLICITANTE: DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

FECHA DE INFORME: 16/09/2024

**DATOS DE LA MUESTRA**

Material: C-1

Fecha de Muestreo: 5/09/2024

Fecha de Recepción: 5/09/2024

Prof.(m): 0.0 - 1.50 m

**C.B.R.**


MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	11916		11819		11603	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545		7532		7562	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4371		4287		4041	
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2122		2165		2127	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.06		1.98		1.90	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	52.22		72.48		78.45	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	50.25		68.25		73.25	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	1.97		4.23		5.20	
PESO DE CAPSULA (gr)	36.25		38.25		36.45	
PESO DE SUELO SECO (gr)	14.00		30.00		36.80	
HUMEDAD (%)	14.05%		14.10%		14.12%	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81		1.74		1.66	

**EXPANSIÓN**

DÍAS	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
c	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	130.00	3.30		150.000	3.81		170.000	4.32	
2	2	140.25	3.56		180.000	4.57		200.000	5.08	
3	3	150.00	3.81		200.000	5.08		230.000	5.84	
4	4	160.00	4.06	2.30	220.000	5.59	3.16	250.000	6.35	3.588

**PENETRACION**

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3					
			CORECCION				CORECCION				CORECCION					
			CARGA	Lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%		
0.0			0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	
0.020			20.25	45	15.00			16.25	36	8.35			4.70	10	3.33	
0.040			30.60	67	22.33			18.45	41	13.67			8.14	18	6.00	
0.060			37.41	82	27.33			22.25	49	16.33			13.12	29	9.67	
0.080			47.00	104	34.67			25.45	56	18.67			14.80	33	11.00	
0.100		1000	54.30	120	40.00	4.00		30.00	66	22.00	2.20		18.30	40	13.33	1.33
0.200			75.00	165	55.00			45.21	100	33.33			27.45	61	20.33	
0.300			85.34	188	62.67			50.25	111	40.00			33.25	73	24.33	
0.400			95.40	210	70.00			65.25	144	48.00			40.00	88	29.33	
0.500			107.30	237	79.00			79.58	175	58.33			45.00	99	33.00	


**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
*Gilmer Joel Vásquez Saldarña*  
 TÉCNICO EN LABORATORIO


**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
*Gilmer Joel Vásquez Saldarña*  
 TÉCNICO EN LABORATORIO



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO  
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -  
LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL:950589432

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

TESIS: "ANALISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

UBICACIÓN: CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA.

SOLICITANTE: DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

FECHA DE INFORME: 16/09/2024

**DATOS DE LA MUESTRA**

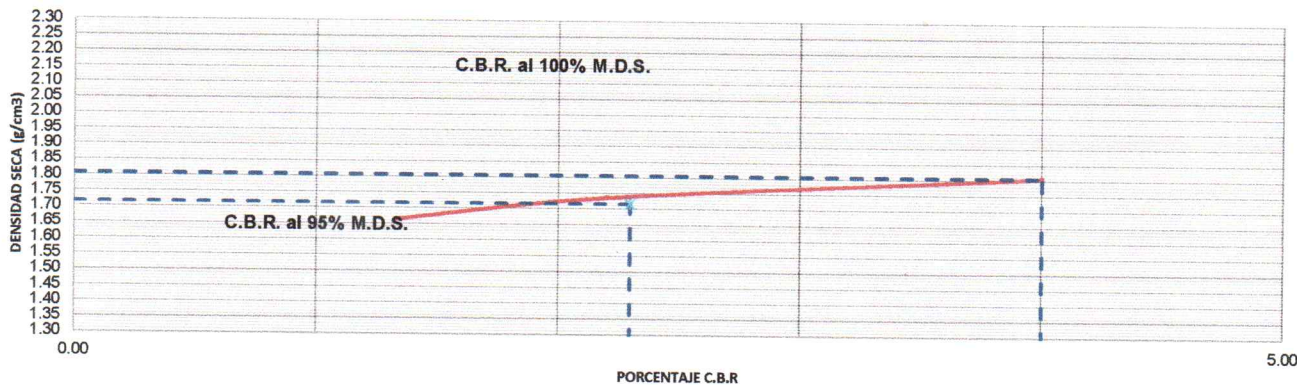
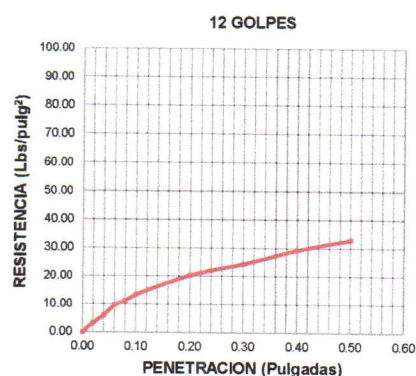
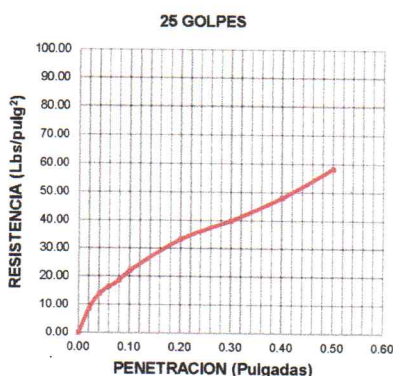
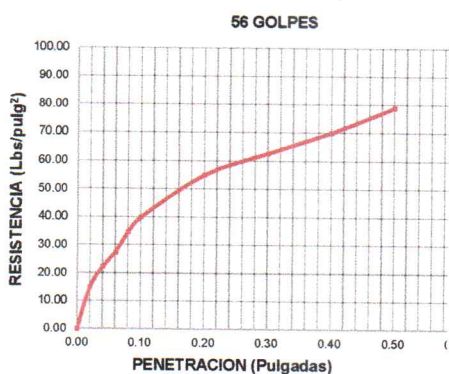
Material: C-1

**DATOS DEL PROCTOR**

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.66
HUMEDAD OPTIMA (%)	14.20

**DATOS DEL C.B.R.**

CBR al 100% de M.D.S. (%)	4.00
CBR al 95% de M.D.S. (%)	2.30



Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO  
 CIEXLIAN  
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña  
 TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO  
 CIEXLIAN  
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña  
 TÉCNICO EN LABORATORIO

Propiedades físico mecánicas de los agregados



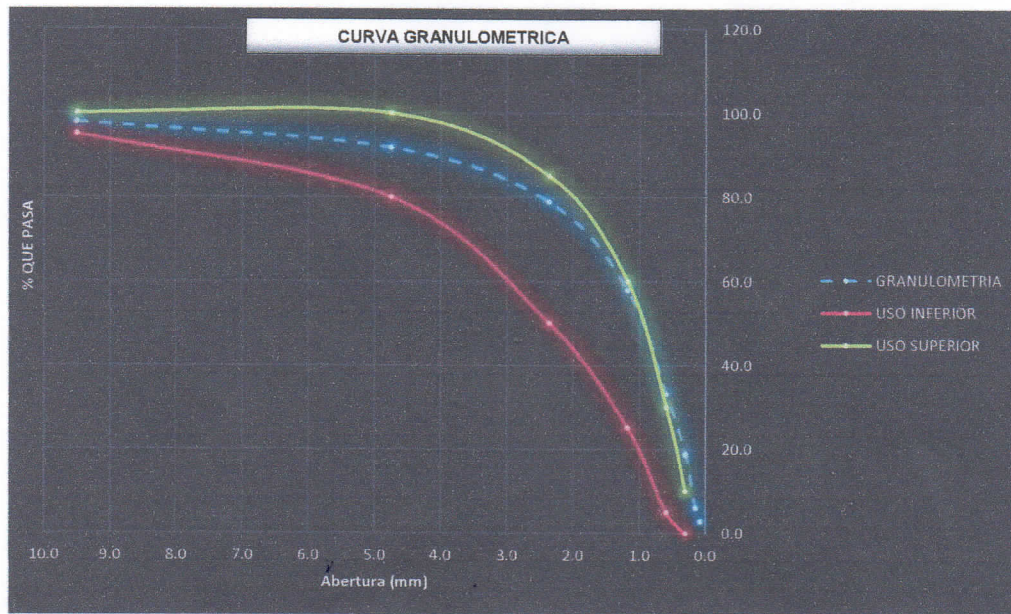
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
**(ASTM 136-93 NTP 400.012)**



<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN
<b>AGREGADO:</b>	ARENA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 01**

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56		Descripción
								<b>1. Peso de Material</b> Peso Inicial Total (gr) <span style="float:right">1,430.0</span>
								<b>2. Características</b> COLOR: <span style="float:right">0,0</span> Tamaño Máximo Nominal <span style="float:right">3/8"</span>
3/8"	9.500	31.11	2.2	2.2	97.8	100	100	<b>3. Pérdida de Material</b> Pérdida <span style="float:right">0.08%</span> Condición por pérdida <span style="float:right">Aceptada</span>
# 4	4.750	87.40	6.1	8.3	91.7	95	100	
# 8	2.360	184.30	12.9	21.2	78.8	80	100	<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>  MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES 2016
# 16	1.180	299.50	20.9	42.1	57.9	50	85	
# 30	0.600	354.70	24.8	66.9	33.1	25	60	
# 50	0.300	204.10	14.3	81.2	18.8	5	30	
# 100	0.150	182.40	12.8	94.0	6.1	0	10	
#200	0.074	47.60	3.3	97.3	2.7			
CAZOLETA		37.80	2.6	99.9				
<b>TOTAL</b>		<b>1428.91</b>						
				<b>Mf =</b>	<b>3.1</b>			



Observaciones :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			 Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	



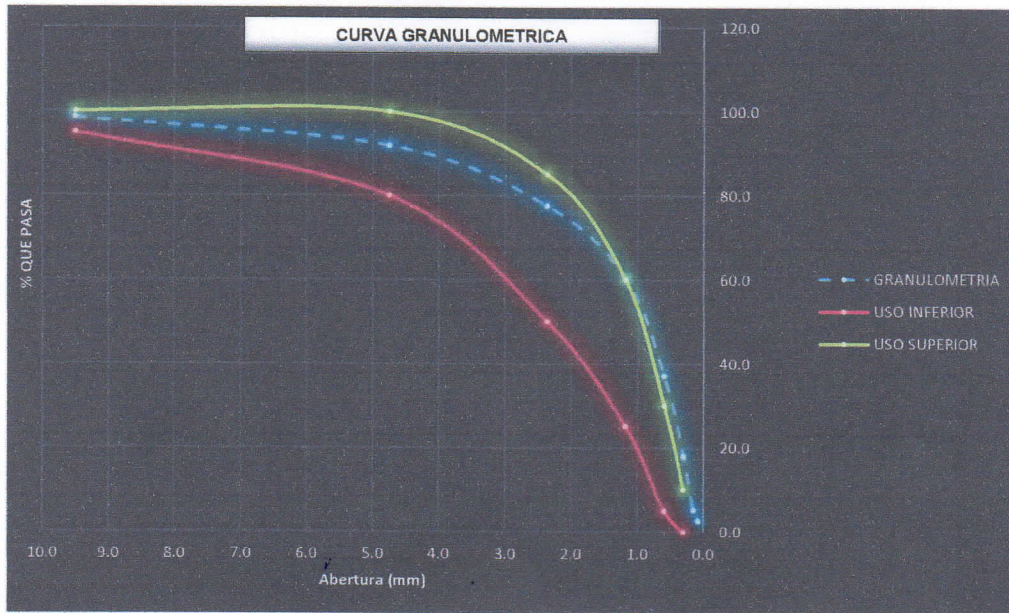
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES  
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO  
 (ASTM 136-93 NTP 400.012)



<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN
<b>AGREGADO:</b>	ARENA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 02**

Tamices ASTM	Abeirtura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56		Descripción
								<b>1. Peso de Material</b> Peso Inicial Total (gr) <b>1,430.0</b>
								<b>2. Características</b> COLOR: <b>0.0</b> Tamaño Máximo Nominal <b>3/8"</b>
3/8"	9.500	22.00	1.5	1.5	98.5	100	100	<b>3. Perdida de Material</b> Pérdida <b>0.01%</b> Condicion por pérdida <b>Aceptada</b>
# 4	4.750	94.74	6.6	8.2	91.8	95	100	<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
# 8	2.360	204.30	14.3	22.5	77.5	80	100	
# 16	1.180	246.54	17.2	39.7	60.3	50	85	
# 30	0.600	331.82	23.2	62.9	37.1	25	60	
# 50	0.300	273.53	19.1	82.0	18.0	5	30	
# 100	0.150	182.38	12.8	94.8	5.2	0	10	
#200	0.074	38.70	2.7	97.5	2.5			
CAZOLETA		35.87	2.5	100.0	0.0			MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES 2016
<b>TOTAL</b>		<b>1429.88</b>		<b>Mf =</b>	<b>3.1</b>			



Observaciones :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



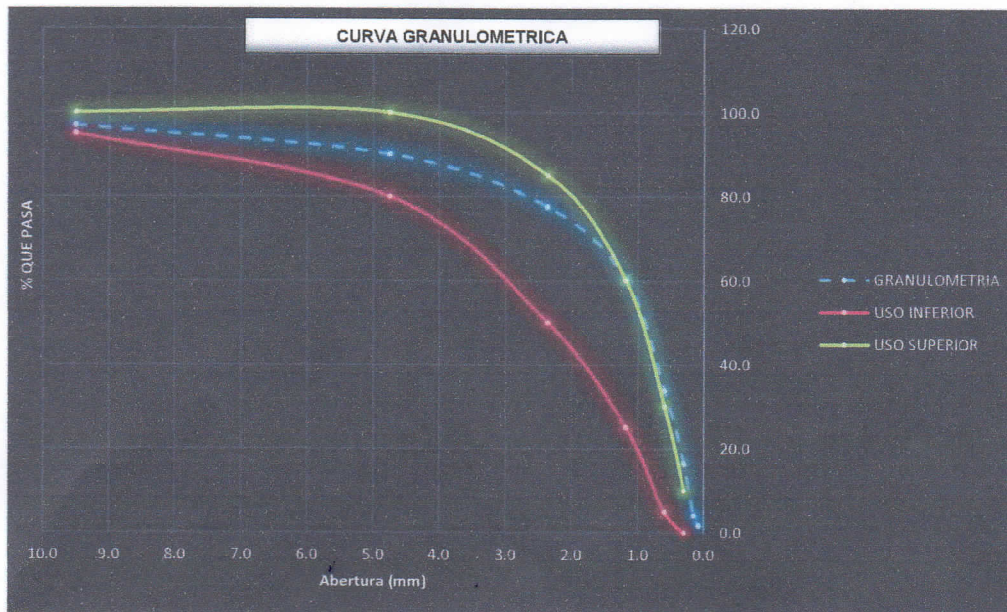
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
**(ASTM 136-93 NTP 400.012)**



<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN
<b>AGREGADO:</b>	ARENA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 03**

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56		Descripción
								<b>1. Peso de Material</b> Peso Inicial Total (gr) <span style="float: right;">1,430.0</span>
								<b>2. Características</b> COLOR: <span style="float: right;">0.0</span> Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">3/8"</span>
3/8"	9.500	44.4	3.1	3.1	96.9	100	100	<b>3. Pérdida de Material</b> Pérdida <span style="float: right;">0.04%</span> Condición por pérdida <span style="float: right;">Aceptada</span>
# 4	4.750	98.71	6.9	10.0	90.0	95	100	
# 8	2.360	178.55	12.5	22.5	77.5	80	100	<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>  MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES 2016
# 16	1.180	246.81	17.3	39.8	60.3	50	85	
# 30	0.600	378.96	26.5	66.3	33.8	25	60	
# 50	0.300	247.62	17.3	83.6	16.4	5	30	
# 100	0.150	176.29	12.3	95.9	4.1	0	10	
#200	0.074	35.44	2.5	98.4	1.6			
CAZOLETA		22.68	1.6	100.0	0.0			
<b>TOTAL</b>		<b>1429.46</b>						
				<b>Mf =</b>	<b>3.2</b>			



Observaciones :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO  
 (ASTM 136-93 NTP 400.012)

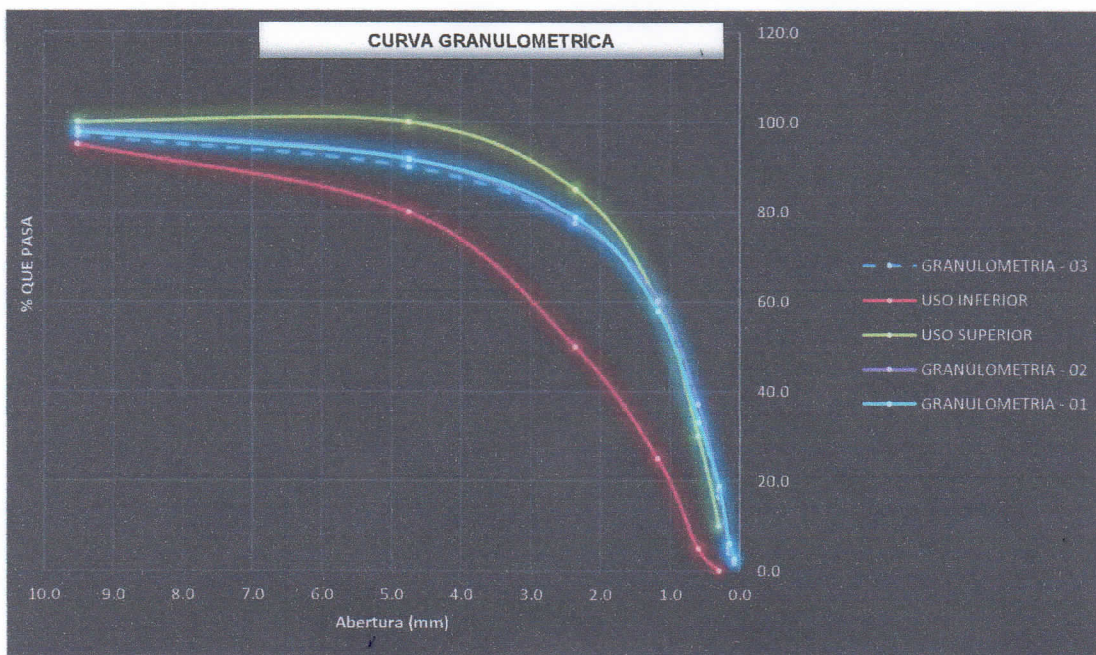
<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN
<b>AGREGADO:</b>	ARENA

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICO**

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que Pasa - 01	Porcentaje que Pasa - 02	Porcentaje que Pasa - 03	USO - 56	Descripción
3/8"	9.500	97.8	98.5	96.9	100 100	
# 4	4.750	91.7	91.8	90.0	95 100	
# 8	2.360	78.8	77.5	77.5	80 100	
# 16	1.180	57.9	60.3	60.3	50 85	
# 30	0.600	33.1	37.1	33.8	25 60	
# 50	0.300	18.8	18.0	16.4	5 30	
# 100	0.150	6.1	5.2	4.1	0 10	
#200	0.074	2.7	2.5	1.6		
CAZOLETA		0.0	0.0	0.0		

4. Observaciones (Fuente de Normalización)

MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES 2016



Observaciones :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b> (NTP 339.185)				
<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"			
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN- CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN			
<b>AGREGADO:</b>	ARENA			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	
Peso de tara (gr)	150.00	143.00	164.00	
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	2150.00	2143.00	2164.00	
Peso de tara + muestra seca (gr)	2100.00	2090.00	2105.00	
Peso de la muestra húmeda (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	
Peso de la muestra seca (gr)	1950.00	1947.00	1941.00	
Porcentaje de humedad	2.56%	2.72%	3.04%	
Promedio (%)	<b>2.78%</b>			
<b>Observaciones :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>TÉCNICO DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		 TÉCNICO DEL LABORATORIO MATERIALES Y ESTRUCTURAS	Ing. Luis Fernando Romero Chuquillín	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES**



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**  
(NTP 400.017)

<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN- CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN
<b>AGREGADO:</b>	ARENA

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO**



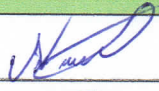




ÍTEM	ENSAYO	1°	2°	3°
A	Peso del recipiente (Kg)	1.6500	1.6500	1.6500
B	Peso del recipiente + muestra (Kg)	5.830	5.840	5.860
C	Volumen del molde (m³)	0.0028	0.0028	0.0028
D	Peso de la muestra (Kg)	4.180	4.19	4.21
	<b>Peso unitario suelto del agregado (Kg/m³)</b>	<b>1491.44</b>	<b>1495.01</b>	<b>1502.15</b>
	<b>Peso unitario suelto promedio (Kg/m³)</b>	<b>1496.20</b>		



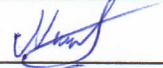



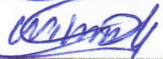
**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO**



ÍTEM	ENSAYO	1°	2°	3°
A	Peso del recipiente (Kg)	1.6500	1.6500	1.6500
B	Peso del recipiente + muestra (Kg)	6.070	6.090	6.130
C	Volumen del molde (m³)	0.0028	0.0028	0.0028
D	Peso de la muestra (Kg)	4.420	4.44	4.48
	<b>Peso unitario compactado del agregado (Kg/m³)</b>	<b>1577.07</b>	<b>1584.21</b>	<b>1598.48</b>
	<b>Peso unitario compactado promedio (Kg/m³)</b>	<b>1586.59</b>		

**Observaciones :**

RESPONSABLES DEL ENSAYO	TÉCNICO DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 201.5051.037	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA 	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 201.6052013	TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS 	Ing. Luis Ferrnando Romero Chuquilin

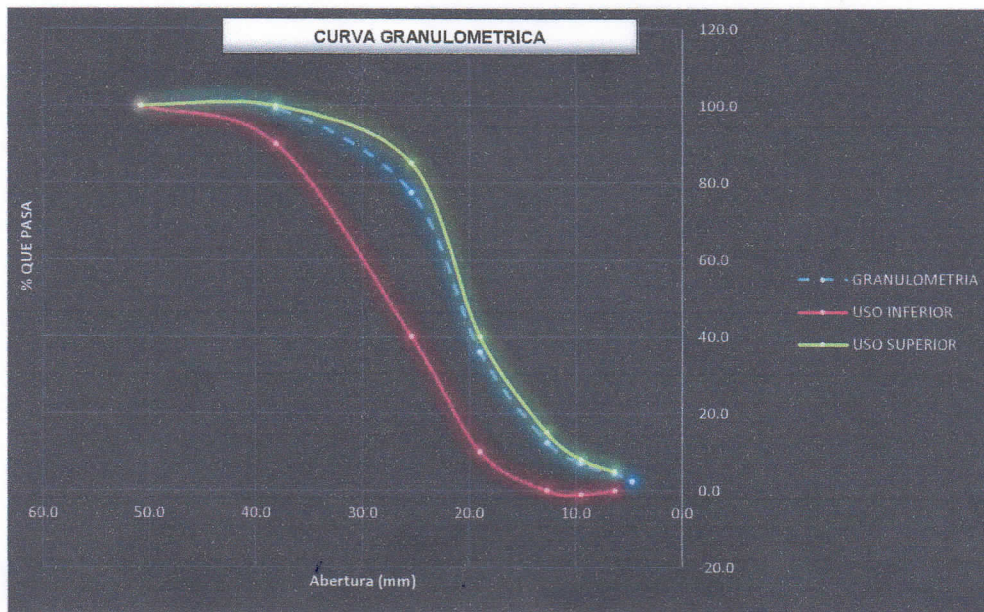
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>			
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO FINO (NTP 400.022)</b>				
<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"			
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN			
<b>AGREGADO:</b>	ARENA			
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO FINO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
	Peso de la fiola (500 ml)	141.60	137.30	137.30
	Peso de la tara (gr)	95.50	94.30	84.30
	Peso final de la muestra + tara (gr)	595.50	567.90	573.80
<b>A</b>	Peso de la muestra seca en el horno	490.00	489.30	489.60
<b>B</b>	Peso de la fiola llenado con agua hasta la marca de calibración (gr)	641.10	641.00	641.10
<b>C</b>	Peso de la fiola con la muestra y agua hasta la marca de calibración (gr)	950.70	944.60	945.30
<b>S</b>	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	500.00	500.00	500.00
	Densidad del agua (gr/cm3)	0.998	0.998	0.998
<b>Pem</b>	Densidad específica de masa (gr/cm3)	2.568	2.486	2.496
<b>PeSSS</b>	Densidad saturada superficialmente seca (gr/cm3)	2.62	2.54	2.55
<b>Pea</b>	Densidad aparente (gr/cm3)	2.711	2.630	2.635
<b>Ab</b>	Absorción (%)	2.04%	2.19%	2.12%
<b>Pem</b>	<b>Densidad específica de masa promedio (gr/cm3)</b>	<b>2.52</b>		
<b>PeSSS</b>	<b>Densidad saturada superficialmente seca promedio (gr/cm3)</b>	<b>2.57</b>		
<b>Pea</b>	<b>Densidad aparente promedio (gr/cm3)</b>	<b>2.66</b>		
<b>Ab</b>	<b>Absorción promedio (%)</b>	<b>2.12%</b>		
<b>Observaciones :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2015052013		 TÉCNICO DEL LABORATORIO MATERIALES Y ESTRUCTURAS		

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>				
<b>CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ #200</b> (NTP 400.018)				
<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"			
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marín Díaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CONCHÁN- CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	CONCHÁN			
<b>AGREGADO:</b>	ARENA			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ #200</b>				
	<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
	Peso de tara (gr)	95.40	95.10	93.50
	Peso de tara + muestra (gr)	595.40	595.10	593.50
	Peso seco de la muestra inicial (gr)	500.00	500.00	500.00
	Peso de tara + muestra lavada seca (gr)	589.50	586.70	587.80
	Peso seco de muestra ensayada (gr)	494.10	491.60	494.30
	Material que pasa la malla # 200 (gr)	5.90	8.40	5.70
	Porcentaje que pasa la malla # 200	1.18%	1.68%	1.14%
	Promedio (%)	1.33%		
<b>OBSERVACIONES :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>TÉCNICO DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
Wilmer Marín Díaz Medina Codigo: 2016052013				




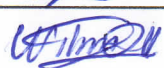
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)	

<b>TESIS:</b>	“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”
<b>RESPONSABLE:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marín Díaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 01								
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56		Descripción
								<b>1. Peso de Material</b>
								Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
								Peso Final Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
								Pérdida por tamizado <span style="float: right;">0.03%</span>
								Condición <span style="float: right;">Aceptada</span>
								<b>2. Características</b>
								Tamaño Máximo <span style="float: right;">2"</span>
								Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">1 1/2"</span>
								Mf = <span style="float: right;">6.6</span>
								<b>3. Contenido de humedad muestra Integral</b>
								Contenido de Humedad Promedio (%)
								<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
								Manual de ensayos de materiales 2016
CAZOLETA FONDO		0.09	0.0	97.6	2.4	0	5	
Peso Resultante		4.97						



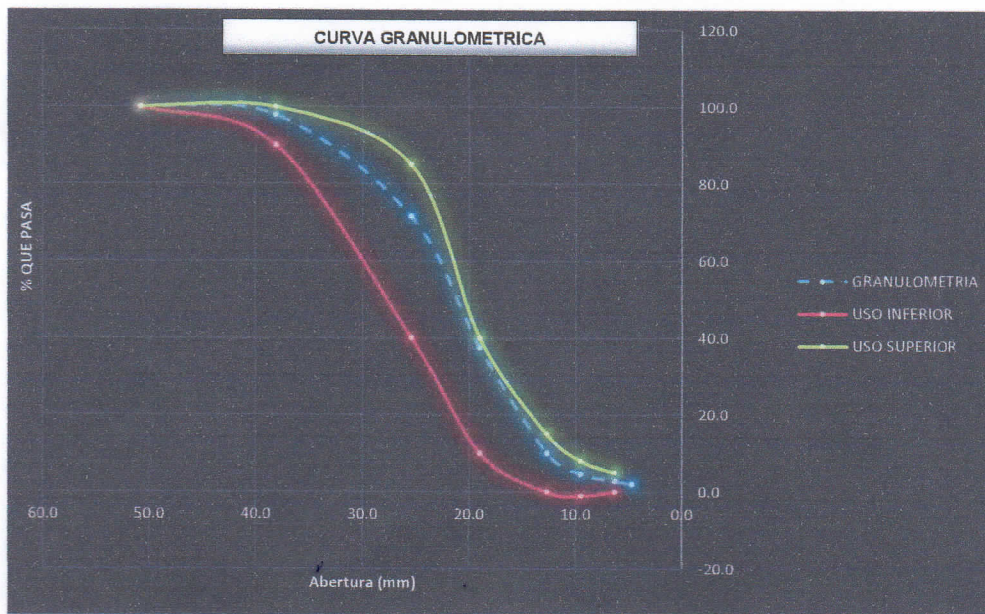
Observaciones :

RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Ing. Luis Fernando Ramero Chuquilin
Wilmer Marín Díaz Medina Codigo: 2016052013			

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)	



<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"
<b>RESPONSABLE:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 02							
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56	Descripción
							<b>1. Peso de Material</b>
							Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
							Peso Final Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
							Pérdida por tamizado <span style="float: right;">0.01%</span>
							Condición <span style="float: right;">Aceptada</span>
							<b>2. Características</b>
							Tamaño Máximo <span style="float: right;">2"</span>
							Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">1 1/2"</span>
							Mf = <span style="float: right;">6.6</span>
							<b>3. Contenido de humedad muestra Integral</b>
							Contenido de Humedad Promedio (%)
							<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
							Manual de ensayos de materiales 2016
CAZOLETA FONDO		0.09	0.0	98.0	2.0	0 5	
<b>Peso Resultante</b>		<b>4.98</b>					



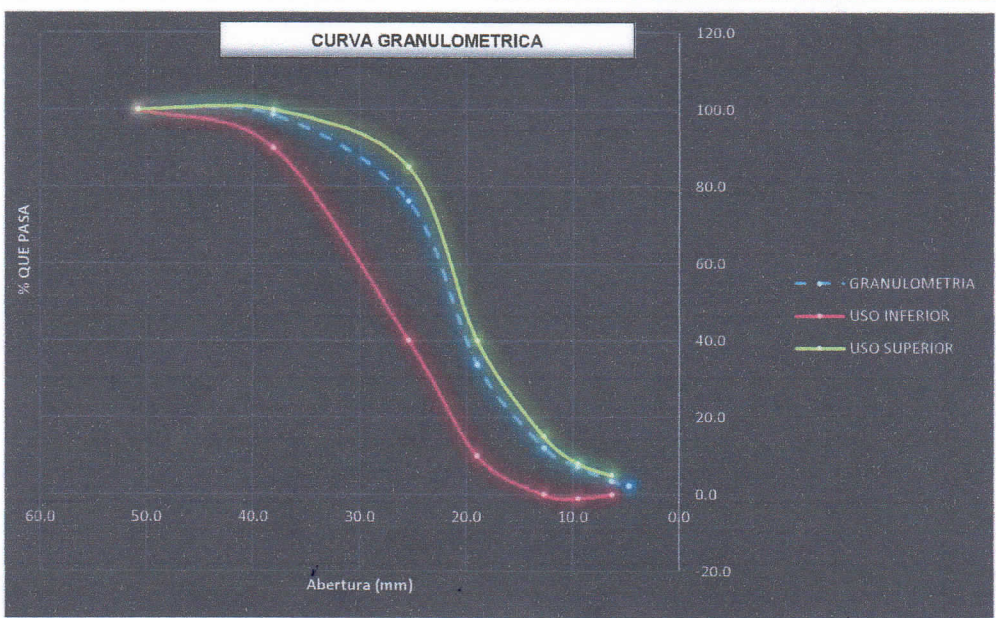
Observaciones : \_\_\_\_\_

RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		

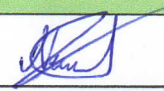




	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>	
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)</b>	

<b>TESIS:</b>	<b>"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"</b>
<b>RESPONSABLE:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 03								
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	USO - 56		Descripción
								<b>1. Peso de Material</b>
								Peso Inicial Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
								Peso Final Total (kg) <span style="float: right;">5.0</span>
								Pérdida por tamizado <span style="float: right;">0.02%</span>
								Condición <span style="float: right;">Aceptada</span>
								<b>2. Características</b>
								Tamaño Máximo <span style="float: right;">2"</span>
								Tamaño Máximo Nominal <span style="float: right;">1 1/2"</span>
								Mf = <span style="float: right;">6.6</span>
								<b>3. Contenido de humedad muestra Integral</b>
								Contenido de Humedad Promedio (%)
								<b>4. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
								Manual de ensayos de materiales 2016
CAZOLETA FONDO		0.09	0.0	97.8	2.2	0	5	
<b>Peso Resultante</b>		<b>4.98</b>						



**Observaciones :** \_\_\_\_\_

RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<b>Neiser Solano Linares</b> Codigo: 2015051037 	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>  <b>TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS</b>	 <b>Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin</b>
<b>Wilmer Marin Diaz Medina</b> Codigo: 2016052013 		



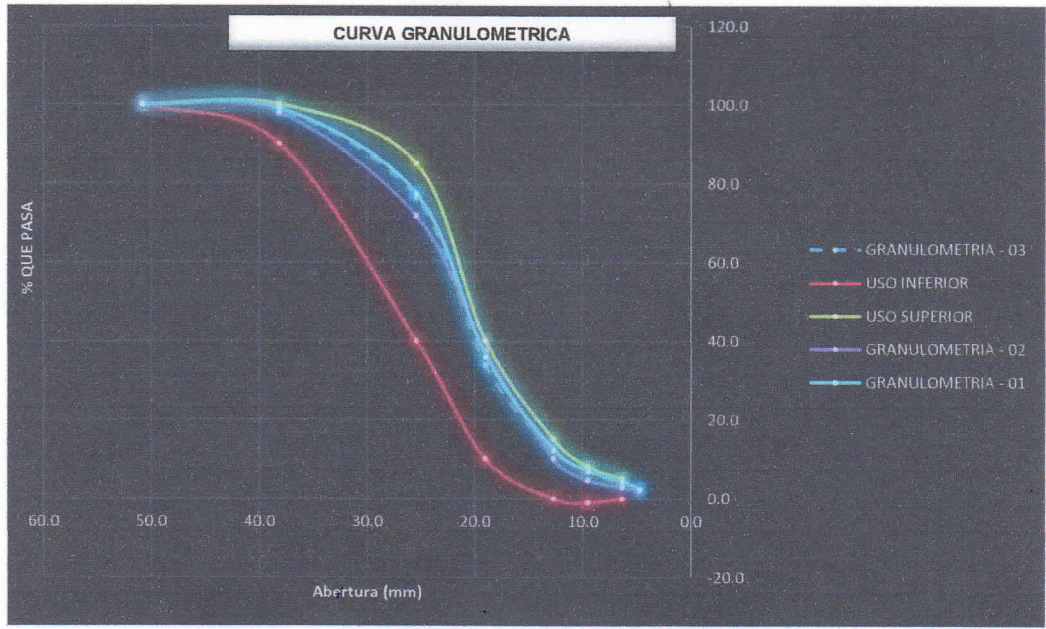
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**  
**(NTP 400.012)**



<b>TESIS:</b>	<b>“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”</b>
<b>RESPONSABLE:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA

**CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICO**



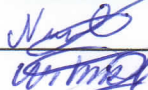




Tamices ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que Pasa - 01	Porcentaje que Pasa - 02	Porcentaje que Pasa - 03	USO - 56		Descripción
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800	100.0	100.0	100.0			
1 1/2"	38.100	99.2	97.8	98.6	100	100	
1"	25.400	77.4	71.6	76.2	90	100	
3/4"	19.000	36.0	37.4	33.8	40	85	
1/2"	12.700	12.4	10.0	12.0	10	40	
3/8"	9.520	7.0	4.6	7.2	0	15	
1/4"	6.350	4.4	2.8	3.4			
N° 4	4.750	2.4	2.0	2.2	0	5	



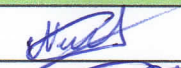





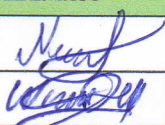



*Observaciones :* \_\_\_\_\_



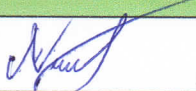

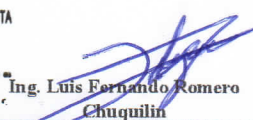


RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013			

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NTP 339.185)</b>				
<b>TESIS:</b>	<b>"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"</b>			
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA			
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	
<b>Peso de tara (gr)</b>	180.00	194.00	175.00	
<b>Peso de tara + muestra húmeda (gr)</b>	5180.00	5194.00	5175.00	
<b>Peso de tara + muestra seca (gr)</b>	5120.00	5142.00	5118.00	
<b>Peso de la muestra húmeda (gr)</b>	5000.00	5000.00	5000.00	
<b>Peso de la muestra seca (gr)</b>	4940.00	4948.00	4943.00	
<b>Porcentaje de humedad</b>	1.21%	1.05%	1.15%	
<b>Promedio (%)</b>	1.14%			
<b>Observaciones :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>TÉCNICO DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 201.5051.037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 201.6052013				

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA				
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES				
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO</b>					
(NTP 400.017)					
<b>TESIS:</b>	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"				
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina				
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA				
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA				
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	
A	Peso del recipiente (Kg)	4.6600	4.6600	4.6600	
B	Peso del recipiente + muestra (Kg)	18.490	18.520	18.500	
C	Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.00930	0.00930	0.00930	
D	Peso de la muestra (Kg)	13.830	13.86	13.84	
	<b>Peso unitario suelto del agregado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1487.10</b>	<b>1490.32</b>	<b>1488.17</b>	
	<b>Peso unitario suelto promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1488.53</b>			
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	
A	Peso del recipiente (Kg)	4.66	4.66	4.66	
B	Peso del recipiente + muestra (Kg)	18.71	18.81	18.86	
C	Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.0093	0.0093	0.0093	
D	Peso de la muestra (Kg)	14.05	14.15	14.2	
	<b>Peso unitario compactado del agregado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1510.75</b>	<b>1521.51</b>	<b>1526.88</b>	
	<b>Peso unitario compactado promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1519.71</b>			
<b>Observaciones :</b>					
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>TÉCNICO DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		 Ing. Luis Fernando Romero Chuquibambilla	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013					TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO</b> (NTP 400.021)				
<b>TESIS:</b>	<b>"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"</b>			
<b>RESPONSABL</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	CHOCTAPATA			
<b>AGREGADO:</b>	PIEDRA CHANCADA			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>Descripción</b>		<b>Agregado Grueso</b>		
Nº de muestra		01	02	03
Peso del recipiente		330.00 gr	330.00 gr	330.00 gr
Peso de la muestra inicial + recipiente		5330.00 gr	5330.00 gr	5330.00 gr
Peso de la muestra seca en el aire		5000.00 gr	5000.00 gr	5000.00 gr
Peso del recipiente		330.00 gr	330.00 gr	330.00 gr
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente		5460.00 gr	5456.00 gr	5449.00 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire		5130.00 gr	5126.00 gr	5119.00 gr
Peso en el agua de la muestra saturada		3331.20 gr	3327.60 gr	3324.90 gr
Densidad del agua		0.99842 gr	0.99842 gr	0.998 gr/cm3
Peso específico de masa (pem)		2.78 gr/cm3	2.78 gr/cm3	2.78 gr/cm3
<b>Promedio Peso específico de masa (pem)</b>		<b>2.78 gr/cm3</b>		
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)		2.85 gr/cm3	2.85 gr/cm3	2.85 gr/cm3
<b>Promedio Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)</b>		<b>2.85 gr/cm3</b>		
Peso específico aparente (Pea)		2.99 gr/cm3	2.98 gr/cm3	2.98 gr/cm3
<b>Promedio Peso específico aparente (Pea)</b>		<b>2.99 gr/cm3</b>		
<b>ABSORCIÓN</b>				
<b>Descripción</b>		<b>MUESTRAS</b>		
Nº de muestra		01	02	03
Peso del recipiente		330.00 gr	330.00 gr	330.00 gr
Peso de la muestra inicial + recipiente		5330.00 gr	5330.00 gr	5330.00 gr
Peso de la muestra seca en el aire		5000.00 gr	5000.00 gr	5000.00 gr
Peso de la muestra con superficie seca + recipiente		5360.00 gr	5357.00 gr	5356.00 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire		5030.00 gr	5027.00 gr	5026.00 gr
Peso final de la muestra despues de la estufa		4988.00 gr	4987.00 gr	4981.00 gr
Absorción (Ab)		0.83%	0.80%	0.90%
Absorción promedio %		<b>0.84%</b>		
<b>Observaciones :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	 Ing. Luis Fernando Romero Chuquillin	
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES	
ABRACION LOS ANGELES (NTP 400.019)							
TESIS:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"						
RESPONSABLES:	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina						
UBICACIÓN:	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA						
CANTERA:	CHOCTAPATA						
AGREGADO:	PIEDRA CHANCADA						
		Muestra		1	2	3	
		Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs.) GRADACION (A)	
mm	pulg.	mm	pulg.				
38.10	1 1/2"	25.40	1"	1250	1250	1250	
25.40	1"	19.00	3/4"	1250	1250	1250	
19.00	3/4"	12.70	1/2"	1250	1250	1250	
12.70	1/2"	9.52	3/8"	1250	1250	1250	
Peso Total				5000	5000	5000	
Material que pasa el Tamiz N° 12				1310	1299	1302	
Material retenido en el Tamiz N° 12 (Peso Obtenido)				3690	3701	3698	
N° de Esferas				12	12	12	
Porcentaje Obtenido				26.20%	25.98%	26.04%	
Desgaste				26.07%			
OBSERVACIONES :							
RESPONSABLES DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037				UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013				TÉCNICO DEL LABORATORIO	Ing. Luis Fernando Romero Chuquillín		
MATERIALES Y ESTRUCTURAS							

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</b>			
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES</b>			
<b>RESUMEN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS</b>				
<b>TESIS:</b>	<b>"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"</b>			
<b>RESPONSABLES:</b>	Neiser Solano Linares Wilmer Marin Diaz Medina			
<b>UBICACIÓN:</b>	CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA			
<b>CANTERA:</b>	-----			
<b>AGREGADO:</b>	-----			
<b>AGREGADO FINO (A-F) Y GRUESO (A-G)</b>				
<b>PROPIEDAD</b>	<b>A-F</b>	<b>A-G</b>	<b>und</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	2.78	1.14	%	
<b>Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)</b>	1496.2	1488.53	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)</b>	1586.9	1519.71	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso Especifico de Masa (Pem)</b>	2.52	2.78	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca (PeSSS)</b>	2.57	2.85	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>Peso Especifico Aparente (Pea)</b>	2.66	2.99	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>Absorcion (Abs)</b>	2.12	0.84	%	
<b>Resistencia al desgaste</b>	---	26.07	%	
<b>Observaciones :</b>				
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>	
Neiser Solano Linares Codigo: 2015051037		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
Wilmer Marin Diaz Medina Codigo: 2016052013		 TÉCNICO DEL LABORATORIO MATERIALES Y ESTRUCTURAS	Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin	

Diseños de mezcla de concreto poroso



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS: WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 01  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

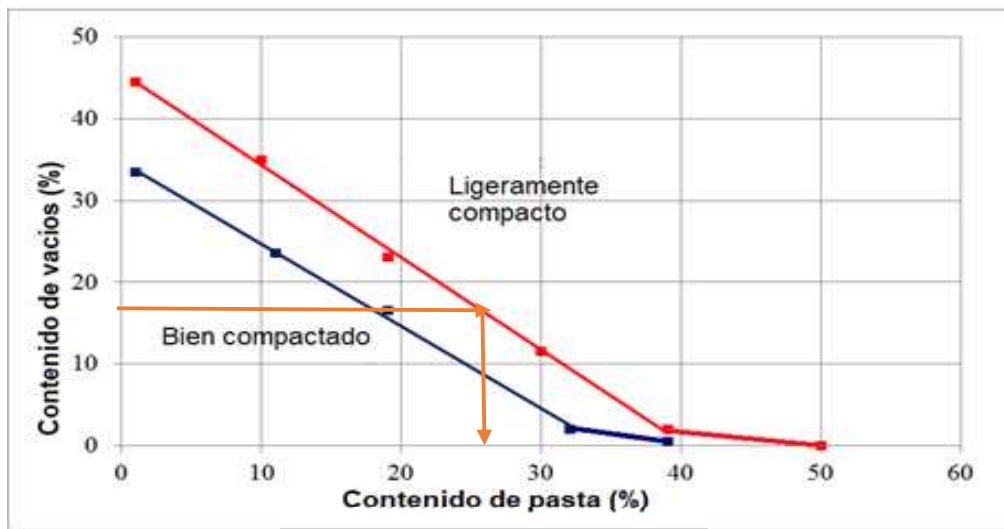
1. Consideraciones para Diseño de Mezcla (Concreto poroso)

Relación a/c	0.30
Contenido de vacíos (%)	18.00
Agregado fino (%)	10.00
Sika Cem Plastificante	Plastificante
Compactado	Ligeramente Compactado

2. Características Físicas del Cemento, Agregados y Aditivo

Materiales	Cantera	Peso Especifico	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	Absorción (%)	Modulo de Finura	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika Cem Plastificante	Sika	1200					

3. Contenido de Pasta Segun Norma



$$Vp = c/PEc + a/PEa$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 01  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

$V_p = 0.27$

$0.27 = c/3080 + 0.30c/1000$

Cemento	c=	432.22 kg
Agua de diseño	a=	129.67 l
Aditivo	Ad=	5084.99 ml

4. Agregado Grueso

$\text{Peso Ag. grueso} = \frac{b}{b_o} * \text{peso unitario seco compactado ag. grueso}$

Agregado fino (%)	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Peso Ag. grueso= 1413.33 kg

5. Agregado Fino

$\text{Peso Ag. fino seco} = \text{Volumen absoluto de Ag. fino} * (\text{Pe Ag. fino})$

Vol. Absoluto de cemento	=	0.14 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de vacíos	=	0.18 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agua	=	0.13 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agregado grueso	=	0.51 m <sup>3</sup>

Vol. Absoluto de agregado fino	=	0.04 m <sup>3</sup>
Peso del Ag. Fino	=	104.85 kg/m <sup>3</sup>

6. Materiales de Diseño por m<sup>3</sup> de Concreto Permeable

Cemento	=	432.22 kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	=	129.67 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1413.33 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	104.85 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	5084.99 ml/m <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 01  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

7. Corrección por Humedad de los Agregados

Agua efectiva:  $= \text{Agua de diseño} - ((\text{Humedad Ag. Grueso} - \text{Absorción Ag. Grueso})/100) * (\text{Ag. Grueso}) + (\text{Ag. Fino})(\text{Humedad Ag. Fino} - \text{Absorción Ag. fino})/100$   
 $= 121.88 \text{ l/m}^3$

Agregado grueso:  $= \text{Ag. Grueso} * (\text{Humedad Ag. Grueso} / 100)$   
 $= 1429.44 \text{ kg/m}^3$

Agregado fino:  $= \text{Ag. Fino} * (\text{Humedad Ag. Fino} / 100)$   
 $= 107.77 \text{ kg/m}^3$

Cemento:  $= 432.22 \text{ kg/m}^3$

Por lo Tanto se Tiene:

Cemento:	432.22 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	121.88 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso:	1429.44 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	107.77 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	5084.99 ml/m <sup>3</sup>

8. Proporción de Materiales en Peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	
432.22	107.77	1429.44	121.88	
432.22	432.22	432.22	432.22	*42.5
1	0.25	3.31	11.98	l/bolsa

Cemento:	12.24 kg/pie <sup>3</sup>
Agua efectiva:	3.45 l/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso:	40.48 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino:	3.05 kg/pie <sup>3</sup>



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA N° 01 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

#### 9. Mezcla de Concreto Permeable Diseño N° 10 en el Laboratorio

Cálculo de volumen par 9 especímenes cilíndricos para resistencia a la compresión, 3 especímenes para resistencia a la flexión y 3 especímenes cilíndricos para pruebas de permeabilidad.

Especímenes Resistencia a la Compresión	
Diámetro promedio	0.15 m
Altura promedio	0.30 m
N° de testigos	9.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0495 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Prueba de Permeabilidad	
Diámetro promedio	0.11 m
Altura promedio	0.15 m
N° de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0040 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Resistencia a la Flexión	
Largo	0.80 m
Ancho	0.15 m
Alto	0.15 m
N° de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0540 m<sup>3</sup></b>

se considera un desperdicio de 8%

Por lo tanto el volumen total de la mezcla es de:

$$V = 0.116 \text{ m}^3$$

#### 10. Materiales para Pruebas de Laboratorio

Cemento	=	50.16 kg
Agua de diseño	=	14.14 l
Agregado grueso	=	165.89 kg
Agregado fino	=	12.51 kg
Aditivo	=	590.12 ml
<b>Total</b>	=	<b>242.70 kg</b>

#### 11. Datos del Laboratorio

Asentamiento (SLUMP):	0.00 pulgadas
Temperatura:	17.60 °C
Contenido de aire:	15.45%

Peso unitario (concreto fresco):

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{concreto} + \text{peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 01  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

Volumen de recipiente	0.0070 m <sup>3</sup>	
Peso del recipiente	3.45 kg	
Peso del recipiente mas concreto	19.20 kg	
<b>Peso unitario</b>	<b>2261.88 kg/m<sup>3</sup></b>	

12. Rendimiento de la Mezcla de Concreto Permeable

Rendimiento:  $\frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} = 0.107$

Aporte de humedad del agregado grueso:	=Ag. Grueso ((Humedad-Absorción)/100)	0.497666
Aporte de humedad del agregado fino:	=Ag. Fino*((Humedad-Absorción)/100)	0.08
Volumen absoluto de cemento:	=Cemento kg/Pe Cemento =(Agua de diseño+Ap. Humedad	0.016 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agua:	Ag. Grueso+ Ap. Humedad Ag. Fino)/1000	0.015 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado grueso:	=(Ag. Grueso+Ap. Humedad Ag. Grueso)/Pe Ag. grueso	0.059 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado fino:	=(Ag. Fino+Ap. Humedad Ag. Fino)/Pe Ag. Fino	0.005 m <sup>3</sup>
Total de volumen absoluto:	=Σ volúmenes absolutos	0.095 m <sup>3</sup>
Porcentaje de vacíos :	=(Rendimiento -Σ volúmenes absolutos ) /Rendimiento*100	11.06 %

RESPONSABLES DEL ENSAYO

ASESOR

Neiser Solano Linares  
Codigo: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
Codigo: 2016052013

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS: WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 02  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

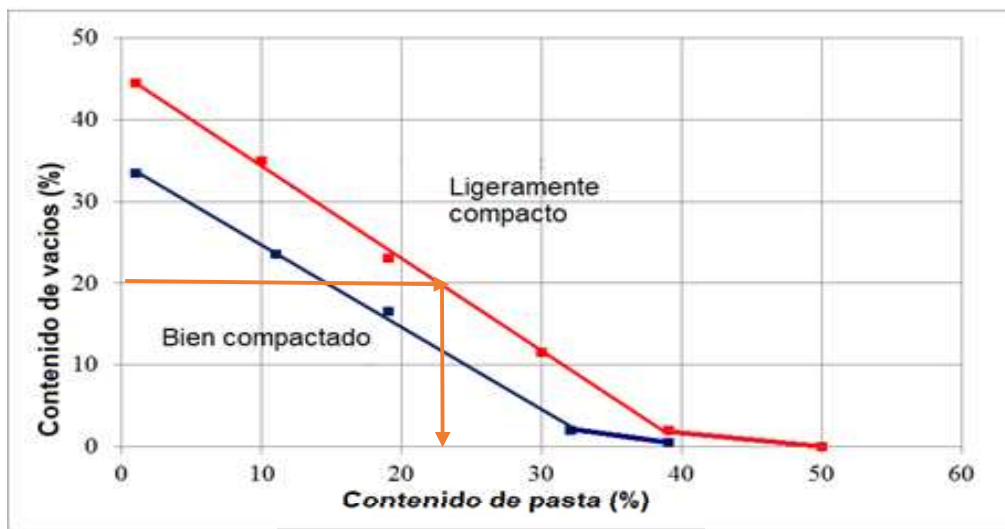
1. Consideraciones para Diseño de Mezcla (Concreto poroso)

Relación a/c	0.30
Contenido de vacíos (%)	20.00
Agregado fino (%)	8.00
Sika Cem Plastificante	Plastificante
Compactado	Ligeramente Compactado

2. Características Físicas del Cemento, Agregados y Aditivo

Materiales	Cantera	Peso Especifico	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	Absorción (%)	Modulo de Finura	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika Cem Plastificante	Sika	1200					

3. Contenido de Pasta Segun Norma



$$V_p = c/PEc + a/PEa$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 02  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

$V_p = 0.23$

$0.23 = c/3080 + 0.30c/1000$

Cemento  $c = 368.19 \text{ kg}$   
 Agua de diseño  $a = 110.46 \text{ l}$   
 Aditivo  $Ad = 4331.66 \text{ ml}$

4. Agregado Grueso

$\text{Peso Ag. grueso} = \frac{b}{b_o} * \text{peso unitario seco compactado ag. grueso}$

Agregado fino (%)	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
8	0.94	
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

$\text{Peso Ag. grueso} = 1431.57 \text{ kg}$

5. Agregado Fino

$\text{Peso Ag. fino seco} = \text{Volumen absoluto de Ag. fino} * (\text{Pe Ag. fino})$

Vol. Absoluto de cemento	=	0.12 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de vacíos	=	0.20 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agua	=	0.11 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agregado grueso	=	0.51 m <sup>3</sup>

Vol. Absoluto de agregado fino = 0.06 m<sup>3</sup>  
 Peso del Ag. Fino = 138.72 kg/m<sup>3</sup>

6. Materiales de Diseño por m<sup>3</sup> de Concreto Permeable

Cemento	=	368.19 kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	=	110.46 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1431.57 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	138.72 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	4331.66 ml/m <sup>3</sup>



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA Nº 02 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

#### 7. Corrección por Humedad de los Agregados

Agua efectiva:  $= \text{Agua de diseño} - ((\text{Humedad Ag. Grueso} - \text{Absorción Ag. Grueso})/100) * (\text{Ag. Grueso}) + (\text{Ag. Fino})(\text{Humedad Ag. Fino} - \text{Absorción Ag. fino})/100$   
 $= 103.47 \text{ l/m}^3$

Agregado grueso:  $= \text{Ag. Grueso} * (\text{Humedad Ag. Grueso} / 100)$   
 $= 1447.89 \text{ kg/m}^3$

Agregado fino:  $= \text{Ag. Fino} * (\text{Humedad Ag. Fino} / 100)$   
 $= 142.58 \text{ kg/m}^3$

Cemento:  $= 368.19 \text{ kg/m}^3$

#### Por lo Tanto se Tiene:

Cemento:	368.19 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	103.47 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso:	1447.89 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	142.58 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	4331.66 ml/m <sup>3</sup>

#### 8. Proporción de Materiales en Peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	
368.19	142.58	1447.89	103.47	
368.19	368.19	368.19	368.19	*42.5
1	0.39	3.93	11.94	l/bolsa

Cemento:	10.43 kg/pie <sup>3</sup>
Agua efectiva:	2.93 l/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso:	41.00 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino:	4.04 kg/pie <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 02  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

9. Mezcla de Concreto Permeable Diseño Nº 10 en el Laboratorio

Cálculo de volumen par 9 especímenes cilíndricos para resistencia a la compresión, 3 especímenes para resistencia a la flexión y 3 especímenes cilíndricos para pruebas de permeabilidad.

Especímenes Resistencia a la Compresión	
Diámetro promedio	0.15 m
Altura promedio	0.30 m
Nº de testigos	9.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0495 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Prueba de Permeabilidad	
Diámetro promedio	0.11 m
Altura promedio	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0040 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Resistencia a la Flexión	
Largo	0.80 m
Ancho	0.15 m
Alto	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0540 m<sup>3</sup></b>

se considera un desperdicio de 8%

Por lo tanto el volumen total de la mezcla es de:

$$V= 0.116 \text{ m}^3$$

10. Materiales para Pruebas de Laboratorio

Cemento	=	42.73 kg
Agua de diseño	=	12.01 l
Agregado grueso	=	168.03 kg
Agregado fino	=	16.55 kg
Aditivo	=	502.69 ml
<b>Total</b>	=	<b>239.31 kg</b>

11. Datos del Laboratorio

Asentamiento (SLUMP):	0.00 pulgadas
Temperatura:	18.40 °C
Contenido de aire:	16.80%

Peso unitario (concreto fresco):

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{concreto} + \text{peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 02  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

Volumen de recipiente	0.0070 m <sup>3</sup>
Peso del recipiente	3.60 kg
Peso del recipiente mas concreto	18.42 kg
<b>Peso unitario</b>	<b>2128.32 kg/m<sup>3</sup></b>

12. Rendimiento de la Mezcla de Concreto Permeable

Rendimiento:  $\frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} = 0.112$

Aporte de humedad del agregado grueso:	=Ag. Grueso ((Humedad-Absorción)/100)	0.504087
Aporte de humedad del agregado fino:	=Ag. Fino*((Humedad-Absorción)/100)	0.11
Volumen absoluto de cemento:	=Cemento kg/Pe Cemento	0.014 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agua:	=(Agua de diseño+Ap. Humedad Ag. Grueso+ Ap. Humedad Ag. Fino)/1000	0.013 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado grueso:	=(Ag. Grueso+Ap. Humedad Ag. Grueso)/Pe Ag. grueso	0.060 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado fino:	=(Ag. Fino+Ap. Humedad Ag. Fino)/Pe Ag. Fino	0.007 m <sup>3</sup>
Total de volumen absoluto:	=Σ volúmenes absolutos	0.093 m <sup>3</sup>
Porcentaje de vacíos :	=(Rendimiento -Σ volúmenes absolutos ) /Rendimiento*100	17.04 %

RESPONSABLES DEL ENSAYO

ASESOR

Neiser Solano Linares  
Codigo: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
Codigo: 2016052013

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA N° 03 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

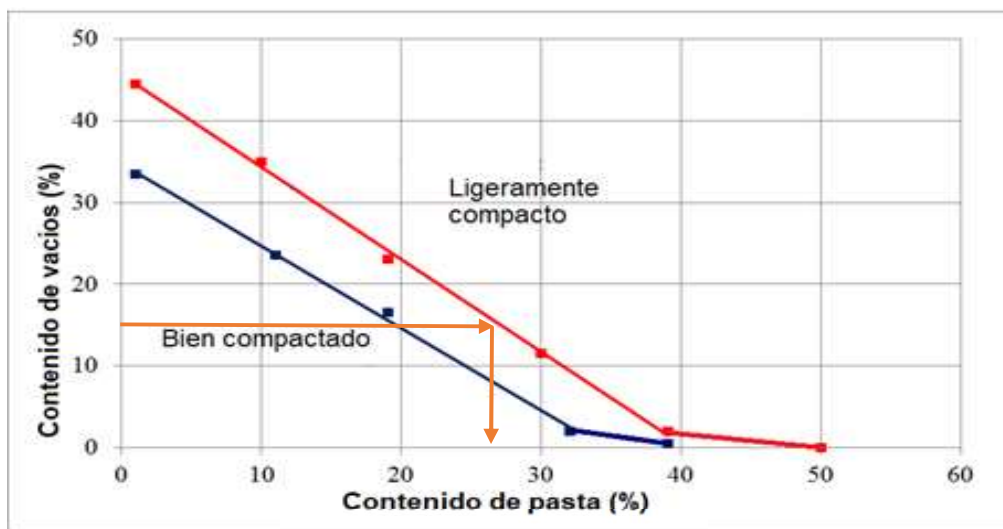
#### 1. Consideraciones para Diseño de Mezcla (Concreto poroso)

Relación a/c	0.28
Contenido de vacíos (%)	15.00
Agregado fino (%)	15.00
Sika Cem Plastificante	Plastificante
Compactado	Ligeramente Compactado

#### 2. Características Físicas del Cemento, Agregados y Aditivo

Materiales	Cantera	Peso Especifico	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	Absorción (%)	Modulo de Finura	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika Cem Plastificante	Sika	1200					

#### 3. Contenido de Pasta Segun Norma



$$V_p = c/PEc + a/PEa$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 03  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

$V_p = 0.28$

$0.28 = c/3080 + 0.30c/1000$

Cemento	c=	463.06 kg
Agua de diseño	a=	129.66 l
Aditivo	Ad=	5447.75 ml

4. Agregado Grueso

$\text{Peso Ag. grueso} = \frac{b}{b_o} * \text{peso unitario seco compactado ag. grueso}$

Agregado fino (%)	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
15	0.90	
20	0.85	0.86

Peso Ag. grueso= 1367.74 kg

5. Agregado Fino

$\text{Peso Ag. fino seco} = \text{Volumen absoluto de Ag. fino} * (\text{Pe Ag. fino})$

Vol. Absoluto de cemento	=	0.15 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de vacíos	=	0.15 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agua	=	0.13 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agregado grueso	=	0.49 m <sup>3</sup>

Vol. Absoluto de agregado fino	=	0.08 m <sup>3</sup>
Peso del Ag. Fino	=	196.58 kg/m <sup>3</sup>

6. Materiales de Diseño por m<sup>3</sup> de Concreto Permeable

Cemento	=	463.06 kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	=	129.66 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1367.74 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	196.58 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	5447.75 ml/m <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 03  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

7. Corrección por Humedad de los Agregados

Agua efectiva:  $= \text{Agua de diseño} - ((\text{Humedad Ag. Grueso} - \text{Absorción Ag. Grueso})/100) * (\text{Ag. Grueso}) + (\text{Ag. Fino})(\text{Humedad Ag. Fino} - \text{Absorción Ag. fino})/100$   
 $= 122.31 \text{ l/m}^3$

Agregado grueso:  $= \text{Ag. Grueso} * (\text{Humedad Ag. Grueso}/100)$   
 $= 1383.33 \text{ kg/m}^3$

Agregado fino:  $= \text{Ag. Fino} * (\text{Humedad Ag. Fino}/100)$   
 $= 202.04 \text{ kg/m}^3$

Cemento:  $= 463.06 \text{ kg/m}^3$

Por lo Tanto se Tiene:

Cemento:	463.06 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	122.31 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso:	1383.33 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	202.04 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	5447.75 ml/m <sup>3</sup>

8. Proporción de Materiales en Peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	
463.06	202.04	1383.33	122.31	*42.5
463.06	463.06	463.06	463.06	
1	0.44	2.99	11.23	l/bolsa

Cemento:	13.11 kg/pie <sup>3</sup>
Agua efectiva:	3.46 l/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso:	39.17 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino:	5.72 kg/pie <sup>3</sup>



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA N° 03 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

#### 9. Mezcla de Concreto Permeable Diseño N° 10 en el Laboratorio

Cálculo de volumen par 9 especímenes cilíndricos para resistencia a la compresión, 3 especímenes para resistencia a la flexión y 3 especímenes cilíndricos para pruebas de permeabilidad.

Especímenes Resistencia a la Compresión	
Diámetro promedio	0.15 m
Altura promedio	0.30 m
N° de testigos	9.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0495 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Prueba de Permeabilidad	
Diámetro promedio	0.11 m
Altura promedio	0.15 m
N° de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0040 m<sup>3</sup></b>

Especímenes para Resistencia a la Flexión	
Largo	0.80 m
Ancho	0.15 m
Alto	0.15 m
N° de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0540 m<sup>3</sup></b>

se considera un desperdicio de 8%

Por lo tanto el volumen total de la mezcla es de:

$$V = 0.116 \text{ m}^3$$

#### 10. Materiales para Pruebas de Laboratorio

Cemento	=	53.74 kg
Agua de diseño	=	14.19 l
Agregado grueso	=	160.54 kg
Agregado fino	=	23.45 kg
Aditivo	=	632.22 ml
<b>Total</b>	=	<b>251.92 kg</b>

#### 11. Datos del Laboratorio

Asentamiento (SLUMP):	0.00 pulgadas
Temperatura:	17.60 °C
Contenido de aire:	14.50%

Peso unitario (concreto fresco):

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{concreto} + \text{peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 03  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

Volumen de recipiente	0.0070 m <sup>3</sup>
Peso del recipiente	3.81 kg
Peso del recipiente mas concreto	18.11 kg
<b>Peso unitario</b>	<b>2053.64 kg/m<sup>3</sup></b>

12. Rendimiento de la Mezcla de Concreto Permeable

Rendimiento:  $\frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} = 0.123$

Aporte de humedad del agregado grueso:	= $Ag. Grueso \cdot ((Humedad - Absorción) / 100)$	0.481612
Aporte de humedad del agregado fino:	= $Ag. Fino \cdot ((Humedad - Absorción) / 100)$	0.15
Volumen absoluto de cemento:	= $Cemento \text{ kg} / Pe \text{ Cemento}$	0.017 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agua:	= $(Agua \text{ de diseño} + Ap. Humedad \text{ Ag. Grueso} + Ap. Humedad \text{ Ag. Fino}) / 1000$	0.015 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado grueso:	= $(Ag. Grueso + Ap. Humedad \text{ Ag. Grueso}) / Pe \text{ Ag. Grueso}$	0.058 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado fino:	= $(Ag. Fino + Ap. Humedad \text{ Ag. Fino}) / Pe \text{ Ag. Fino}$	0.009 m <sup>3</sup>
Total de volumen absoluto:	= $\Sigma \text{ volúmenes absolutos}$	0.099 m <sup>3</sup>
Porcentaje de vacíos :	= $(Rendimiento - \Sigma \text{ volúmenes absolutos}) / Rendimiento \cdot 100$	19.22 %

RESPONSABLES DEL ENSAYO

ASESOR

Neiser Solano Linares  
Codigo: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
Codigo: 2016052013

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA N° 04 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

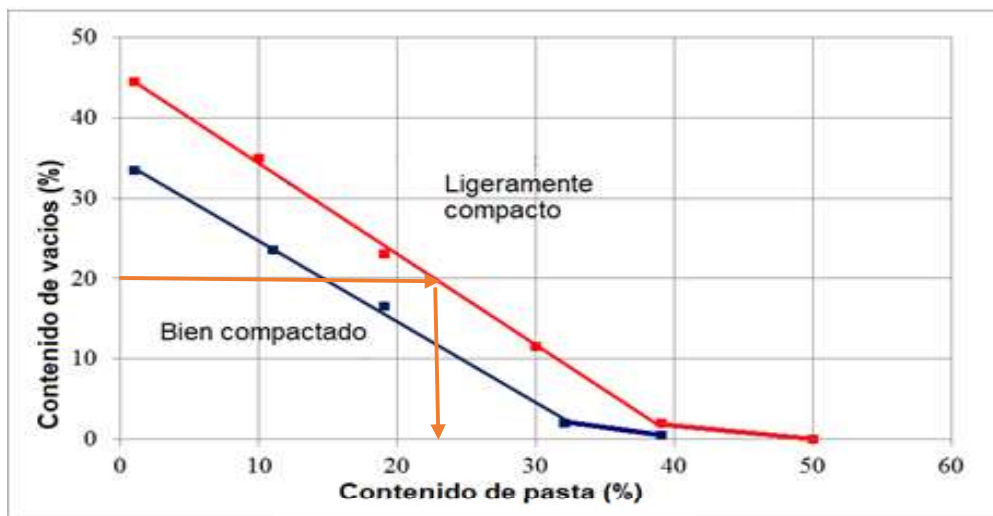
#### 1. Consideraciones para Diseño de Mezcla (Concreto poroso)

Relación a/c	0.33
Contenido de vacíos (%)	20.00
Agregado fino (%)	Sin Finos
Sika Cem Plastificante	Plastificante
Compactado	Ligeramente Compactado

#### 2. Características Físicas del Cemento, Agregados y Aditivo

Materiales	Cantera	Peso Específico	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	Absorción (%)	Modulo de Finura	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika Cem Plastificante	Sika	1200					

#### 3. Contenido de Pasta Segun Norma



$$V_p = c/PEc + a/PEa$$



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 04  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

$V_p = 0.24$

$0.24 = c/3080 + 0.30c/1000$

Cemento  $c = 366.59 \text{ kg}$   
 Agua de diseño  $a = 120.98 \text{ l}$   
 Aditivo  $Ad = 4312.87 \text{ ml}$

4. Agregado Grueso

$\text{Peso Ag. grueso} = \frac{b}{b_o} * \text{peso unitario seco compactado ag. grueso}$

Agregado fino (%)	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Peso Ag. grueso = 1504.51 kg

5. Agregado Fino

$\text{Peso Ag. fino seco} = \text{Volumen absoluto de Ag. fino} * (\text{Pe Ag. fino})$

Vol. Absoluto de cemento	=	0.12 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de vacíos	=	0.20 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agua	=	0.12 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agregado grueso	=	0.54 m <sup>3</sup>

Vol. Absoluto de agregado fino = No aplica  
 Peso del Ag. Fino = No aplica

6. Materiales de Diseño por m<sup>3</sup> de Concreto Permeable

Cemento	=	366.59 kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	=	120.98 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1504.51 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	No aplica kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	4312.87 ml/m <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 04  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

7. Corrección por Humedad de los Agregados

Agua efectiva:  $= \text{Agua de diseño} - ((\text{Humedad Ag. Grueso} - \text{Absorción Ag. Grueso}) / 100) * (\text{Ag. Grueso}) + (\text{Ag. Fino}) * (\text{Humedad Ag. Fino} - \text{Absorción Ag. fino}) / 100$   
 $= 112.87 \quad \text{l/m}^3$

Agregado grueso:  $= \text{Ag. Grueso} * (\text{Humedad Ag. Grueso} / 100)$   
 $= 1521.66 \quad \text{kg/m}^3$

Agregado fino:  $= \text{Ag. Fino} * (\text{Humedad Ag. Fino} / 100)$   
 No aplica  $\text{kg/m}^3$

Cemento:  $= 366.59 \quad \text{kg/m}^3$

Por lo Tanto se Tiene:

Cemento:	366.59 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	112.87 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso:	1521.66 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	No aplica kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	4312.87 ml/m <sup>3</sup>

8. Proporción de Materiales en Peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	
$\frac{366.59}{366.59}$	$\frac{\text{No aplica}}{\text{No aplica}}$	$\frac{1521.66}{366.59}$	$\frac{112.87}{366.59} * 42.5$	
1	No aplica	4.15	13.09	l/bolsa

Cemento:	10.38 kg/pie <sup>3</sup>
Agua efectiva:	3.20 l/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso:	43.09 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino:	No aplica kg/pie <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 04  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

9. Mezcla de Concreto Permeable Diseño N° 10 en el Laboratorio

Cálculo de volumen par 9 especímenes cilíndricos para resistencia a la compresión, 3 especímenes para resistencia a la flexión y 3 especímenes cilíndricos para pruebas de permeabilidad.

Especímenes Resistencia a la Compresión	
Diámetro promedio	0.15 m
Altura promedio	0.30 m
Nº de testigos	9.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0495 m³</b>

Especímenes para Prueba de Permeabilidad	
Diámetro promedio	0.11 m
Altura promedio	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0040 m³</b>

Especímenes para Resistencia a la Flexión	
Largo	0.80 m
Ancho	0.15 m
Alto	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0540 m³</b>

se considera un desperdicio de 8%

Por lo tanto el volumen total de la mezcla es de:

$$V = 0.116 \text{ m}^3$$

10. Materiales para Pruebas de Laboratorio

Cemento	=	42.54 kg
Agua de diseño	=	13.10 l
Agregado grueso	=	176.59 kg
Agregado fino	=	0.00 kg
Aditivo	=	500.51 ml
<b>Total</b>	=	<b>232.23 kg</b>

11. Datos del Laboratorio

Asentamiento (SLUMP):	0.00 pulgadas
Temperatura:	17.20 °C
Contenido de aire:	17.40%

Peso unitario (concreto fresco):

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{concreto} + \text{peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$



**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

**DISEÑO DE MEZCLA N° 04  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)**

Volumen de recipiente	0.0070 m <sup>3</sup>	
Peso del recipiente	4.60 kg	
Peso del recipiente mas concreto	19.20 kg	
<b>Peso unitario</b>	<b>2096.73 kg/m<sup>3</sup></b>	

**12. Rendimiento de la Mezcla de Concreto Permeable**

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} = 0.111$$

Aporte de humedad del agregado grueso:	=Ag. Grueso ((Humedad-Absorción)/100)	0.529773
Aporte de humedad del agregado fino:	=Ag. Fino*((Humedad-Absorción)/100)	0.00
Volumen absoluto de cemento:	=Cemento kg/Pe Cemento =(Agua de diseño+Ap. Humedad	0.014 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agua:	Ag. Grueso+ Ap. Humedad Ag. Fino)/1000	0.014 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado grueso:	=(Ag. Grueso+Ap. Humedad Ag. Grueso)/Pe Ag. grueso	0.063 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado fino:	=(Ag. Fino+Ap. Humedad Ag. Fino)/Pe Ag. Fino	0.000 m <sup>3</sup>
Total de volumen absoluto:	=Σ volúmenes absolutos	0.091 m <sup>3</sup>
Porcentaje de vacíos :	=(Rendimiento -Σ volúmenes absolutos ) /Rendimiento*100	18.05 %

**RESPONSABLES DEL ENSAYO**

**ASESOR**

Neiser Solano Linares  
Codigo: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
Codigo: 2016052013

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA N° 05 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

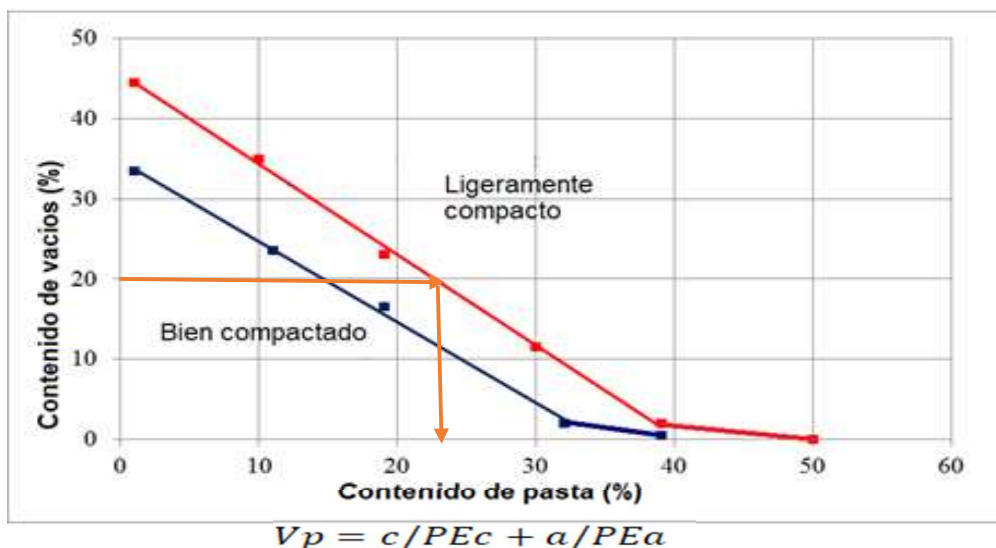
#### 1. Consideraciones para Diseño de Mezcla (Concreto poroso)

Relación a/c	0.35
Contenido de vacíos (%)	20.00
Agregado fino (%)	Sin Finos
Sika Cem Plastificante	Plastificante
Compactado	Ligeramente Compactado

#### 2. Características Físicas del Cemento, Agregados y Aditivo

Materiales	Cantera	Peso Específico	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	Absorción (%)	Modulo de Finura	Humedad (%)
Cemento tipo I	Pacasmayo	3080					
Agua	Laboratorio	1000					
Arena	Conchán	2520	1496.2	1586.9	2.12	3.2	2.78
Piedra Huso N° 67	Choctapata	2780	1488.53	1519.71	0.84	4.3	1.14
Sika Cem Plastificante	Sika	1200					

#### 3. Contenido de Pasta Segun Norma





“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA N° 05  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

$V_p = 0.24$

$0.24 = c/3080 + 0.30c/1000$

Cemento  $c = 355.73 \text{ kg}$   
 Agua de diseño  $a = 124.50 \text{ l}$   
 Aditivo  $Ad = 4185.02 \text{ ml}$

4. Agregado Grueso

$\text{Peso Ag. grueso} = \frac{b}{b_o} * \text{peso unitario seco compactado ag. grueso}$

Agregado fino (%)	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Huso N° 8	Huso N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Peso Ag. grueso = 1504.51 kg

5. Agregado Fino

$\text{Peso Ag. fino seco} = \text{Volumen absoluto de Ag. fino} * (\text{Pe Ag. fino})$

Vol. Absoluto de cemento	=	0.12 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de vacíos	=	0.20 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agua	=	0.12 m <sup>3</sup>
Vol. Absoluto de agregado grueso	=	0.54 m <sup>3</sup>

Vol. Absoluto de agregado fino = No aplica  
 Peso del Ag. Fino = No aplica

6. Materiales de Diseño por m<sup>3</sup> de Concreto Permeable

Cemento	=	355.73 kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	=	124.50 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	=	1504.51 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	=	No aplica kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	=	4185.02 ml/m <sup>3</sup>



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

### DISEÑO DE MEZCLA Nº 05 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

#### 7. Corrección por Humedad de los Agregados

Agua efectiva:  $= \text{Agua de diseño} - ((\text{Humedad Ag. Grueso} - \text{Absorción Ag. Grueso})/100) * (\text{Ag. Grueso}) + (\text{Ag. Fino})(\text{Humedad Ag. Fino} - \text{Absorción Ag. fino})/100$   
 $= 116.50 \quad \text{l/m}^3$

Agregado grueso:  $= \text{Ag. Grueso} * (\text{Humedad Ag. Grueso}/100)$   
 $= 1521.66 \quad \text{kg/m}^3$

Agregado fino:  $= \text{Ag. Fino} * (\text{Humedad Ag. Fino}/100)$   
 No aplica  $\text{kg/m}^3$

Cemento:  $= 355.73 \quad \text{kg/m}^3$

#### Por lo Tanto se Tiene:

Cemento:	355.73 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva:	116.50 l/m <sup>3</sup>
Agregado grueso:	1521.66 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	No aplica kg/m <sup>3</sup>
Aditivo:	4185.02 ml/m <sup>3</sup>

#### 8. Proporción de Materiales en Peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	
$\frac{355.73}{355.73}$	$\frac{\text{No aplica}}{\text{No aplica}}$	$\frac{1521.66}{355.73}$	$\frac{116.50}{355.73} * 42.5$	
1	No aplica	4.28	13.92	l/bolsa

Cemento:	10.07 kg/pie <sup>3</sup>
Agua efectiva:	3.30 l/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso:	43.09 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino:	0.00 kg/pie <sup>3</sup>



“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

TESISTAS:

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

DISEÑO DE MEZCLA Nº 05  
(NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

9. Mezcla de Concreto Permeable Diseño Nº 10 en el Laboratorio

Cálculo de volumen par 9 especímenes cilíndricos para resistencia a la compresión, 3 especímenes para resistencia a la flexión y 3 especímenes cilíndricos para pruebas de permeabilidad.

Especímenes Resistencia a la Compresión	
Diámetro promedio	0.15 m
Altura promedio	0.30 m
Nº de testigos	9.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0495 m³</b>

Especímenes para Prueba de Permeabilidad	
Diámetro promedio	0.11 m
Altura promedio	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0040 m³</b>

Especímenes para Resistencia a la Flexión	
Largo	0.80 m
Ancho	0.15 m
Alto	0.15 m
Nº de testigos	3.00 m
<b>Volumen</b>	<b>0.0540 m³</b>

se considera un desperdicio de 8%

Por lo tanto el volumen total de la mezcla es de:

$$V = 0.116 \text{ m}^3$$

10. Materiales para Pruebas de Laboratorio

Cemento	=	41.28 kg
Agua de diseño	=	13.52 l
Agregado grueso	=	176.59 kg
Agregado fino	=	0.00 kg
Aditivo	=	485.68 ml
<b>Total</b>	=	<b>231.39 kg</b>

11. Datos del Laboratorio

Asentamiento (SLUMP):	0.00 pulgadas
Temperatura:	18.00 °C
Contenido de aire:	16.80%

Peso unitario (concreto fresco):

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{concreto} + \text{peso del recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}}$$



### “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”

**TESISTAS:**

WILMER MARIN DÍAZ MEDINA  
NEISER SOLANO LINARES

#### DISEÑO DE MEZCLA Nº 05 (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)

Volumen de recipiente	0.0070 m <sup>3</sup>	
Peso del recipiente	3.92 kg	
Peso del recipiente mas concreto	18.90 kg	
<b>Peso unitario</b>	<b>2151.30 kg/m<sup>3</sup></b>	

#### 12. Rendimiento de la Mezcla de Concreto Permeable

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Total de material}}{\text{Peso unitario}} = 0.108$$

Aporte de humedad del agregado grueso:	=Ag. Grueso ((Humedad-Absorción)/100)	0.529773
Aporte de humedad del agregado fino:	=Ag. Fino*((Humedad-Absorción)/100)	0.00
Volumen absoluto de cemento:	=Cemento kg/Pe Cemento =(Agua de diseño+Ap. Humedad	0.013 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agua:	Ag. Grueso+ Ap. Humedad Ag. Fino)/1000	0.014 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado grueso:	=(Ag. Grueso+Ap. Humedad Ag. Grueso)/Pe Ag. grueso	0.063 m <sup>3</sup>
Volumen absoluto de agregado fino:	=(Ag. Fino+Ap. Humedad Ag. Fino)/Pe Ag. Fino	0.000 m <sup>3</sup>
Total de volumen absoluto:	=Σ volúmenes absolutos	0.091 m <sup>3</sup>
Porcentaje de vacíos :	=(Rendimiento -Σ volúmenes absolutos ) /Rendimiento*100	15.60 %

#### RESPONSABLES DEL ENSAYO

#### ASESOR

Neiser Solano Linares  
Codigo: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
Codigo: 2016052013

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
(UNACH)**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:  
"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA  
PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"



TESISTAS:	WILMER MARIN DÍAZ MEDINA	<u>UBICACIÓN</u> CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
	NEISER SOLANO LINARES	
RESUMEN DE RESULTADOS :	DISEÑOS DE MEZCLA (NORMAS ACI-522R-10 & ACI 211.3R-02)	

Consideraciones de Diseño						Resultados de Diseños					Propiedades Físicas del Concreto en Estado Fresco					Propiedades Mecánicas		Propiedad Hidráulica
Diseño	Relación a/c	Contenido de Vacíos (%)	Agregado Fino (%)	Consideración de aditivo	Nivel de compactado	Cemento (kg/m³)	Ag. Fino (kg/m³)	Ag. Grueso (kg/m³)	Agua (l/m³)	Aditivo (ml/m³)	Contenido de Vacíos por Variación de Volúmenes (%)	Contenido de Aire Método de Presión (%)	Asentamiento (SLUMP)	Temperatura (°C)	Peso Unitario (kg/m³)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)	Resistencia a la Flexión (kg/cm²)	Coefficiente de Permeabilidad (cm/s)
D1	0.30	18.00	10.00	Plastificante	Ligeramente Compactado	432.22	107.77	1429.44	121.88	5084.99	11.06	15.45	0.00	17.60	2261.88	219.49	52.22	0.20
D2	0.30	20.00	8.00	Plastificante	Ligeramente Compactado	368.19	142.58	1447.89	103.47	4331.66	17.04	16.80	0.00	18.40	2128.32	210.09	43.10	0.21
D3	0.28	15.00	15.00	Plastificante	Ligeramente Compactado	463.06	202.04	1383.33	122.31	5447.75	19.22	14.50	0.00	17.60	2053.64	225.59	57.08	0.19
D4	0.33	20.00	Sin Finos	Plastificante	Ligeramente Compactado	366.59	No aplica	1521.66	112.87	4312.87	18.05	17.40	0.00	17.20	2096.73	203.89	44.88	0.22
D5	0.35	20.00	Sin Finos	Plastificante	Ligeramente Compactado	355.73	No aplica	1521.66	116.50	4185.02	15.60	16.80	0.00	18.00	2151.30	207.18	47.20	0.21

Ensayos en el concreto endurecido

# ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

## TESIS

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

## SOLICITANTE

DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

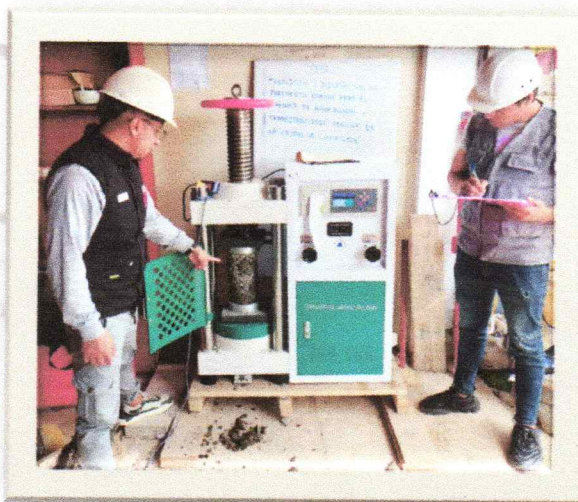
## UBICACIÓN

CHOTA, CHOTA- CAJAMARCA.

DISTRITO : CHOTA

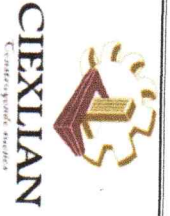
PROVINCIA: CHOTA

REGIÓN : CAJAMARCA



 CIEXLIAN Y LABORATORIO  
CIEXLIAN  
Ing. Hermes Rojas Tiravanti  
REG. CIP. 348840

**Diciembre del 2024**



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS  
(ASTM C39 )**

CIEXLIAN S. R. L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL: 950589432  
943450291

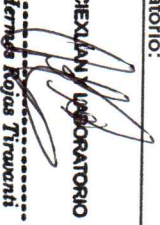
**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**TESIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"  
**UBICACIÓN:** CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA.  
**CLIENTE:** DIAZ MEDINA, Wilmer Martín - SOLANO LINARES, Neiser.

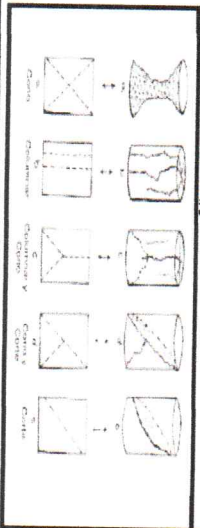
PROBETA N°	FECHA FABRICACIÓN	FECHA ROTURA	EDAD (días)	IDENTIFICACION	CARGA		DIAMETRO cm	RESISTENCIA		PROMEDIO kg./cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
					ROTURA KG	Máxima Alcansada kg./cm <sup>2</sup>					
1	24/10/2024	31/10/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	27168.16	153.74	15.00		153.74		b
2	24/10/2024	31/10/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	28279.70	160.46	14.98		160.46		c
3	24/10/2024	31/10/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	27562.24	155.76	15.01		155.76		c
1	24/10/2024	7/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	33022.73	186.87	15.00		186.87		d
2	24/10/2024	7/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	33918.68	192.20	14.99		192.20		b
3	24/10/2024	7/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	32383.02	183.25	15.00		183.25		c
1	24/10/2024	21/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	38476.16	217.15	15.02		217.15		c
2	24/10/2024	21/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	39183.02	222.03	14.99		222.03		b
3	24/10/2024	21/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	38750.07	219.28	15.00		219.28		c

**OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS**  
 El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas, solo se limitó a realizar la rotura del testigo  
 La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante  
 Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante  
 El molde y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante

**MARCA DE EQUIPO:**  
 Prensa de Concreto: Marca TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ, Serie: 230801

**Técnico de Laboratorio:**  
  
**Gustavo José Valdeques Solís**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO

EDAD (días)	RESISTENCIA MÍNIMA (%)
7	70%
14	85%
28	100%



TIPO DE FALLAS	
a	cono
b	columnar
c	columnar cono
d	cono corte
e	corte

**CIEXLIAN LABORATORIO**  
  
**Ing. Héctor Rojas Tiravanti**  
 REG. CP. 348840



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS  
(ASTM C39 )**

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL: 960589432  
943450291

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**TESTIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"  
**UBICACIÓN:** CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA  
**CLIENTE:** DIAZ MEDINA, Wilmer Matrin - SOLANO LINARES, Neiser.

PROBETA N°	FECHA FABRICACIÓN	FECHA ROTURA	EDAD (días)	IDENTIFICACION	CARGA		DIAMETRO cm	RESISTENCIA Máxima Alcansada kg./cm <sup>2</sup>	PROMEDIO kg./cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
					ROTURA KG					
1	28/10/2024	4/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	25602.47		15.00	144.88		c
2	28/10/2024	4/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	25773.88		15.00	145.85	143.44	b
3	28/10/2024	4/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	24665.88		15.00	139.58		d
1	28/10/2024	11/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	31036.46		15.00	175.63		b
2	28/10/2024	11/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	30497.47		15.00	172.58	174.94	c
3	28/10/2024	11/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	31209.64		15.00	176.61		b
1	28/10/2024	25/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	37194.97		15.00	210.48		c
2	28/10/2024	25/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	36293.73		15.00	205.38	210.09	b
3	28/10/2024	25/11/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	37889.46		15.00	214.41		b

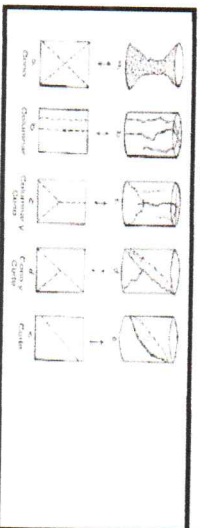
**OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS**  
 El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas; solo se limitado a realizar la rotura del testigo  
 La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante  
 Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante  
 El moldeo y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante

**MARCA DE EQUIPO:**  
 Prensa de Concreto. Marca TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ, Serie: 230801

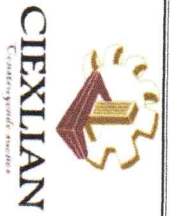
**Técnico de Laboratorio:**  
  
**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti  
 REG. CP. 348940

EDAD( días)	RESISTENCIA MINIMA (%)
7	70%
14	85%
28	100%

**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
  
 Gilmer Joel Vasquez Soldado  
 TECNICO EN LABORATORIO



TIPO DE FALLAS	
a	cono
b	columnar
c	columnar cono
d	cono corte
e	corte



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS  
(ASTM C39 )**

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20804291641  
CEL.: 950589432  
943450291

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO**

TESIS: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

UBICACIÓN: CHOTA, CHOTA, CALAMARCA

CLIENTE: DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

PROBETA N°	FECHA FABRICACIÓN	FECHA ROTURA	EDAD (días)	IDENTIFICACION	CARGA		DIAMETRO cm	RESISTENCIA		PROMEDIO kg./cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
					ROTURA KG	Máxima Alcansada kg./cm <sup>2</sup>					
1	4/10/2024	11/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	28624.30	15.00	161.98				c
2	4/10/2024	11/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	27274.19	15.00	154.34			160.02	b
3	4/10/2024	11/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	28933.55	15.00	163.73				b
1	4/10/2024	18/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	35176.89	15.00	199.06				d
2	4/10/2024	18/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	34867.64	15.00	197.31			199.97	d
3	4/10/2024	18/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	35968.57	15.00	203.54				c
1	4/10/2024	21/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	40010.04	15.00	226.41				b
2	4/10/2024	21/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	38979.79	15.00	220.58			225.59	b
3	4/10/2024	21/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	40603.81	15.00	229.77				c

El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas solo se limitado a realizar la rotura del testigo

La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante


Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante

El moldeo y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante


MARCA DE EQUIPO:

Presna de Concreto: Marca TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ, Serie: 230801

Técnico de Laboratorio:

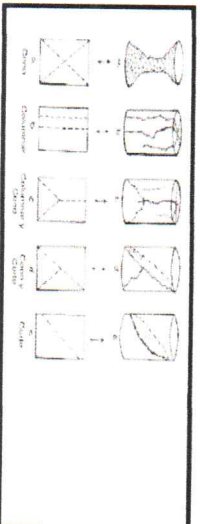
  
**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
**Ing. Hernán Rojas Truonenti**  
 REG. CIP. 348840

EDAD (días)	RESISTENCIA MINIMA (%)
7	70%
14	85%
28	100%

  
**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
**Osvaldo Torres Salazar**  
 TÉCNICO EN LABORATORIO

**TIPO DE FALLAS**

a	cono
b	columnar
c	columnar cono
d	cono corte
e	corte





**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS  
(ASTM C39 )**

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL.: 960589432  
943450291

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

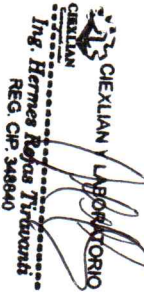
**TECIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"  
**UBICACIÓN:** CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA  
**CLIENTE:** DIAZ MEDINA, Wilmer Marín - SOLANO LINARES, Neiser.

PROBETA N°	FECHA FABRICACIÓN	FECHA ROTURA	EDAD (días)	IDENTIFICACION	CARGA		DIAMETRO cm	RESISTENCIA		PROMEDIO kg./cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
					ROTURA KG	Maxima Alcansada kg./cm <sup>2</sup>					
1	7/11/2024	14/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	24181,68	136,84	15,00		136,84	134,01	c
2	7/11/2024	14/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	23193,84	131,25	15,00		131,25		b
3	7/11/2024	14/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	23667,44	133,93	15,00		133,93		b
1	7/11/2024	21/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	30396,75	172,01	15,00		172,01		b
2	7/11/2024	21/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	29949,66	169,48	15,00		169,48	167,90	b
3	7/11/2024	21/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	28666,71	162,22	15,00		162,22		b
1	7/11/2024	5/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	36062,23	204,07	15,00		204,07		b
2	7/11/2024	5/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	35418,99	200,43	15,00		200,43	203,89	b
3	7/11/2024	5/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	36611,81	207,18	15,00		207,18		c


**OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS**  
 El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas; solo se limitó a realizar la rotura del testigo  
 La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante  
 Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante  
 El molde y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante

**MARCA DE EQUIPO:**  
 Prensa de Concreto: Marca TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ, Serie: 230801

**Técnico de Laboratorio:**

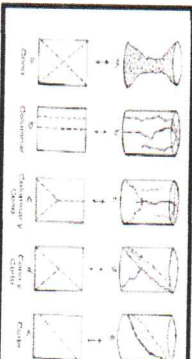


**CIEXLIAN LABORATORIO**  
Ing. Hernán Rojas Trujillo  
REG. CP. 348840

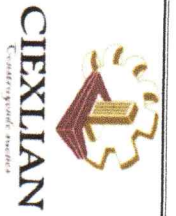


**CIEXLIAN LABORATORIO**  
Guimer Joel Vasquez Soldado  
TÉCNICO EN LABORATORIO

EDAD (días)	RESISTENCIA MINIMA (%)
7	70%
14	85%
28	100%



TIPO DE FALLAS	
a	cono
b	columnar
c	columnar cono
d	cono corte
e	corte



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS  
(ASTM C39 )**

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL.: 950589432  
943450291

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

TESIS: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

UBICACIÓN: CHOTA, CHOTA, CALAMARCA

CLIENTE: DIAZ MEDINA, Wilmer Marrin - SOLANO LINARES, Neiser.

PROBETA N°	FECHA	FECHA	EDAD (días)	IDENTIFICACION	CARGA		DIAMETRO cm	RESISTENCIA Maxima Alcansada kg./cm <sup>2</sup>	PROMEDIO kg./cm2	TIPO DE FALLA
	FABRICACIÓN	ROTURA			ROTURA	KG				
1	16/11/2024	23/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	24780.74	15.00	140.23		d	
2	16/11/2024	23/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	25335.63	15.00	143.37		b	
3	16/11/2024	23/11/2024	7	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	25680.22	15.00	145.32		b	
1	16/11/2024	30/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	31900.59	15.00	180.52		c	
2	16/11/2024	30/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	31518.89	15.00	178.36		b	
3	16/11/2024	30/11/2024	14	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	32446.64	15.00	183.61		b	
1	16/11/2024	14/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	36629.49	15.00	207.28		d	
2	16/11/2024	14/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	36173.56	15.00	204.70		b	
3	16/11/2024	14/12/2024	28	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	37030.63	15.00	209.55		b	

OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS

El laboratorio no ha intervenido en la elaboración, ni muestreo de las probetas solo se limitó a realizar la rotura del testigo

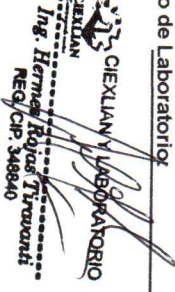
La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante


El molde y curado de los testigos ha sido realizado por el solicitante

MARCA DE EQUIPO: Prensa de Concreto: Marca TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ, Serie: 230801

Técnico de Laboratorio:



**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
Ing. Hernán Rojas Trivanti  
Reg. CP. 348840



**CIEXLIAN Y LABORATORIO**  
Control de Calidad y Mecánica de Suelos y Concreto  
TÉCNICO EN LABORATORIO

EDAD (días)	RESISTENCIA MINIMA (%)
7	70%
14	85%
28	100%



# MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN (ASTM C78)

## TESIS

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

## SOLICITANTE

DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

## UBICACIÓN

CHOTA, CHOTA- CAJAMARCA.

DISTRITO : CHOTA

PROVINCIA: CHOTA

REGIÓN : CAJAMARCA



CIEXLIAN S.R.L. LABORATORIO  
Ing. Hermes Rojas Tiravanti  
REG. CIP. 348840

Diciembre del 2024



**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN (ASTM C78)**

CEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL: 950589432

943450291

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**TESIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

**UBICACIÓN:** CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA.

**CLIENTE:** DIAZ MEDINA, Wilmer Marin - SOLANO LINARES, Neiser.

MUESTRA N°	DIMENSIONES (cm)			FECHA FABRICACION	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN VIGAS DE CONCRETO	EDADA DIAS	CARGA ROTURA KG	AREA BRUTA cm2	RESISTENCIA Máxima obtenida kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA PROMEDIO
	LARGO	ANCHO	ALTO								
DISEÑO CONCRETO POROSO - 01											
1	50.00	15.00	14.98				28	2300.93	750.00	51.20	52.22
2	50.00	15.00	15.00	24/10/2024	21/11/2024	DISEÑO CONCRETO POROSO - 01	28	2458.35	750.00	54.63	
3	50.00	15.00	14.98				28	2281.70	750.00	50.84	
DISEÑO CONCRETO POROSO - 02											
1	50.00	15.00	14.98				28	1902.02	750.00	42.38	43.10
2	50.00	15.00	15.00	28/10/024	21/11/2024	DISEÑO CONCRETO POROSO - 02	28	2035.35	750.00	45.23	
3	50.00	15.00	15.00				28	1876.05	750.00	41.69	
DISEÑO CONCRETO POROSO - 03											
1	50.00	15.00	14.99				28	2598.43	750.00	57.82	57.08
2	50.00	15.00	15.00	4/11/2024	21/12/2024	DISEÑO CONCRETO POROSO - 03	28	2610.00	750.00	58.00	
3	50.00	15.00	15.00				28	2494.35	750.00	55.43	

**OBSERVACIONES:** El laboratorio no ha participado en el proceso de muestreo de los vigas de concreto; su función se ha limitado únicamente a llevar a cabo la rotura del adoquín de concreto testigo.

Técnico de Laboratorio:

CEXLIAN Y LABORATORIO  
Wilmer Joel Yáñez Soldado  
TÉCNICO EN LABORATORIO

Firma: \_\_\_\_\_

CEXLIAN Y LABORATORIO  
Ing. Hermes Rojas Tiravanti  
REG. CIP. 346840



**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN (ASTM C78)**

CIEXLIAN S. R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL.: 950589432  
943450291

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**TESIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

**UBICACIÓN:** CHOTA, CHOTA, CAJAMARCA.

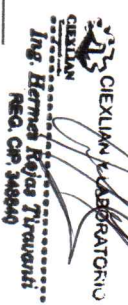
**CLIENTE:** DIAZ MEDINA, Wilmer Marín - SOLANO LINARES, Neiser.

MUESTRA N°	DIMENSIONES (cm)			FECHA FABRICACIÓN	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN VIGAS DE CONCRETO	EDADA DIAS	CARGA ROTURA KG	ÁREA BRUTA cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA Máxima obtenida kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA PROMEDIO
	LARGO	ANCHO	ALTO								
DISEÑO CONCRETO POROSO - 04											
1	50.00	15.00	14.99	7/10/2024	5/12/2024	DISEÑO CONCRETO POROSO - 04	28	1943.66	750.00	43.25	44.88
2	50.00	15.00	14.99				28	2000.73	750.00	44.52	
3	50.00	15.00	14.98				28	2103.53	750.00	48.87	
DISEÑO CONCRETO POROSO - 05											
1	50.00	15.00	15.00	16/16/2024	14/12/2024	DISEÑO CONCRETO POROSO - 05	28	2075.40	750.00	46.12	47.20
2	50.00	15.00	15.00				28	2234.70	750.00	49.66	
3	50.00	15.00	14.99				28	2059.60	750.00	45.83	

**OBSERVACIONES:** El laboratorio no ha participado en el proceso de muestreo de las vigas de concreto; su función se ha limitado únicamente a llevar a cabo la rotura del testigo. adoquines de concreto

Técnico de Laboratorio:

Firma:



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES**



**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO (ACI 522R-10)**

**TESIS:** "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"

**RESPONSABLES:** Neiser Solano Linares  
 Wilmer Marin Diaz Medina

$$k = \frac{L * a * \ln \frac{h1}{h2}}{t * A}$$

Donde:

- k : Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
- L : Altura de la muestra (cm)
- a : Área de la tubería de carga (cm<sup>2</sup>)
- h1 : Altura de columna de agua medida al inicio de la prueba (cm)
- h2 : Altura de columna de agua medida al final de la prueba (cm)
- t : Tiempo de demora en pasar el agua, h1-h2 (s)
- A : Área promedio de la muestra (cm<sup>2</sup>)

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

DISEÑO	MUESTRA	L	A	a	h1	h2	t	k	k (promedio)
D1	D1P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.79	0.198	0.20
	D1P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.76	0.199	
	D1P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.57	0.202	
D2	D2P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.91	0.212	0.21
	D2P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.01	0.210	
	D2P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.83	0.213	
D3	D3P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.21	0.192	0.19
	D3P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.36	0.190	
	D3P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	14.07	0.194	
D4	D4P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.77	0.214	0.22
	D4P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.68	0.216	
	D4P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.66	0.216	
D5	D5P1	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.46	0.203	0.21
	D5P2	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	12.96	0.211	
	D5P3	15.00	81.07	81.07	30.00	25.00	13.03	0.210	

**RESPONSABLES DEL ENSAYO**

**COORDINADOR DE LABORATORIO**

**ASESOR**

Neiser Solano Linares  
 Código: 2015051037

Wilmer Marin Diaz Medina  
 Código: 2016052013

-----

Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

*Anexo D. Análisis de intensidades máximas*



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



## ESTACIÓN: CHOTA

### Ubicación Política:

Región : Cajamarca  
 Distrito : Chota  
 Periodo : 1971-2024  
 Provincia : Chota

### Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 32' 49.6"  
 Longitud: 78° 38' 55.06"  
 Altitud : 2468 msnm

### Precipitación Máxima en 24 Horas (mm).

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1	1971	50.2	29.4	25.9	12.9	21.6	12	15.6	7.5	10.6	35.6	25.4	20.2	50.2
2	1972	16.6	17.9	21.8	28	19.3	10.5	4	5	25.5	10.6	25	8.6	28
3	1973	16	17.2	11.7	24.6	30.3	15.7	36	23.3	36.6	24.2	19.4	24.7	36.6
4	1974	15.6	30.2	19.8	15	10	16.7	3.2	15.2	14.6	13.6	16.8	16.9	30.2
5	1975	18.7	9.5	19.1	21	15.5	13.2	7.4	7	62	16	44.4	6.7	62
6	1976	36.5	27	41	14	9.8	34.5	3	6	2.5	28	21	22.5	41
7	1977	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	8.6	3.4	6.8	3.3	34	27.7	23	34
8	1978	19.1	11.3	8.1	22.7	11.7	0.4	6.7	3.3	31.3	23.3	47.2	21	47.2
9	1979	16.4	13.3	34.8	25.5	32.5	2.6	14.2	20.3	32.7	23.3	26.5	11.3	34.8
10	1980	14.8	11.6	14.9	12	12.2	6	S/D	S/D	30.2	S/D	17.2	24	30.2
11	1981	16	34.2	35	24	17.3	19.9	9.2	11	0.4	22	23	22.4	35
12	1982	10	19.5	27.5	16.5	21.3	6.6	S/D	S/D	18.5	11.1	11.6	17.8	27.5
13	1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	15	3	S/D	7.5	10	32.5	18.5	32.5
14	1995	4.5	23.4	17	19.8	9.3	11.7	7	27.8	36	0	12	32	36
15	1996	7.8	17.6	19.5	18.5	14.5	23.6	S/D	28.3	24.6	23.2	22.5	16.1	28.3
16	1997	17.1	34.7	45.2	24.6	23.7	8.6	S/D	S/D	11.8	15.9	16.3	30.6	45.2
17	1998	11.4	74.3	21	28.3	30	2.6	0.7	13.9	13.3	32	13.1	18.6	74.3
18	1999	38.4	48.2	28.4	24.7	34	23.7	4.3	2.6	15	20.4	39.4	27.5	48.2
19	2000	26.2	30.8	7.7	32.2	23.7	24.3	5.4	3.3	35.6	11.4	32.1	26	35.6
20	2001	24.3	17.6	26.8	32.8	14.4	8.8	3.4	S/D	17.4	16	30.6	35.9	35.9
21	2002	14	20.3	46.7	47	30.7	3.9	5.1	1.2	16.4	29.3	39	22.8	47
22	2003	26.3	60.7	25.2	29.7	6.7	21.9	1	4.7	28.5	19.7	28	31	60.7
23	2004	25.6	16	30.8	16.6	38.6	0.5	17.1	0.8	18.7	57	52.5	16.7	57
24	2005	8.6	S/D	38.3	25	8.4	14.9	0.8	4.2	17.8	32.9	28.2	23.8	38.3
25	2006	61.8	28	33.1	29.8	6.4	16.9	16.2	14.9	31.2	22.5	27.4	32.7	61.8
26	2007	21.5	11.1	33.7	32.7	26.6	0.7	16.6	9.7	6	20.4	24.4	19.8	33.7
27	2008	26.3	59.1	38.4	25.2	26.2	10.6	4.4	8.2	30.9	26	19.9	24.2	59.1
28	2009	S/D	34.2	49	38.1	36.5	13.4	2.7	0.8	16.7	21.6	24	33.3	49
29	2010	21.6	51.9	47.1	54.2	28.7	14.8	13.9	7.2	10.8	44	15.7	24.1	54.2
30	2011	17	18.1	26.2	23.2	15.7	0.7	13.6	8	27.9	31.4	14.9	23.4	31.4
31	2012	36.7	19.7	21.3	32.5	19.4	8.5	S/D	1	3.9	21.8	44.1	15.9	44.1
32	2013	40.2	23	33.2	19.2	29.4	7.4	1.2	24.6	4.4	33.1	17.1	24.4	40.2
33	2014	10.1	34.6	46.8	17.3	25.9	4.2	7.2	8.6	33.6	13.1	27	25.9	46.8
34	2015	24.1	26.5	39	37.2	24.1	2	9.1	2	5.3	19.3	19.2	6.7	39
35	2016	22.8	17.4	35.9	37.8	13.2	4.9	2.5	1.3	21.5	8.3	15.8	18.6	37.8
36	2017	13.2	21.5	41.4	21.5	33.3	10.3	1.7	41.4	16.9	26.9	19.2	18.8	41.4



ESTACIÓN: CHOTA

Ubicación Política:

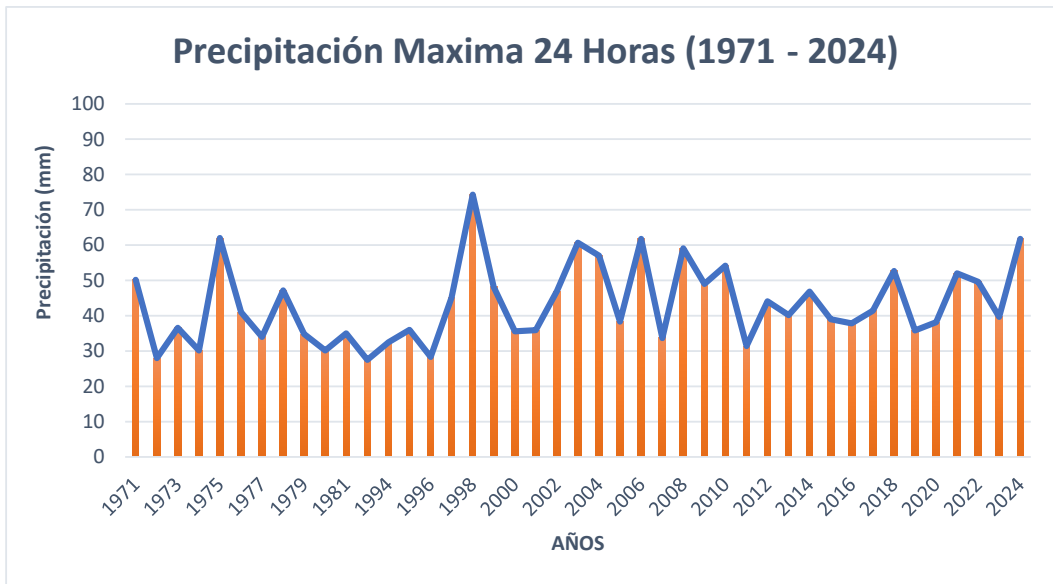
Región : Cajamarca
Distrito : Chota
Periodo : 1971-2024
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 32' 49.6"
Longitud: 78° 38' 55.06"
Altitud : 2468 msnm

Table with 15 columns and 7 rows showing precipitation data for years 2018-2024. The table contains numerical values for each year across 15 different categories or measurements.

74.3



Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log				
1971	50.20	1.70	82.7	21.4	1.9	1.3
1972	28.00	1.45	82.7	21.4	1.9	1.3
1973	36.60	1.56	82.7	21.4	1.9	1.3
1974	30.20	1.48	82.7	21.4	1.9	1.3
1975	62.00	1.79	82.7	21.4	1.9	1.3
1976	41.00	1.61	82.7	21.4	1.9	1.3
1977	34.00	1.53	82.7	21.4	1.9	1.3
1978	47.20	1.67	82.7	21.4	1.9	1.3
1979	34.80	1.54	82.7	21.4	1.9	1.3
1980	30.20	1.48	82.7	21.4	1.9	1.3
1981	35.00	1.54	82.7	21.4	1.9	1.3
1982	27.50	1.44	82.7	21.4	1.9	1.3
1993	32.50	1.51	82.7	21.4	1.9	1.3
1994	36.00	1.56	82.7	21.4	1.9	1.3
1995	28.30	1.45	82.7	21.4	1.9	1.3
1996	45.20	1.66	82.7	21.4	1.9	1.3
1997	74.30	1.87	82.7	21.4	1.9	1.3
1998	48.20	1.68	82.7	21.4	1.9	1.3
1999	35.60	1.55	82.7	21.4	1.9	1.3
2000	35.90	1.56	82.7	21.4	1.9	1.3
2001	47.00	1.67	82.7	21.4	1.9	1.3
2002	60.70	1.78	82.7	21.4	1.9	1.3
2003	57.00	1.76	82.7	21.4	1.9	1.3
2004	38.30	1.58	82.7	21.4	1.9	1.3
2005	61.80	1.79	82.7	21.4	1.9	1.3
2006	33.70	1.53	82.7	21.4	1.9	1.3
2007	59.10	1.77	82.7	21.4	1.9	1.3
2008	49.00	1.69	82.7	21.4	1.9	1.3
2009	54.20	1.73	82.7	21.4	1.9	1.3
2010	31.40	1.50	82.7	21.4	1.9	1.3
2011	44.10	1.64	82.7	21.4	1.9	1.3
2012	40.20	1.60	82.7	21.4	1.9	1.3
2013	46.80	1.67	82.7	21.4	1.9	1.3
2014	39.00	1.59	82.7	21.4	1.9	1.3
2015	37.80	1.58	82.7	21.4	1.9	1.3
2017	41.40	1.62	82.7	21.4	1.9	1.3
2018	52.70	1.72	82.7	21.4	1.9	1.3
2019	35.80	1.55	82.7	21.4	1.9	1.3
2020	38.20	1.58	82.7	21.4	1.9	1.3
2021	52.00	1.72	82.7	21.4	1.9	1.3
2022	49.60	1.70	82.7	21.4	1.9	1.3
2023	39.70	1.60	82.7	21.4	1.9	1.3
2024	61.80	1.79	82.7	21.4	1.9	1.3

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	43	43
Sumatoria	1864.00	69.81
Valor Máximo	74.30	1.87
Valor Mínimo	27.50	1.44
Media:	43.35	1.62

<b>Varianza:</b>	121.79	0.01
<b>Desviación Estándar:</b>	11.17	0.11
<b>Coefficiente Variación:</b>	0.258	0.067
<b>Coefficiente de Curtosis:</b>	-0.05	-0.73

**PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)**

n= 43.00

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

**Kn= 2.710**

**Kn:** Valor recomendado, varia según el valor de n  
(significancia:5%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad \text{xH= 1.92}$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{x_H} \quad \text{PH= 82.70 mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA**

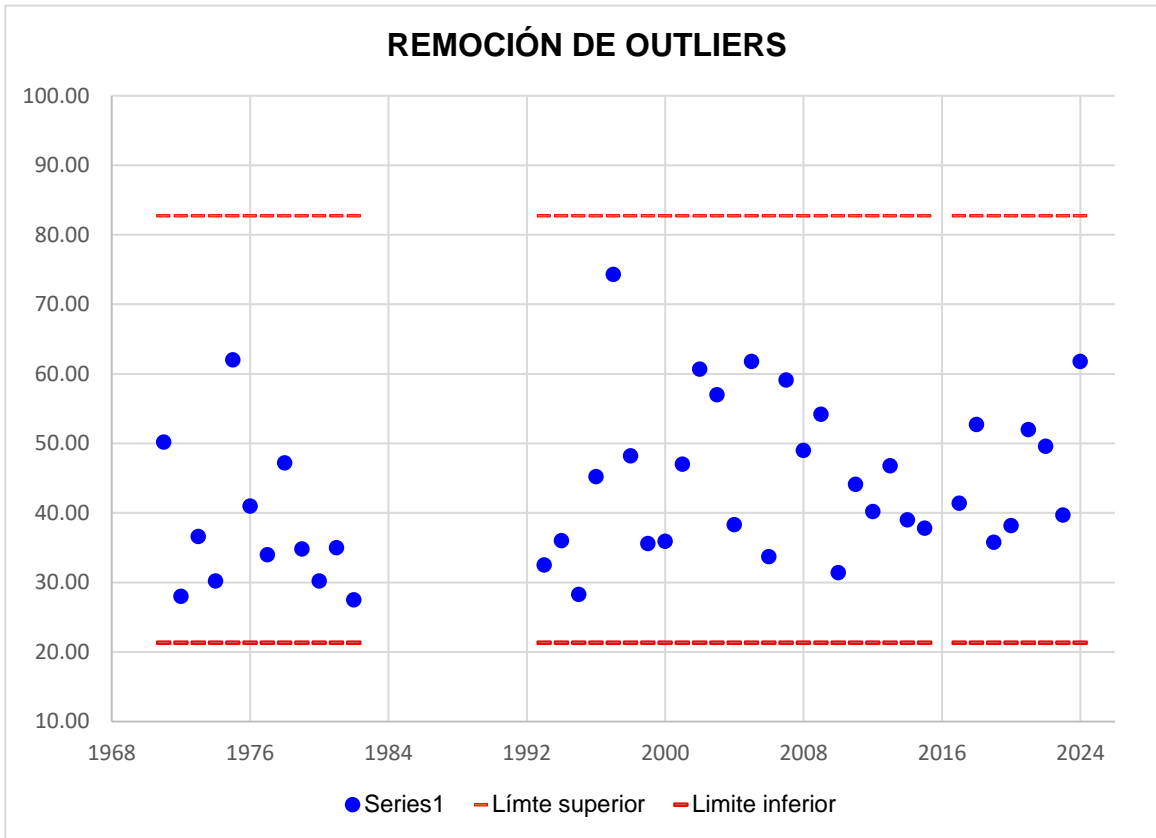
Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unidad. Logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad \text{xL= 1.33}$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{x_L} \quad \text{PL= 21.36 mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA**



#### 4.4.2. Análisis de datos atípicos (outliers)

Para el registro de precipitación máxima en 24 horas en la estación Chota se ha evaluado la consistencia mediante la prueba de datos dudosos (Outliers) recomendado por Water Resources Council. En la Figura 15 se muestra en la que

**ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%**

Número de registros	43	
Precipitación media	43.35	
Precipitación máx	74.30	
Precipitación mínima	27.50	
Desviación estándar de la muestra	11.17	
Media de logaritmos de registros	1.62	
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.11	
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.7101	
Logaritmo del límite superior	1.918	
Logaritmo de límite inferior	1.33	
Limite superior	82.70	Ok
Límite inferior	21.357	Ok

#### 2.1.4 PRUEBA DE OUTLIERS O DATOS DUDOSOS

Los datos dudosos (Outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante<sup>2</sup>. Estos pueden darse debido a errores en la toma del registro o en la recolección de datos causan dificultad al momento de ajustar una distribución a los datos.

Las siguientes ecuaciones de frecuencia pueden utilizarse para detectar datos dudosos altos y bajos:

$$y_H = \bar{y} + K_n * s_y \quad (2.1.4.1)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * s_y \quad (2.1.4.2)$$

Donde  $y_H$  es el umbral de dato dudoso alto,  $y_L$  es el umbral de dato dudoso bajo y  $K_n$  es tal como se muestra en la tabla 1 para un tamaño de muestra  $n$ .

$$y_H = \bar{y} + K_n * \sigma \quad y_L = \bar{y} - K_n * \sigma$$

**CORRECCIÓN DE PRECIPITACIÓN**  
**Precipitación máxima de 24 horas (mm)**

Factor corrección : 1.13

	<b>Año</b>	<b>Precipitación Histórica máx 24h</b>	<b>Pmáx 24 horas corregido</b>
1	1971	50.20	56.73
2	1972	28.00	31.64
3	1973	36.60	41.36
4	1974	30.20	34.13
5	1975	62.00	70.06
6	1976	41.00	46.33
7	1977	34.00	38.42
8	1978	47.20	53.34
9	1979	34.80	39.32
10	1980	30.20	34.13
11	1981	35.00	39.55
12	1982	27.50	31.08
13	1993	32.50	36.73
14	1994	36.00	40.68
15	1995	28.30	31.98
16	1996	45.20	51.08
17	1997	74.30	83.96
18	1998	48.20	54.47
19	1999	35.60	40.23
20	2000	35.90	40.57
21	2001	47.00	53.11
22	2002	60.70	68.59
23	2003	57.00	64.41
24	2004	38.30	43.28
25	2005	61.80	69.83
26	2006	33.70	38.08
27	2007	59.10	66.78
28	2008	49.00	55.37
29	2009	54.20	61.25
30	2010	31.40	35.48
31	2011	44.10	49.83
32	2012	40.20	45.43
33	2013	46.80	52.88
34	2014	39.00	44.07
35	2015	37.80	42.71
36	2017	41.40	46.78
37	2018	52.70	59.55
38	2019	35.80	40.45
39	2020	38.20	43.17
40	2021	52.00	58.76
41	2022	49.60	56.05
42	2023	39.70	44.86
43	2024	61.80	69.83



Conversión de Precipitación Máximas En 24h a Intensidades

Método de Dyck y Peschke

a) Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

RESUMEN P. (mm)/24h		
Nº	T(años)	Log-Pearson tipo III
1	2	52.23
2	5	58.38
3	10	65.80
4	20	72.87
5	30	76.93
6	50	82.02
7	80	86.71
8	100	88.93
9	140	92.31
10	175	94.54

B) Utilizando la formula de Dyck y Peschke

Cálculo de las intesidades máximas

Calcular la ecuación de Imáx a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y...

**Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax**      Resultados y gráfico Imax-D-T

**Ingreso de datos:**  
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N*	X
1	52.23
2	58.38
3	65.8
4	72.87
5	76.93
6	82.02
7	86.71
8	88.93
9	92.31
10	94.54
[?]	

Calcular Imáx de diseño:

Período de retorno (T):  años

Duración (D):  min

Imáx  mm/hr

Ajuste:  $Imáx = 598.7088 * T^{(0.2352)} * D^{(-0.7500)}$       R: 0.9901      R^2: 0.9804      Se: 4.4097

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
52.23	17.93	19.84	23.60	28.06	31.06	33.37
58.38	20.04	22.18	26.38	31.37	34.71	37.30
65.8	22.59	25.00	29.73	35.35	39.12	42.04
72.87	25.02	27.68	32.92	39.15	43.33	46.56
76.93	26.41	29.23	34.76	41.33	45.74	49.15
82.02	28.16	31.16	37.06	44.07	48.77	52.41

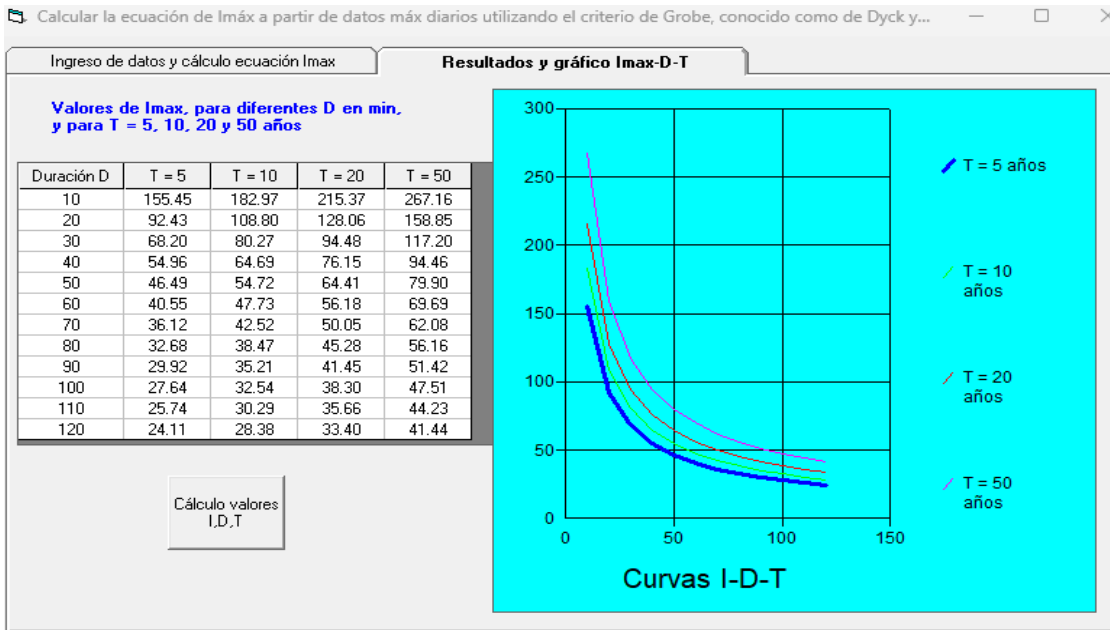
Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	53.79	39.69	23.60	14.03	10.35	8.34
2	60.12	44.36	26.38	15.68	11.57	9.33
3	67.77	50.00	29.73	17.68	13.04	10.51
4	75.05	55.37	32.92	19.58	14.44	11.64
5	79.23	58.45	34.76	20.67	15.25	12.29
6	84.47	62.32	37.06	22.03	16.26	13.10

T año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
11.00	97.37	71.83	42.71	25.40	18.74	15.10
5.50	95.07	70.14	41.71	24.80	18.30	14.75
3.67	91.59	67.57	40.18	23.89	17.63	14.21
2.75	89.30	65.89	39.18	23.29	17.19	13.85
2.20	84.47	62.32	37.06	22.03	16.26	13.10
1.83	79.23	58.45	34.76	20.67	15.25	12.29

- A.- Cada precipitación máxima en 24 horas su duración en minutos (20, 30, 60, 120, 180, 240) min.
- B.- Representa las intensidades máximas obtenidas cada (20, 30, 60, 120, 180, 240) min.
- C.- Intensidades máximas ordenadas de mayor a menor.

## D) Graficando las IDF

Las curvas de Intensidad – Duración -Tiempo



Intensidades máximas en función de la duración en minuto y también en función del periodo de retorno.

## C) Intensidades Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno.

Se trabajara con la ecuación calculada en el Programa Hidroesta 2.

$$I = \frac{598.7088 \times T^{0.2352}}{D^{0.7500}}$$

Donde:

T = Periodo de retorno.

D = Duración en "min"

Tiempo de concentración (Tc), es igual a duración (D):

D =            20.00 min            30.00 min            60.00 min

TR (AÑOS)		Imáx (mm/hr)		
Nº	TR(años)	20.00 min	30.00 min	60.00 min
1	2	74.52	54.98	32.69
2	5	92.44	68.20	40.55
3	10	108.80	80.27	47.73
4	20	128.07	94.49	56.18
5	30	140.88	103.94	61.80
6	50	158.87	117.21	69.69
7	80	177.44	130.91	77.84
8	100	187.00	137.97	82.04
9	140	202.40	149.33	88.79
10	175	213.31	157.38	93.58

*Anexo E. Estudio de tránsito*



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**

¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y  
TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024**

**ESTUDIO DE TRÁFICO**

**RESPONSABLE:** NEISER SOLANO LINARES  
WILMER MARIN DIAZ MEDINA

**ESTACIÓN 1:** Pasaje Teofilo Idrogo  
**CÓDIGO:** E01

**COORDENADAS UTM**  
Este: 760939.07 n Norte: 9274981.99 m S

**SENTIDO:** S →  
E ←

Día	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS					TOTAL	%
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN				
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E		
<b>DIAGRA. VEH.</b>														
D7	E	10											10	7.9%
	S	10						1					11	8.7%
D1	E	8											8	6.3%
	S	9											9	7.1%
D2	E	8						1					9	7.1%
	S	10											10	7.9%
D3	E	8											8	6.3%
	S	9						1					10	7.9%
D4	E	9											9	7.1%
	S	8						1					9	7.1%
D5	E	9											9	7.1%
	S	8						1					9	7.1%
D6	E	9											9	7.1%
	S	7											7	5.5%
<b>TOTAL</b>	E	61	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	62	48.8%
	S	61	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	65	51.2%

## Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 A

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000	
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000	
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000	
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000	
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000	
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000	
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000	
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000	
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000	
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000	
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000	
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000	
21	CUCULLI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000	
22	DESIVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000	
23	DESIVIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000	
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000	
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000	
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1592	1.1826	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000	
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000	
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000	
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000	
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000	
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000	
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000	
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000	
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000	
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000	
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.1059	1.0509	1.0488	1.0071	1.0687	1.0353	1.0353	0.8310	1.0000	
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000	
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0679	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.8663	1.0000	
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000	
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000	
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000	
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1136	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0636	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000	
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000	
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000	
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0806	1.0886	1.0567	1.0028	0.9826	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000	
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000	
59	QUIJILLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0346	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000	
61	SAN ANTON							1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000		
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000	
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000	
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000	
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000	
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000	
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.1013	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9686	0.9829	0.7404	1.000	

## Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO Nº 1.1 B

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANÇAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9677	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9529	0.9523	1.0257	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000	
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000	
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9890	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.6639	1.0000	
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000	
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000	
22	DESIVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9510	0.8440	0.8400	1.0000	
23	DESIVIO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0060	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9568	0.9754	0.9592	0.8049	1.0000	
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	1.1194	0.9218	0.9385	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000	
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000	
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0866	1.1077	1.0765	1.0000	
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9650	0.9476	0.8449	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9380	0.9390	0.4681	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000	
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000	
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000	
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000	
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.9372	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000	
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000	
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9575	0.9266	0.9676	0.9266	1.0810	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000	
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9696	0.9510	0.9944	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000	
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9039	0.8388	0.7955	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.8790	0.8946	0.8184	1.0000	
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9354	0.9377	0.9102	0.9377	0.8104	1.0000	
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.9448	0.8908	0.7907	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	1.0051	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000	
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9371	0.9363	0.9711	0.9363	1.0000	
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000	
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000	
56	PONGO	1.1352	1.0876	1.0772	1.0246	0.9988	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000	
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8953	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000	
59	QUIJILLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9851	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9561	0.9911	0.9711	1.0900	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2633	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0395	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.000	





**ESTUDIO DE TRÁFICO**

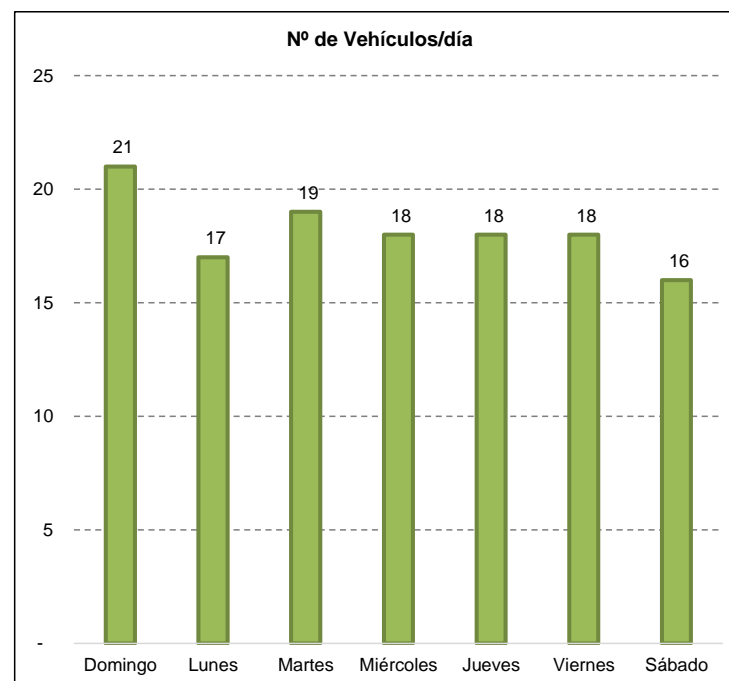
RESPONSABLE: NEISER SOLANO LINARES  
WILMER MARIN DIAZ MEDINA

ESTACIÓN 01: Pasaje Teofilo Idrogo  
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

COORDENADAS UTM  
Este: 760939.07 m E  
Norte: 9274981.99 m S

Tipo de vehículos		Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	20	17	18	17	17	17	16	20	
	Station Wagon	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CAMIONETAS	Pick Up	-	-	-	-	-	-	-	-
		Panel	-	-	-	-	-	-	-	-
		Rural Combi	-	-	-	-	-	-	-	-
	Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	1	-	1	1	1	1	-	5
		>=3 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	CAMIÓN	2 E	-	-	-	-	-	-	-	-
		3 E	-	-	-	-	-	-	-	-
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-
	TRAYLER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-
3T2		-	-	-	-	-	-	-	-	
>=3T3		-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	

Variación diaria del tráfico vehicular actual  
(Abril 2025)



ii) Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros: **1.117** Ver 1.1 FC  
F.C.E. Vehículos pesados: **1.161** Ver 1.1 FC



**ESTUDIO DE TRÁFICO**

RESPONSABLE: NEISER SOLANO LINARES  
WILMER MARIN DIAZ MEDINA

ESTACIÓN 01: Pasaje Teofilo Idrogo  
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

COORDENADAS UTM  
Este: 760939.07 m E  
Norte: 9274981.99 m S

**IMDA**

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_S = \frac{\sum Vi}{7}$$

$$IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde:  $IMD_S$  = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada  
 $IMD_A$  = Índice Medio Anual  
 $V_i$  = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo  
 $FC$  = Factores de Corrección Estacional

Tipo de vehículos		Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD <sub>S</sub>	FC	IMD <sub>A</sub>	Distribución (%)	
		Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado						
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	20	17	18	17	17	17	16	122	17	1.117	20	95.2	
	Station Wagon	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0	
	CAMIONETAS	Pick Up	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0
		Panel	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0
		Rural Combi	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0
	Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0	
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	1	-	1	1	1	-	5	1	1.161	1	4.8	
		>=3 E	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
	CAMIÓN	2 E	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		3 E	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
	TRAYLER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0	
>=3T3		-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0		
TOTAL		21	17	19	18	18	18	16	127	18		21	100.0	



**ESTUDIO DE TRÁFICO**

**COORDENADAS UTM**

RESPONSABLE: NEISER SOLANO LINARES  
WILMER MARIN DIAZ MEDINA

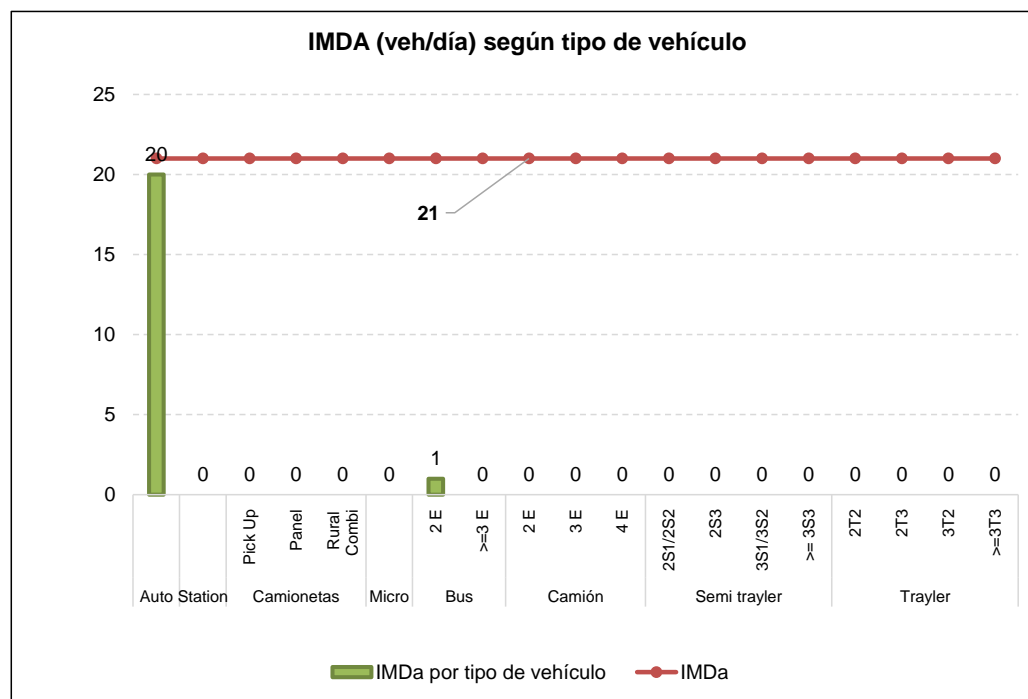
ESTACIÓN 01: Pasaje Teofilo Idrogo  
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

Este: 760939.07 m E  
Norte: 9274981.99 m S

**2. ANALISIS DE LA DEMANDA**

**2.1 Demanda Actual**

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo				
Tipo de vehículos		IMD	Distribución (%)	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	20	95.2	
	Station	0	0.0	
	Camionetas	Pick Up	0	0.0
		Panel	0	0.0
		Rural Combi	0	0.0
	Micro	0	0.0	
VEHÍCULOS PESADOS	Bus	2 E	1	4.8
		>=3 E	0	0.0
	Camión	2 E	0	0.0
		3 E	0	0.0
		4 E	0	0.0
	Semi trayler	2S1/2S2	0	0.0
		2S3	0	0.0
		3S1/3S2	0	0.0
		>= 3S3	0	0.0
	Trayler	2T2	0	0.0
		2T3	0	0.0
		3T2	0	0.0
		>=3T3	0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100.0</b>	



Del Cuadro anterior obtenemos que el IMDa total actual es de :  
**21 veh/día**

*Anexo F. Diseño de pavimento poroso*



## MEJORAMIENTO DEL SUELO CON OVER

### DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN EFECTIVO DE LA SUBRASANTE

#### 1) METODO AASHTO

DATOS DEL SUELO DE FUNDACION:      CBR =      **4.00**      %

Si CBR ≤ 10                      K = 2.55 + 52.5 LOG (CBR)                      (Guzmán y Patiño, 2018, p.30)

Si CBR > 10                      K = 46 + 9.08 (LOG (CBR))^4.34                      (Guzmán y Patiño, 2018, p.30)

K =                      34.16      Mpa/m

**MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K) =                      34.16      Mpa/m**

#### 1.1.-                      *Módulo de Reacción de la Subrasante (K)*

Conocido también con el nombre de *COEFICIENTE DE BALASTRO*, expresa la resistencia del suelo de la subrasante a ser penetrado por efecto de la penetración de las losas.

Del ábaco: *RELACION ENTRE EL VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. Y EL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE K*, tenemos que para un:

C.B.R. =      4.00                      → K      =                      3.42 kg/cm<sup>3</sup>

Por efecto de la Subbase y Base Granular, el Coeficiente de Balastro, sufrirá una variación, la que será determinada en la Tabla siguiente:

VALOR K (Kg/cm <sup>3</sup> )	VALOR DE K DE SUBRASANTE INCREMENTADA							
	10      cm	15      cm	20      cm	22.5      cm	25      cm	30      cm	35      cm	
1.4	1.82	2.1	2.29	2.38	2.61	3.08	3.55	
2.8	3.64	3.92	4.29	4.48	4.76	5.32	5.88	
5.6	6.16	6.47	7.2	7.56	8.03	8.96	9.89	
8.4	8.96	9.24	9.99	10.36	10.92	12.04	13.16	

Considerando:                      *Subbase*                      e      =                      20 cm

Extrapolando tenemos                      K (kg/cm<sup>3</sup>)                      e      =      0.2

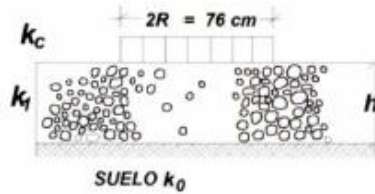
2.80	4.29
3.42	K
5.60	7.2



### MEJORAMIENTO DEL SUELO CON OVER

$$K = ((7.2 * (2.8 - 3.42) - 4.29 * (5.6 - 3.42)) / (2.8 - 5.6))$$

$$K = 4.93 \text{ Kg/cm}^3 \longrightarrow 49.19 \text{ Mpa/m}$$



$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

- K1 (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la sub base granular
- KC (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción combinado
- K0 (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la subrasante
- h : Espesor de la subbase granular

Fuente: (MTC, 2014)

Manual de carreteras. Suelos, geología y geotecnia. Sección Suelos y pavimentos

$$K_c = \left[ 1 + (h/38)^2 \times (k_1/k_0)^{2/3} \right]^{0.5} \times k_0$$

$K_c$  (kg/cm<sup>3</sup>) = 4.93  $\cong$  4.82 **CUMPLE**

CBR (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de soporte del Over	100.00
K1 (Mpa/m):	Coeficiente de reacción del Over	229.89
K1 (kg/cm <sup>3</sup> ):	Coeficiente de reacción del Over	23.04
Kc (Mpa/m):	Coeficiente de reacción combinado	49.19
Kc (kg/cm <sup>3</sup> ):	Coeficiente de reacción combinado	4.93
K0 (Mpa/m):	Coeficiente de reacción de la subrasante	34.16
K0 (kg/cm <sup>3</sup> ):	Coeficiente de reacción de la subrasante	3.42
h (cm):	Espesor de la subbase granular	20

Si CBR <= 10      Potencia(10;(K -2.55)/52.5)=CBR      (Guzmán y Patiño, 2018, p.30)

Si CBR > 10      Potencia(10; Raíz((K-46) /9.08,4.34))= CBR      (Guzmán y Patiño, 2018, p.30)

(K -2.55)/52.5) = 0.88838

CBR = 7.73 %      De acuerdo a la iteración

CBR = 7.40 %      De acuerdo al MTC



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### PARÁMETROS DE DISEÑO

PERIODO DE DISEÑO	20 Años
TC. VEHICULOS DE PASAJEROS	1.57%
TC. VEHICULOS DE CARGA PBI	2.60%
TIPO DE VIA	CALLES URBANAS
FC DE CONCRETO	210 Kg/cm <sup>2</sup>
CBR DE SUB-RASANTE	4.00%
CBR DE BASE	80.00%
CBR DE SUB BASE	40.00%
VEHÍCULO DE DISEÑO	Camión C2

VER TC DE CARGA (PBI)

VER CARGAS DE VEHICULOS

#### VARIABLES DE DISEÑO

##### CBR DE DISEÑO

CBR -100%	
CBR DE DISEÑO	4.00%

#### VARIABLES DE TIEMPO

Se considerará dos variables: periodo de analisis y vida util del pavimento.

para efectos de diseño se considera el periodo de vida útil, mientras que el periodo de analisis se utiliza para la comparación de alternativas de diseño, es decir, para el análisis económico del proyecto:

CLASIFICACION DE LA VIA	PERIODO DE ANALISIS
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
<b>Pavimentada de bajo volumen de tráfico</b>	<b>15 - 25</b>
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20



**Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024**



**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)**

**SUELO DE LA SUBRASANTE**

Propiedades físico mecánicas	Estratos		
	E1	E2	E3
Grava (%)	50.53	15.27	37.83
Arena (%)	47.88	80.97	61.24
Finos (%)	1.59	3.76	0.93
Humedad promedio (%)	42.5	42.5	42.5
Límite líquido (%)	75	65	42
Límite plástico (%)	31	32	18
Índice de plasticidad (%)	44	33	24
Clasificación SUCS	GP	SP	SP
Clasificación AASHTO	A-2-7 (1)	A-2-7 (1)	A-2-7(1)
Densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> )			1.823
Humedad óptima (%)			14.2
CBR al 100% de MDS (%)			4
CBR al 95% de MDS (%)			2.3
Permeabilidad del suelo K (cm/s)			0.00084
Permeabilidad del suelo K (mm/h)			30.24



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### TRÁNSITO

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que estos resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axle Load). de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple.

#### Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE8.2 tn)
Eje Simple de ruedas simples (EES1)	$EES1 = [ P / 6.6 ]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EES2)	$EES2 = [ P / 8.2 ]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EETA1 = [ P / 13.0 ]^{4.1}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EETA2 = [ P / 13.3 ]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EETR1 = [ P / 16.6 ]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	$EETR2 = [ P / 17.5 ]^{4.0}$

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

#### Calculo de cargas por eje según tipos de vehiculos

TIPO DE VEHÍCULOS	CARGA DE EJE DELANTERO	CARGA DE EJE POSTERIOR 1	CARGA DE EJE POSTERIOR 2	FC EJE 1	FC EJE 2	FC EJE 3	TOTAL Fvp
vehiculos menores	1.00 Tn	1.00 Tn		0.00087			0.001
camion de dos ejes c2	7.00 Tn	10.00 Tn		1.273	2.256		3.529
omnibus de pasajeros b2	7.00 Tn	10.00 Tn		1.273	2.256		3.529
omnibus de pasajeros b3-1	7.00 Tn	16.00 Tn		1.273	2.343		3.616
camion de carga tres ejes c3	7.00 Tn	18.00 Tn		1.273	3.458		4.731



**Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024**



**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)**

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de diseño

Nº DE CALZADAS	Nº DE SENTIDOS	Nº DE CARRILES POR SENTIDO	FD	FC
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.00	2.00	1.00	0.80
	1.00	3.00	1.00	0.60
	1.00	4.00	1.00	0.50
	<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.50</b>	<b>1.00</b>
	2.00	2.00	0.50	0.80
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2.00	1.00	0.50	1.00
	2.00	2.00	0.50	0.80
	2.00	3.00	0.50	0.60
	2.00	4.00	0.50	0.50

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

El Ingeniero Responsable para los pavimentos flexibles y semirrígidos tomará en cuenta, para el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible o semirrígido. Para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor de ajuste por presión de neumáticos será igual 1.0.

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados: de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [\text{EE día-carril} \times \text{Fca} \times 365]$$



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

**EE<sub>día-carril</sub>** = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño.  
 Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos.  
 Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:

$$EE_{día-carril} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$$

TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa	FD	FC	FVP	FP	EE <sub>día-carril</sub>
vehiculos menores	20.00	0.50	1.00	0.001	1.00	<b>0.010</b>
camion de dos ejes c2	1.00	0.50	1.00	3.529	1.00	<b>1.76</b>
omnibus de pasajeros b2	0.00	0.50	1.00	3.529	1.00	<b>0</b>
omnibus de pasajeros b3-1	0.00	0.50	1.00	3.616	1.00	<b>0</b>
camion de carga tres ejes c3	0.00	0.50	1.00	4.731	1.00	<b>0</b>

#### Calculo de las tasas de crecimiento según periodo de diseño

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI).

Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

#### Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)

Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE

#### CALCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS

PERÍODO DE DISEÑO EN AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL			
	PORCENTAJE ( r )			
(n)	1.57 %	4.00 %	5.00 %	10.00 %
20	23.29	29.78	33.07	57.27

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993



Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)**

**CALCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PARA VEHÍCULOS DE CARGA**

PERÍODO DE DISEÑO EN AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL			
	PORCENTAJE ( r )			
(n)	2.60 %	4.00 %	5.00 %	10.00 %
20	25.80	147.69	25.80	25.80

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa	EE <sub>dia-carril</sub>	FCA	DIAS POR AÑO	PARCIAL
vehiculos menores	20.00	0.01	23.29	365	85.0
camion de dos ejes c2	1.00	1.76	25.80	365	16574.0
omnibus de pasajeros b2	0.00	0.00	23.29	365	0.0
omnibus de pasajeros b3-1	0.00	0	23.29	365	0.0
camion de carga tres ejes c3	0.00	0.00	25.80	365	0.0
<b>N<sub>rep de EE 8.2 ton</sub></b>					<b>16659</b>

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Flexibles, Semi-rígidos y Rígidos

CATEGORIA	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO DE 150,001 A 1'000,000 EE	De 150001	A 300000	TP1
	De 300001	A 500000	TP2
	De 500001	A 750000	TP3
	De 750001	A 1000000	TP4

Fuente: Elaboración Propia



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024

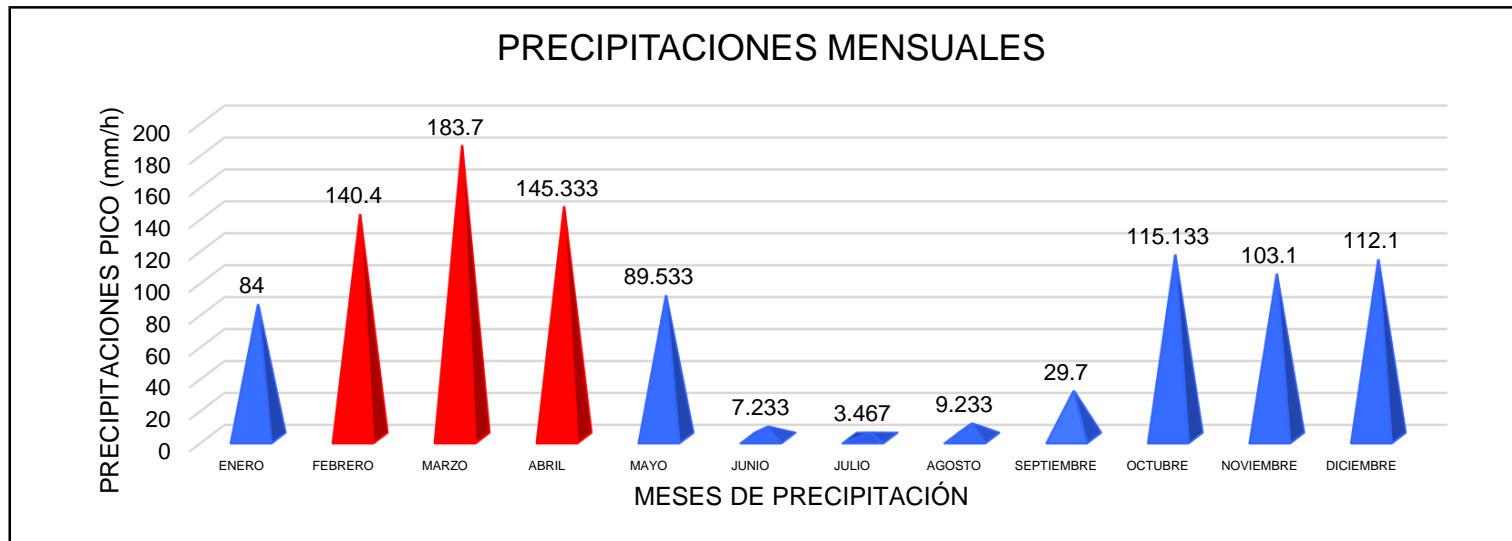


### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### EL CLIMA

Dos son los factores considerados en esta sección de Suelos y Pavimentos del Manual, que influyen en el diseño y comportamiento del pavimento: la temperatura y las precipitaciones de lluvia o sus similares como son las precipitaciones de nevadas escasas. En el territorio peruano se distinguen tres Regiones Naturales: la Costa de clima mediatizado y sin lluvias, la Sierra de temperaturas más marcadas en mínimos y máximos con lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas bastante altas y lluvias muy fuertes. Una subregión en la costa norte es calurosa por ser parte de la zona ecuatorial y en el caso peruano con esporádicas presencias de lluvias tropicales cuando se presenta el Fenómeno del Niño.

#### PRECIPITACIÓN PROMEDIO ESTACION DE CHOTA



Fuente: Elaboración Propia con referencia de SENAMHI DE CHOTA

#### DIAS LLUVIOSOS

AÑO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
2017	8	4	9
2018	3	4	7
2019	9	6	8

<b>PROMEDIO</b>	<b>6</b>
MESES	3
ANUAL	365
%	4.93%



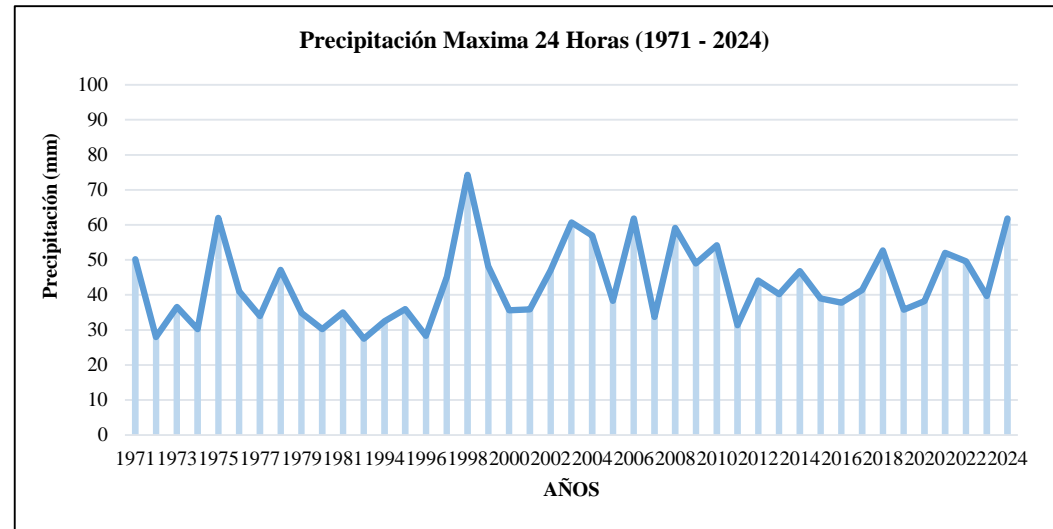
# Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



## DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

### a) Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

RESUMEN P. (mm)/24h		
Nº	T(años)	Log-Pearson tipo III
1	0	0.00
2	0	0.00
3	0	0.00
4	0	0.00
5	0	0.00
6	0	0.00
7	0	0.00
8	0	0.00
9	0	0.00
10	0	0.00



### b) Utilizando la formula de Dyck y Peschke

Calcular la ecuación de I<sub>máx</sub> a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y...

**Ingreso de datos y cálculo ecuación I<sub>máx</sub>**

Valores de I<sub>máx</sub> para diferentes D en min. y para T = 5, 10, 20 y 50 años

Duración D	T = 5	T = 10	T = 20	T = 50
10	155.45	182.97	215.37	267.16
20	92.43	108.80	128.06	158.85
30	68.20	80.27	94.48	117.20
40	54.96	64.69	76.15	94.46
50	46.49	54.72	64.41	79.90
60	40.55	47.73	56.18	69.69
70	36.12	42.52	50.05	62.08
80	32.68	38.47	45.28	56.16
90	29.92	35.21	41.45	51.42
100	27.64	32.54	38.30	47.51
110	25.74	30.29	35.66	44.23
120	24.11	28.38	33.40	41.44

Cálculo valores I, D, T

**Resultados y gráfico I<sub>máx</sub>-D-T**



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### c) Intensidades Máximas para Diferentes Tiempos de Retorno.

Se trabajara con la ecuacion calculada en el Programa Hidroesta 2.

$$I = \frac{598.7088 \times T^{0.2352}}{D^{0.7500}}$$

Donde:

T = Periodo de retorno.

D = Duracion en "min"

Tiempo de concentracion (Tc), es igual a duración (D): 60 minutos

TR (AÑOS)		Imáx (mm/hr)		
N°	TR(años)	20.00 min	30.00 min	60.00 min
1	2	74.52	54.98	32.69
2	5	92.44	68.20	40.55
3	10	108.80	80.27	47.73
4	20	128.07	94.49	56.18
5	30	140.88	103.94	61.80
6	50	158.87	117.21	69.69
7	80	177.44	130.91	77.84
8	100	187.00	137.97	82.04
9	140	202.40	149.33	88.79
10	175	213.31	157.38	93.58



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### COEFICIENTE DE DRENAJE $(C_d)$

El proceso mediante el cual el agua de infiltración superficial o agua de filtración subterránea es removida de los suelos y rocas por medios naturales o artificiales, se llama drenaje. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos.

$C_d$	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
<b>CALIFICACIÓN</b>					
EXCELENTE	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
<b>BUENO</b>	<b>1 dia</b>	1.20 - 1.15	<b>1.15 - 1.10</b>	1.10 - 1.00	1.00
REGULAR	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
MALO	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
MUY MALO	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

#### FACTOR DE CONFIABILIDAD $(R)$

Tiene que ver con el uso esperado de la carretera. Así, para carreteras principales el nivel de confiabilidad es alto, ya que un subdimensionamiento del espesor del pavimento traerá como consecuencia que éste alcance los niveles mínimos de serviciabilidad antes de lo previsto, debido al rápido deterioro que experimentará la estructura. En la siguiente tabla se dan niveles de confiabilidad aconsejados por la AASHTO.

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		NIVEL DE CONFIABILIDAD
<b>TP1</b>	De 150001	A 300000	<b>70%</b>
<b>TP2</b>	De 300001	A 500000	<b>75%</b>
<b>TP3</b>	De 500001	A 750000	<b>80%</b>

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

#### PROBABILIDAD $(Z_R)$

Es el valor "Z" (Área bajo la curva de distribución normal correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad "R")

$$Z_R = -0.5244$$



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### DESVIACIÓN ESTANDAR $(S_o)$

La desviación estándar es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo. En la siguiente tabla se muestran valores para la desviación estándar.

CONDICION DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTANDAR	
	PAV. RÍGIDO	PAV. FLEXIBLE
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.30	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40	0.50

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

El rango típico sugerido por AASHTO esta comprendido entre  $0.30 < S_o < 0.40$ , en el presente Manual se recomienda un  $S_o = 0.35$ .

#### Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt) Diferencial de Serviciabilidad Según Rango de Tráfico

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (PT)
<b>TP1</b>	<b>De 150001</b>	<b>A 300000</b>	<b>4.10</b>	<b>2.00</b>
<b>TP2</b>	De 300001	A 500000	4.10	2.00
<b>TP3</b>	De 500001	A 750000	4.10	2.00
<b>TP4</b>	De 750001	A 1000000	4.10	2.00
<b>TP5</b>	De 1000001	A 1500000	4.30	2.50

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

$\Delta PSI$	<b>2.10</b>
--------------	-------------



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE $(k)$

##### Mejoramiento de la subrasante

En el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimento se especifica que el CBR del suelo para obras viales no debe tener un CBR menor a 6%, por lo que se ópto por realizar el mejoramiento de este con Over, se ha planteado el mejoramiento con 20 cm de over obteniendo un CBR de 7.40%, de acuerdo al anexo respectivo de cálculo.

##### CBR DE DISEÑO

CBR -100%	
CBR inicial	4.00%
Over (altura)	20 cm
<b>CBR DE DISEÑO</b>	<b>7.40%</b>

Nota: para mayor detalle ver anexo acerca de mejoramiento del suelo.

##### El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Adicionalmente se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc). El ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante, llamado también ensayo de placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr una cierta deformación, que para este caso es de 13 mm. El ensayo esta normado en ASTM D – 1196 y AASHTO T – 222. Las unidades de K son Mpa / m. No obstante, para el presente Manual se utilizará la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción k en función de la clasificación de suelos y el CBR; para el efecto se presenta la siguiente figura.

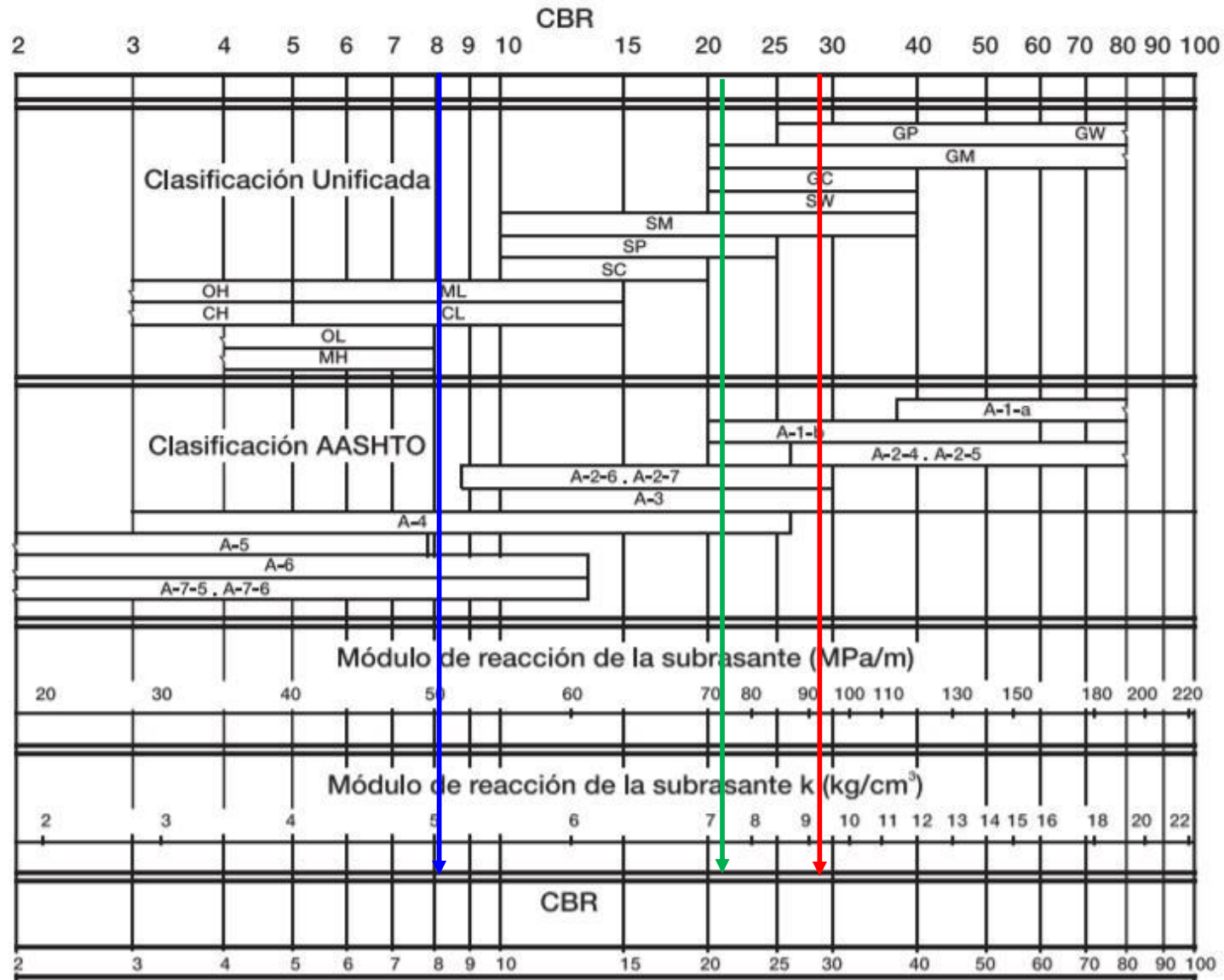


# Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



## DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

### Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante





# Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



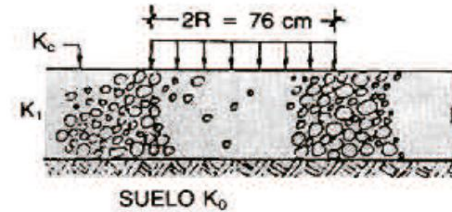
## DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos

Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie. PCA 1971

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

- K1 (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la sub base granular
- KC (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción combinado
- K0 (kg/cm<sup>3</sup>) : Coeficiente de reacción de la subrasante
- h : Espesor de la subbase granular



C.B.R. = 4.000% ---> **K = 3.42**

Por efecto de la Base Granular, el Coefeciente de Balastro, sufrirá una variación, la que será determinada en la Tabla siguiente:

VALOR K (Kg/cm <sup>3</sup> )	VALOR DE K DE SUBRASANTE INCREMENTADA					
	10	15	20	22.5	30	35
1.4	1.82	2.1	2.29	2.38	3.08	3.55
2.8	3.64	3.92	4.29	4.48	5.32	5.88
5.6	6.16	6.47	7.2	7.56	8.96	9.89
8.4	8.96	9.24	9.99	10.36	12.04	13.16

Considerando:

Mejoramiento  
Interpolando tenemos:

**e= 20.00 cm**

2.8	4.29
<b>3.42</b>	<b>K</b>
5.6	7.2

K = (( 7.2 \* (2.8 - 3.42) ) - 4.29 \* ( 5.6 - 3.42 )) / (2.8 - 5.6)

<b>K</b>	<b>4.930</b>	<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>
----------	--------------	--------------------------

C.B.R. = 4.000% ---> **K = 4.930**

Por efecto de la Base Granular, el Coefeciente de Balastro, sufrirá una variación, la que será determinada en la Tabla siguiente:

VALOR K (Kg/cm <sup>3</sup> )	VALOR DE K DE SUBRASANTE INCREMENTADA				
	10	15	20	22.5	30
1.4	1.82	2.1	2.29	2.38	3.08
2.8	3.64	3.92	4.29	4.48	5.32
5.6	6.16	6.47	7.2	7.56	8.96
8.4	8.96	9.24	9.99	10.36	12.04



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

Considerando:

Base

e= 15.00 cm

Interpolando tenemos:

2.8	3.92
<b>4.930</b>	<b>K</b>
5.6	6.47

$$K = ((6.47 * (2.8 - 4.93)) - 3.92 * (5.6 - 4.93)) / (2.8 - 5.6)$$

**K      5.860      Kg/cm<sup>3</sup>**

RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO (CBR MÍN)
<15000000	MTC E 132	40.00%
>15000000	MTC E 132	60.00%

DESCRIPC	COEF.	MÓDULO CBR (100%)	k (kg/cm3)	k (Mpa)
COEF. COMB.	KC	11.68%	5.86	58.60
COEF. SUBRASANTE	K0	7.40%	4.93	49.30
COEF. BASE	K1	80.00%	19.47	194.70

#### CÁLCULO DEL ESPESOR (H) DE LA BASE

H	KC (Nominal)	KC (Calculado)
15 cm	5.86 kg/cm <sup>3</sup>	5.81 kg/cm <sup>3</sup>

VALOR ASUMIDO PARA BASE e= 0.15 m

NO OBSTANTE ESTE VALOR SERÁ COMPROBADO DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA DE CHILE PARA CONCRETO POROSO



## Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



### DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

#### MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión.

##### Estimación a través de la resistencia a la compresión del concreto

De acuerdo al número de ejes equivalentes, la resistencia del concreto sera: **210 kg/cm<sup>2</sup>**

$$M_R = a(f'_c)^{0.5}, \quad 1.99 < a < 3.18$$

$$M_R = \quad 36.2 \text{ kg/cm}^2 \quad = \quad 3.55 \text{ MPa}$$

#### MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ( $E_c$ )

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura. Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$f'_c = \quad 210 \text{ kg/cm}^2 \quad = \quad 2981 \text{ psi}$$

$$E_c = 57000(f'_c)^{0.5} = \quad 3112116 \text{ psi} \quad = \quad 21457 \text{ Mpa}$$

#### MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE CARGA ( $J$ )

Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente rotura de la losa de concreto.

MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE CARGA				
Berma	GRANUAR O ASFALTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
	CON PASADORES	SIN PASADORES	CON PASADORES	SIN PASADORES
J	2.7	3.8-4.4	2.80	3.80

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93



# Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024



## DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)

### CÁLCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_O + 7.35 \text{Log}_{10}(D - 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25(10^{19})}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) * \text{Log}_{10} \left( \frac{M_r C_d (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J \left( 0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{\left( \frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right)$$

- W82 = Tránsito estimado para el periodo de vida util en ejes equivalentes (ESALs)
- ZR = factor de desviación normal (ZR)
- So = Desviación Estandar de todas las variables
- ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño
- Pt = serviciabilidad final
- Mr = Módulo de rotura del concreto (psi)
- J = Coeficiente de transferencia de cargas
- Cd = Coeficiente de drenaje
- Ec = Módulo de elasticidad del concreto (Mpa)
- K c = Módulo efectivo de reacción de la subrasante(Mpa/m)

W82 =	16659	Tn			
ZR =	-0.5244	-			
So =	0.35	-			
ΔPSI =	2.10	-		4.22	
Pt =	2.50	-		-0.18	4.4
Mr =	3.55	Mpa			
J =	2.8	-			
Cd =	1.1	-			
Ec =	21457.30	Mpa			
K c =	58.6	Mpa			

#### Aasumimos

D = Espesor de Pavimento en mm

100.0

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_O + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25(10^{19})}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) * \text{Log}_{10} \left( \frac{M_r C_d (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J \left( 0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{\left( \frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right)$$

4.2216	=	4.849	-0.006692127		3.42	x	0.30955
4.2216	=	4.849	-0.006692127		1.058663191		
4.2216	=	5.90092					



Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024

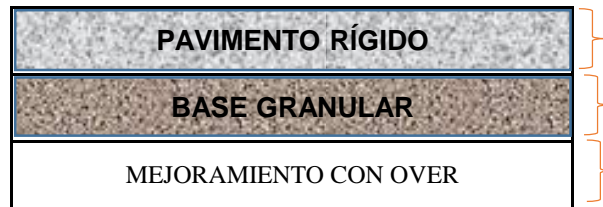


**DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO (adaptado del método AASHTO-93)**

APLICANDO Y RESOLVIENDO LA FORMULA DE ASSHTO-93 PARA EL CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO SE TIENE:

ESPESOR	N18 NOMINAL	N18 CALCULADO
<b>10.00 mm</b>	<b>4.222</b>	<b>5.901</b>

DETALLE DE PAVIMENTO



SE CONSIDERA

0.10 m

0.15 m

0.20 m



## DISEÑO DE PAVIMENTO POROSO

### Metodología Chile

La metodología Chile fue desarrollada inicialmente por la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - DICTUC- (1996). La aplicación de la presente metodología inicia con la selección de una lluvia de diseño. Una vez obtenida esta, el volumen de almacenamiento se estima como la máxima diferencia entre el volumen acumulado de aguas lluvias que reciben la sub-base y el volumen acumulado infiltrado.

### volumen afluente acumulado $V_{afl}$

$$V_{afl}(d) = 1.25(0.001C \cdot I_d \cdot A \cdot d) = 0.00125 C \cdot A \cdot P_d^T$$

#### Donde:

- C: Coeficiente de escorrentía superficial correspondiente al área total aportante.  
A: Área total aportante (metros cuadrados)  
 $I_d$  : Intensidad de lluvias de período de retorno T y duración d (mm/h)  
d: Tiempo acumulado de lluvias (horas)  
 $P_d^T$  : Precipitación acumulada en el tiempo d para la lluvia de periodo de retorno de T años.

#### Datos:

- C: 0.8  
A: 1304.20 m<sup>2</sup>  
 $I_d$  : 56.18 mm/h  
d : 1.00 h

$$V_{afl}(d) = 73.27 \quad \text{m}^3$$

Se recomienda multiplicar por un factor de seguridad de 1.25 el volumen acumulado para considerar la porción de lluvia que cae antes y después de la porción más intensa de la tormenta, no incluida en las curvas IDF.

### volumen acumulado infiltrado $V_{inf}$

$$V_{inf}(d) = 0.001(f \cdot C_s \cdot A_{pav} \cdot d)$$

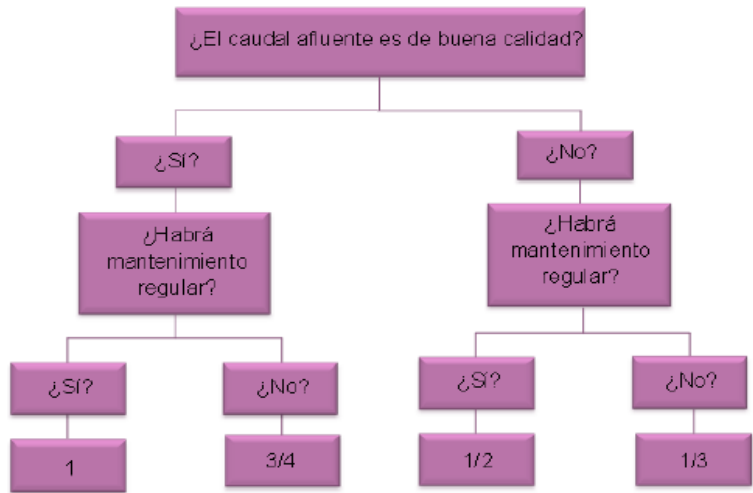
#### Donde:

- f: Capacidad de infiltración del suelo, que corresponde al suelo que subyace al pavimento (mm/h)  
 $A_{pav}$  : área del pavimento poroso (m<sup>2</sup>)  
d : tiempo acumulado de lluvia (h)  
 $C_s$  : coeficiente de seguridad que afecta la capacidad de infiltración dependiendo de las propiedades del agua y las condiciones de mantenimiento que toma en cuenta los efectos de la colmatación en el tiempo que experimenta el suelo



DISEÑO DE PAVIMENTO POROSO

Se recomienda calcular el coeficiente Cs según el siguiente procedimiento:



Metodología para el cálculo del Cs de acuerdo al mantenimiento y a la calidad del afluente. (Fuente: Dirección de investigaciones científicas y tecnológicas -DICTUC-, 1996)

**Datos:**

f:	30.28 mm/h	D. campo
A <sub>pav</sub> :	360.77 m <sup>2</sup>	
d:	1.00 h	
C <sub>s</sub>	0.75	

$$V_{ifl}(d) = 8.19 \text{ m}^3$$

Volumen de almacenamiento

Se puede determinar gráficamente como la máxima diferencia entre el volumen afluente acumulado de agua lluvia o volumen de recarga Vafl (d) y el volumen acumulado infiltrado Vinf (d), ambos en función del tiempo

$$V_{alm} = \max(V_{afl}(d) - V_{inf}(d))$$

$$V_{alm} = 65.08 \text{ m}^3$$

Si la tasa de infiltración del terreno es siempre mayor que la intensidad de la lluvia, incluso que la de menor duración, entonces no se requiere un volumen de acumulación en la sub-base, sino que bastará con la superficie de contacto con la sub-rasante para la infiltración



**DISEÑO DE PAVIMENTO POROSO**

**El espesor necesario de la sub-base es**

$$e = V_{alm} / (\eta \cdot A_{pav})$$

Donde:  $\eta$ : es la porosidad del material de la sub-base. 0.6  
 $A_{pav}$ : es area pavimentada 360.77 m<sup>2</sup>

$$e = \begin{matrix} 0.30 \text{ m} \\ 30.06 \text{ cm} \\ 300.64 \text{ mm} \end{matrix}$$

Se recomienda que el tiempo máximo de vaciado del volumen almacenado en la sub-base sea inferior a 48 horas. Este tiempo máximo (en horas) se puede estimar como:

$$t_m = \frac{\eta \cdot e}{C_s f}$$

Donde:  $e$ : espesor definitivo asignado a la sub-base (mm) 300.64 mm  
 $f$ : tasa de infiltración del suelo o de la sub-rasante (mm/h) 30.28 mm/h  
 $C_s$ : coeficiente de seguridad adoptado 0.75  
 $\eta$ : porosidad del relleno de la sub-base 0.6

$$T_m = \begin{matrix} 7.94 & \text{h} \\ 476.64 & \text{min} \end{matrix}$$

**El espesor de losa es:**

Categoría de tráfico	Descripción	EAL	CBR		
			≥15	10 a 14	6 a 9
1	Tráfico ligero	<5	127	178	229
2	Tráfico ligero-medio	20	152	203	279

Valores para iterar:

EAL	CBR	Espesor de losa (mm)
5	7.5	229
1.66	7.4	77.06

$$x = \begin{matrix} 229 & 7.4 & 5 \\ x & 7.5 & 1.66 \\ x = & & 77.06 \end{matrix}$$

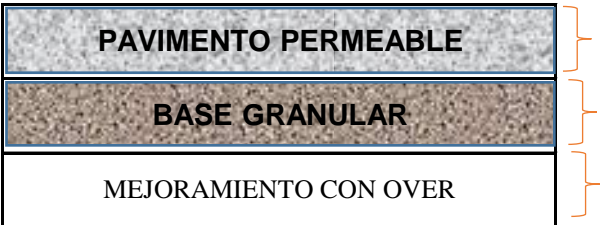


## DISEÑO DE PAVIMENTO POROSO

Por tanto, el espesor de losa del pavimento permeable debe ser como mínimo de 8 cm, no obstante, se ha optado por trabajar con un espesor de 10 cm debido a que, fue el determinado en el cálculo por el método de AASHTO adaptado.


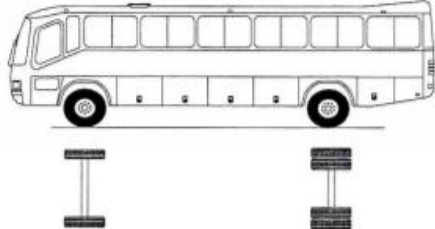
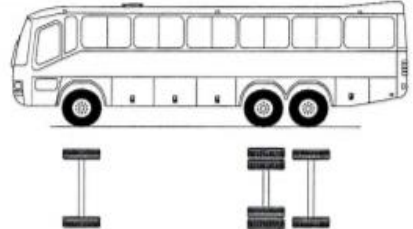

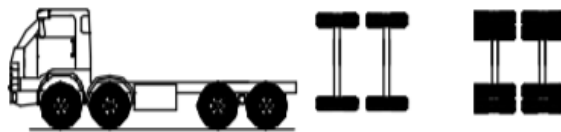
### DETALLE DE PAVIMENTO

### SE CONSIDERA

 <b>PAVIMENTO PERMEABLE</b>	0.10 m
<b>BASE GRANULAR</b>	0.30 m
MEJORAMIENTO CON OVER	0.20 m

## TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

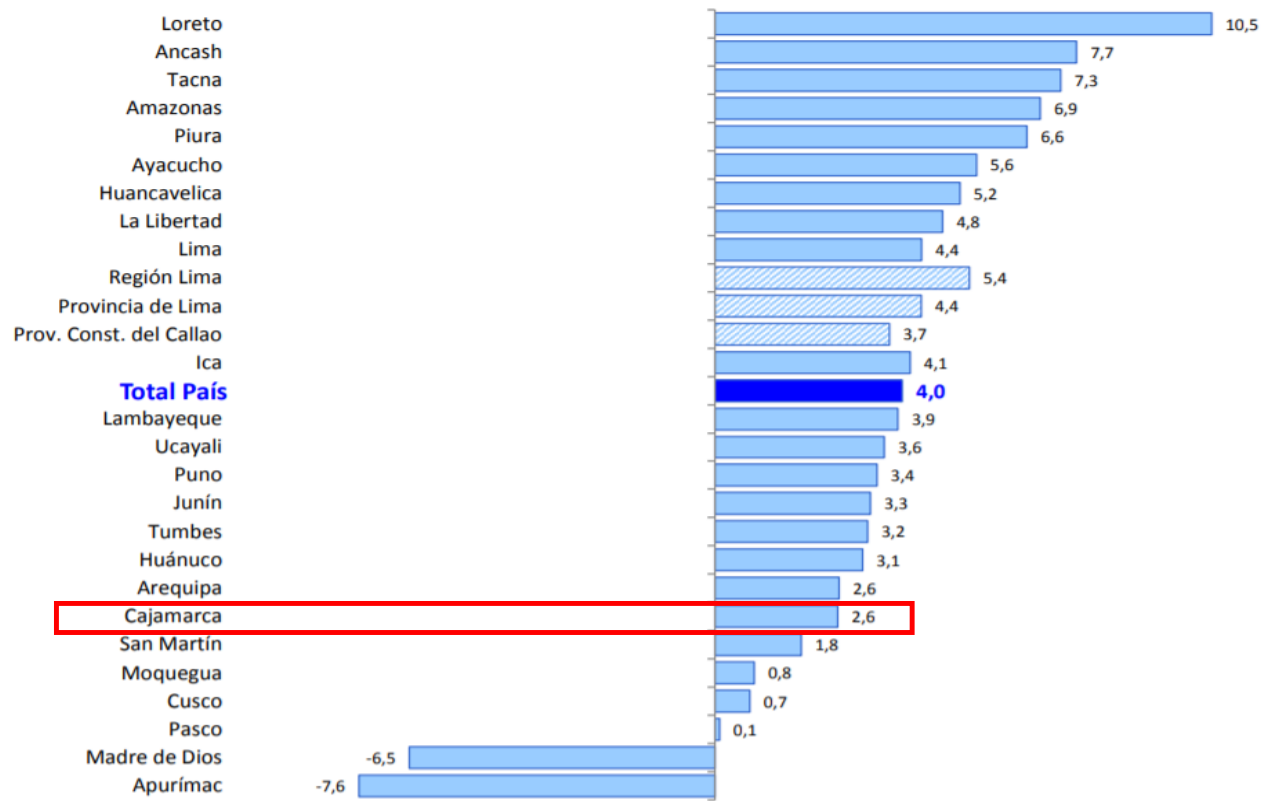
REGRESAR

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
B2	2 	14.00	7	11	---	---	---	18
B3-1	3 	14.00 (Conven cional)  15.00 (Integral)	7	16	---	---	---	23
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
8x4		13,20	7+7 <sup>(5)</sup>	18	---	---	---	32

## PRODUCTO BRUTO INTERNO, SEGÚN DEPARTAMENTOS: 2018

(Variación porcentual<sup>1/</sup> anual)

REGRESAR



<sup>1/</sup>Corresponde a la variación porcentual del índice de volumen físico

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Análisis y diseño de un pavimento poroso para el drenaje de agua pluvial y transitabilidad peatonal en la ciudad de Chota, 2024**

**DISEÑO DE VEREDAS**

**DIMENSION DE LA VEREDA**

La Norma CE 010 considera a las veredas como pavimentos especiales y recomienda utilizar los siguientes cuadros

	TIPO DE HABILITACION			
	VIVIENDA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	ESPECIAL
<b>VIAS LOCALES PRINCIPALES</b>				
ACERAS O VEREDAS	1.80-2.40-3.00	3	2.40-3.00	3
ESTACIONAMIENTO	2.20-3.00	3	3	3.00-6.00
CALZADAS O PISTAS	3.00-3.30-3.60	3.30-3.60	3.6	3.30-3.60
<b>VIAS LOCALES SECUNDARIAS</b>				
ACERAS O VEREDAS	0.90 A 1.2	2.4	1.8	1.80-2.40
ESTACIONAMIENTO	1.8	5.4	3	2.20-5.40
CALZADAS O PISTAS	2.7	3	3.6	3

Fuente: Norma GH.020 - Componentes de diseño urbano, 2010.

- » De acuerdo a la tabla y al plano catastral (Ver sección típica en plano de calzadas proyectadas) se diseñará con **1.20m de ancho de vereda para el los jirones principales y 1.00m para los jr. Secundarios.**

Tipo de pavimento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
		Elemento		
Sub - rasante		95% de compactación: suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos cohesivos - Proctor Estandar		
		Espesor compactado : $\geq 150\text{mm}$		
Base		CBR $\geq 30\%$		CBR $\geq 60\%$
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	$\geq 30\text{ mm}$		
	Concreto de cemento Portland	$\geq 100\text{ mm}$		
	Adoquines	$\geq 40\text{ mm}$ (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*		
	Concreto de cemento Portland	$f'c \geq 17.5\text{MPa}$ ( $175\text{kg/cm}^2$ )		
	Adoquines	$f'c \geq 32\text{MPa}$ ( $320\text{kg/cm}^2$ )		N.R.**

\*El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

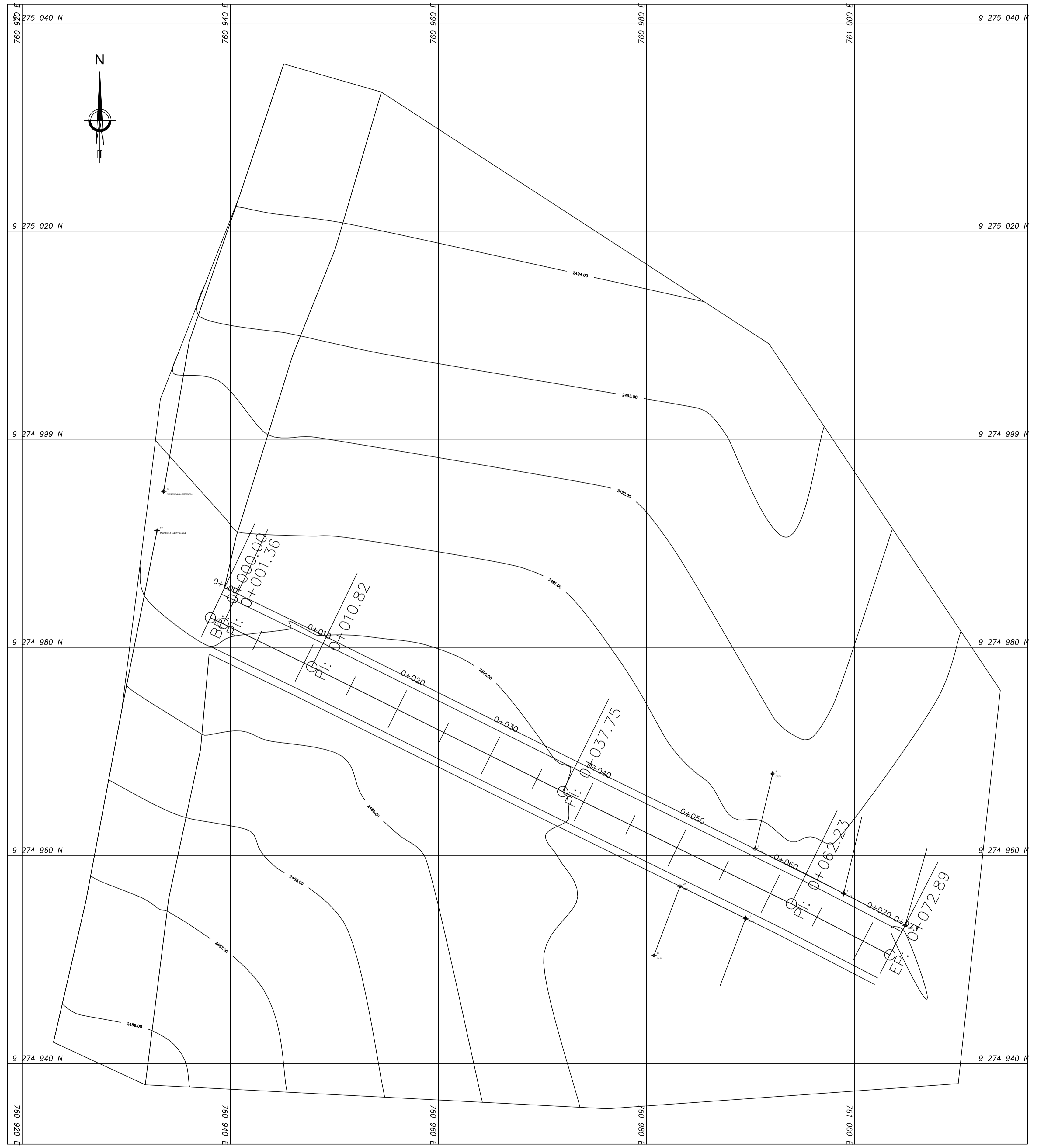
\*\* N.R: No Recomendable

Fuente: Norma CE 010 Pavimentos Urbanos, 2010.

Para el proyecto se diseñará con:

- » **Espesor de la vereda = 15 cm**      » **Material = 175 kg/cm<sup>2</sup>**

*Anexo G. Planos*



PLANO EN PLANTA



TESIS:  
**"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"**

UNIVERSIDAD  
 NACIONAL  
 AUTÓNOMA  
 DE CHOTA

TESISTAS:  
 - WILMER MARIN DIAZ MEDINA  
 - NEISER SOLANO LINARES

PLANO:  
 VISTA EN PLANTA

ASESOR:  
 ING. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILIN

ESCALA:  
 1 : 500

FECHA:  
 2024

N° DE LAMINA:  
**PP-01**



**"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA  
EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL  
EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024"**

TESIS:

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA  
DE CHOTA**

TESISTAS:

- WILMER MARIN DIAZ  
MEDINA  
- NEISER SOLANO  
LINARES

PLANO:

PERFIL LONGITUDINAL

ASESOR:

ING. LUIS FERNANDO  
ROMERO CHUQUILIN

ESCALA:

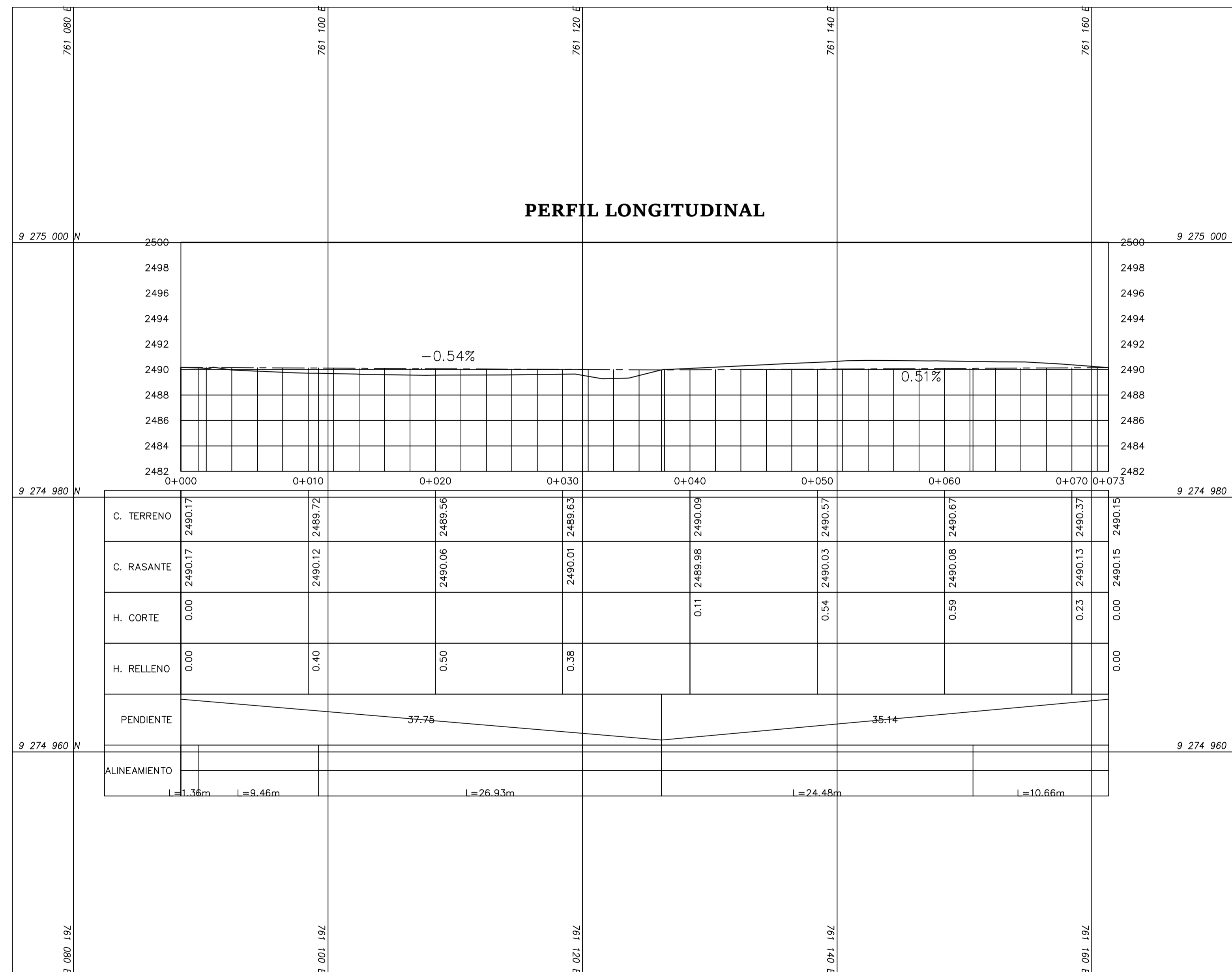
1 : 1000

FECHA:

2024

N.º DE LAMINA:

**PL-01**





ESC 1/5000  
**LOCALIZACION**  
 PLANO BASICO GEOREFERENCIADO (UTM)

UBICACION :

PASAJE	:	TEOFILO IDROGO
LOTE	:	S / N
MANZANA	:	--
SECTOR	:	SECTOR 01
DISTRITO	:	CHOTA
PROVINCIA	:	CHOTA
DEPARTAMENTO	:	CAJAMARCA

REFERENCIA DE LOCALIZACION:  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

PROYECTO :  
**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024**

RESPONSABLE:  
**NEISER SOLANO LINARES  
 WILMER MARIN DIAZ MEDINA**

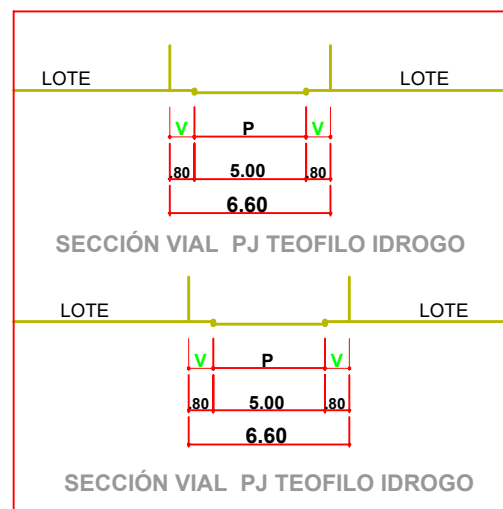
ESC : ESPECIFICADA  
 ESC 1/500

ESCALA: 1/500	ESCALA: 1/5000	DIBUJO:	LAMINA: <b>U-1</b>
FECHA: ENERO DEL 2025			

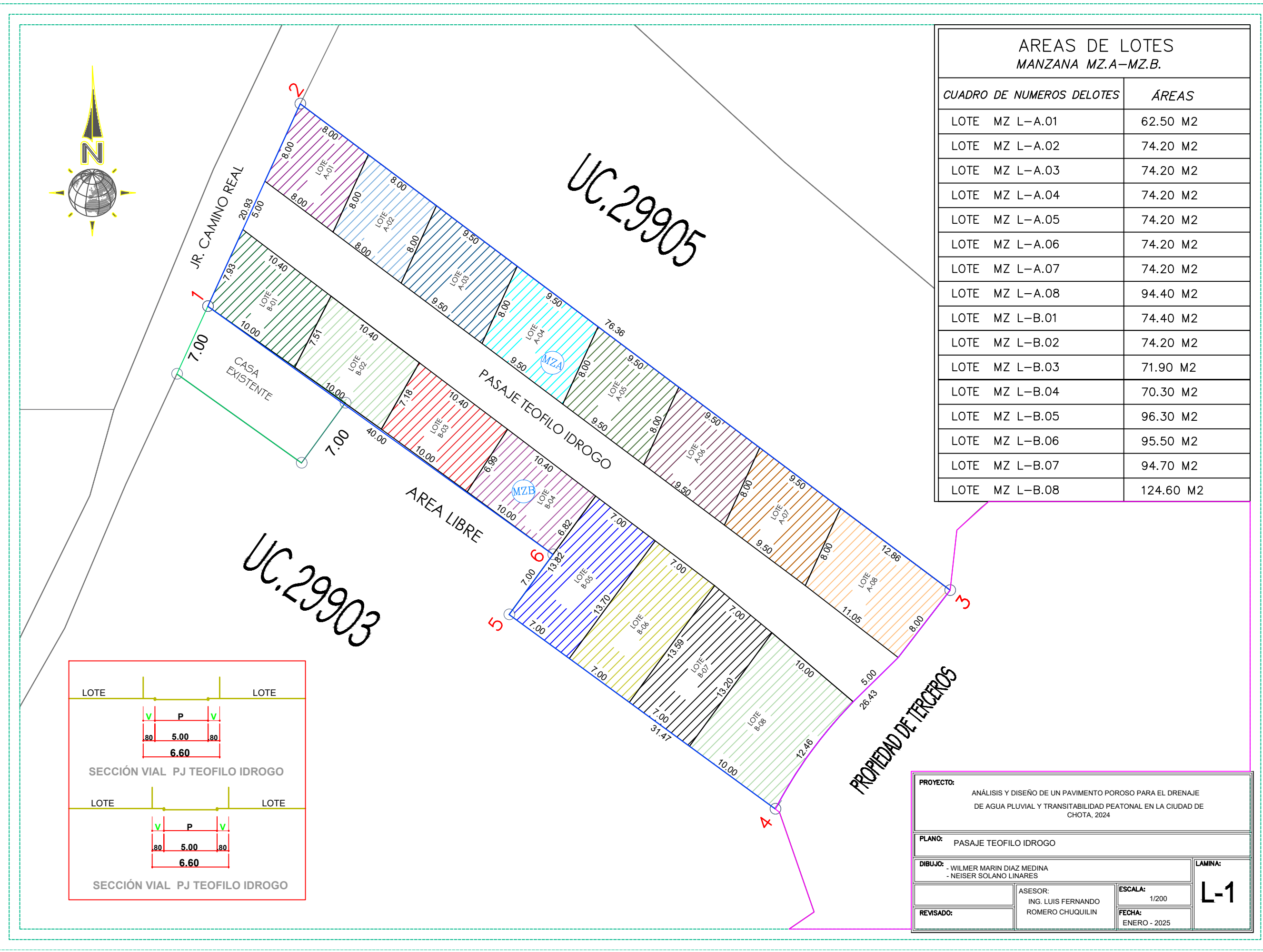


AREAS DE LOTES  
MANZANA MZ.A-MZ.B.

CUADRO DE NUMEROS DE LOTES	ÁREAS
LOTE MZ L-A.01	62.50 M2
LOTE MZ L-A.02	74.20 M2
LOTE MZ L-A.03	74.20 M2
LOTE MZ L-A.04	74.20 M2
LOTE MZ L-A.05	74.20 M2
LOTE MZ L-A.06	74.20 M2
LOTE MZ L-A.07	74.20 M2
LOTE MZ L-A.08	94.40 M2
LOTE MZ L-B.01	74.40 M2
LOTE MZ L-B.02	74.20 M2
LOTE MZ L-B.03	71.90 M2
LOTE MZ L-B.04	70.30 M2
LOTE MZ L-B.05	96.30 M2
LOTE MZ L-B.06	95.50 M2
LOTE MZ L-B.07	94.70 M2
LOTE MZ L-B.08	124.60 M2



<b>PROYECTO:</b> ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024	
<b>PLANO:</b> PASAJE TEOFILO IDROGO	
<b>DIBUJO:</b> - WILMER MARIN DIAZ MEDINA - NEISER SOLANO LINARES	
<b>ASESOR:</b> ING. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILIN	
<b>ESCALA:</b> 1/200	
<b>REVISADO:</b>	
<b>FECHA:</b> ENERO - 2025	
<b>LAMINA:</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">L-1</span>	





Colpa Matara, 05 de junio del 2025.

C.O. N° 16-2025-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PAVIMENTO POROSO PARA EL DRENAJE DE AGUA PLUVIAL Y TRANSITABILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **NEISER SOLANO LINARES y WILMER MARIN DIAZ MEDINA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 18% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH